

---

Comune di Bonate Sopra  
Provincia di Bergamo

Rapporto geologico – geotecnico con indicazioni idrogeologiche sui  
terreni siti in territorio comunale di Bonate Sopra (Bg), in via Leopardi, di supporto  
al progetto di realizzazione nuovi edifici residenziali nell’ambito del PL 10 “Le Rose”

**EDILGAENI S.R.L.**



Dott. Norberto Invernici  
geologo  
N° I scr. O.R.G.L. 990

Bergamo, 23 Maggio 2008

## 1.0 Premessa

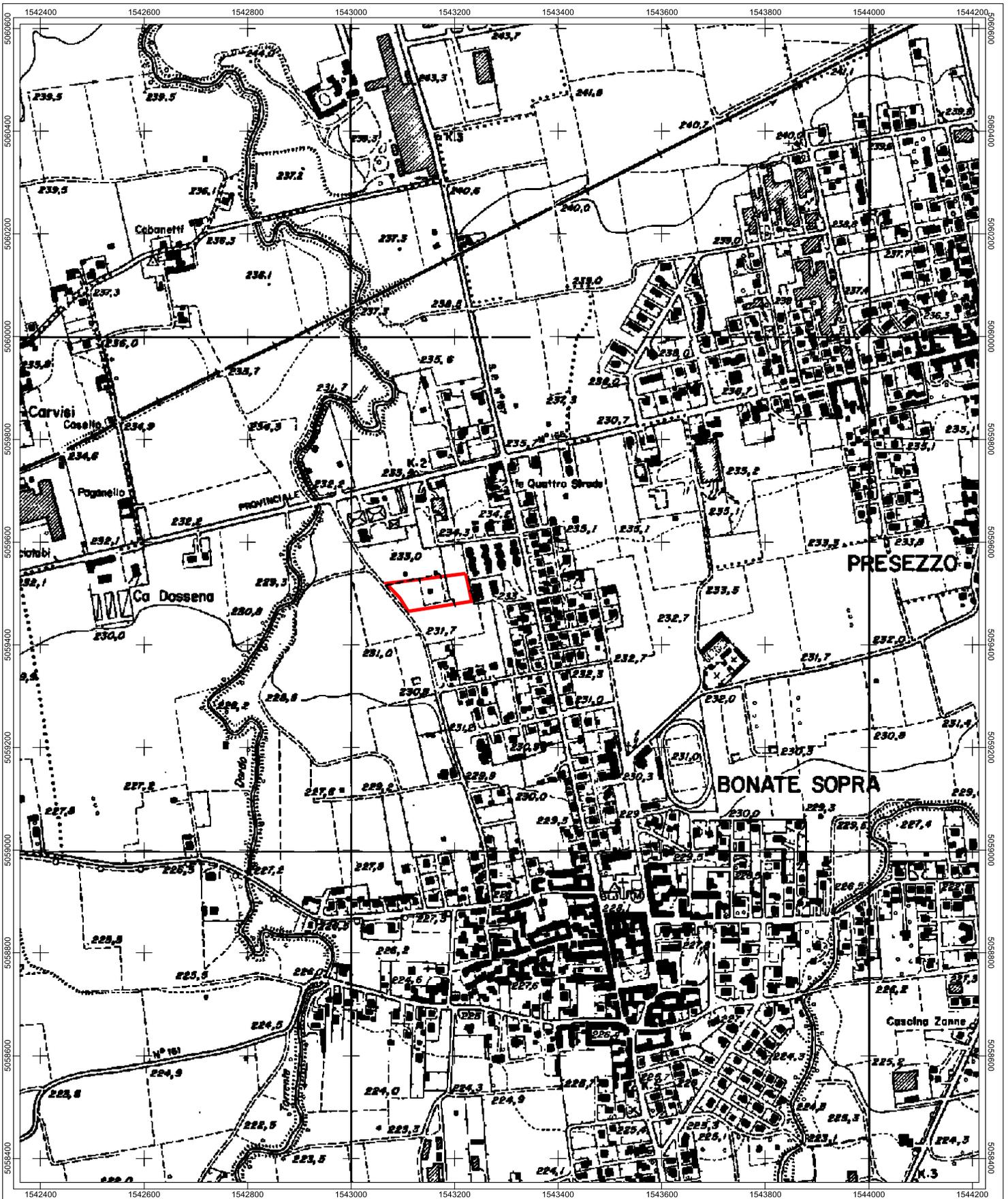
Nel seguente rapporto verranno illustrati i risultati delle indagini e degli studi di carattere geologico e geotecnico, con indicazioni idrogeologiche, condotti sui terreni siti in territorio comunale di Bonate Sopra, lungo via Leopardi, interessati dal progetto di realizzazione nuovi edifici residenziali nell'ambito del PL n° 10 denominato "Delle Rose".

Finalità degli studi e delle indagini eseguite, illustrate nel seguente documento, è definire in modo puntuale le caratteristiche stratigrafiche litotecniche ed idrogeologiche dei terreni di sottofondo dell'area di intervento, a supporto dell'istanza di autorizzazione, nonché quale elemento tecnico per il dimensionamento esecutivo delle fondazioni e per consentire il dimensionamento del sistema di dispersione delle acque meteoriche nel suolo, provenienti da coperture e piazzali, in ottemperanza alle normative e regolamenti vigenti.

L'assetto geologico dei terreni oggetto di studio è stato desunto dalla documentazione esistente e dai sopralluoghi e rilievi eseguiti in sito; per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche e dell'assetto geologico - geotecnico ed idrogeologico degli orizzonti più superficiali dei terreni, sono state eseguite specifiche indagini in sito mediante prove penetrometriche dinamiche continue e prove di permeabilità/percolazione a carico variabile a fondo scavo, entro trincee esplorative scavate in sezione obbligatoria.

Obiettivo del presente lavoro è analizzare, relativamente agli esposti aspetti di competenza del geologo, l'assetto delle aree interessate, per definire la fattibilità del proposto intervento è per fornire ai progettisti gli strumenti di carattere geologico - geotecnico indispensabili per procedere al dimensionamento delle fondazioni degli edifici di progetto, nonché idrogeologico e climatologico - pluviometrico indispensabili al dimensionamento del sistema di pozzi perdenti per la dispersione delle acque meteoriche.

Il seguente rapporto è stato redatto, nel rispetto della normativa vigente, con dettaglio commisurato all'entità degli interventi e del contesto geologico entro il quale si inseriscono, adottando i riferimenti normativi dettati dal D.M. 11 marzo 1988 «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate.....» e dal Decreto 14 Settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".

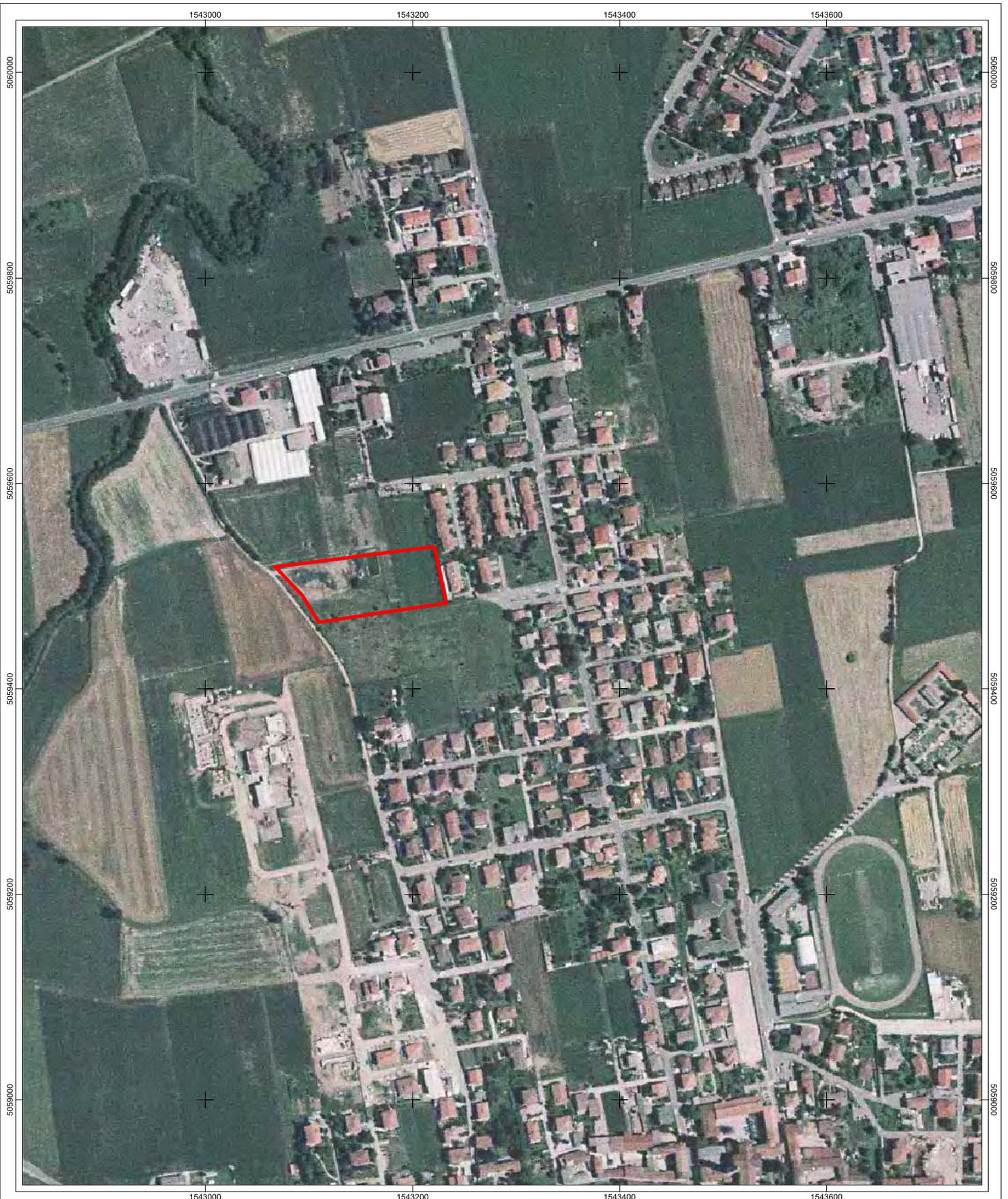


Corografia CTR  
Scala 1:10.000

Legenda:



Area intervento



Ortofoto  
Scala 1:5.000

Legenda:



Area intervento

## 2.0 Assetto geologico - geomorfologico

L'area oggetto di studio è ubicata sui terreni morfologicamente riferibili alla porzione di alta pianura posta in sinistra idrografica del torrente Dordo, rispetto al cui alveo attivo si mantiene ad una distanza di circa 200 m.

Il corso d'acqua scorre ad una distanza tale che non sono in ogni caso attendibili interferenze di carattere idraulico con le opere di progetto.

I terreni su cui saranno edificate le strutture di progetto sono caratterizzati dalla tipica morfologia pianeggiante.

L'assetto geologico dei terreni direttamente interessati dalle opere di progetto, è infatti caratterizzato dalla presenza dei litotipi riferibili ai depositi fluvioglaciali dell'Unità di Carvico.

Tale Unità è costituita da depositi fluvioglaciali di ghiaie a supporto clastico con ciottoli arrotondati e subspigolosi con presenza di locali limi di esondazione.

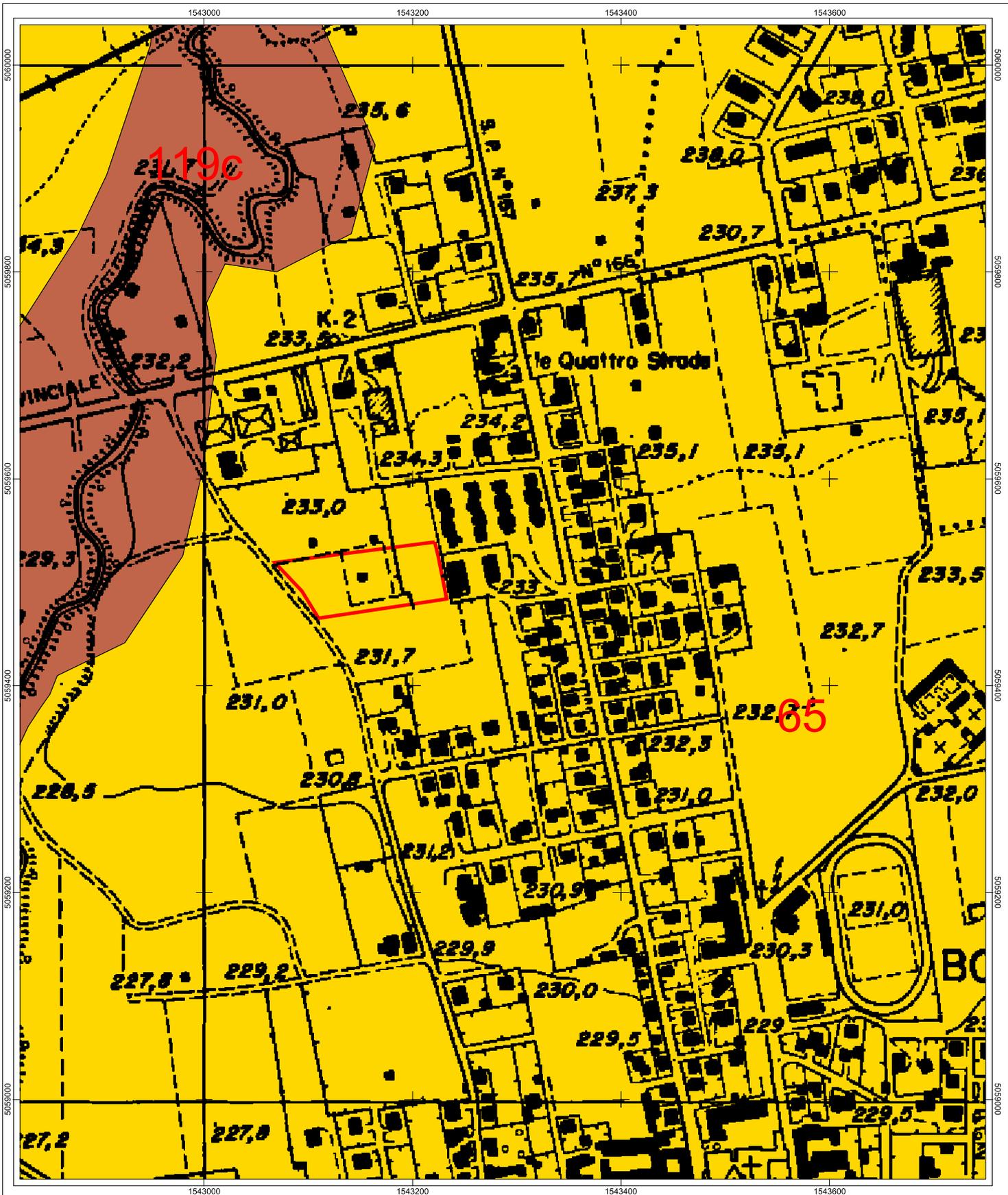
Tali depositi si presentano rozzamente stratificati e il carattere costante risulta, particolarmente nell'area in riva destra del fiume Brembo, la presenza di sequenze sommitali limose che annegano rapidamente (senza termini granulometrici intermedi) nelle ghiaie sottostanti.

