

COMUNE DI LUCCA - PROVINCIA DI LUCCA

PROGETTO DI NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE E BASSO SALTO  
DA REALIZZARSI SUL CANALE DI SCARICO DEL PUBBLICO CONDOTTO DI LUCCA  
LOCALITÀ SALTOCCHIO

## RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA



Committente: *RENOVA POWER S.r.l.* - Lucca

Tecnico incaricato: Dott. Geol. Carlo Verrucchi



*Firenze, febbraio 2014*

COMUNE DI LUCCA - PROVINCIA DI LUCCA

PROGETTO DI NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE E BASSO SALTO  
DA REALIZZARSI SUL CANALE DI SCARICO DEL PUBBLICO CONDOTTO DI LUCCA  
LOCALITÀ SALTOCCHIO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

## INDICE

Premessa .....	pag. 2
1. Inquadramento geomorfologico e geologico .....	2
2. Condizioni idrogeologiche .....	4
3. Quadro di riferimento programmatico .....	4
4. Classificazione sismica del territorio comunale .....	5
5. Campagna geognostica .....	6
5.1 Indagini eseguite .....	6
5.2 Ricostruzione stratigrafica .....	7
5.3 Categoria di sottosuolo .....	7
6. Modello geotecnico .....	7
7. Azione sismica di progetto: calcolo dei parametri e dei coefficienti spettrali .....	8
8. Verifiche di portanza in condizioni sismiche e potenziali modifiche al regime idrogeologico .....	8
9. Conclusioni e raccomandazioni .....	9
TAVOLE .....	da pag. 10

ALLEGATO 1 - INDAGINE GEOGNOSTICA TRAMITE PROVA PENETROMETRICA STATICA

ALLEGATO 2 - TABULATI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

## **Premessa**

La presente relazione riguarda il progetto di un nuovo impianto idroelettrico ad acqua fluente e basso salto, da realizzarsi ripristinando parte di un impianto non più attivo, ubicato in località Saltocchio nel Comune di Lucca, in corrispondenza dello stabilimento Toscopaper S.p.A. (Tav. 1).

Il progetto prevede la captazione delle acque di troppo pieno dal canale di scarico del Pubblico Condotta di Lucca, il turbinamento in centrale completamente interrata e la restituzione nel Fiume Serchio, tramite l'originario canale di scarico.

Il salto idraulico lordo che verrà sfruttato corrisponde all'attuale dislivello ed è pari a 4,70 m.

Come parte integrante del progetto, descritto con dovizia di particolari negli elaborati di a cura dello Studio Techno Ingegneria di Capannori (LU), è qui fornita la necessaria documentazione sulle caratteristiche geomorfologiche, geologiche, geotecniche e sismiche del terreno, in osservanza della normativa nazionale e regionale vigente.

Si ricorda in particolare il D.M. 14 gennaio 2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e sue modifiche ed integrazioni, ed il *Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*, approvato con D.P.G.R. 36R/09, che definisce, tra l'altro, le classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche in funzione dell'importanza dell'intervento in oggetto.

Per le finalità di cui sopra, sono stati esaminati tutti i dati disponibili di natura geologico - stratigrafica, geomorfologica e idrogeologica per l'area in studio, quali risultano dagli elaborati cartografici di supporto agli strumenti vigenti di pianificazione e governo del territorio, con particolare riguardo al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico del Comune di Lucca (comprese varianti), nonché al Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio (P.A.I.), recentemente aggiornato.

I dati di precedenti indagini geognostiche sul sito d'intervento sono stati integrati con quelli derivati da una prova penetrometrica statica, appositamente realizzata per la ricostruzione del modello stratigrafico e geotecnico del terreno, in accordo coi disposti delle citate N.T.C. 08.

## **1. Inquadramento geomorfologico e geologico**

Il sito d'intervento è ubicato all'interno dell'area di proprietà della Ditta Toscopaper S.p.A., nel settore settentrionale della piana di Lucca, lungo una delle principali direttrici di collegamento viario con la Garfagnana: la S.S. 12 "dell'Abetone e del Brennero" (Tav. 1).

La vasta piana alluvionale del Serchio costituisce l'elemento geomorfologico di riferimento; in particolare, l'area in studio risulta in corrispondenza della zona d'ingresso in pianura dello stesso

fiume, e presenta morfologia sensibilmente diversa da quella delle porzioni più basse della piana: le pendenze sono ancora superiori alla media (0,40% rispetto al valore medio di 0,24%), mentre la successione stratigrafica sedimentaria è dominata da depositi grossolani in spessori anche rilevanti.

Ancora a riguardo del Fiume Serchio, è opportuno ricordare le sue antiche divagazioni, che rendono conto della presenza di paleoalvei e zone particolarmente produttive dal punto di vista idrico in tutta la pianura, fino a Capannori e Porcari. È noto, ad esempio, che in epoca romana il Serchio si divideva in due rami all'altezza di San Piero a Vico: il minore lambiva Lucca da nord ("Auserculus"), mentre l'altro, maggiore per portata ("Auser"), passava ad est di Lucca scorrendo poi nelle zone di Lammari, Lunata e Capannori; un'ulteriore ramificazione proseguiva verso Bientina, entrando in Arno all'altezza di Pontedera.

Piene devastanti, divagazioni minori e impaludamenti nella parte bassa della pianura sono testimoniati, oltreché dagli innumerevoli e ripetuti interventi di bonifica e riduzione del rischio idraulico, anche da successioni sedimentarie a granulometria fine o con caratteristiche geotecniche scadenti, specie a sud di Lucca ed ai piedi del Monte Pisano in direzione di Bientina.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geologica, è riportata in tavola 2 la distribuzione dei sedimenti nell'area in studio: la tavola è tratta dalla Carta Geologica Regionale, più precisa sulla tipologia granulometrica delle coperture sedimentarie, rispetto ai corrispondenti elaborati di supporto agli S.U. vigenti.

Con riferimento più specifico al sito d'intervento, la successione stratigrafica è in realtà ricostruibile sulla base dei risultati di precedenti indagini, condotte a supporto di opere di adeguamento e modifiche interne nell'area Toscopaper<sup>1</sup>, risultati peraltro confermati dall'indagine penetrometrica svolta per l'intervento qui proposto (v. parr. successivi).

Si distinguono dall'alto:

- depositi limoso - argilloso - sabbiosi ("Bellettone") con intercalazioni di sabbie limose fini, argille limose e talvolta orizzonti ghiaiosi (Olocene);
- depositi sabbioso - ghiaiosi con intercalazioni di livelli ciottolosi e di lenti argilloso sabbiose, di discreta consistenza e permeabilità; tali depositi, che costituiscono l'acquifero principale a cui attingono i pozzi della pianura, raggiungono nelle zone più produttive uno spessore di circa 15 metri (Pleistocene sup. - Olocene).

---

<sup>1</sup> G. Nollèdi (2006) - *Indagini geologico - tecniche ed idrauliche relative alla realizzazione di un ponte di I categoria, modifiche ingresso, circolazione interna e tombamento Pubblico Condotta, conseguenti alla realizzazione di una pista ciclabile nei terreni della ditta Toscopaper S.p.A., Frazione di Ponte a Moriano - Lucca*, 43 pp.

Nel settore in studio, al di sotto dell'orizzonte sabbioso ghiaioso è presente il substrato litoide, riconoscibile in affioramento lungo l'alveo del Fiume Serchio in corrispondenza della collina di S. Stefano di Moriano (destra idraulica; Tav. 2); si tratta dei litoripi della Formazione del *Flysch* di Pontremoli - Fivizzano, appartenenti alla Successione di dominio ligure.

## **2. Condizioni idrogeologiche**

Per gli aspetti idrogeologici è ancora il Fiume Serchio che gioca un ruolo determinante nella caratterizzazione della piana di Lucca. Questo fiume, infatti, pur a fronte di un regime marcatamente torrentizio, ha una portata media annua di ben 46 m<sup>3</sup>/s, risultando il corso d'acqua più regolare di tutta la Toscana. Se si unisce a tale peculiarità, dovuta alle abbondanti piogge del suo tratto montano (Alpi Apuane, Garfagnana e Val di Lima), la fitta rete di canali, derivazioni, paleo alvei e divagazioni del tratto di pianura, tutti ancora alimentati dal Serchio e dai suoi affluenti, si spiega perché la falda di Lucca è tra le più produttive e sfruttate non solo del territorio lucchese, ma anche di quello pisano (es. pozzi dell'acquedotto nella zona di Bientina).

Per quanto al paragrafo precedente, è chiaro che i terreni del "Bellettone" sono contraddistinti da una permeabilità medio bassa per la frazione limoso argillosa, importante in termini percentuali. Al contrario, i sottostanti depositi sabbioso ghiaiosi costituiscono l'acquifero principale dell'intera piana, sia per l'alta permeabilità primaria, sia per lo spessore e la continuità areale.

Studi approfonditi di supporto agli S.U. evidenziano che, nella zona di cui si parla, la direzione di flusso è nord - sud, con gradiente circa pari a 0,5%. Nel ciclo di ricarica stagionale la falda, che risulta drenata dal Fiume Serchio, raggiunge livelli massimi di circa 5 m dal piano di campagna, con escursione stagionale media valutabile in circa 1,5 - 2 m.

Ancora con riferimento alla caratterizzazione idrogeologica, è utile citare un altro elaborato, questa volta di supporto al R.U. del Comune di Lucca, ovvero la "Carta della vulnerabilità degli acquiferi" alla scala 1: 10.000 (Studio Barsanti, 2003). In corrispondenza della zona d'intervento, si rileva l'alto grado di vulnerabilità dell'acquifero, descritto come

*Falda acquifera libera in materiali alluvionali a granulometria mista, con scarsa o nulla copertura.*

Di tale aspetto si tiene debito conto nelle raccomandazioni finali del presente elaborato.

## **3. Quadro di riferimento programmatico**

L'analisi del quadro di riferimento programmatico costituisce un primo efficace mezzo per evidenziare situazioni di fragilità che potrebbero richiedere approfondimenti tecnici e verifiche puntuali sul sito d'intervento.

Con deliberazione del Consiglio Comunale n. 129 del 9 agosto 2001 Il Comune di Lucca ha approvato il Piano Strutturale ai sensi della Legge Urbanistica allora vigente (L.R. 5/95), e con Del. C.C. n. 25 del 16 marzo 2004 il Regolamento Urbanistico.

Seguono diverse varianti al R.U., in genere di interesse locale o di adeguamento a nuove normative, come quella di *Adeguamento alle norme della pericolosità Sismica ai sensi dell'art. 17 della L. R. n. 1/2005* (Del. Comm. Str. n. 69/07); di *Adeguamento al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) relativa al bacino dell'Ozzeri* (Del. C.C. n. 147/08), ecc.