La pedogenesi di tali litotipi, interessa generalmente uno spessore di circa 2 m a partire dal piano campagna.

Nello stralcio della carta litologica allegata, i terreni in questione sono classificati come composti da ghiaie poco gradate, non calcaree con sviluppo di suoli di spessore compreso tra 1 e 2 m.

Tali litotipi, nei termini ghiaiosi, costituiscono in genere buoni terreni di sottofondo e non pongono problemi dal punto di vista della loro edificabilità, garantendo il raggiungimento, per gli orizzonti ghiaiosi, di valori di capacità portante ammissibile molto elevati.

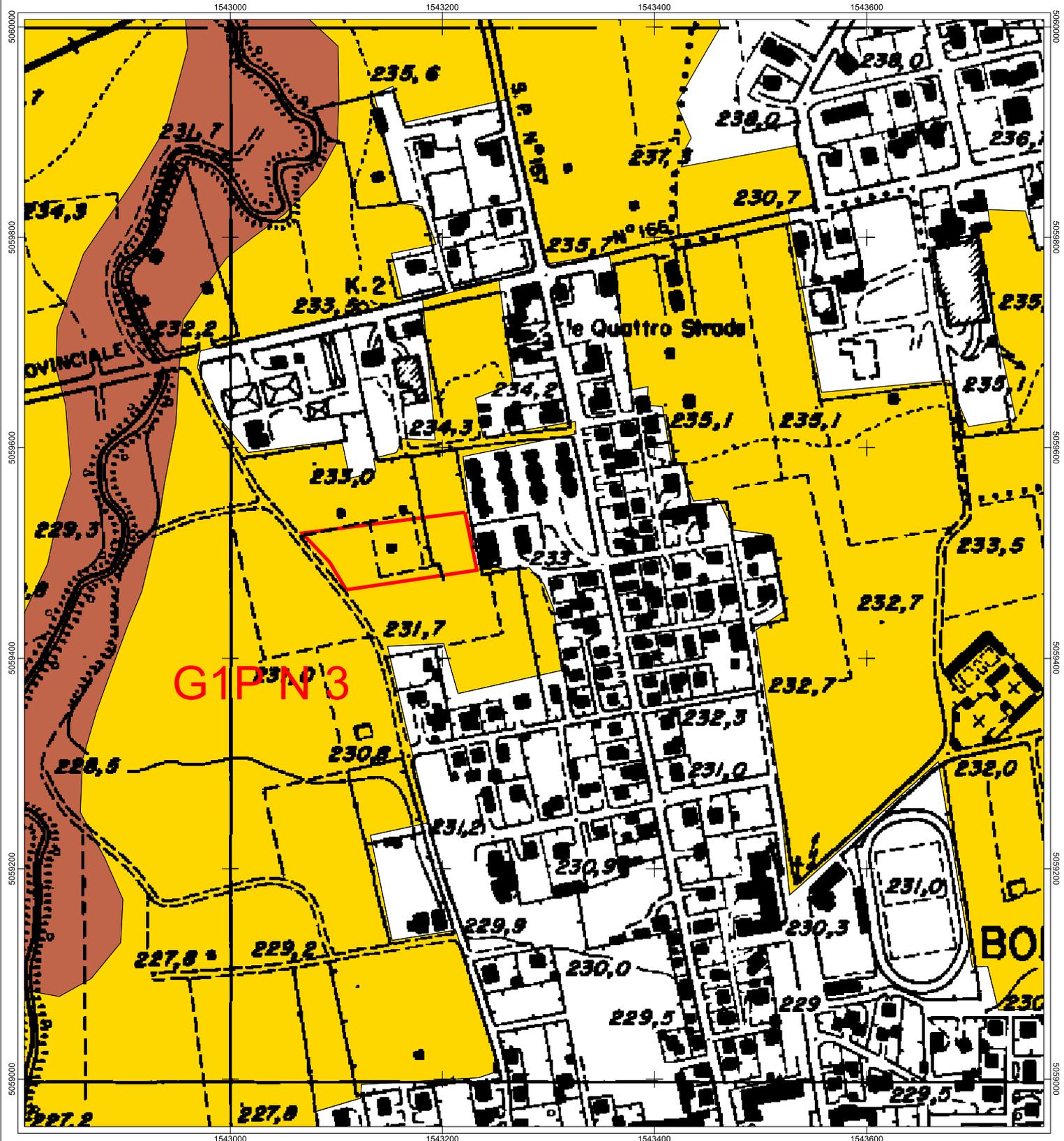
Tale successione stratigrafica è ben evidenziata anche nella sezione di scavo dei pozzetti, entro i quali sono state successivamente eseguite le prove di permeabilità a carico variabile.



Assetto geolitologico  
Scala 1:5.000

Legenda:

	Area intervento		119 c - Unità Postglaciale - Depositi alluvionali (Pleistocene Sup. - Olocene)
			65 - Unità di Carvico (Pleistocene Medio Sup.)



Litologia superficiale  
Scala 1:5.000

Legenda:

	Area intervento		G1P N 2 - G2WAS N 2
			G1P N 3
			G3L N 3
			no soil

Nei pozzetti ispettivi è stato riconosciuto un primo orizzonte limoso argilloso con spessore di circa 2,5 m al quale fa seguito il livello di ghiaie e ciottoli tipici dell'Unità di Carvico.

La falda idrica nella porzione di territorio in esame è presente solo a partire da quote superiori ai 40 da p.c., non in grado pertanto di interferire con le opere di progetto.

Le indicazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico emerse dallo studio delle aree di intervento e dai sopralluoghi in sito non hanno evidenziato la presenza di processi geomorfologici relitti, quiescenti o in atto, che possano, a seguito della realizzazione delle opere di progetto, evolvere verso forme di dissesto idrogeologico o che possano in qualche modo interferire con esse; pertanto dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico l'intervento di progetto, eseguendo i lavori a regola d'arte, risulta compatibile.

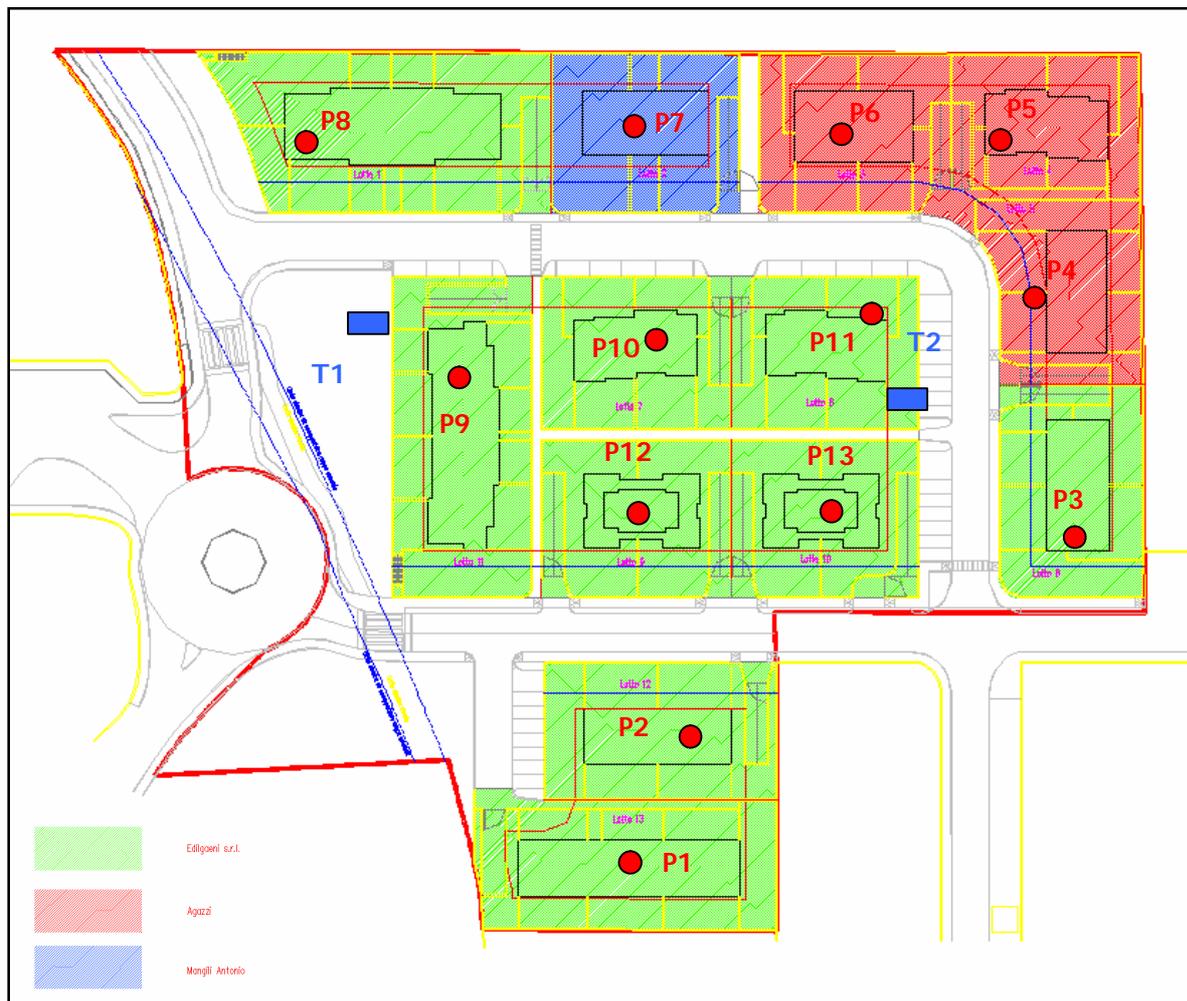
### 3.0 Indagini in sito

Il progetto prevede la realizzazione di nuovi edifici residenziali, costituiti da tredici corpi fabbrica distinti; tutti gli edifici di progetto saranno dotati di piano interrato, con previsto piano di posa delle fondazioni, posto a circa - 3 m da p.c.

Mediante specifiche indagini in sito sono stati attribuiti ai terreni in oggetto i parametri fisici caratteristici, indispensabili ai calcoli e alle valutazioni geologiche - geotecniche ed idrogeologiche illustrate nella presente relazione; tali calcoli e valutazioni si propongono di definire la fattibilità geologica s.l. dell'intervento di progetto, in relazione alle specifiche locali condizioni, per definire i valori di capacità portante e dei cedimenti totali, nonché per consentire il dimensionamento del sistema di dispersione delle acque meteoriche negli orizzonti superficiali del suolo e fornire agli Enti interessati, gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri.

Nel caso specifico sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- N° 2 trincee esplorative spinte fino a circa - 4 m da p.c.;
- N° 2 prove di permeabilità a carico variabile entro i pozzetti ispettivi;
- N° 13 prove penetrometriche dinamiche continue DPH;



Legenda:

- P9** ● Prova penetrometrica n° 9
- T1** ■ Trincea esplorativa - Prova di permeabilità n° 1

**Planimetria con ubicazione indagini in sito  
(non in scala)**

### **3.1 Trincee esplorative, prove di permeabilità a carico variabile e assetto stratigrafico - idrogeologico degli orizzonti superficiali**

Al fine di avere un quadro sufficientemente dettagliato dell'assetto stratigrafico ed idrogeologico degli orizzonti superficiali dei terreni oggetto di studio, sono state eseguite due trincee esplorative, in modo tale da poter "leggere" direttamente la stratigrafia dei terreni attraversati e poter eseguire le prove di percolazione e permeabilità a fondo foro.

Le trincee sono state ubicate in prossimità delle aree dove saranno realizzati i pozzi perdenti. Le due trincee eseguite ed i dati riferibili alla stratigrafia e alla permeabilità hanno consentito di individuare una condizione sostanzialmente simile su tutta l'area, non si è ritenuto pertanto indispensabile procedere all'esecuzione di ulteriori trincee intermedi-

I dati forniti da tali indagini sono stati criticamente confrontati con analoghe indagini eseguite dal sottoscritto in aree contermini a quella di intervento, con le stratigrafie dei pozzi presenti sul territorio comunale di Bonate Sopra e con i dati forniti dalle prove penetrometriche dinamiche continue.

Nei pozzetti ispettivi è stato riconosciuto un primo orizzonte limoso argilloso di terreno coltivato, di spessore circa 1,50 - 2,0 m, a cui fa seguito il livello ghiaioso limoso dotato di buona permeabilità. Aumentando la profondità aumentano i termini ghiaiosi.

Al fine di analizzare le caratteristiche di permeabilità dei suoli in questione, per fornire gli strumenti indispensabili al dimensionamento del sistema di dispersione delle acque meteoriche nel suolo, sono state eseguite nei pozzetti di scavo prove di permeabilità a carico costante.

Le prove sono state eseguite al fondo pozzetto entro orizzonti limosi con ghiaie e ciottoli.