Come da normativa, gli elaborati di P.R.G. comprendono informazioni di carattere geolitologico, idrogeologico e geomorfologico, nonché valutazioni di pericolosità geologica, idraulica e sismica; tali elaborati sono stati dunque presi in considerazione con le finalità di cui sopra, assieme a quelli relativi al succitato Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio, approvato nel 2005 e recentemente aggiornato con delibera del Comitato Istituzionale nella seduta dell'8 marzo 2013.

La tavola 3 contiene gli elementi di pericolosità geomorfologica tratti dalla cartografia sopra citata, di supporto al Regolamento Urbanistico; si può notare la buona coerenza con le indicazioni provenienti sia dalla cartografia geologica regionale (Tav. 2), sia dalla Carta della Franosità del P.A.I. del Serchio (Tav. 4).

Per quanto attiene alla pericolosità idraulica, la particolare ubicazione delle opere in progetto determina una ovvia classificazione in pericolosità idraulica elevata (classe 4ag: aree golenali; Tav. 5), a cui corrisponde una fattibilità limitata in area golenale (cfr. "Carta della Fattibilità" del R.U.). Conferma tale quadro la "Carta di riferimento delle Norme di Piano nel settore del rischio idraulico" scala 1: 10.000, di supporto al P.A.I. del Serchio, riportata in tavola 6 (Norme di Piano, Art. 21).

Sulle problematiche del rischio idraulico si rimanda ai relativi elaborati tecnici di corredo al progetto, impostati secondo i parametri e gli scenari di evento stabiliti e concordati con le amministrazioni competenti.

#### **4. Classificazione sismica del territorio comunale**

La normativa sismica nazionale e regionale ha subito negli ultimi anni cambiamenti radicali, frutto di confronti, verifiche e approfondimenti tecnici pluriennali sulla precedente legislazione.

In sintesi, si può osservare che la classificazione sismica del territorio rimane a tutt'oggi lo strumento fondamentale per la stima della pericolosità sismica, in sede tecnico - amministrativa (controllo sulle pratiche da parte degli Uffici del Genio Civile); per l'analisi dell'azione sismica di progetto, invece, i cambiamenti introdotti dalle N.T.C. 08 sono veramente rilevanti: si dice di

solito che si è passati da un approccio “zona - dipendente” ad uno “sito - dipendente”, ovvero molto più attento alle condizioni di amplificazione locale dovute a morfologia, litologia, stratigrafia ecc., nonché alla tipologia di costruzione da realizzare.

Per il primo aspetto, la classificazione sismica dei comuni italiani ai sensi dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n. 3274 confermava il Comune di Lucca in zona 3 - bassa sismicità, a cui è assegnato un valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a  $a_g / g = 0,15$ .

Trattandosi di una riclassificazione sismica preliminare, essa determinò la genesi di un importante lavoro tecnico di maggior dettaglio, che vide istituzioni come l’I.N.G.V. e la Commissione Grandi Rischi del D.P.C. collaborare con la Regione Toscana per definire un quadro più preciso e attendibile del rischio sismico sul territorio regionale.

Senza entrare in ulteriori dettagli, è opportuno ricordare che, per il lavoro di cui sopra ed anche a seguito della successiva O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, con la quale furono emanati ulteriori *Criteri per l’individuazione delle zone sismiche e la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*, la Regione Toscana propose ed approvò una riclassificazione sismica del territorio regionale, che manteneva il Comune di Lucca in zona 3 (Del.G.R. 431/2006).

È infine dell’ottobre 2012 l’approvazione della nuova classificazione sismica regionale (Del. G.R. 878/12), nella quale i comuni in zona 3 e 3s vengono studiati sulla base della frazione di territorio comunale eventualmente interessata da accelerazioni riconducibili alla zona sismica 2 ( $a_g > 0,15g$ ) e per numero di abitanti ed edifici in tale zona, al fine della definitiva attribuzione alla zona 2 ovvero 3 (confronto con la mappa di pericolosità sismica nazionale); da tale nuova classificazione il Comune di Lucca risulta definitivamente posto in zona 3 - bassa sismicità.

Si rimanda infine ai paragrafi successivi per la caratterizzazione sismica del sito d’intervento, alla luce dei risultati delle indagini geognostiche e secondo le procedure indicate nelle N.T.C. 08.

## **5. Campagna geognostica**

### *5.1 Indagini eseguite*

Come accennato in premessa, la campagna geognostica si è articolata nell’esecuzione di una prova penetrometrica statica in prossimità dei siti d’intervento, i cui risultati sono stati integrati con quelli ottenuti, in passato, a supporto di modifiche edilizie sull’area Toscopaper S.p.A. (Nolledi, 2006, cit. Pag. 3).

L’ubicazione dei siti d’indagine è riportata in tavola 7, mentre le specifiche tecniche e metodologiche, le registrazioni e le relative elaborazioni sono illustrate estesamente nei documenti Allegato 1 e Allegato 2 alla presente relazione.

### 5.2 Ricostruzione stratigrafica

La sintesi dei dati di cui al paragrafo precedente consente di ricostruire la stratigrafia nell'area d'intervento con buona precisione; si rileva, a tal riguardo, che le evidenze della prova statica CPT1 sono in buon accordo con quelle relative alle indagini precedenti.

Nella successione stratigrafica sotto riportata le profondità e gli spessori dei vari orizzonti sono mediati su dati disponibili, tenendo conto in particolare della posizione del sito d'imposta della nuova centrale idroelettrica.

Profondità (m dal p.c.)	litologia
0,00 - 0,60	suolo vegetale e terreno di riporto
0,60 - 3,50	limi argillosi e sabbiosi beige ("Bellettone")
3,50 - 4,50	ghiaie in matrice limoso sabbiosa
4,50 - 10,00	calcari e calcari marnosi grigio scuri (Formazione del <i>Flysch</i> di Pontremoli - Fivizzano)

### 5.3 Categoria di sottosuolo

La notevole vicinanza di uno sismico realizzato per conto del comune nell'ambito della citata variante al R.U. per l'adeguamento alla normativa sismica (Del. Comm. Str. n. 69/07; Tav. 8), consente di attribuire al sito in studio un sottosuolo di categoria E, definito come:

*"Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s)".*

## 6. Modello geotecnico

Per quanto al paragrafo precedente, si propone il seguente modello geotecnico dell'area in studio, ricordando che i depositi ghiaiosi al di sotto del "Bellettone" mostrano in zona spessore particolarmente modesto, per la presenza, a breve profondità, del substrato litoide costituito dai calcari dei *Flysch* ad Elmintoidi.

Profondità (m dal p.c.)	litologia	$\gamma$	cu	$\varphi$	$E_d$	E
0,00 - 0,60	suolo vegetale e terreno di riporto	18,0	101	33	12,7	7,4
0,60 - 3,50	limi argillosi e sabbiosi beige ("Bellettone")	18,5	64	27	1,5	4,4
3,50 - 4,50	ghiaie in matrice limoso sabbiosa	19,2	0	36	0,0	49,0
4,50 - 10,00	calcari e calcari marnosi grigio scuri (Formazione del <i>Flysch</i> di Pontremoli - Fivizzano)	23,5	150	30	0,0	98,6

$\gamma$  peso di volume (kN/m<sup>3</sup>); cu coesione non drenata (kPa);  $\varphi$  angolo di attrito interno (°);  $E_d$  modulo edometrico (MPa); E modulo elastico (MPa).

## **7. Azione sismica di progetto: calcolo dei parametri e dei coefficienti spettrali**

In tavola 9 sono riportati i parametri ed i coefficienti sismici necessari per la definizione della azione sismica di progetto, partendo dai valori delle accelerazioni definite nel reticolo di riferimento per tutto il territorio nazionale (All. B N.T.C. 08), dalla tipologia di terreno e dal tipo di intervento di cui si tratta.

## **8. Verifiche di portanza in condizioni sismiche e potenziali modifiche al regime idrogeologico**

Dall'analisi degli elaborati progettuali risulta che la centrale idroelettrica da realizzare avrà fondazione a platea con struttura in cemento armato di spessore pari a 500 mm; in tavola 10 è riportata la sezione di progetto (Techno Ingegneria, Capannori, LU), integrata con la colonna stratigrafica dei terreni interessati dallo scavo. Come si nota, gran parte dello scavo sarà all'interno della Formazione lapidea del *Flysch* di Pontremoli - Fivizzano (calcari e calcari marnosi), che offrono caratteristiche geotecniche più che buone in termini di capacità portante, tanto più che lo scavo determinerà un complessivo alleggerimento sul piano di fondazione, rispetto allo stato attuale.

Come atteso, infatti, i calcoli di capacità portante in condizioni sismiche forniscono valori di pressione normale di progetto verificati fino ad oltre 600 kPa, di molto superiori rispetto ai carichi effettivi della nuova struttura (Tav. 11).

Trascurabili risultano i cedimenti, ancora per effetto della natura litoide della formazione direttamente interessata, come pure trascurabili sono da considerare le spinte da parte dei sovrastanti terreni del "Bellettone", sia per le proprietà geotecniche degli stessi, sia per le caratteristiche dell'opera di cui si parla, ovvero una struttura scatolare in cemento armato, completamente interrata.

Per quanto riguarda il locale di consegna, ubicato nel parco ad est dello stabilimento Toscopaper, e fondato su platea in c.a. e pilastri rivestiti, si registra anche in questo caso un valore di capacità portante ampiamente sufficiente ( $> 130$  kPa), con cedimenti totali sull'ordine dei 6 cm, per una pressione normale di progetto di 40 kPa (Tav. 12).

In sintesi, dunque, si ritiene che l'intervento proposto sia compatibile con le peculiarità geotecniche dei terreni interessati, nonché con le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche del sito discusse in precedenza e sostanzialmente riconducibili a spessori metrici di coltri detritiche, sopra un substrato litoide.

Mentre per gli aspetti di pericolosità idraulica si rimanda allo specifico elaborato, è invece opportuno ricordare che la profondità raggiunta dallo scavo, la vicinanza del Fiume Serchio e la

prevista presenza di roccia in posto al di sotto dei 4,5 m dal p.c. richiedono comunque precauzioni particolari, che si traducono in un'attenta pianificazione e gestione della fase di cantiere. Ad esempio, non è improbabile che il livello di ghiaie sabbiose e limose, pure di spessore metrico, costituisca un acquifero importante e che dunque siano necessari opportuni accorgimenti progettuali per la circolazione idrica sotterranea all'intorno della centrale interrata, senza peraltro costituire possibile sorgente di inquinamento delle acque di falda.

## 9. Conclusioni e raccomandazioni

Il progetto di nuovo impianto idroelettrico ad acqua fluente e basso salto da realizzarsi sul canale di scarico del Pubblico Condotta di Lucca in località Saltocchio (LU), consistente in deviazione delle acque, turbinamento delle stesse in centrale completamente interrata e restituzione nel Fiume Serchio, è compatibile con la stabilità e con il regime idrogeologico del sito, oltretutto con le proprietà geotecniche dei litotipi presenti in zona.

Il sito d'intervento, all'entrata del Fiume Serchio nella piana di Lucca, si caratterizza per spessori metrici di sedimenti alluvionali su un substrato litoide che affiora poche centinaia di metri a monte; la centrale di produzione, infatti, si attesterà direttamente sui calcari e calcari marnosi della Formazione del *Flysch* di Pontremoli - Fivizzano, che forniscono garanzie più che buone in termini litotecnici.

Le indagini sismiche di superficie confermano la presenza del substrato con  $VS_{30} > 800$  m/s a profondità non superiori a 20 metri dal p.c., mentre le verifiche di capacità portante in condizioni sismiche forniscono valori di pressione normale di progetto verificati fino ad oltre 600 kPa.

A fronte di una fattibilità geomorfologica priva di elementi ostativi o limitativi, è evidente che la fase di cantiere necessita di un'accurata pianificazione e gestione, sia per la profondità dello scavo, sia per la presenza di roccia in posto, sia, infine, per i potenziali impatti sull'ecosistema ripario, fluviale e delle acque sotterranee; a tal fine, è importante impostare un percorso condiviso e un dialogo costante con gli enti preposti alle autorizzazioni ed al controllo ambientale.

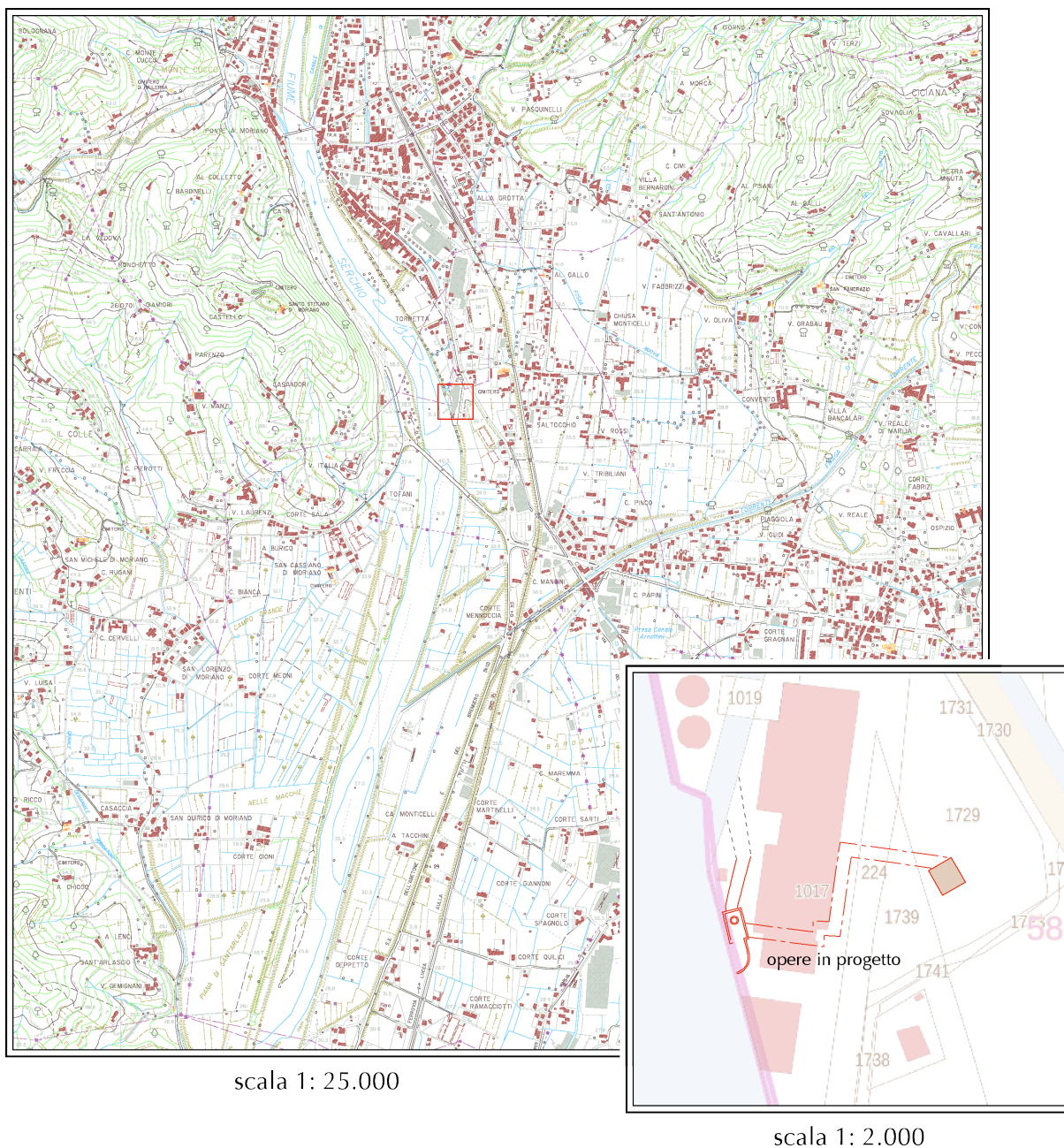
Sarà cura della scrivente o di altro tecnico incaricato presenziare alle fasi salienti dei lavori, valutando in particolare le evidenze di cantiere rispetto a quanto riportato nella presente relazione, e provvedendo per tempo a modifiche o integrazioni del quadro conoscitivo, qualora dovessero emergere problematiche non prevedibili in fase progettuale.

Scandicci, 17 febbraio 2014



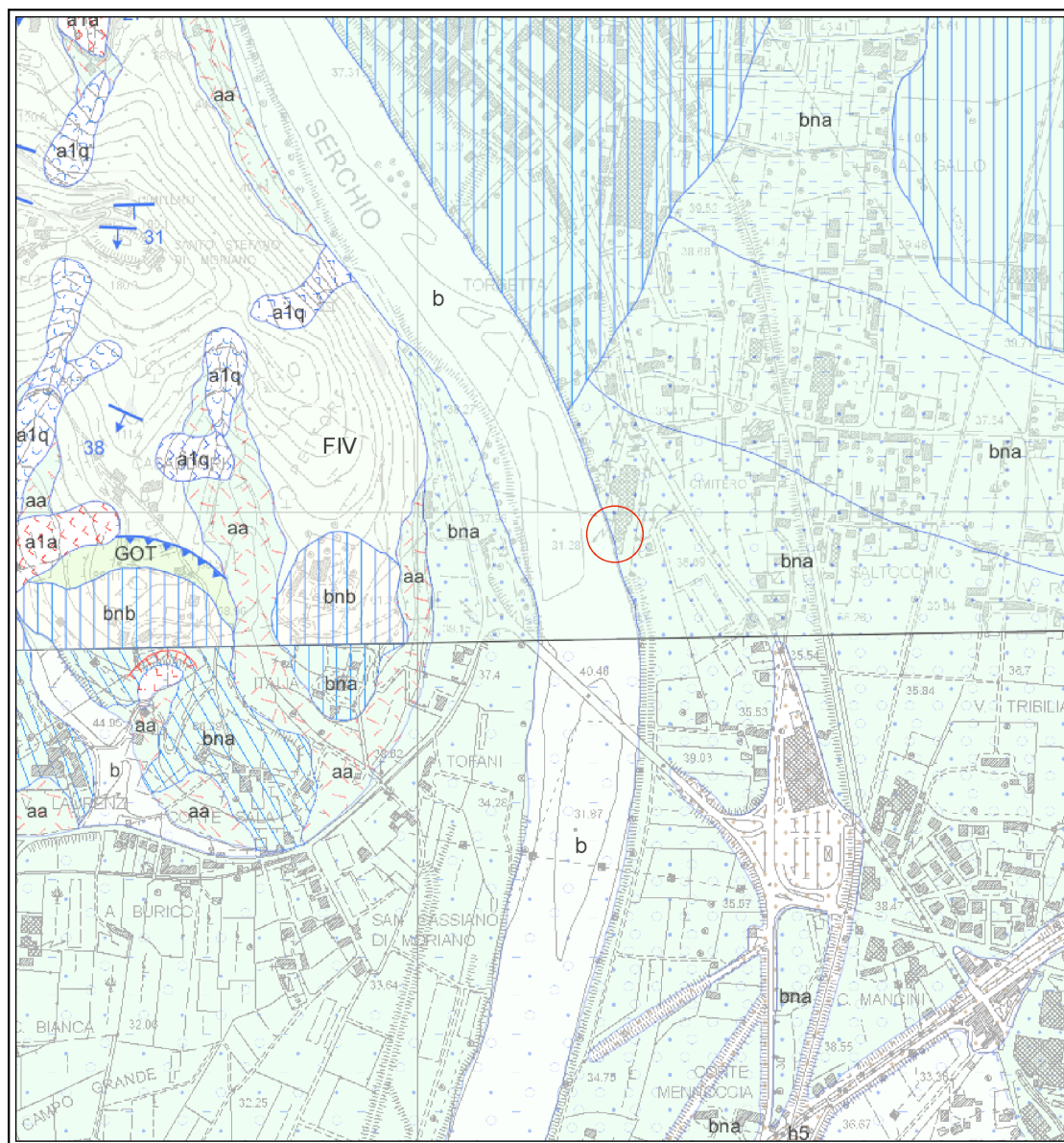
CARLO VERRUCCHI  
GEOLOGO PHD - CONSULENTE EMAS  
VIA CASSIOLI N.1 - 50018 SCANDICCI (FI)  
TEL 333-4327.835 FAX 055-2593.194