Le condizioni necessarie perché le prove siano significative sono le seguenti:

- il terreno deve essere saturato preventivamente in modo da stabilire un regime di flusso permanente;
- la profondità del pozzetto deve essere pari a circa 1/7 dell'altezza del fondo dal livello di falda;
- il terreno sia omogeneo, isotropo e con coefficiente di permeabilità  $k > 10^{-6} \text{ m/s}$
- Coefficiente di permeabilità K

Il coefficiente di permeabilità k viene calcolato con le seguenti relazioni:

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1 + \left(2 \frac{h_m}{b}\right)}{\left(27 \frac{h_m}{b} + 3\right)}$$

con

hm = altezza media dell'acqua nel pozzetto ( $hm > d/4$ );

b = lato della base del pozzetto.

t2-t1 = intervallo di tempo;

h2-h1 = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo t2-t1.

L'interpretazione dei dati forniti da tali prove permette di definire il coefficiente di permeabilità dei terreni e di valutare la loro capacità a garantire il drenaggio delle acque meteoriche ed il loro ritorno in falda.

L'interpretazione dei dati forniti da tali prove permette di definire il coefficiente di permeabilità dei terreni e di valutare la loro capacità a garantire il drenaggio delle acque meteoriche ed il loro ritorno in falda.

*I risultati forniti dalle prove di permeabilità a carico variabile hanno consentito di calcolare per i terreni in questione, valori sostanzialmente uniformi, pari ad un valore di permeabilità cautelativo  $K = 1 * 10^{-4}$  m/sec.*

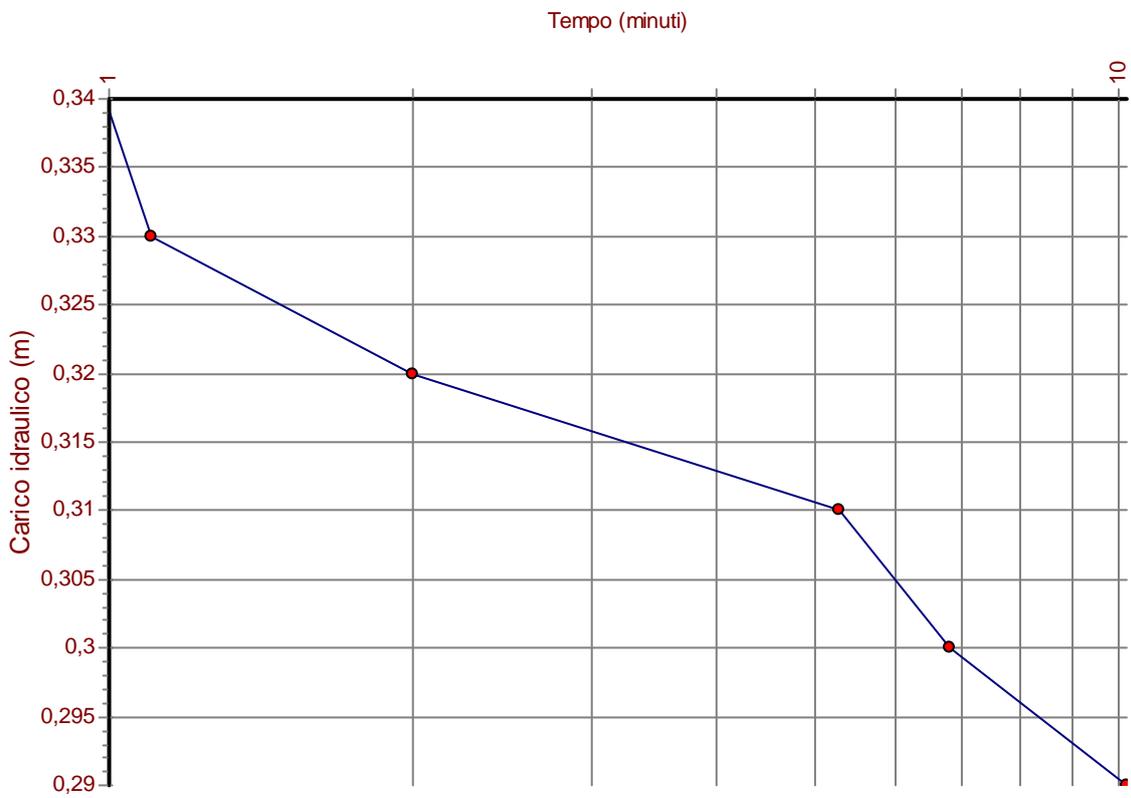
Tali valori sono in accordo con la composizione granulometrica dei litotipi di sottofondo; nella tabella sottostante si può osservare come i terreni in questione possiedano la granulometria delle sabbie e ghiaie, in accordo quindi con i dati forniti dalla prova di permeabilità.

Valori del coefficiente di permeabilità K nei diversi terreni (R. Lancellotta 1987)	
Tipo di terreno	K (m/sec)
Ghiaia pulita	$10^{-2} \div 1$
<i>Sabbia pulita, sabbia e ghiaia</i>	$10^{-5} \div 10^{-2}$
<i>Sabbia molto fine</i>	$10^{-6} \div 10^{-4}$
Limo	$10^{-8} \div 10^{-6}$
Argilla omogenea in falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} \div 10^{-4}$

Note: Prova di permeabilità a carico variabile pozzetto n° 1

### Prova di permeabilità in pozzetto a carico variabile

Tempo (minuti)	Livello dell'acqua(m)	Permeabilità (m/s)
0	0,34	
1,1	0,33	2,69E-5
2	0,32	3,32E-5
5,3	0,31	9,16E-6
6,8	0,3	2,04E-5
10,2	0,29	9,09E-6



Diametro o lato del pozzetto (m):

2

Permeabilità media (m/s):

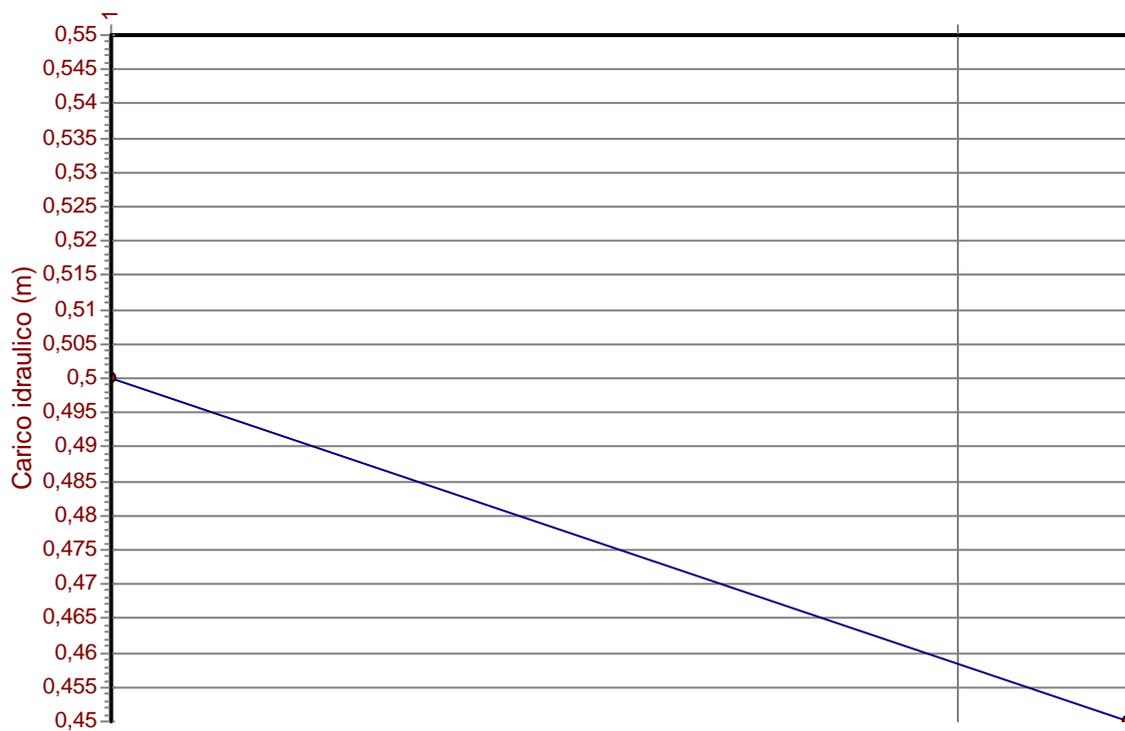
1,98E-5

Note: Prova di permeabilità a carico variabile pozzetto n° 2

### Prova di permeabilità in pozzetto a carico variabile

<i>Tempo (minuti)</i>	<i>Livello dell'acqua(m)</i>	<i>Permeabilità (m/s)</i>
0	0,55	
1	0,5	0,000126
2,3	0,45	0,0001

Tempo (minuti)



*Diametro o lato del pozzetto (m):*

2

*Permeabilità media (m/s):*

1,13E-4

Su tale valore di permeabilità potrà pertanto essere valutato il corretto dimensionamento del sistema di dispersione delle acque meteoriche nel suolo.

### **3.2 Prove penetrometriche dinamiche continue**

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica dei terreni di fondazione sono state complessivamente eseguite n° 13 prove penetrometriche dinamiche continue, spinte fino al rifiuto all'avanzamento, riscontrato entro l'orizzonte ghiaioso - limoso più profondo.

Le prove penetrometriche, ubicate come da planimetria allegata, , sono state eseguite con penetrometro dinamico DPH 75 Compac, dotato delle seguenti caratteristiche tecniche:

***peso massa battente 63,5 Kg - altezza caduta libera 0,75 m - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 6,3 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,80 m - Avanzamento punta 0,20 m.***

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 20 cm, permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali, applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura, tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno, fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorre applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT (quali sono le prove eseguite sui terreni oggetto del presente studio), per tenere conto delle diverse modalità esecutive.





Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 1

### Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa % (kg/cmq)	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
1,8	6	Limo argilloso	97	0,13	24	1,74	50	134				237	43	0,16
4,6	29	Ghiaia limosa	164	0,41	36	2,12	80	1293				622	206	0,61

Profondità della falda (m): non rilevata

Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 1

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	3		4	
0,4	4		6	
0,6	5		7	
0,8	5		7	
1	5		7	
1,2	4		6	
1,4	4		6	
1,6	5		7	
1,8	5		7	
2	10		15	
2,2	15		22	
2,4	20		30	
2,6	21		31	
2,8	20		30	
3	5		7	
3,2	21		31	
3,4	24		36	
3,6	25		37	
3,8	21		31	
4	21		31	
4,2	22		33	
4,4	24		36	
4,6	25		37	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

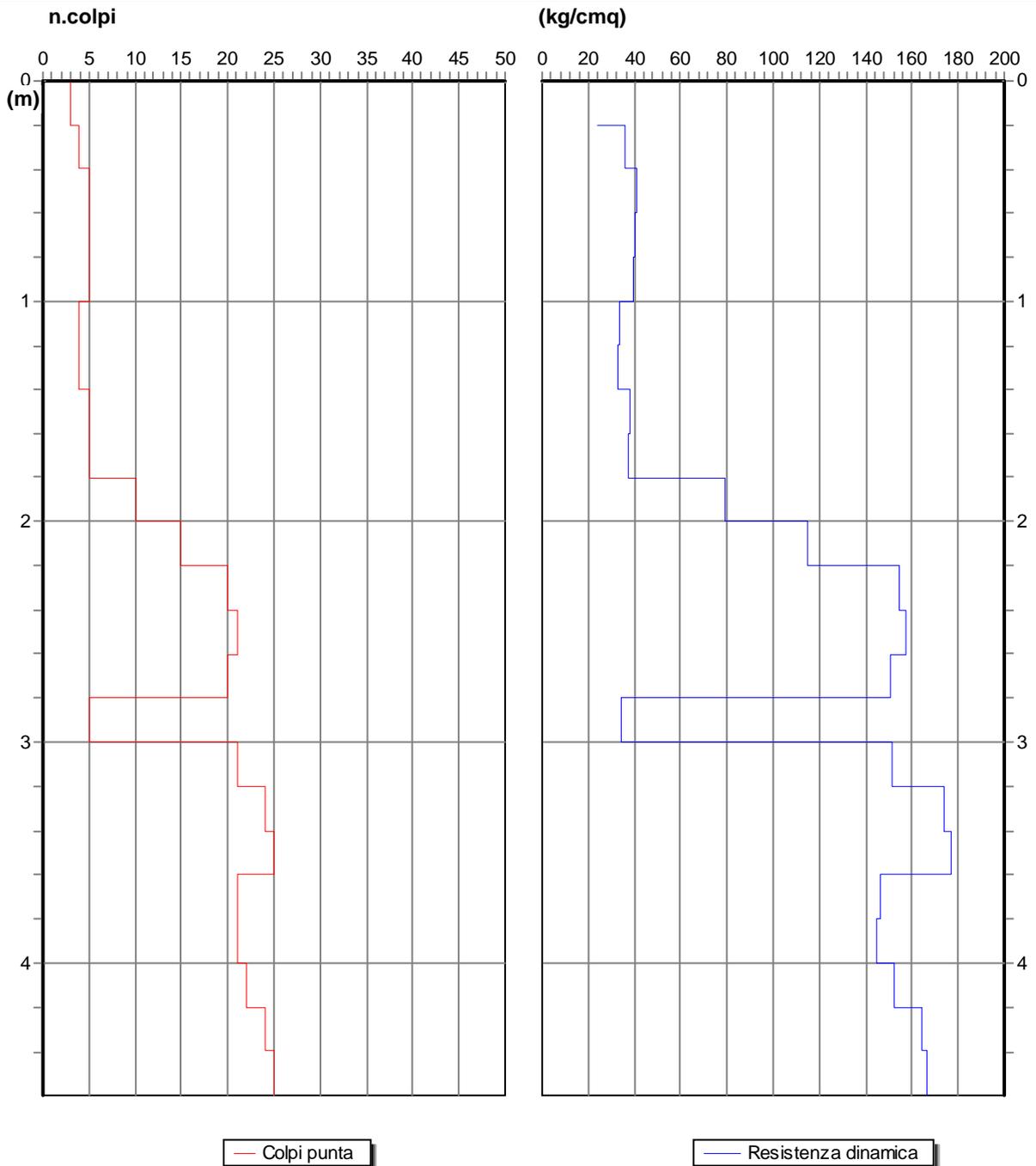
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 1