## TAVOLA 1



**Tavola 1** - Ubicazione dell'area d'intervento su cartografia CTR e mappa catastale (riduzioni).

TAVOLA 2

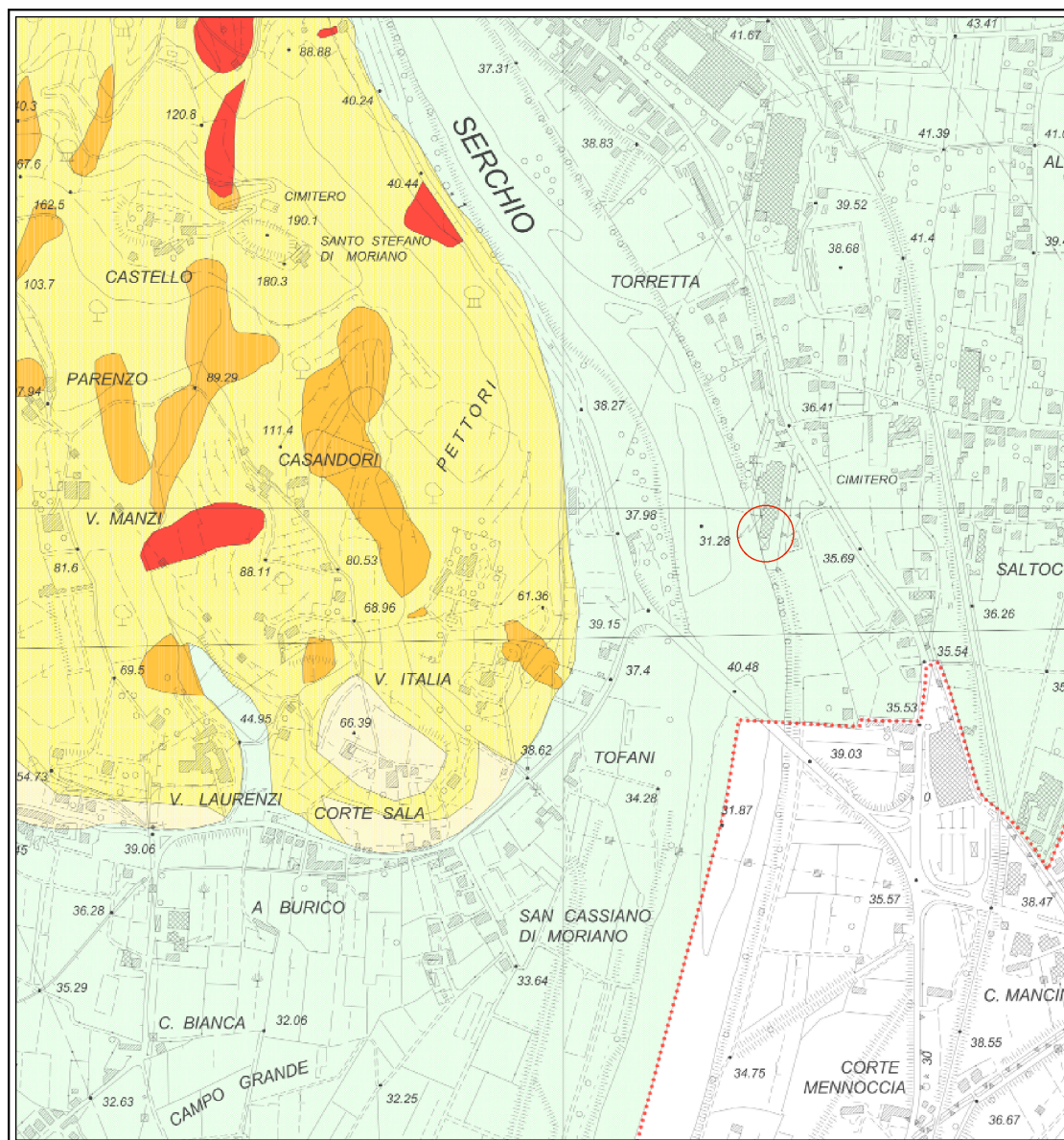


scala 1: 10.000

**Tavola 2** - Geologia e geomorfologia della zona in studio (estratto dalla CGR, Sez.<sup>i</sup> 261070 e 261110).  
**aa**: depositi di versante; **b**: depositi alluvionali recenti e attuali; **bna**: depositi alluvionali terrazzati recenti e attuali (sabbie e limi); **bnb**: depositi alluvionali terrazzati pleistocenici; **a1a**: frane di scorrimento con indizi di evoluzione; **a1q** (V): frane di scorrimento senza indizi di evoluzione; **a1q** (U): frane di colamento senza indizi di evoluzione; **rigato verticale**: conoidi alluvionali.

Dominio ligure: **GOT**: Arenarie di Monte Gottero (Campaniano Superiore - Paleocene); **FIV**: Flysch di Pontremoli - Fivizzano (Campaniano Superiore - Maastrichtiano).

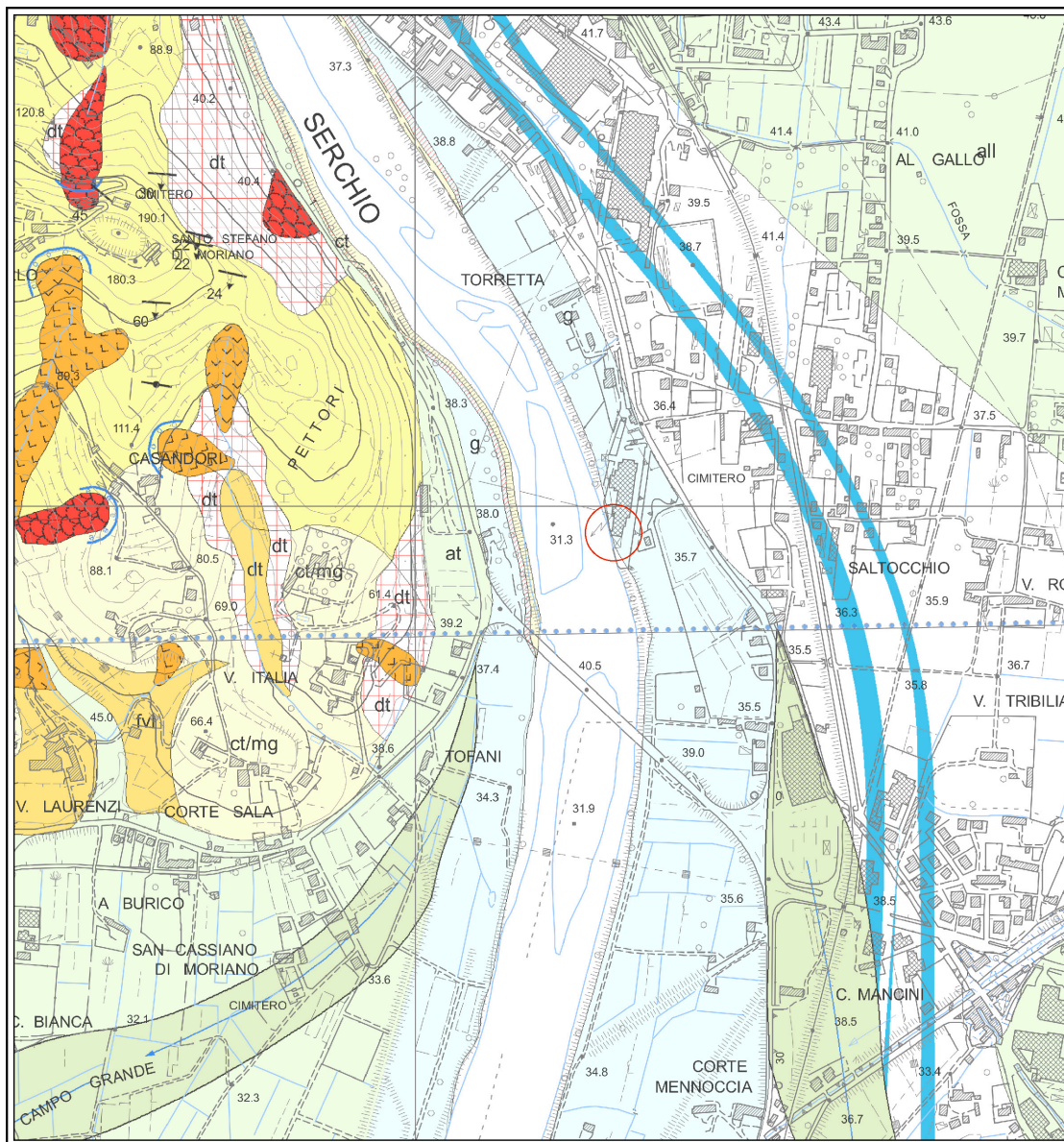
TAVOLA 3



scala 1: 10.000

**Tavola 3** - Pericolosità geomorfologica dell'area in esame (riduzione dalla Tavola PG.5 "Carta della pericolosità geomorfologica e geotecnica" di supporto al Regolamento Urbanistico del Comune di Lucca, P. Sani, 2004). **Verde**: classe 2I - bassa pericolosità geotecnica delle aree di pianura; **avana**: classe 2g - bassa pericolosità geomorfologica e geotecnica del territorio collinare; **giallo**: classe 3ag - pericolosità medio bassa (...); **arancione**: classe 3bg - pericolosità medio alta; **rosso**: classe 4g - pericolosità elevata.