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 2

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	5		7	
0,4	5		7	
0,6	4		6	
0,8	4		6	
1	3		4	
1,2	3		4	
1,4	4		6	
1,6	5		7	
1,8	12		18	
2	11		16	
2,2	14		21	
2,4	32		48	
2,6	23		34	
2,8	22		33	
3	21		31	
3,2	23		34	
3,4	24		36	
3,6	25		37	
3,8	27		40	
4	24		36	
4,2	31		46	
4,4	26		39	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

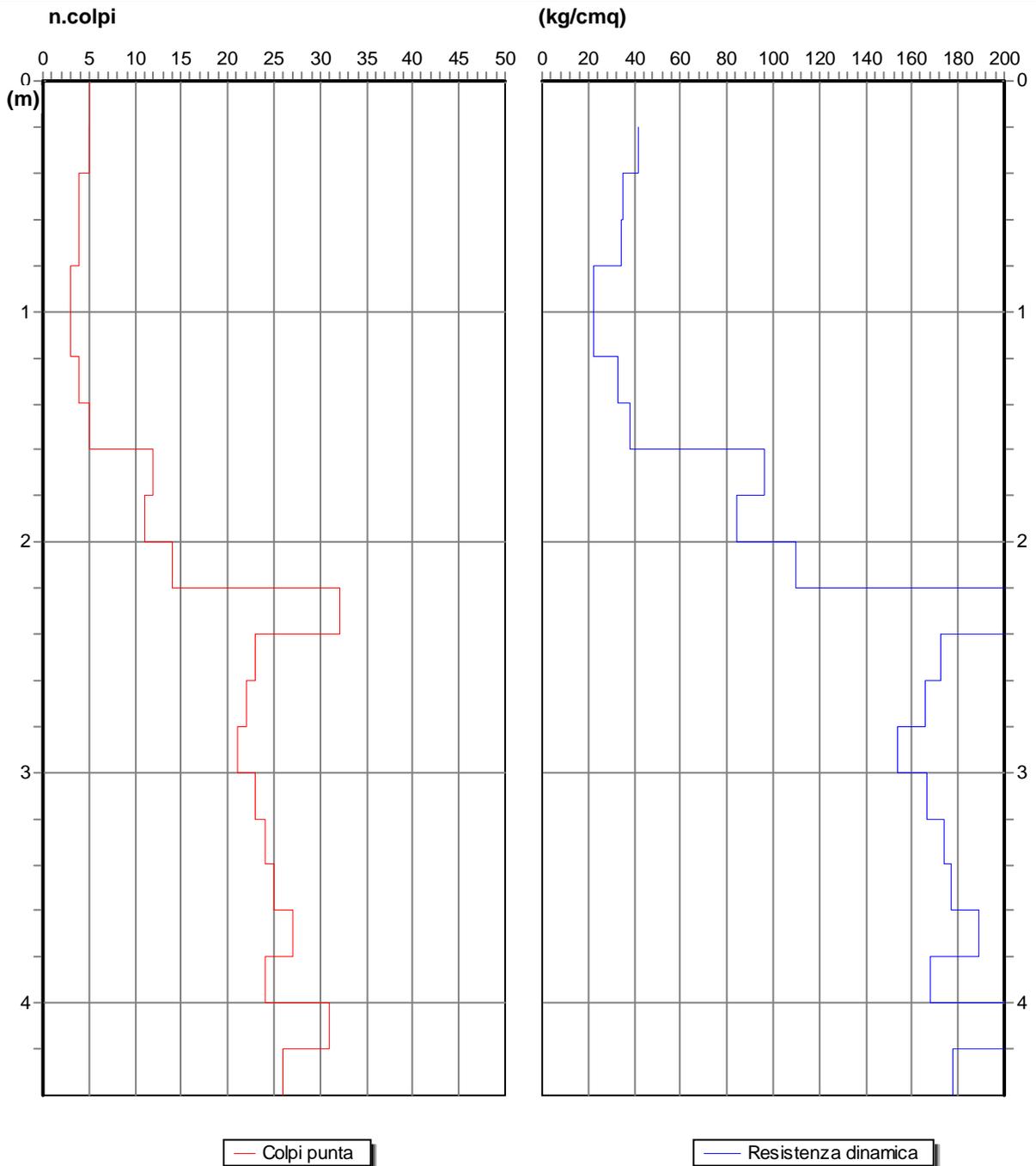
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 2

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 3

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	3		4	
0,4	3		4	
0,6	5		7	
0,8	4		6	
1	5		7	
1,2	4		6	
1,4	7		10	
1,6	8		12	
1,8	8		12	
2	12		18	
2,2	11		16	
2,4	10		15	
2,6	15		22	
2,8	24		36	
3	25		37	
3,2	25		37	
3,4	23		34	
3,6	24		36	
3,8	26		39	
4	31		46	
4,2	24		36	
4,4	20		30	
4,6	22		33	
4,8	24		36	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

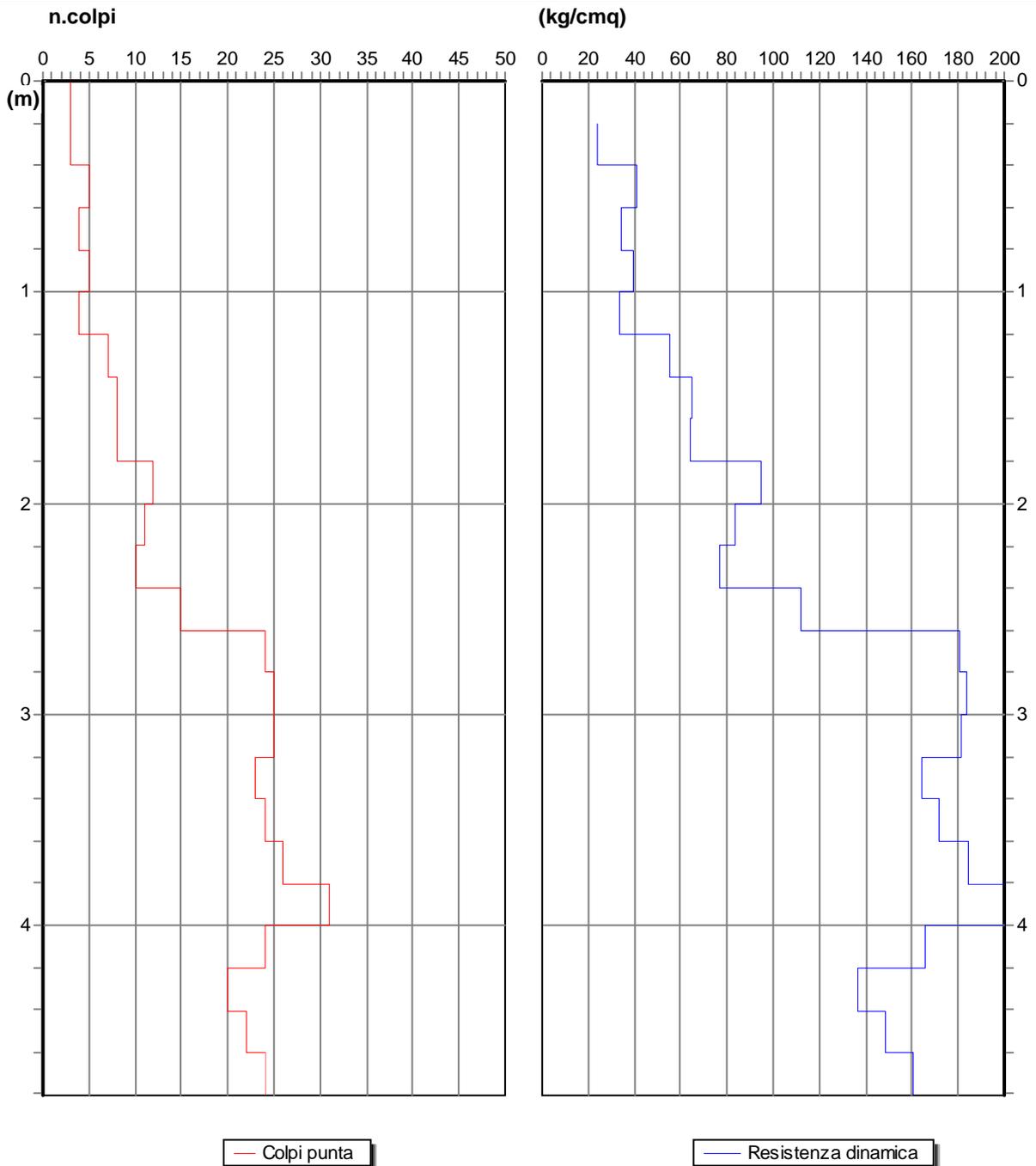
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 3

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 4

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	4		6	
0,4	4		6	
0,6	4		6	
0,8	5		7	
1	4		6	
1,2	4		6	
1,4	6		9	
1,6	6		9	
1,8	5		7	
2	8		12	
2,2	14		21	
2,4	21		31	
2,6	21		31	
2,8	23		34	
3	25		37	
3,2	24		36	
3,4	21		31	
3,6	20		30	
3,8	25		37	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

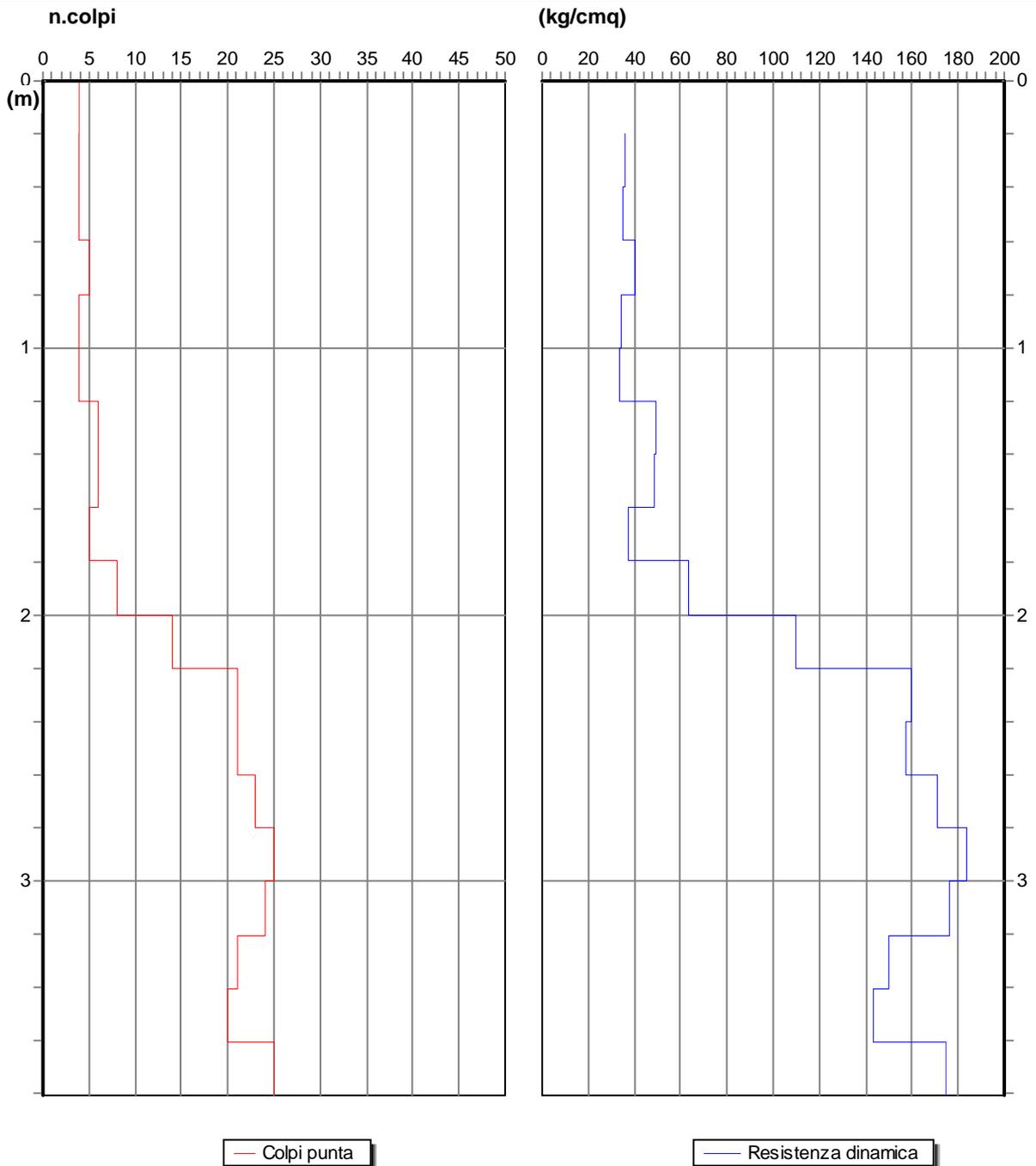
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 4

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 5

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	4		6	
0,4	4		6	
0,6	5		7	
0,8	5		7	
1	4		6	
1,2	4		6	
1,4	4		6	
1,6	7		10	
1,8	8		12	
2	15		22	
2,2	15		22	
2,4	14		21	
2,6	21		31	
2,8	21		31	
3	20		30	
3,2	20		30	
3,4	23		34	
3,6	24		36	
3,8	25		37	
4	24		36	
4,2	25		37	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