TAVOLA 4

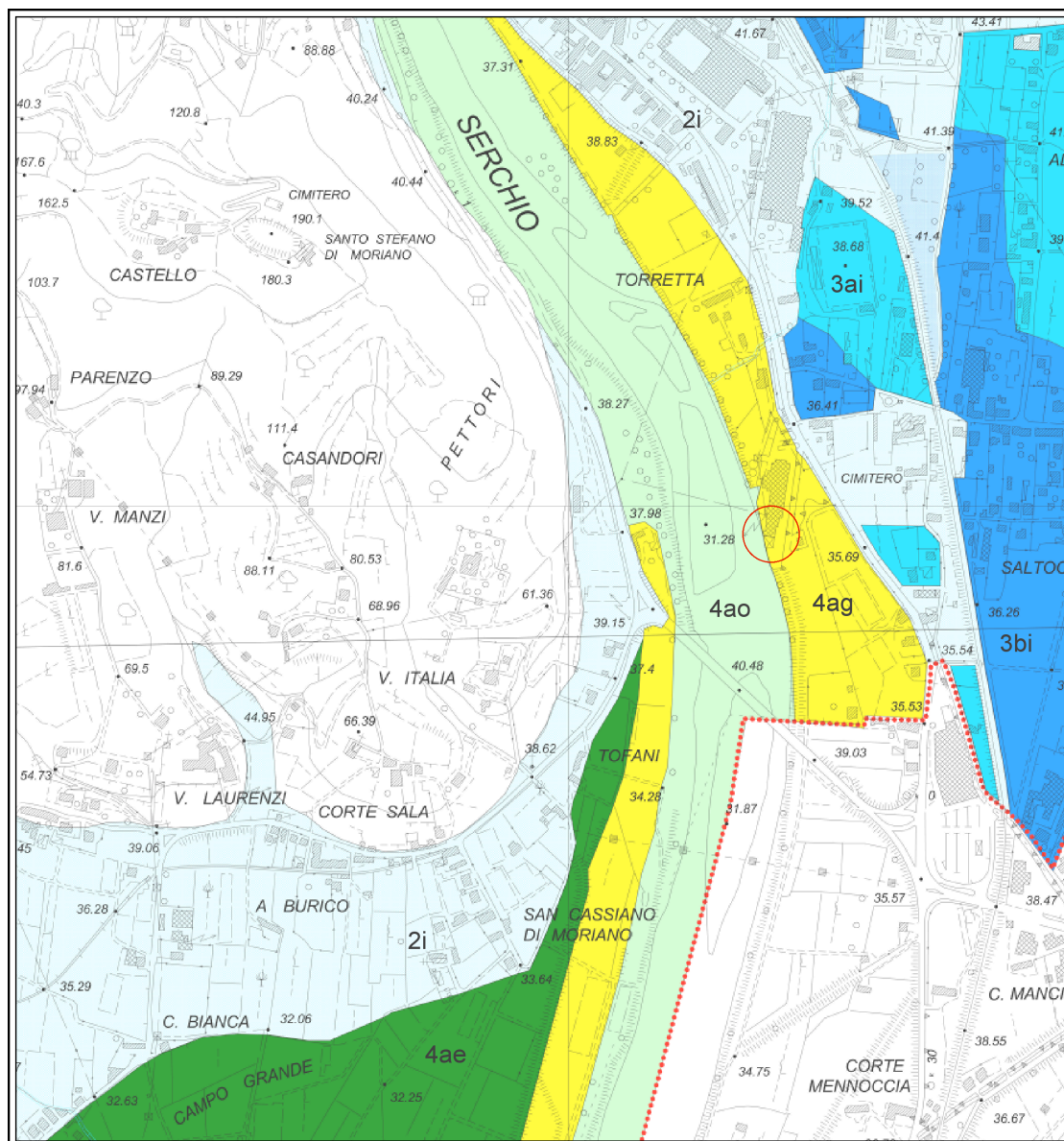


scala 1: 10.000

**Tavola 4** - Estratto dalla “Carta della franosità del Bacino del Fiume Serchio” scala 1: 10.000, di supporto al P.A.I. dell’Autorità di Bacino del Fiume Serchio (1° Aggiornamento, marzo 2013).

**all:** alluvioni recenti ed attuali; **at:** spianate di origine fluviale; **ct:** scarpate di alluvioni terrazzate; **g:** aree golenali; **dt:** detriti e terreni di copertura (Norme di Piano Art. 13); **verde:** paleoalvei; **verde chiaro:** aree di fondovalle e/o pianeggianti; **avana:** aree potenzialmente franose per caratteristiche litologiche (Norme Art. 15); **giallo:** ← *idem* (Norme Art. 14); **giallo scuro:** ← *idem* (Norme Art. 13); **arancione:** frane quiescenti: aree di accumulo e nicchie di distacco (Norme Art. 13); **rosso:** frane attive: aree di accumulo e nicchie di distacco (Norme Art. 12).

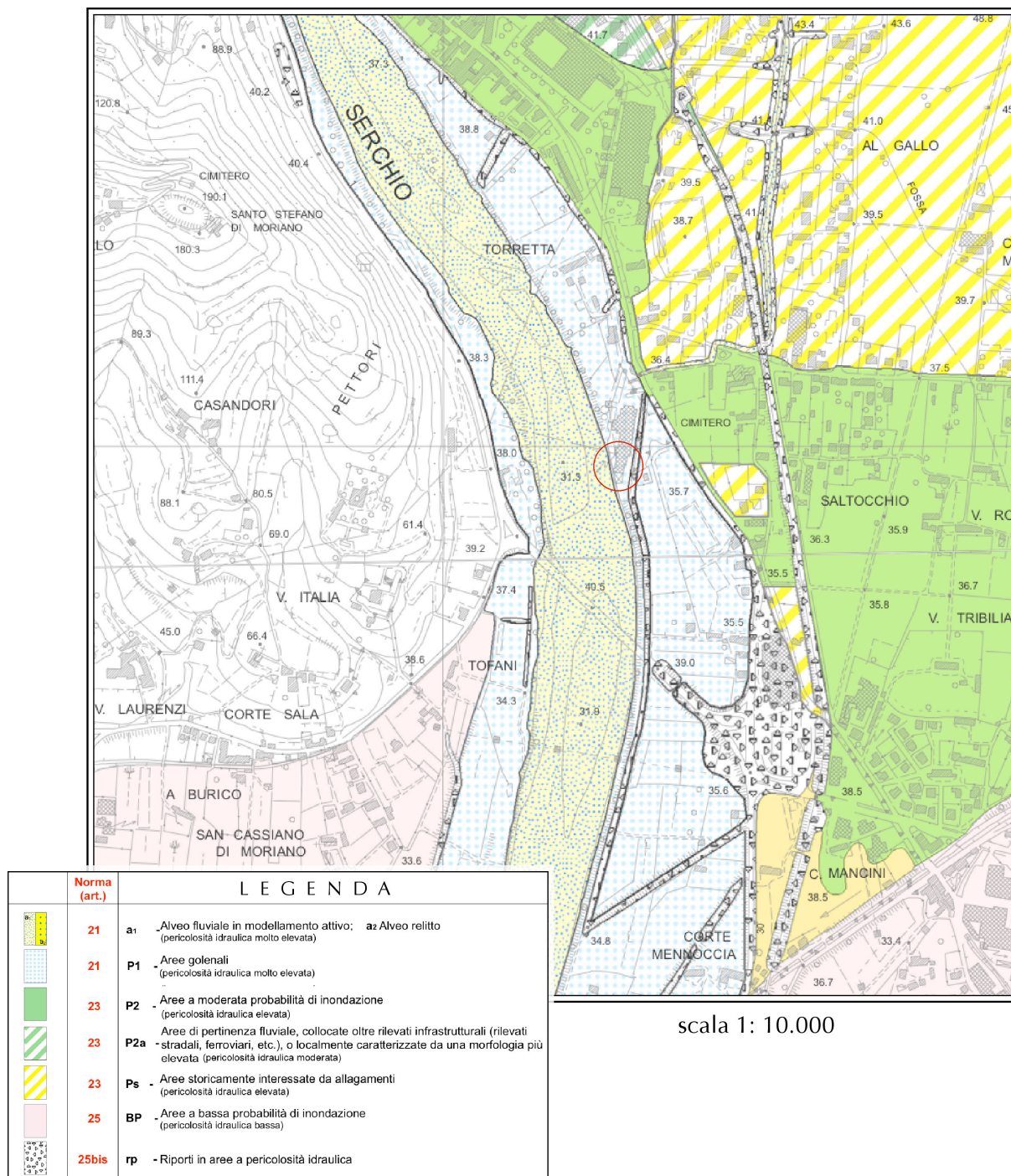
TAVOLA 5



scala 1: 10.000

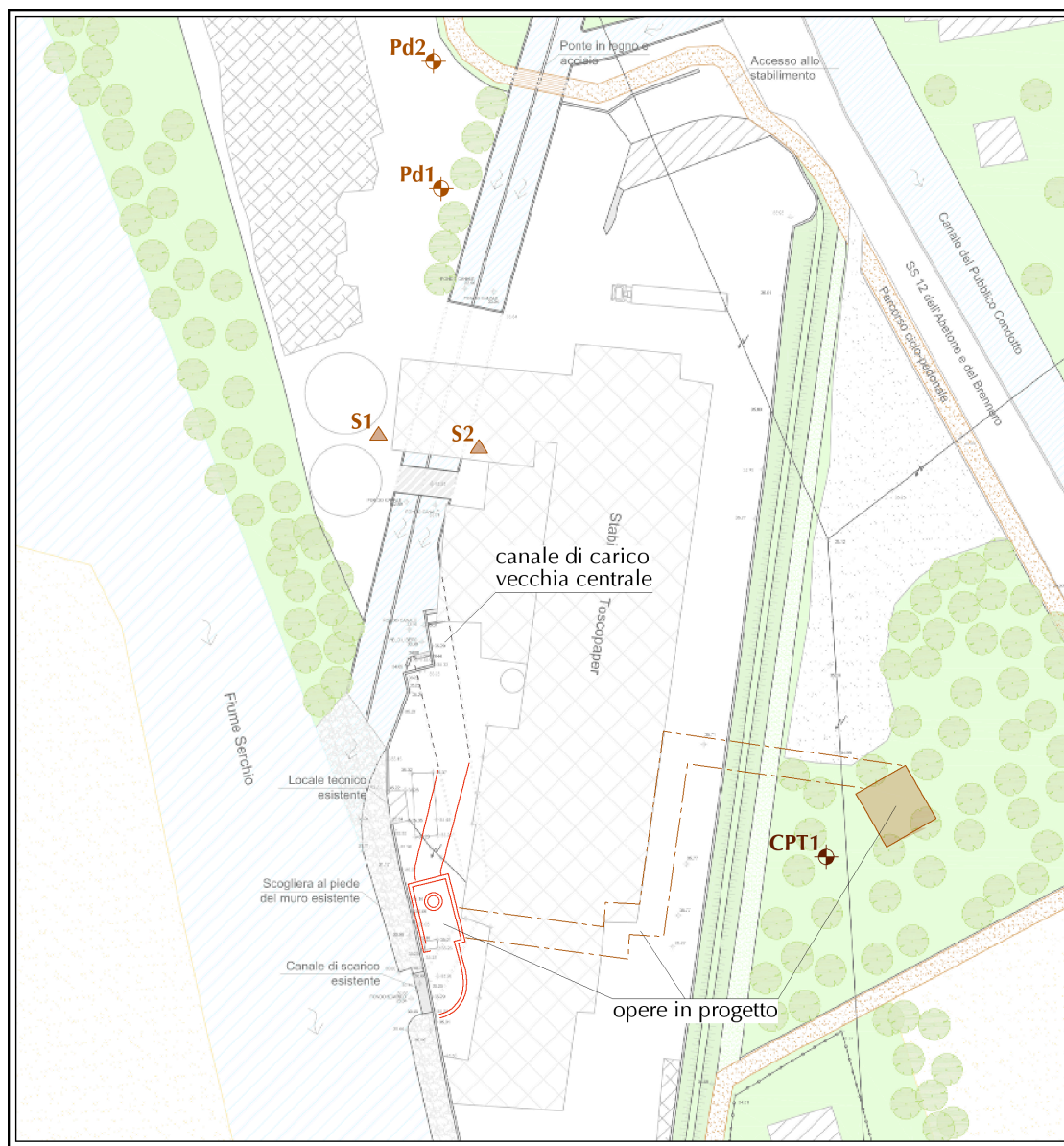
**Tavola 5** - Pericolosità idraulica dell'area in esame (riduzione dalla Tavola PI.5 "Carta della pericolosità idraulica" di supporto al R.U. del comune). **2i**: pericolosità idraulica bassa; **3ai**: pericolosità idraulica medio bassa; **3bi**: pericolosità idraulica medio alta; **4**: pericolosità idraulica elevata: **ao**: alveo fluviale ordinario in modellamento attivo; **ag**: aree golenali; **ae**: aree di naturale esondazione.

TAVOLA 6



**Tavola 6** - Estratto dalla “Carta di riferimento delle Norme di Piano nel settore del rischio idraulico” scala 1: 10.000, di supporto al P.A.I. dell’Autorità di Bacino del Fiume Serchio (1° Aggiornamento, marzo 2013).

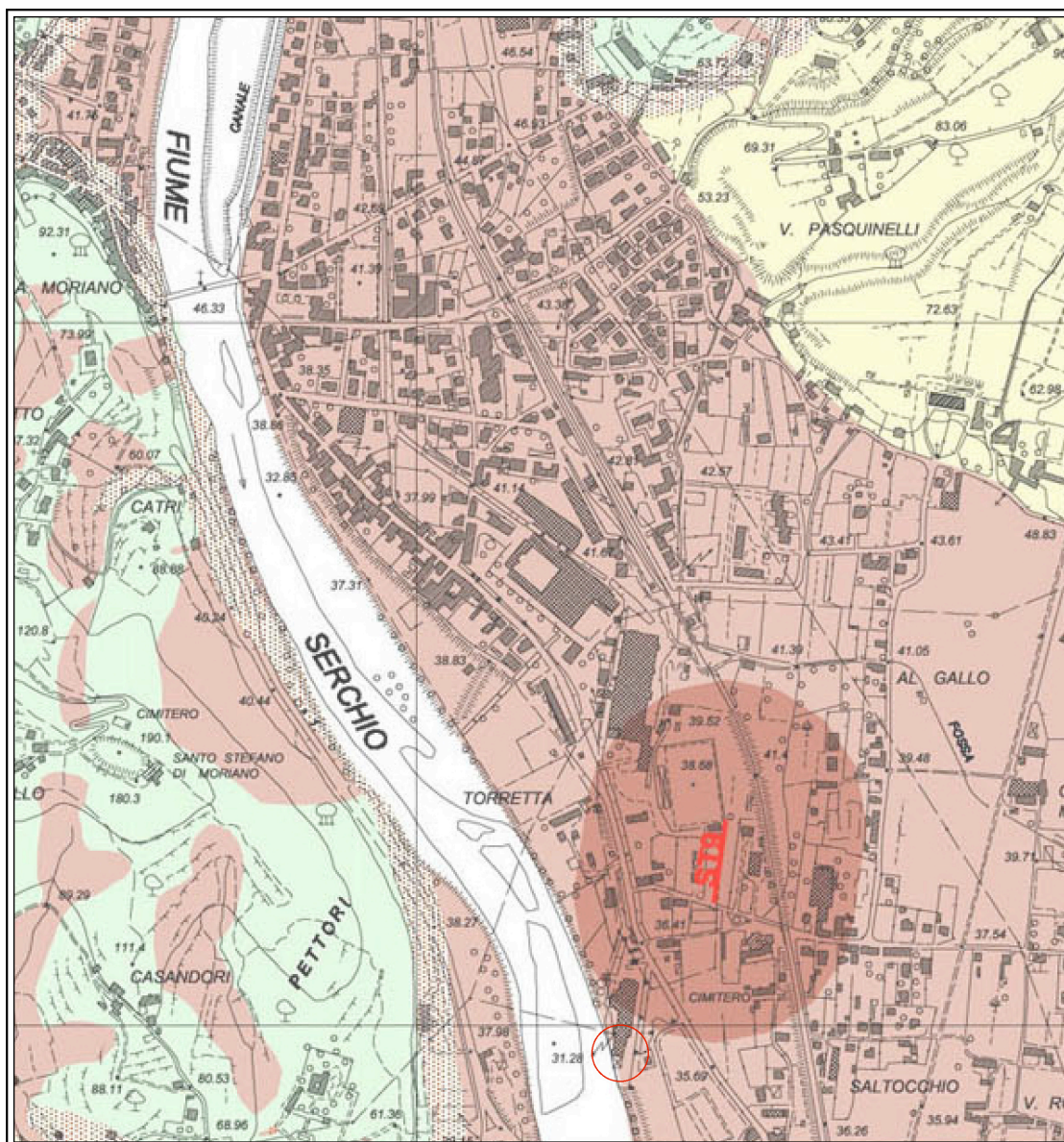
TAVOLA 7



scala 1: 1.000

**Tavola 7** - Ubicazione di prove penetrometriche e sondaggi eseguiti in passato sul sito d'intervento (Pd1, Pd2, S1, S2: Nollédi, 2006) e della prova statica appositamente predisposta (CPT1).  
Dati registrati, elaborazioni e ricostruzioni stratigrafiche in Allegato 1 e 2.

TAVOLA 8



scala 1: 10.000

**Tavola 8** - Estratto dalla Tavola A4.3 “Carta delle categorie di suolo di fondazione” di supporto alla variante al R.U. del comune “Adeguamento alla normativa sismica” (P. Sani, 2006).

**Verde:** aree con profilo A presunto da dati stratigrafici; **giallo:** aree con profilo B presunto da dati stratigrafici; **marrone chiaro:** aree con profilo E presunto da dati stratigrafici; **marrone scuro:** aree con profilo E accertato tramite indagine sismica (stendimento ST9).

## TAVOLA 9

Sito in esame

latitudine	43,9016
longitudine	10,5356
classe d'uso	1
vita nominale $V_N$	50

Nodi più prossimi del ret. di riferimento (All. B N.T.C. 08)

ID sito	latitudine	longitudine	distanza (m)
19382	43.8970	10.5068	2.362.636
19383	43.8988	10.5761	3.260.739
19161	43.9487	10.5737	6.066.601
19160	43.9470	10.5043	5.636.088

### PARAMETRI SISMICI

categoria sottosuolo	E
categoria topografica	T1
periodo di riferimento $V_R$	35 anni
coefficiente di uso $C_U$	0,7

Stati limite di esercizio

Operatività (SLO)

probabilità di superamento $P_{VR}$	81%
tempo di ritorno $T_R$	30 anni
$a_g$	0,047 g
$F_0$	2,499
$T^*_C$	0,241 s

Stati limite ultimi

Salvaguardia della vita (SLV)

probabilità di superamento $P_{VR}$	10%
tempo di ritorno $T_R$	332 anni
$a_g$	0,125 g
$F_0$	2,431
$T^*_C$	0,287 s

Danno (SLD)

probabilità di superamento $P_{VR}$	63%
tempo di ritorno $T_R$	35 anni
$a_g$	0,051 g
$F_0$	2,507
$T^*_C$	0,246 s

Prevenzione del collasso (SLC)

probabilità di superamento $P_{VR}$	5%
tempo di ritorno $T_R$	682 anni
$a_g$	0,162 g
$F_0$	2,395
$T^*_C$	0,296 s

### COEFFICIENTI SISMICI

Stati limite di esercizio

Operatività (SLO)

$S_s$	1,600
$C_c$	2,030
$S_t$	1,000
$k_h$	0,015
$k_v$	0,008
$A_{max}$	0,744
Beta	0,200

Danno (SLD)

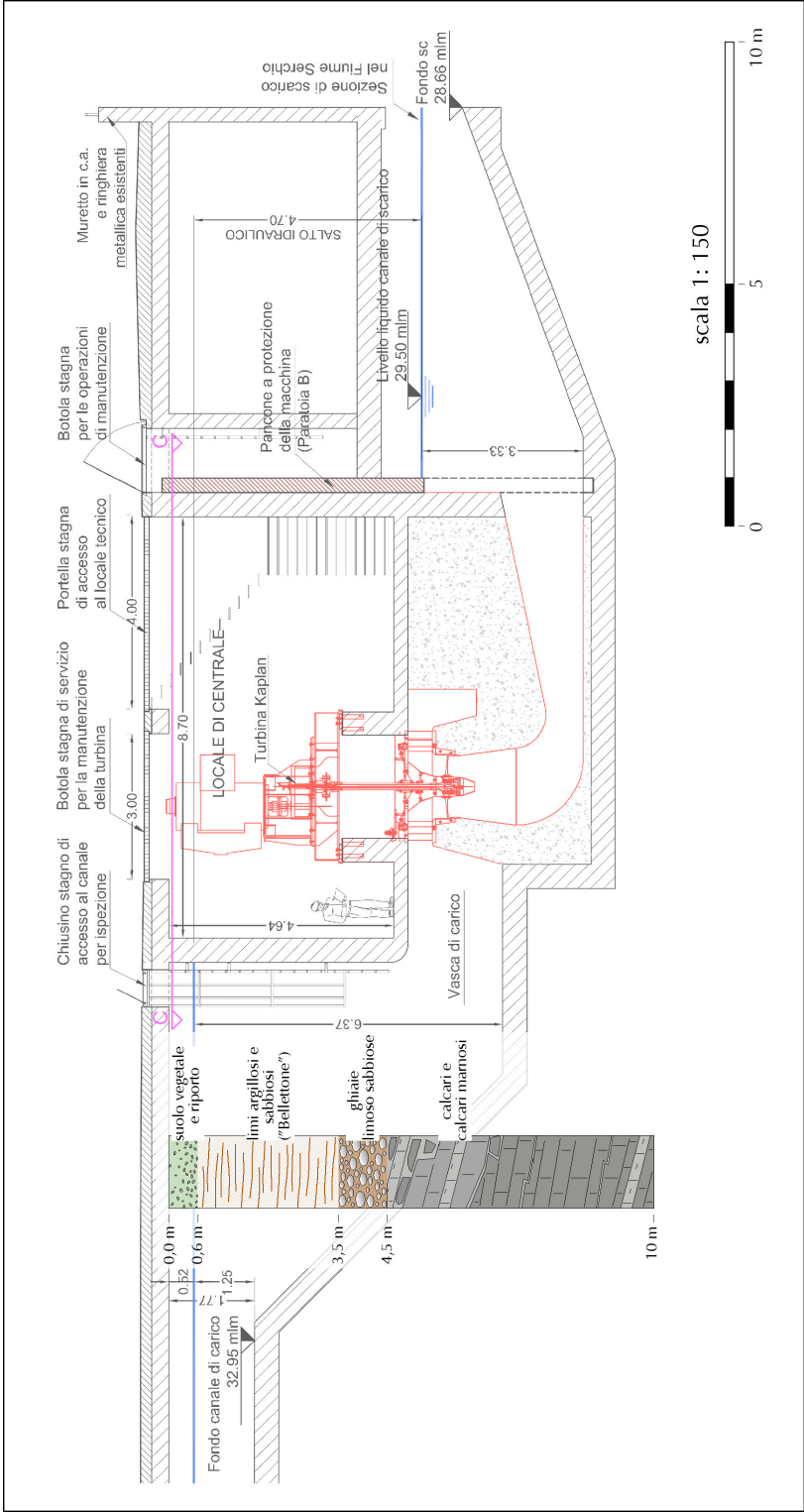
$S_s$	1,600
$C_c$	2,020
$S_t$	1,000
$k_h$	0,016
$k_v$	0,008
$A_{max}$	0,79
Beta	0,200

Stati limite ultimi

Salvaguardia della vita (SLV) Prev. del collasso (SLC)

$S_s$	1,600	$S_s$	1,570
$C_c$	1,900	$C_c$	1,870
$S_t$	1,000	$S_t$	1,000
$k_h$	0,048	$k_h$	0,061
$k_v$	0,024	$k_v$	0,030
$A_{max}$	1,960	$A_{max}$	2,491
Beta	0,240	Beta	0,240

TAVOLA 10



## TAVOLA 11

## DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Lat./ Long. [WGS84]	43,9006 / 10,5346
Larghezza fondazione	6,0 m
Lunghezza fondazione	9,7 m
Profondità piano di posa	9,2 m
Altezza di incastro	9,2 m

## SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,075
Effetto sismico secondo	NTC (C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0,25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0,015
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0,188

## STRATIGRAFIA TERRENO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Fi: Angolo di attrito; Fi Corr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo elastico; Ed: Modulo edometrico.