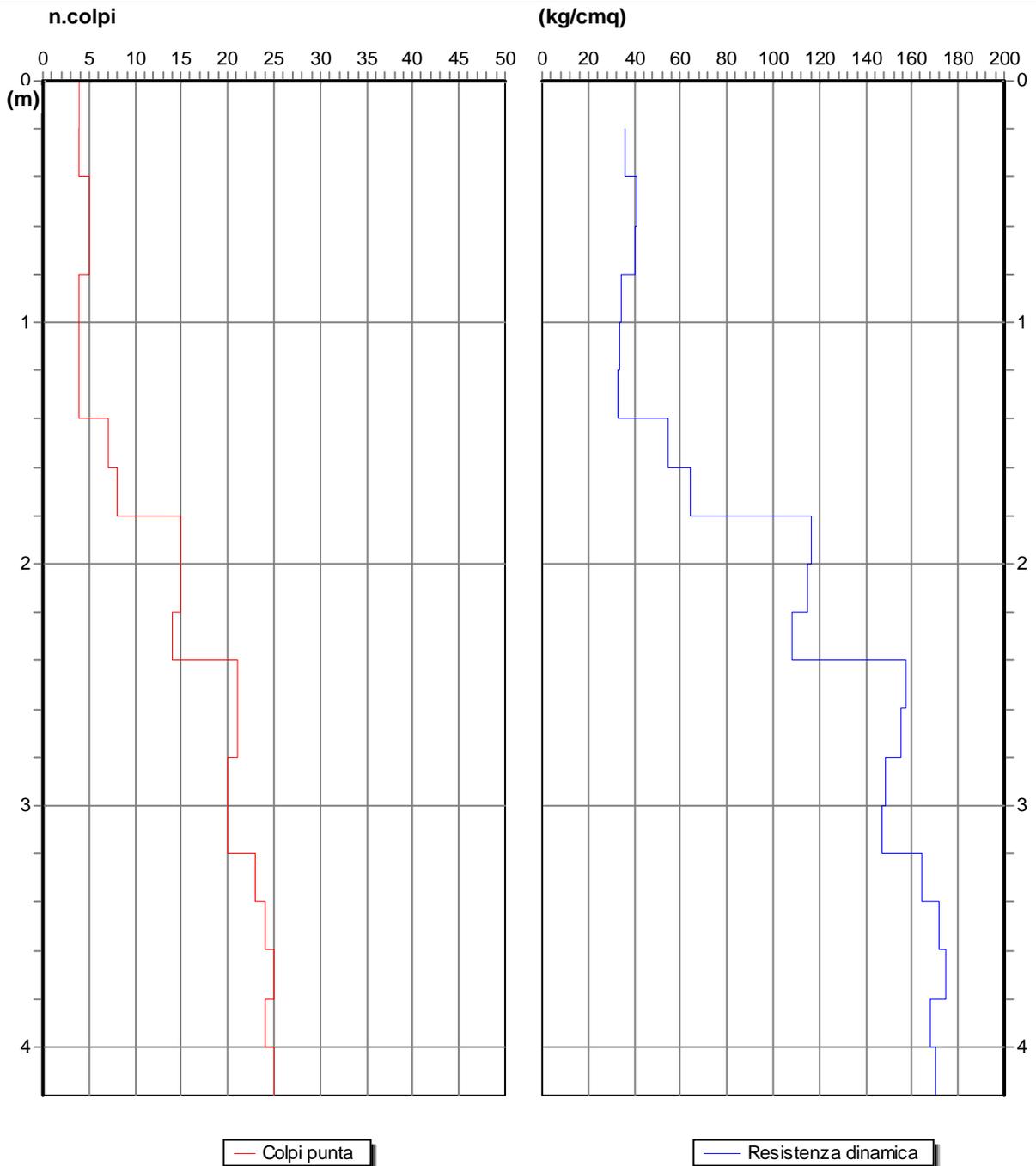
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 5

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 6

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	3		4	
0,4	3		4	
0,6	4		6	
0,8	4		6	
1	3		4	
1,2	5		7	
1,4	6		9	
1,6	6		9	
1,8	5		7	
2	15		22	
2,2	14		21	
2,4	21		31	
2,6	20		30	
2,8	20		30	
3	22		33	
3,2	21		31	
3,4	24		36	
3,6	25		37	
3,8	24		36	
4	23		34	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

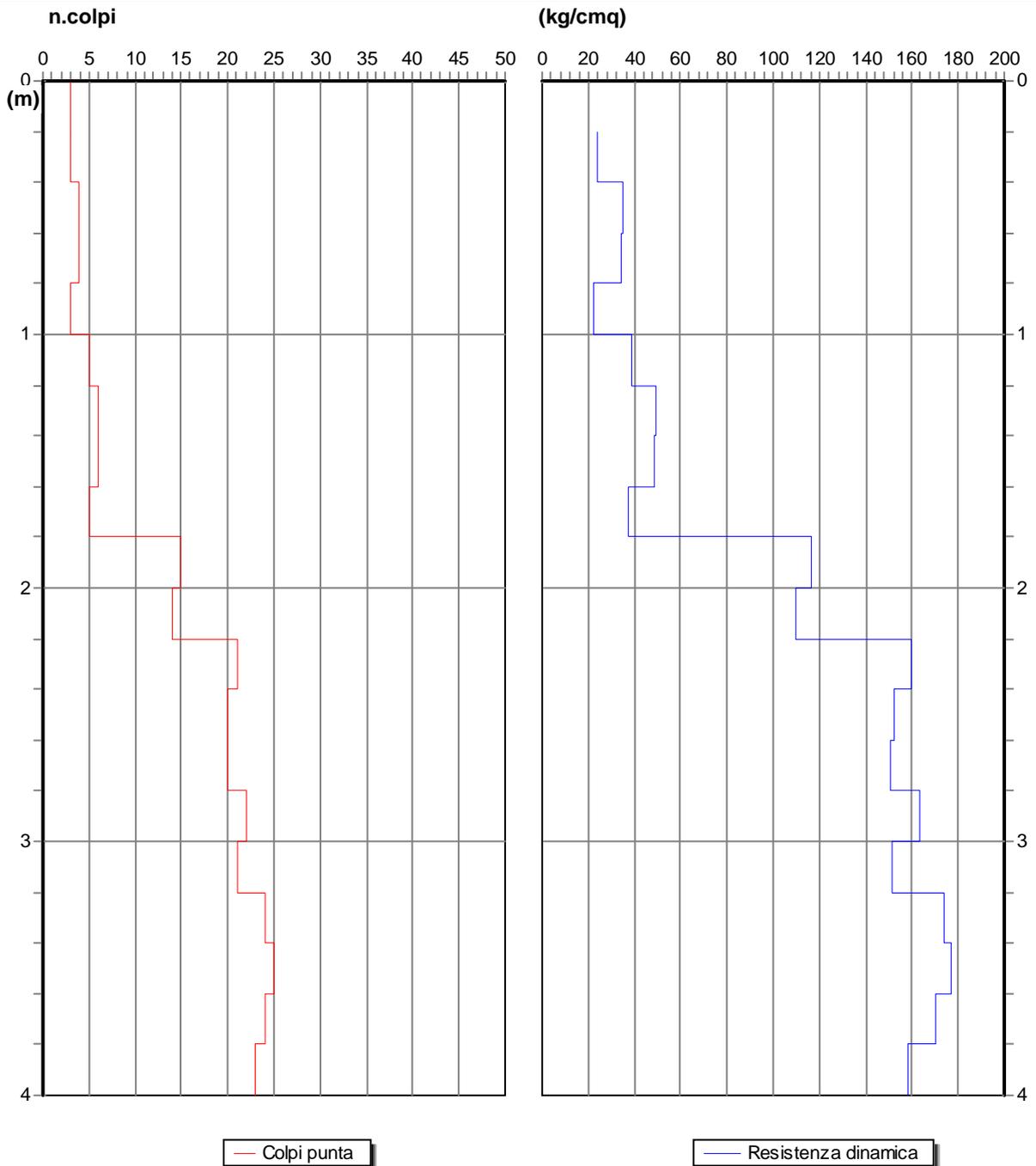
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 6

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 7

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	5		7	
0,4	4		6	
0,6	4		6	
0,8	5		7	
1	7		10	
1,2	8		12	
1,4	8		12	
1,6	7		10	
1,8	5		7	
2	15		22	
2,2	15		22	
2,4	16		24	
2,6	21		31	
2,8	21		31	
3	24		36	
3,2	25		37	
3,4	23		34	
3,6	20		30	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

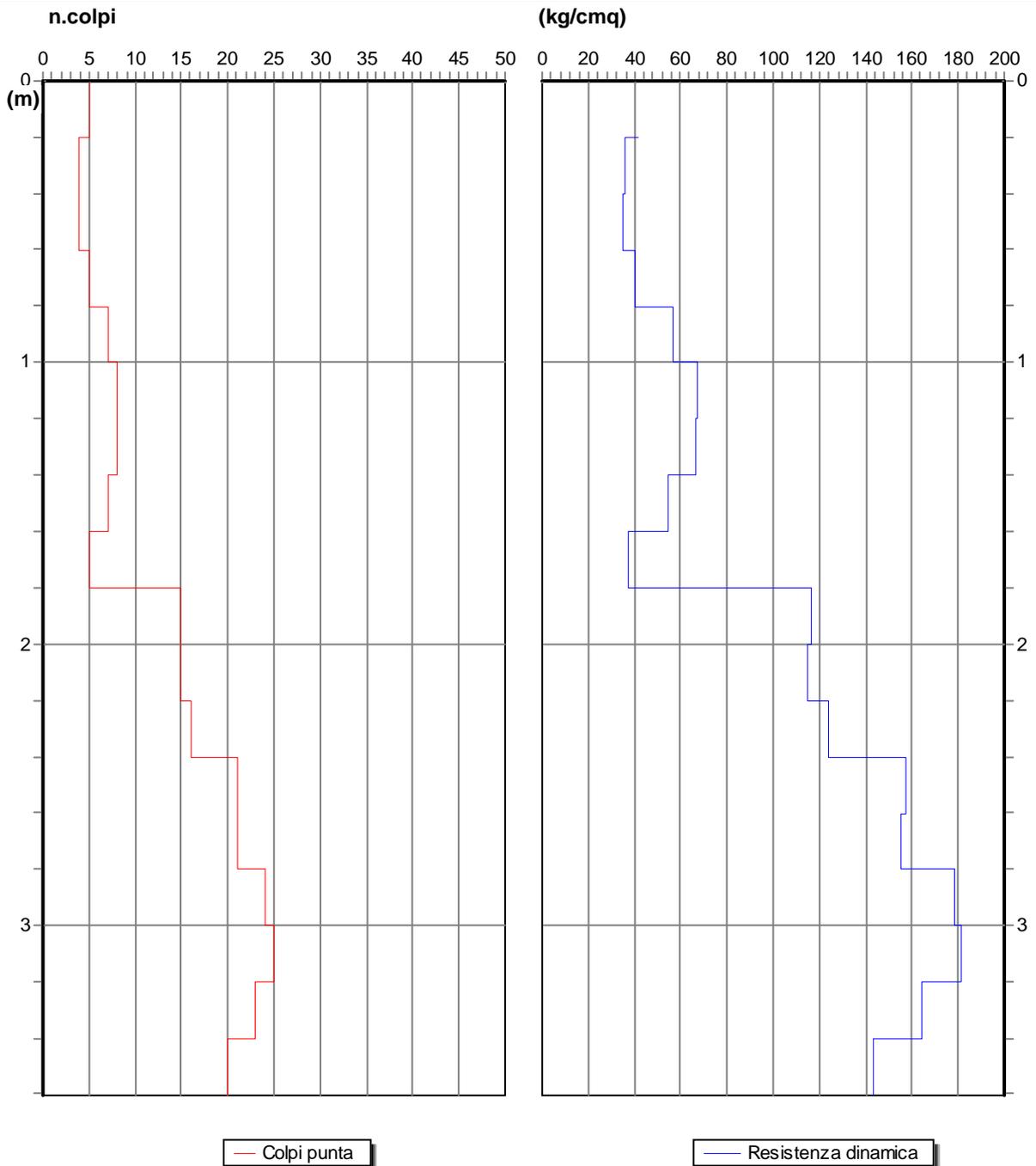
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 7

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 8

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	4		6	
0,4	4		6	
0,6	5		7	
0,8	5		7	
1	4		6	
1,2	7		10	
1,4	7		10	
1,6	6		9	
1,8	15		22	
2	15		22	
2,2	14		21	
2,4	21		31	
2,6	22		33	
2,8	24		36	
3	25		37	
3,2	32		48	
3,4	21		31	
3,6	25		37	
3,8	24		36	
4	26		39	
4,2	23		34	
4,4	24		36	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

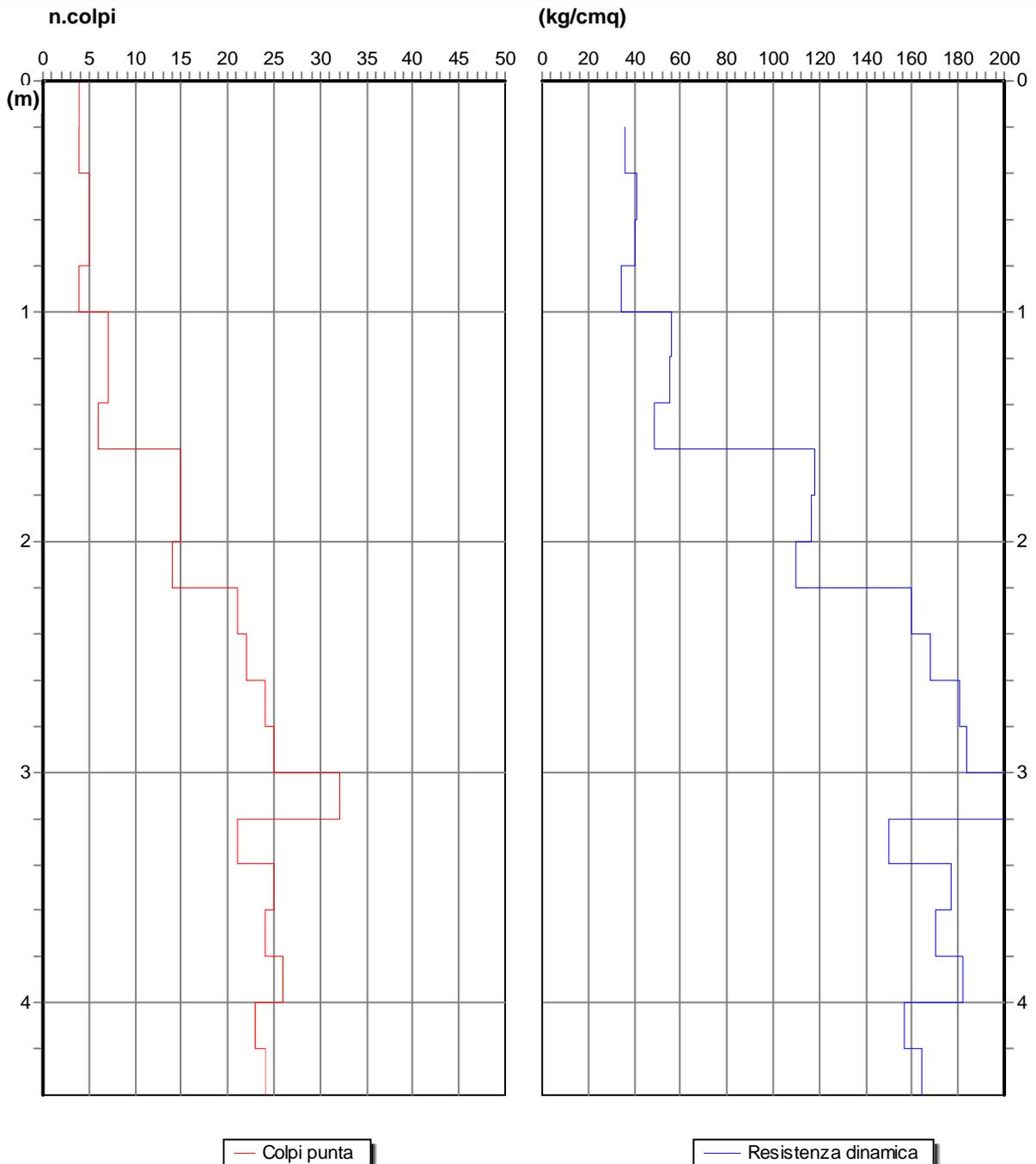
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 8

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 9

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	7		10	
0,4	7		10	
0,6	8		12	
0,8	8		12	
1	7		10	
1,2	5		7	
1,4	4		6	
1,6	16		24	
1,8	14		21	
2	14		21	
2,2	21		31	
2,4	23		34	
2,6	25		37	
2,8	24		36	
3	24		36	
3,2	21		31	
3,4	20		30	
3,6	23		34	
3,8	22		33	
4	24		36	
4,2	25		37	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

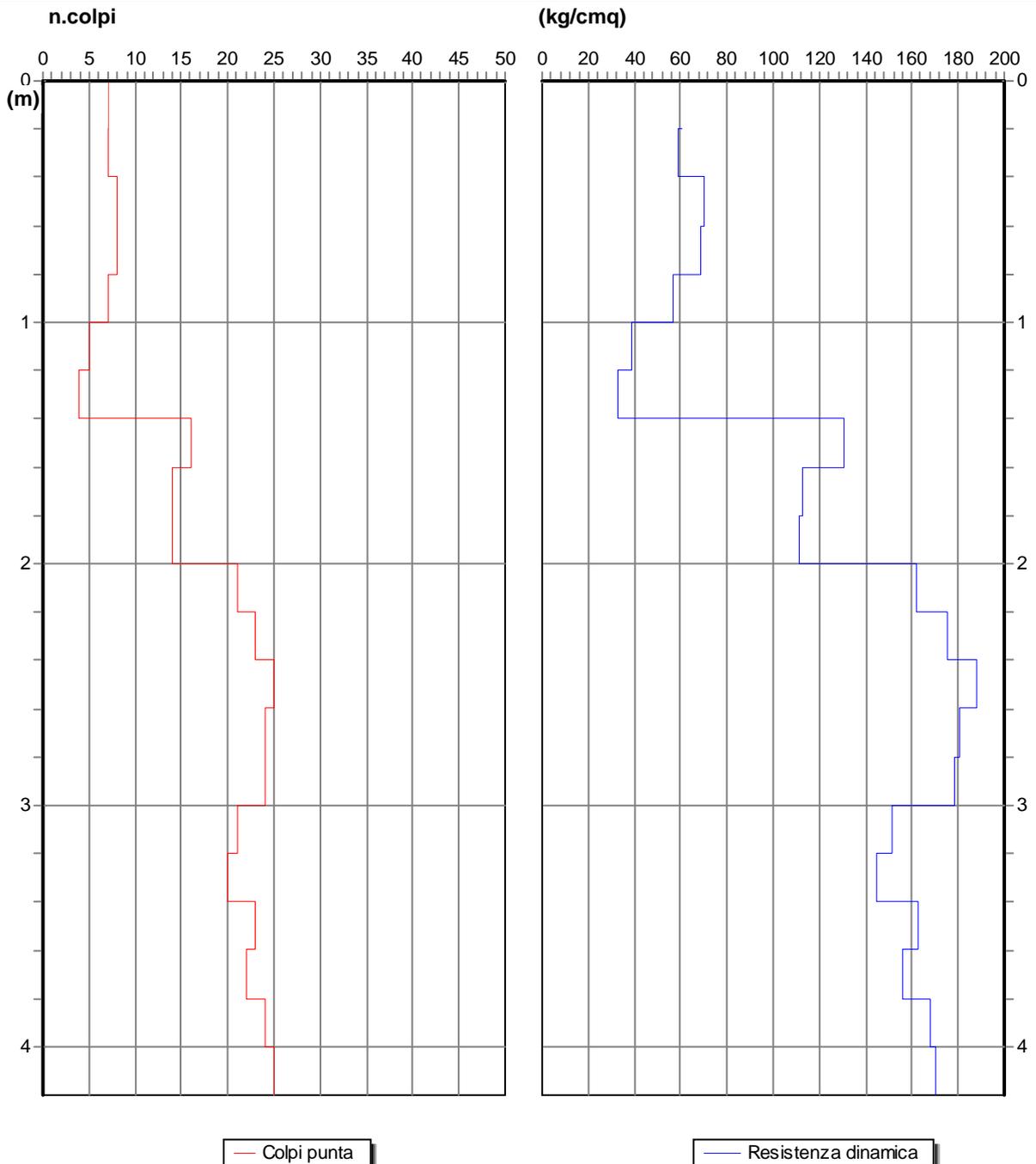
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 9

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 10

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	2		3	
0,4	5		7	
0,6	5		7	
0,8	4		6	
1	8		12	
1,2	6		9	
1,4	5		7	
1,6	11		16	
1,8	8		12	
2	12		18	
2,2	21		31	
2,4	24		36	
2,6	24		36	
2,8	21		31	
3	20		30	
3,2	20		30	
3,4	22		33	
3,6	24		36	
3,8	25		37	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

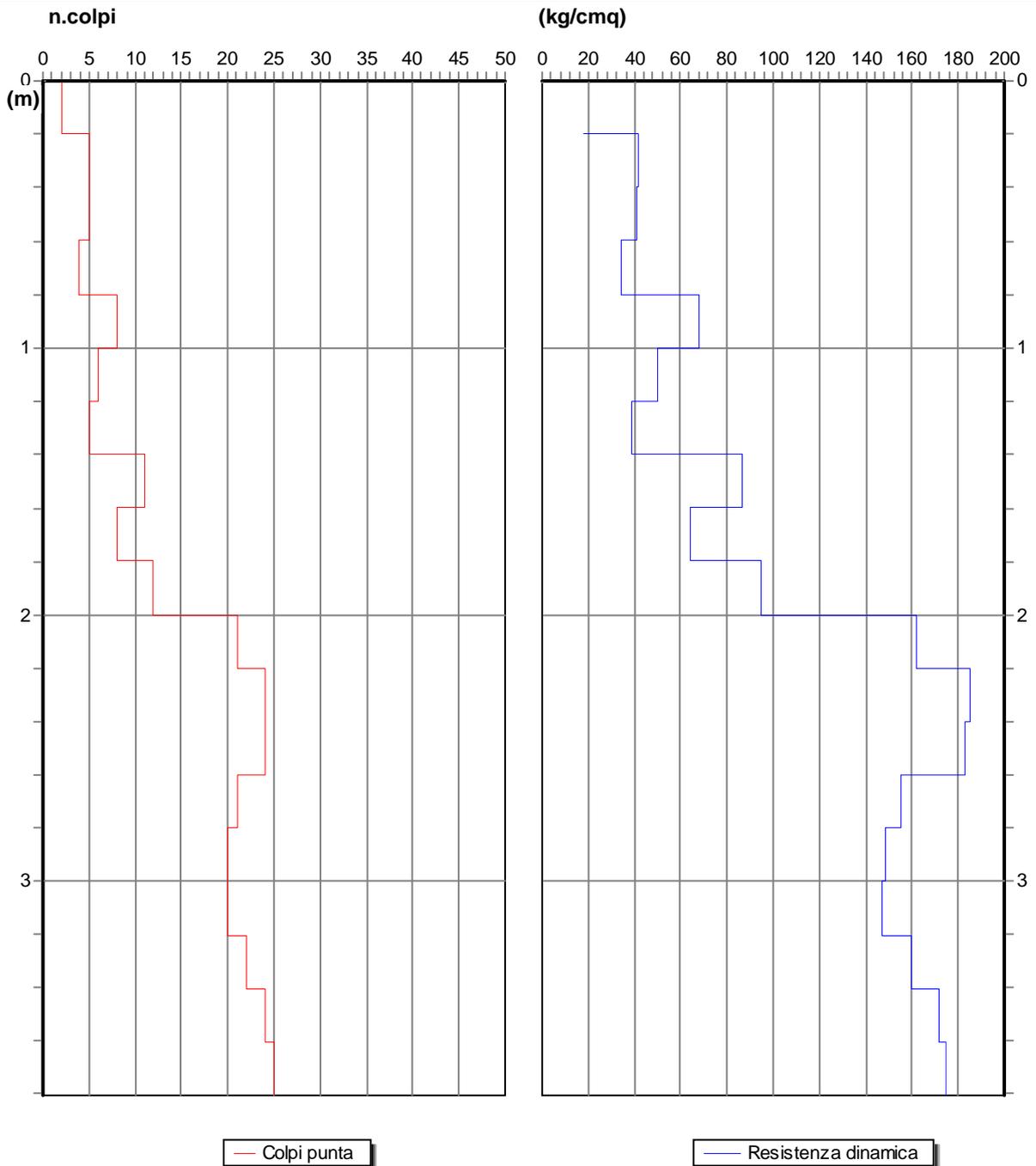
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 10

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 11

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	4		6	
0,4	4		6	
0,6	5		7	
0,8	4		6	
1	4		6	
1,2	6		9	
1,4	7		10	
1,6	8		12	
1,8	7		10	
2	8		12	
2,2	9		13	
2,4	12		18	
2,6	25		37	
2,8	26		39	
3	32		48	
3,2	31		46	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

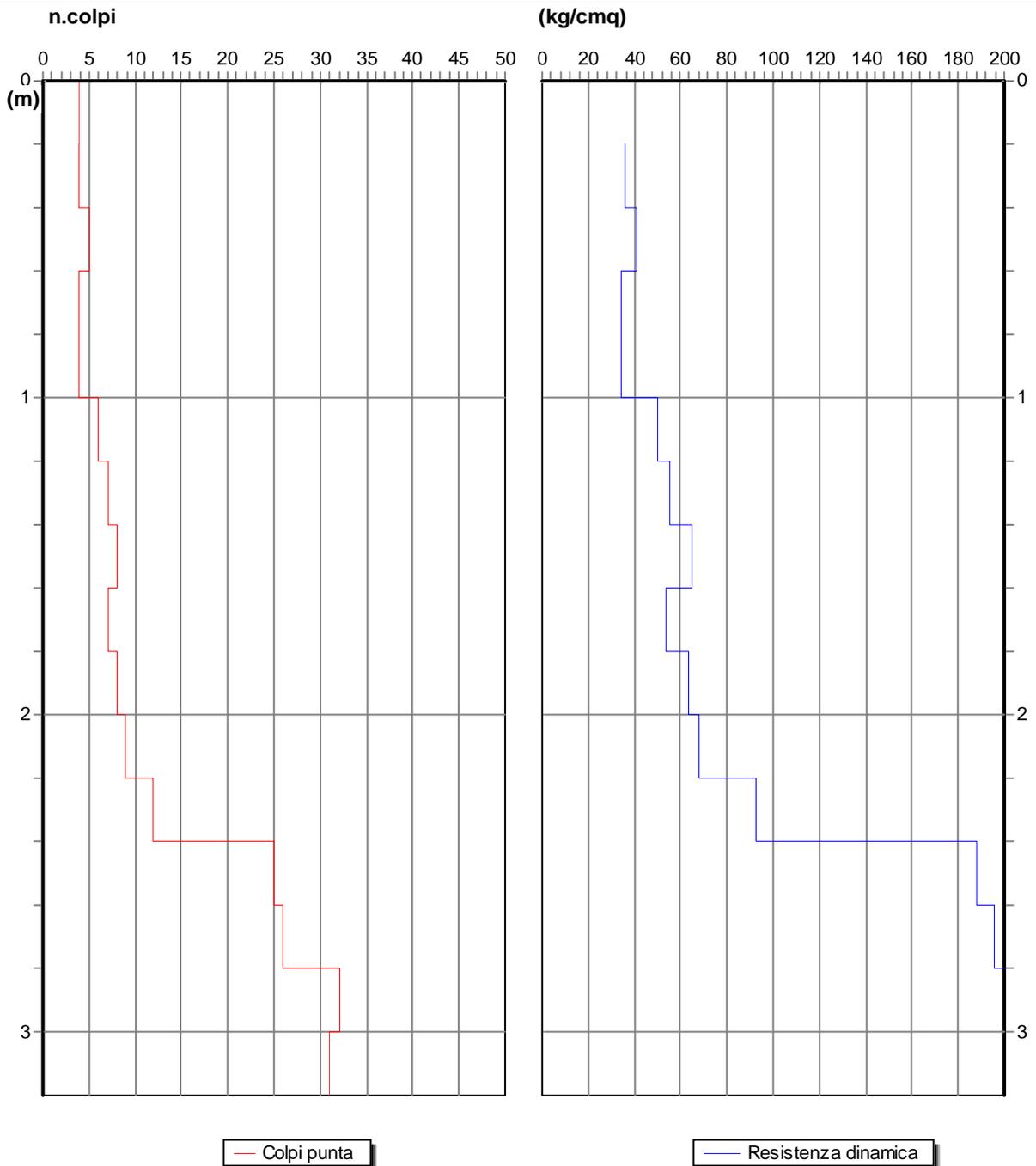
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 11