DH [m]	Gam [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]
0,6	18,0	33	23,51	101	7.400	12.700
2,9	18,5	27	18,85	64	4.400	1.500
1,0	19,2	36	25,96	0	49.000	0
5,5	23,5	30	21,15	150	98.600	0

## Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Combinazione	Press. norm prog. [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN-m]	My [kN-m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	610,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	Sisma	610,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	610,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	610,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

## Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo res. taglio	Coesione efficace	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità port. verticale	Coef. Rid. Capacità port. orizzontale
1	No	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	2,3	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1

## COMBINAZIONE MAGGIORMENTE PENALIZZANTE - Sisma

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	1831,15 kN/m²
Resistenza di progetto [Rd]	796,15 kN/m²
Tensione [Ed]	610,38 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3,0
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	73.245,88 kN/m³
---------------------	-----------------

## TAVOLA 12

## DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Lat./ Long. [WGS84]	43,9006 / 10,5346
Larghezza fondazione	8,1 m
Lunghezza fondazione	8,8 m
Profondità piano di posa	0,5 m
Altezza di incastro	0,5 m

## SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,075
Effetto sismico secondo	NTC (C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0,25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0,015
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0,188

## STRATIGRAFIA TERRENO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Fi: Angolo di attrito; Fi Corr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi;  
cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo elastico; Ed: Modulo edometrico.

DH [m]	Gam [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]
0,6	18,0	33	23,51	101	7.400	12.700
2,9	18,5	27	18,85	64	4.400	1.500
1,0	19,2	36	25,96	0	49.000	0
5,5	23,5	30	21,15	150	98.600	0

## Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Combinazione	Press. norm prog. [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN-m]	My [kN-m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	132,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	Sisma	132,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	132,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	132,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

## Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo res. taglio	Coesione efficace	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità port. verticale	Coef. Rid. Capacità port. orizzontale
1	No	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	2,3	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1

## COMBINAZIONE MAGGIORMENTE PENALIZZANTE - Sisma

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	396,22 kN/m²
Resistenza di progetto [Rd]	172,27 kN/m²
Tensione [Ed]	132,07 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3,0
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 15.848,76 kN/m³

## CEDIMENTI PER OGNI STRATO

## Cedimento edometrico calcolato con il metodo di consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto	40,0 kN/m²
Cedimento dopo T anni	10
Cedimento totale	5,93 cm

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m²)	Dp (kN/m²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	0,55	9,9	31	Edometrico	0,02	--	0,02
2	2,05	37,625	30,016	Edometrico	5,8	--	5,8
3	4	0	0	Schmertmann	0,02	--	0,02
4	7,25	0	0	Schmertmann	0,07	0,01	0,09

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento di consolidazione; Ws: Cedimento secondario (deformazioni viscosi); Wt: Cedimento totale.

COMUNE DI LUCCA - PROVINCIA DI LUCCA

PROGETTO DI NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE E BASSO SALTO  
DA REALIZZARSI SUL CANALE DI SCARICO DEL PUBBLICO CONDOTTO DI LUCCA  
LOCALITÀ SALTOCCHIO

**ALLEGATO 1 ALLA RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA**  
**Indagine geognostica tramite prova penetrometrica statica**



Committente: *RENOWA POWER* S.r.l. - Lucca

Ditta incaricata:



*Firenze, febbraio 2014*

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 1**

2.01PG05-179

- committente : Toscopaper S.p.A.  
 - lavoro :  
 - località : Via del Brennero - Lucca  
 - note :

- data : 13/01/2014  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

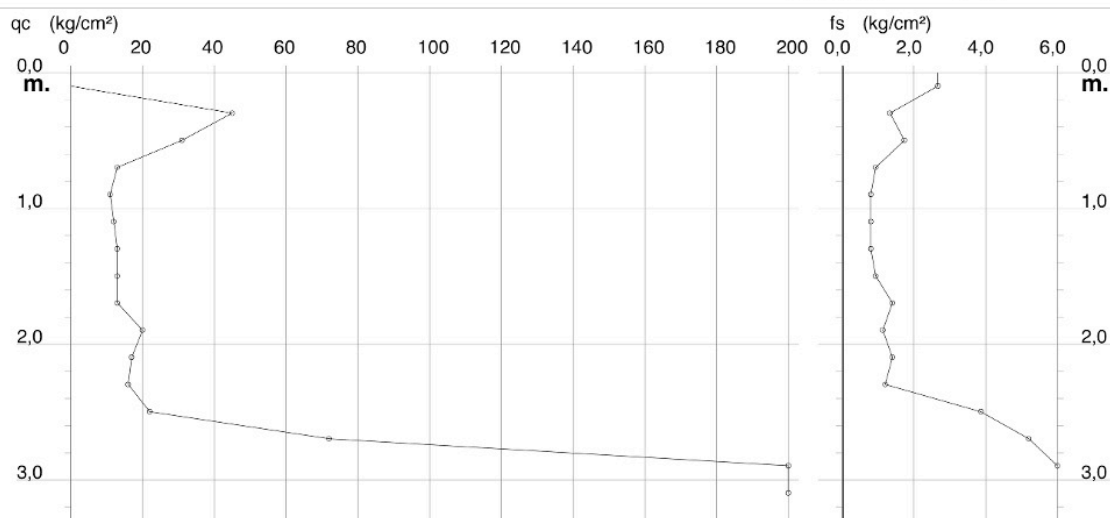
Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	2,67	----	1,80	13,0	27,0	13,0	1,40	9,0
0,40	45,0	85,0	45,0	1,33	34,0	<b>2,00</b>	20,0	41,0	20,0	1,13	18,0
0,60	31,0	51,0	31,0	1,73	18,0	2,20	17,0	34,0	17,0	1,40	12,0
0,80	13,0	39,0	13,0	0,93	14,0	2,40	16,0	37,0	16,0	1,20	13,0
<b>1,00</b>	11,0	25,0	11,0	0,80	14,0	2,60	22,0	40,0	22,0	3,87	6,0
1,20	12,0	24,0	12,0	0,80	15,0	2,80	72,0	130,0	72,0	5,20	14,0
1,40	13,0	25,0	13,0	0,80	16,0	<b>3,00</b>	253,0	331,0	253,0	9,33	27,0
1,60	13,0	25,0	13,0	0,93	14,0	3,20	310,0	450,0	310,0	-----	----

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 1**

2.01PG05-179

- committente : Toscopaper S.p.A.  
 - lavoro :  
 - località : Via del Brennero - Lucca

- data : 13/01/2014  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 50



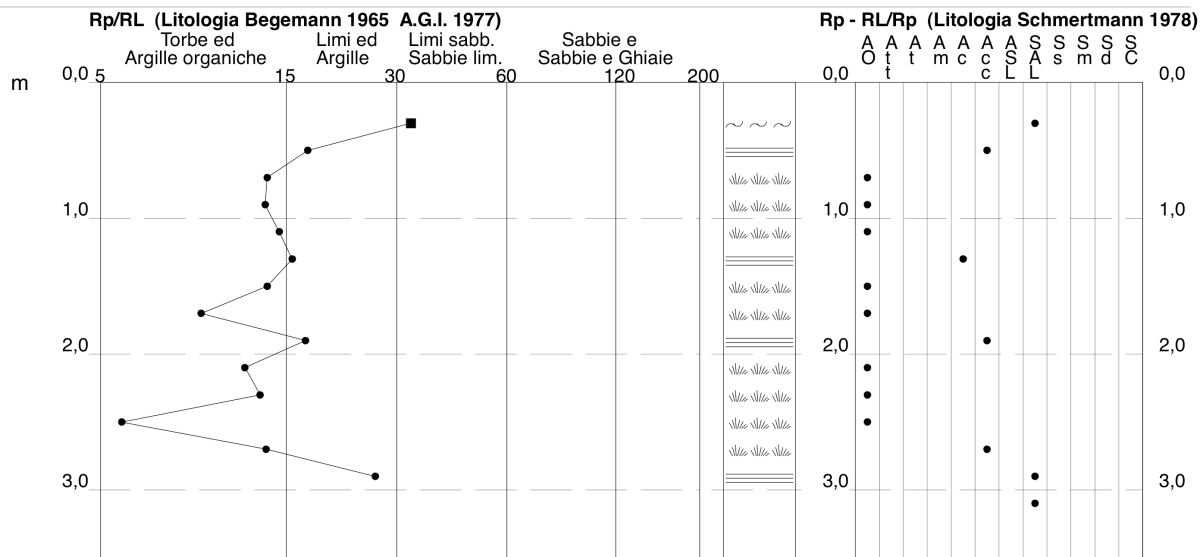
- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE  $C_t = 10$  - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE****CPT 1**

2.01PG05-179

- committente : Toscopaper S.p.A.  
- lavoro :  
- località : Via del Brennero - Lucca  
- note :

- data : 13/01/2014  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 50

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI****CPT 1**

2.01PG05-179

- committente : Toscopaper S.p.A.  
- lavoro :  
- località : Via del Brennero - Lucca  
- note :