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 12

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	2		3	
0,4	2		3	
0,6	4		6	
0,8	5		7	
1	5		7	
1,2	4		6	
1,4	2		3	
1,6	6		9	
1,8	8		12	
2	24		36	
2,2	22		33	
2,4	19		28	
2,6	20		30	
2,8	23		34	
3	24		36	
3,2	20		30	
3,4	22		33	
3,6	21		31	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

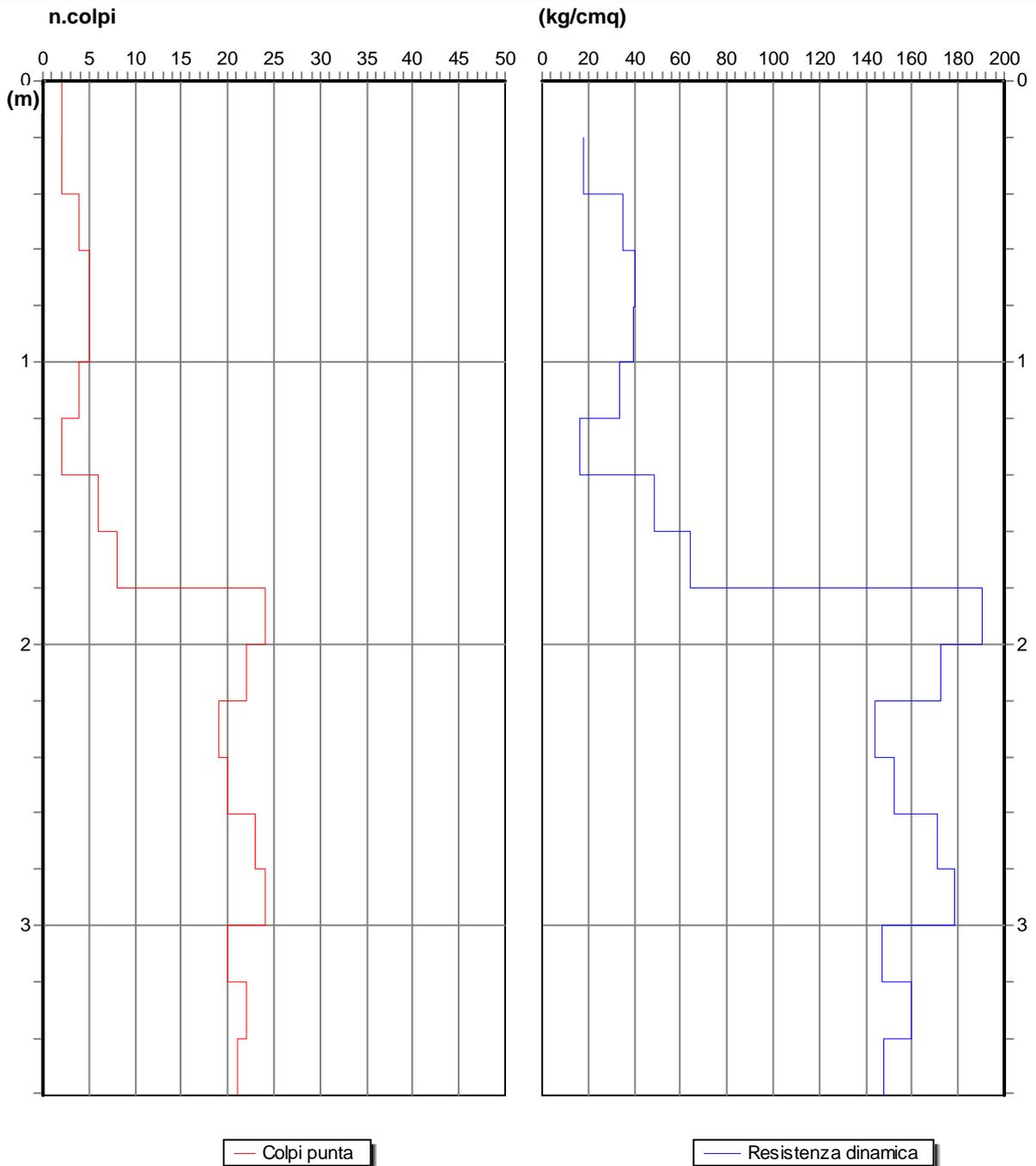
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 12

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Geol. Norberto Invernici

Viale Giulio Cesare, 52-24123 Bergamo-3357107233-studiobergamaschi@tiscali.it

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 13

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	3		4	
0,4	3		4	
0,6	5		7	
0,8	6		9	
1	6		9	
1,2	5		7	
1,4	7		10	
1,6	9		13	
1,8	11		16	
2	12		18	
2,2	15		22	
2,4	24		36	
2,6	24		36	
2,8	25		37	
3	23		34	
3,2	26		39	
3,4	24		36	
3,6	21		31	
3,8	25		37	

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

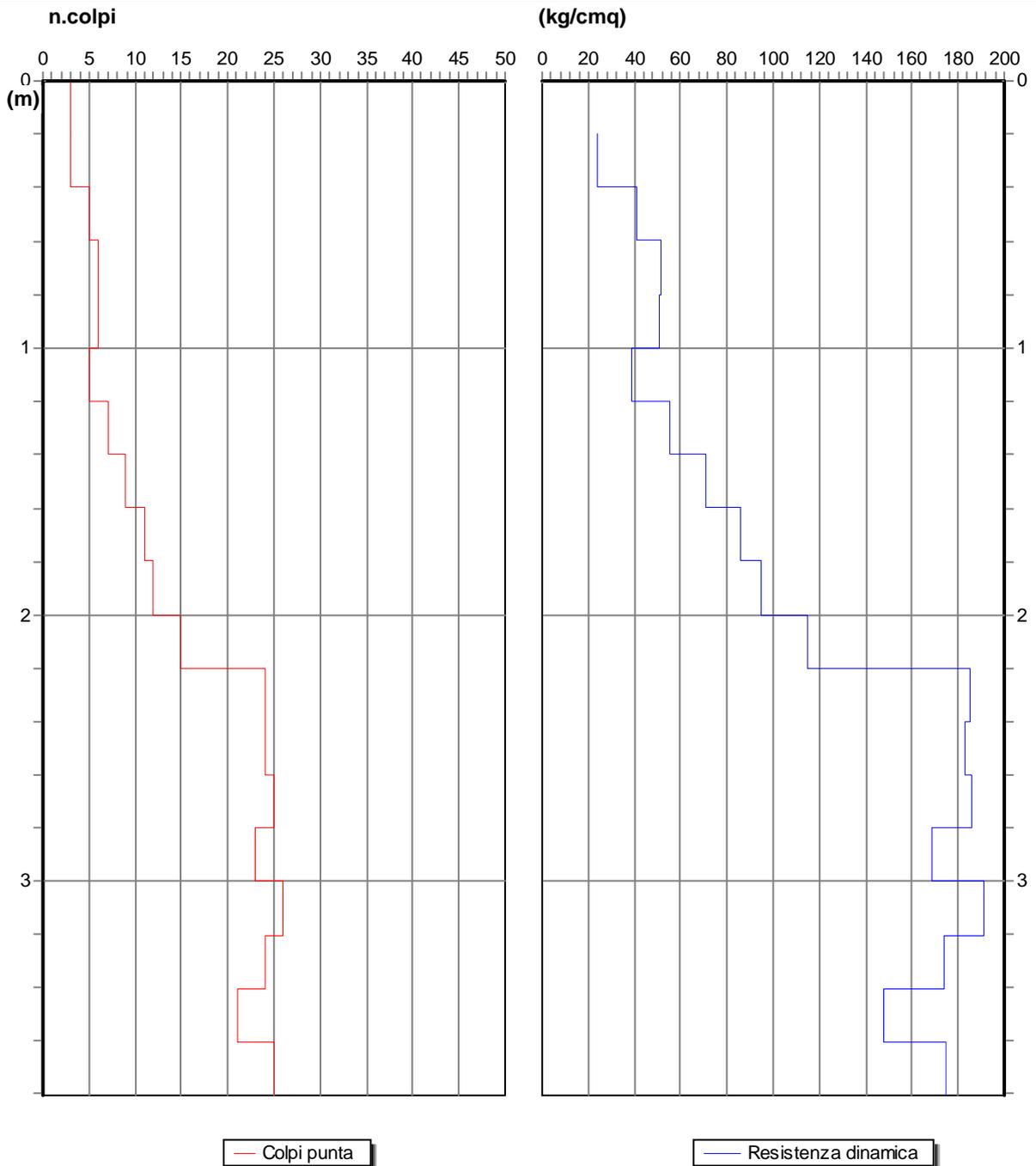
Attrezzatura: COMPAC PENNI 75 DPH

Note:

Quota(m): p.c.

Prova 13

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



Per quanto riguarda le analisi dei problemi legati alle fondazioni, le condizioni più critiche sono rappresentate dalle condizioni non drenate (a breve termine), tuttavia per i terreni granulari (quali sono quelli individuati a partire da circa - 2,5 m da p.c.) sono significative le condizioni drenate, pertanto nei calcoli geotecnici si terrà conto di parametri drenati. Nei calcoli geotecnici relativi alla capacità portante e ai cedimenti totali si sono considerati i valori cautelativi esposti nella tabella precedente e sono state considerate fondazioni con piano di posa posto alla quota di - 3 m da p.c., ipotizzando un rinterro effettivo delle fondazioni pari a 1 m.

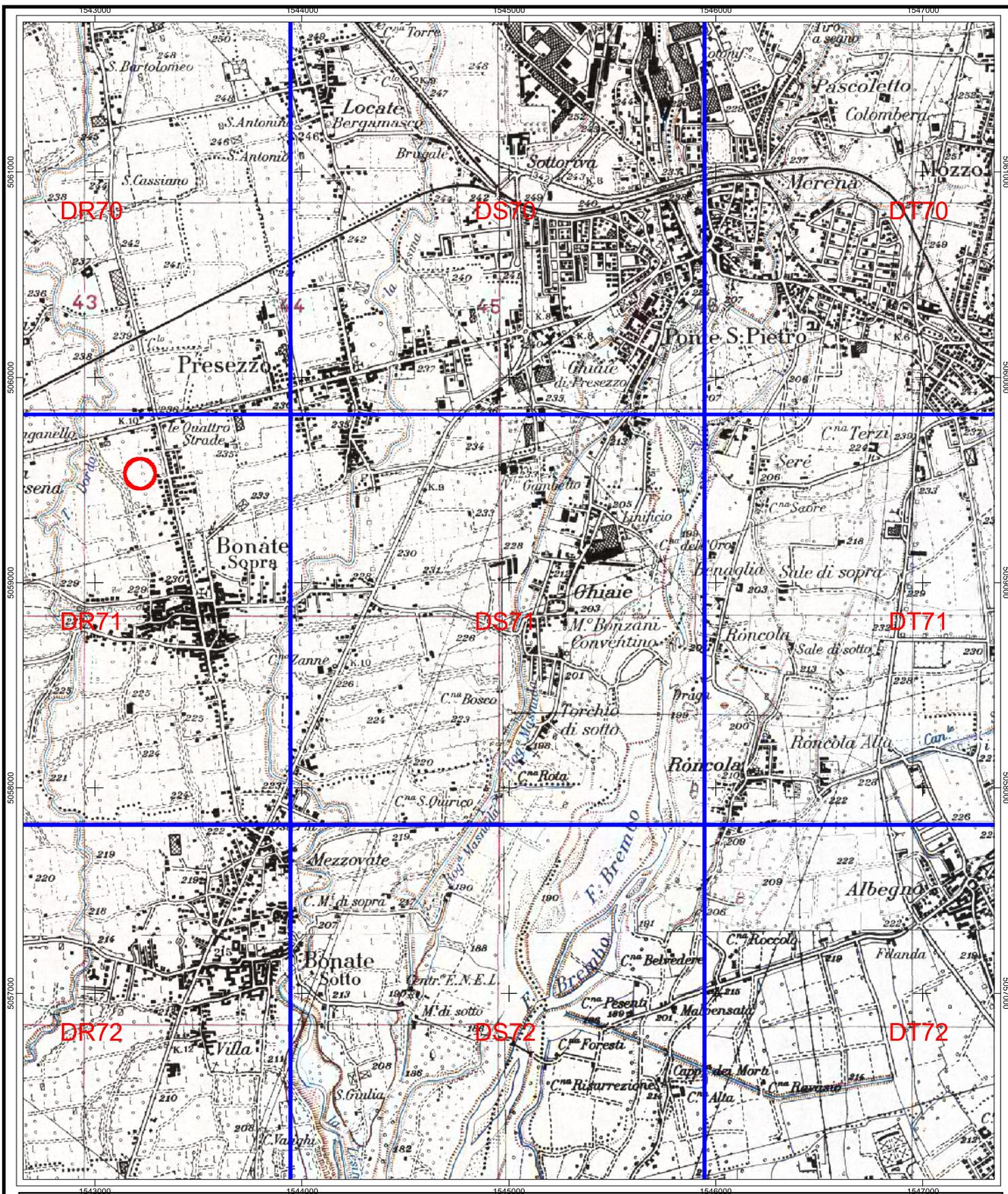
#### **4.0 Elaborazioni dati**

Le prove geotecniche ed idrogeologiche in sito eseguite hanno consentito di attribuire ai livelli di terreno direttamente attraversati, i parametri geotecnici ed idrogeologici indispensabili alle stime della capacità portante, dei cedimenti totali e di procedere al dimensionamento dei sistemi di dispersione delle acque meteoriche negli orizzonti superficiali del suolo.

Nel seguente paragrafo saranno quindi illustrate le conclusioni delle verifiche eseguite.

#### **4.1 Dati idrometeorologici e dimensionamento sistema dispersione acque meteoriche**

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata condotta, a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, un'interpolazione spaziale con il metodo di kriging dei parametri  $a$  e  $n$  delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato. I risultati sono rappresentati nella tabella allegata; gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia e, in dettaglio, sulla cartografia in scala 1:250.000. I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze connesse a studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale.