- data : 13/01/2014  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,40	45	34	3:::	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	31	0,258	75	113	135		
0,60	31	18	4:::	1,85	0,11	1,03	99,9	176	264	93	85	40	41	43	45	41	29	0,208	52	78	93		
0,80	13	14	2///	1,85	0,15	0,60	36,5	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,00	11	14	2///	1,85	0,19	0,54	23,8	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,20	12	15	2///	1,85	0,22	0,57	20,5	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,40	13	16	2///	1,85	0,26	0,60	18,1	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,60	13	14	2///	1,85	0,30	0,60	15,3	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,80	13	9	2///	1,85	0,33	0,60	13,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,00	20	18	4:::	1,85	0,37	0,80	16,5	136	204	60	41	34	36	39	41	34	27	0,082	33	50	60		
2,20	17	12	2///	1,85	0,41	0,72	12,9	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,40	16	13	2///	1,85	0,44	0,70	11,0	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,60	22	6	4:::	1,85	0,48	0,85	12,7	144	216	66	38	33	36	38	41	33	28	0,075	37	55	66		
2,80	72	14	4:::	1,85	0,52	2,40	42,7	408	612	216	77	39	40	42	44	39	32	0,180	120	180	216		
3,00	253	27	4:::	1,85	0,55	8,43	99,9	1434	2151	759	100	42	43	45	46	44	39	0,258	422	633	759		
3,20	310	--	3:::	1,85	0,59	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	40	0,258	517	775	930		

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

**PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - (area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta  $q_c \text{ ( Kg / cm}^2 \text{ )} = ( \text{L. punta} ) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale  $f_s \text{ ( Kg / cm}^2 \text{ )} = [ ( \text{L. laterale} ) - ( \text{L. punta} ) ] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale  $R_t \text{ ( Kg )} = ( \text{L. totale} ) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta ( fase 1 )

- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )

- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ ( Kg )}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

$1 \text{ kN ( kiloNewton )} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN ( megaNewton )} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

$1 \text{ kPa ( kiloPascal )} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa ( MegaPascal )} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$

**LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE**Valutazioni in base al rapporto:  **$F = (q_c / f_s)$** 

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \% :$ 

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

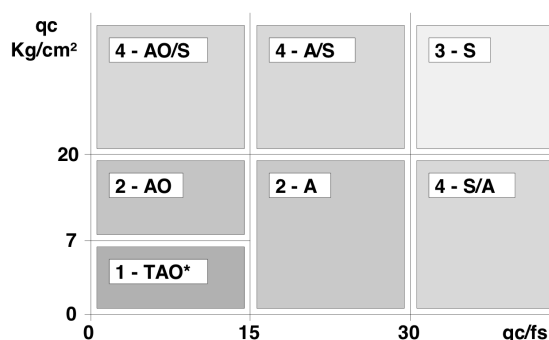
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $q_c / f_s$   
( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$q_c \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI      anche se (  $q_c / f_s$  ) > 30

$q_c \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI      anche se (  $q_c / f_s$  ) < 30



### NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $q_c$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $q_c$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $q_c$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $q_c$  - natura]  
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $q_c$  -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $D_r$  -  $q_c$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)  
  - $\phi_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata
  - $\phi_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\phi_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
  - $\phi_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\phi_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- $A_{max}$  = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : ( $A_{max}/g$ ) -  $D_r$ ]

COMUNE DI LUCCA - PROVINCIA DI LUCCA

PROGETTO DI NUOVO IMPIANTO IDROELETTRICO AD ACQUA FLUENTE E BASSO SALTO  
DA REALIZZARSI SUL CANALE DI SCARICO DEL PUBBLICO CONDOTTO DI LUCCA  
LOCALITÀ SALTOCCHIO

**ALLEGATO 2 ALLA RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA**  
**Tabulati di indagini geognostiche pregresse**



Committente: *RENOWA POWER S.r.l.* - Lucca

Tecnico incaricato: Dott. Geol. Carlo Verrucchi

*Firenze, febbraio 2014*

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1****Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente:	Studio Nollodi	Data:	17-5-2006
Cantiere:	Indagini geognostiche	Prof.tà prova:	420 cm
Località:	Ponte a Moriano (Lucca) x=1623271 y=4862095	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

<i>Prof. (cm)</i>	<i>n° colpi (Ndp)</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>n° aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>n° colpi (Ndp)</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>n° aste</i>
da 0 a 10	54	216,5	1	da 210 a 220	4	14,2	3
da 10 a 20	59	236,5	1	da 220 a 230	4	14,2	3
da 20 a 30	33	132,3	1	da 230 a 240	4	14,2	3
da 30 a 40	15	60,1	1	da 240 a 250	5	17,8	3
da 40 a 50	18	72,2	1	da 250 a 260	3	10,7	3
da 50 a 60	11	44,1	1	da 260 a 270	3	10,7	3
da 60 a 70	7	28,1	1	da 270 a 280	5	17,8	3
da 70 a 80	4	16,0	1	da 280 a 290	5	17,8	3
da 80 a 90	2	8,0	1	da 290 a 300	2	6,7	4
da 90 a 100	1	3,8	2	da 300 a 310	2	6,7	4
da 100 a 110	1	3,8	2	da 310 a 320	2	6,7	4
da 110 a 120	2	7,5	2	da 320 a 330	2	6,7	4
da 120 a 130	3	11,3	2	da 330 a 340	3	10,1	4
da 130 a 140	4	15,1	2	da 340 a 350	2	6,7	4
da 140 a 150	4	15,1	2	da 350 a 360	2	6,7	4
da 150 a 160	2	7,5	2	da 360 a 370	2	6,7	4
da 160 a 170	2	7,5	2	da 370 a 380	3	10,1	4
da 170 a 180	3	11,3	2	da 380 a 390	5	16,8	4
da 180 a 190	4	15,1	2	da 390 a 400	10	31,9	5
da 190 a 200	3	10,7	3	da 400 a 410	30	95,6	5
da 200 a 210	6	21,3	3	da 410 a 420	60	191,2	5

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

### Elaborazione statistica e parametri geotecnici

#### GENERALITA'

Committente: Studio Nollodi Data: 17-5-2006  
 Cantiere: Indagini geognostiche Prof.tà prova: 420 cm  
 Località: Ponte a Moriano (Lucca) x=1623271 y=4862095 Prof.tà falda: Falda non rilevata

#### ELABORAZIONE STATISTICA

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,70	Ndp	7	59	28,1	21,3
		Rpd (kg/cmq)	28,1	236,5	112,8	
2	da 0,70 a 3,90	Ndp	1	6	3,1	2,3
		Rpd (kg/cmq)	3,8	21,3	11,1	
3	da 3,90 a 4,10	Ndp	10	30	20,0	15,2
		Rpd (kg/cmq)	31,9	95,6	63,8	
4	da 4,10 a 4,20	Ndp	60	60	60,0	45,5
		Rpd (kg/cmq)	191,2	191,2	191,2	

#### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato n°	Profondità (m)	Nspt	INCOERENTE			COESIVO		
			Dr (%)	$\phi$ (°)	$\gamma$ (t/mc)	Ic (-)	Cu (t/mq)	$\gamma$ (t/mc)
1	da 0,00 a 0,70	21,3	53,1	33,1	1,82	----	----	----
2	da 0,70 a 3,90	2,3	13,4	27,7	1,22	----	----	----
3	da 3,90 a 4,10	15,2	43,3	31,3	1,68	----	----	----
4	da 4,10 a 4,20	45,5	76,7	40,0	2,02	----	----	----

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2****Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente:	Studio Nollodi	Data:	17-5-2006
Cantiere:	Indagini geognostiche	Prof.tà prova:	430 cm
Località:	Ponte a Moriano (Lucca) x=1623276 y=4862102	Prof.tà falda:	Falda non rilevata

<i>Prof. (cm)</i>	<i>n° colpi (Ndp)</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>n° aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>n° colpi (Ndp)</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>n° aste</i>
da 0 a 10	59	236,5	1	da 210 a 220	3	10,7	3
da 10 a 20	58	232,5	1	da 220 a 230	4	14,2	3
da 20 a 30	20	80,2	1	da 230 a 240	3	10,7	3
da 30 a 40	30	120,3	1	da 240 a 250	3	10,7	3
da 40 a 50	20	80,2	1	da 250 a 260	4	14,2	3
da 50 a 60	7	28,1	1	da 260 a 270	3	10,7	3
da 60 a 70	7	28,1	1	da 270 a 280	3	10,7	3
da 70 a 80	5	20,0	1	da 280 a 290	3	10,7	3
da 80 a 90	6	24,1	1	da 290 a 300	3	10,1	4
da 90 a 100	2	7,5	2	da 300 a 310	3	10,1	4
da 100 a 110	3	11,3	2	da 310 a 320	2	6,7	4
da 110 a 120	4	15,1	2	da 320 a 330	2	6,7	4
da 120 a 130	3	11,3	2	da 330 a 340	6	20,1	4
da 130 a 140	3	11,3	2	da 340 a 350	11	36,9	4
da 140 a 150	3	11,3	2	da 350 a 360	12	40,3	4
da 150 a 160	3	11,3	2	da 360 a 370	11	36,9	4
da 160 a 170	3	11,3	2	da 370 a 380	10	33,6	4
da 170 a 180	5	18,8	2	da 380 a 390	9	30,2	4
da 180 a 190	5	18,8	2	da 390 a 400	12	38,2	5
da 190 a 200	4	14,2	3	da 400 a 410	13	41,4	5
da 200 a 210	3	10,7	3	da 410 a 420	52	165,7	5
				da 420 a 430	60	191,2	5

SONDAGGIO N° 1 RIF.									
Data 21 Settembre 1989					Quota piano campagna				
voro Ampliamento Stabilimento					Sistema di foro Rotaz. Carot. Cont.				
Scala riferimento	STRATIGRAFIA	Fondo acquifero	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI		Profondità m	S P T			Vane test
						Profondità m	Numero colpi	Profondità m	
			0.50	TERRENO DI RIPIRTO					
1									
2				LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE BEIGE					
3			3.00						
4			3.60	LIMO ARGILLOSO E ARGILLA GRIGIA					
5			4.40	GHIAIA IN MATRICE LIMO-ARGILLOSA					
6									
7									
8				CALCARI E CALCARI MARNOSI GRIGIO SCURI (FLYSCH A ELMINTOIDI)					
9									
10			10.00						

SONDAGGIO N° 2

RIF.

Data 22 Settembre 1989

Quota piano campagna...

oro Ampliamento Stabilimento

Sistema di foro Rotaz. Carot. Cont.

Scala riferimento	STRATIGRAFIA	Folida acquifera	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	Pesci. pendimetro x Kg/cm <sup>2</sup>	S P T			Vane test
					Profondità	Numero colpi	Profondità	
			0.50 TERRENO DI RIPOORTO					
1								
2			LINI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE BEIGE					
3								
4			3.50 SABBIE GROSSOLANE E GHIAIA					
5			4.00 GHIAIE E SABBIE					
6								
7								
8			CALCARI E CALCARI MARNOSI GRIGIO-SCURI (FLYSCH A ELMINTOIDI)					
9								
10			10.00					

338