Reticolo celle pluviometriche di riferimento  
Scala 1:25.000

Legenda:



Aree intervento



Reticolo celle pluviometriche

## Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001

7. Norme di attuazione

**Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilita' idraulica**

**Allegato 3 : Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense**

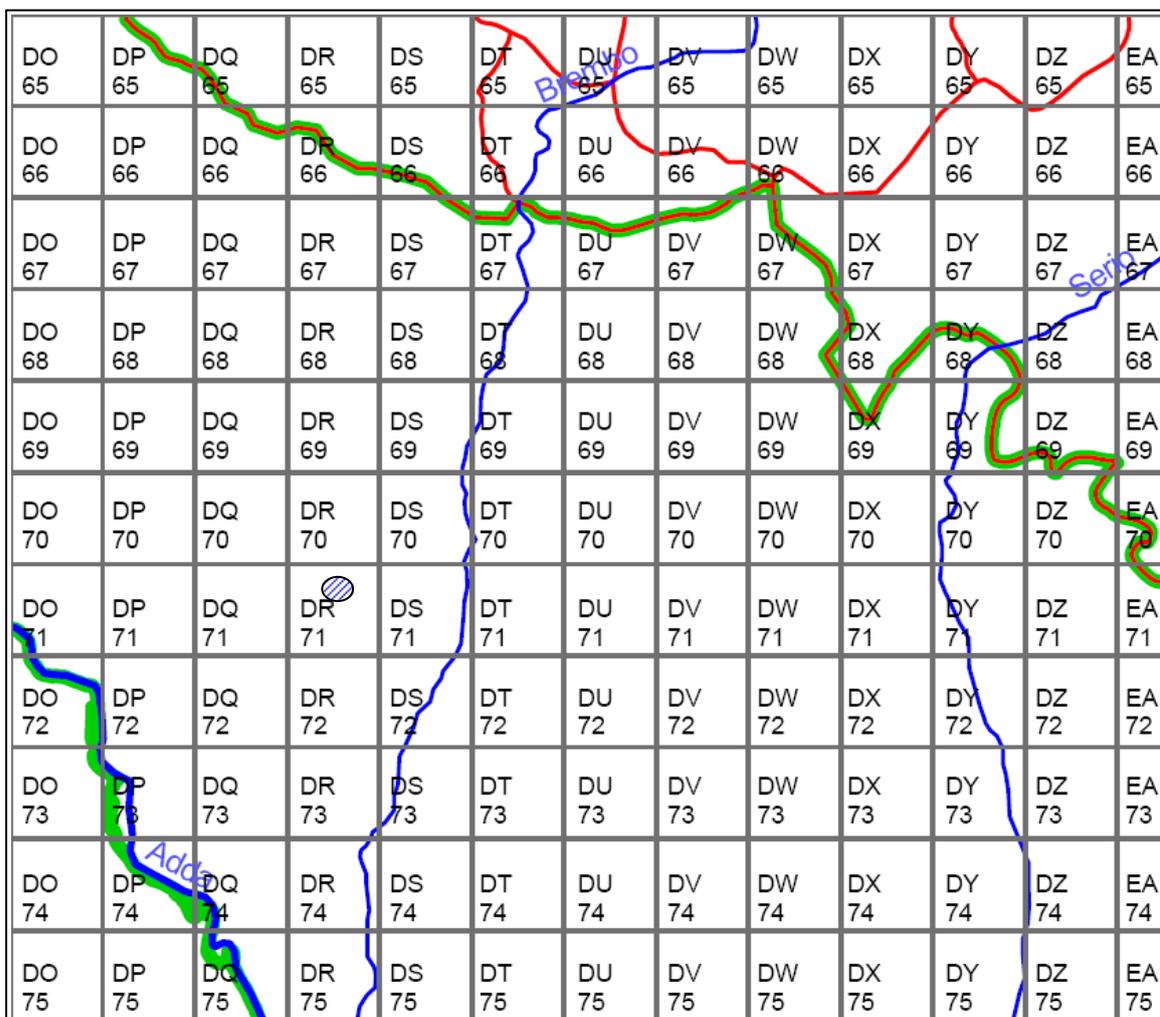
**Celle del reticolo chilometrico di riferimento scala 1:250.000**

 Delimitazione sottobacino idrografico elementare

 Delimitazione ambito idrografico di pianura

 Area di intervento

 Codice e ubicazione cella del reticolo chilometrico di riferimento



**DR71 Cella di riferimento per l'area considerata di via Leopardi**

## Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001

7. Norme di attuazione

**Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilita' idraulica**

*Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense*

*Parametri delle linee segnalatrici di probabilita' pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni*

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
DR70	543000,00000	5061000,00000	53,87	0,252	69,81	0,241	76,45	0,237	85,37	0,233
DR71	543000,00000	5059000,00000	53,84	0,246	69,96	0,235	76,61	0,231	85,61	0,227
DR72	543000,00000	5057000,00000	53,99	0,241	70,39	0,229	77,08	0,225	86,20	0,221

**Parametri di riferimento per la Cella DR71 corrispondente all'area di intervento  
nei pressi di via Leopardi, in comune di Bonate Sopra (Bg)**

<b>a per Tr = 20 anni</b>	<b>n per Tr = 20 anni</b>
<b>53,84</b>	<b>0,246</b>

#### 4.1.1 Elaborazione dei dati

I risultati delle elaborazioni condotte con tale metodologia, per la stazione indicata in tabella, sono riportati nei grafici allegati in tabella sotto descritta, per un tempo di ritorno di 20 anni:

Tabella - Curve di possibilità pluviometrica		
Cella rif.	N <sub>20</sub>	A <sub>20</sub>
DR71	0.246	53.84

Ai fini del presente lavoro, così come suggerito dalla maggiorparte dei riferimenti bibliografici, per aree poco estese e di modesta problematicità, è stato considerato un tempo di ritorno pari a 20 anni, per il quale l'espressione delle curve di possibilità climatica per la stazione considerata è esprimibile nella forma:

Area intervento Cella DR71	$h(20) = 53,84 \times T_c^{0,246}$
----------------------------	------------------------------------

Pari ad una pioggia critica oraria di circa 53 mm, che corrispondono a 53 litri di acqua che in un'ora si raccolgono su ogni metro quadrato di superficie impermeabilizzata, pari a circa 145 l/sec/ha.

#### 4.1.2 Dimensionamenti pozzi perdenti

Sulla base dei dati pluviometrici dell'area di intervento, dei coefficienti di permeabilità dei terreni di sottofondo e dei riferimenti normativi, è stato possibile pervenire alle stime per il dimensionamento dei pozzi disperdenti per poter far fronte ad eventi meteorici di breve durata e forte intensità. Per il dimensionamento dei sistemi di dispersione sono state prese in considerazione le elaborazioni dei dati pluviometrici sopra citati, che forniscono, per un tempo di ritorno di 20 anni, valori massimi della pioggia oraria di 53 mm (pari a 53 litri/ora per ogni metro quadrato di superficie), considerando nel dimensionamento una pioggia di breve durata e forte intensità, pari a 15 minuti primi,

**Superfici computate nei dimensionamenti**

Per il dimensionamento dei pozzi perdenti è stata considerata la superficie complessiva impermeabilizzata, relativa alle coperture, alla viabilità e ai parcheggi come di seguito computate:

<b>Superfici impermeabili computate nei dimensionamenti dei pozzi disperdenti</b>	
<b>Destinazione uso.</b>	<b>Superficie imp. afferente ai pozzi (mq)</b>
Parcheggi e viabilità PL	3.700 mq
Lotto 2 - Lotto 3 - Lotto 4 - Lotto 5 - Lotto 6 - Lotto 7 - Lotto 8 - Lotto 9 - Lotto 10	Fino a 250 mq
Lotto 1 - Lotto 11	250 e 400 mq

**Dimensionamento pozzi perdenti**

Per il dimensionamento dei pozzi perdenti è stato impiegato il metodo proposto dalla direttiva ITWH, applicando la seguente formula:

$$Z = [A_u \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - \pi \cdot d_a^2 / 4 \cdot K_f / 2] / [\pi \cdot d_i^2 / (4 \cdot D \cdot 60 \cdot f_z) + d_a \cdot \pi \cdot K_f / 4]$$

Dove:

(A <sub>E</sub> )	Superficie impermeabile
(ψ <sub>m</sub> )	Tipo di superficie
(A <sub>u</sub> )	Superficie impermeabile calcolata
(K <sub>f</sub> )	Tipo di terreno drenante
N°	Numeri punti pozzo nel terreno
(h <sub>rhör</sub> )	Profondità tubo d'entrata
(d <sub>i</sub> )	Diametro interno dell'anello perdente
(d <sub>a</sub> )	Diametro esterno dell'anello perdente
(h <sub>filter</sub> )	Spessore ghiaione esterno al perdente
(h <sub>sand</sub> )	Spessore ghiaione sottostante il perdente
f <sub>z</sub>	Fattore di sicurezza
(D)	Durata delle precipitazioni
(r <sub>D(n)</sub> )	Litri/secondo/ettaro - Precipitazioni massime

Nei calcoli sono stati considerati pozzi di diametro interno 2 m, scavati in terreni con permeabilità come da prove eseguite (ghiaie limose dalle prove di permeabilità eseguite in sito).

Il valore di pioggia calcolato è stato quantificato in 53 mm/ora che corrispondono a complessivamente a circa 145 Litri al secondo per ogni ettaro di superficie impermeabile.

Per il dimensionamento dei pozzi perdenti sono state considerate le superfici sopra riportate, con coefficiente di afflusso pari a 0,9 (il computo delle superfici è comunque cautelativo, perché non si tiene conto dei volumi significativi di acque detenute dai pozzetti e dalle tubazioni).

#### **Risultati dimensionamento pozzi perdenti**

Dai calcoli di dimensionamento eseguiti emerge la necessità di realizzare (in assenza di vasche volano), per ciascun lotto di progetto, in base alle superfici indicate (raggruppate secondo lo schema indicato) i seguenti pozzi:

<b>Numero e caratteristiche costruttive pozzi disperdenti:</b>			
<b>Destinazione d'uso</b>	<b>Superficie imp. afferente ai pozzi (mq)</b>	<b>Superfici imp. Calcolate (coeff. afflusso 0,9)</b>	<b>N° e dimensioni pozzi</b>
Parcheeggi e viabilità PL	3700 mq	3300 mq	8 - Diametro 200 cm H tot. 3 m
Lotto 2 - Lotto 3 - Lotto 4 - Lotto 5 - Lotto 6 - Lotto 7 - Lotto 8 - Lotto 9 - Lotto 10	Fino 250	225	2 - Diametro 100 cm H tot. 3,5 m
Coperture/tetti	5750 mq	5175 mq	2 - Diametro 150 cm - H tot. 2,5 m

Le dimensioni dettagliate sono riportate nelle tabelle e nei disegni allegati, relativi a ciascun lotto.

L'interasse tra i pozzi dovrà essere pari ad almeno 3 volte il loro diametro; per il collegamento dei pozzi potrà convenientemente essere utilizzata una tubazione drenante, contribuendo ulteriormente alla dispersione delle acque meteoriche negli orizzonti superficiali del suolo.

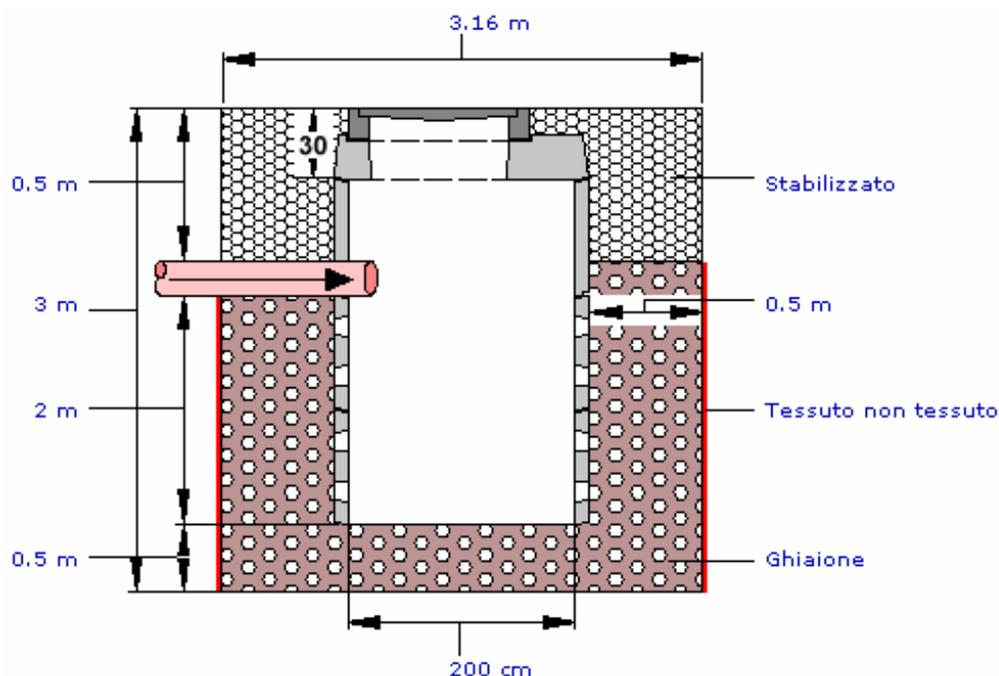
I pozzi saranno realizzati in muratura di pietrame, di mattoni o in calcestruzzo; privi di platea; le pareti laterali dovranno essere munite di feritoie drenanti.

### Verifica dimensionamento pozzi perdenti Strade e parcheggi PL

$$\text{Normativa ITWH } Z = [A_u \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - \pi \cdot d_a^2 / 4 \cdot K_f / 2] / [\pi \cdot d_i^2 / (4 \cdot D \cdot 60 \cdot f_z) + d_a \cdot \pi \cdot K_f / 4]$$

Parametri:		Valori:
Superficie impermeabile	( $A_E$ )	3700 mq
Tipo di superficie	( $\psi_m$ )	Asfalto e calcestruzzo senza fughe (Val. 0,90)
Superficie impermeabile calcolata	( $A_u$ )	3300 mq
Tipo di terreno drenante	( $K_f$ )	Ghiaia limosa
Numeri punti pozzo nel terreno	N°	8
Profondità tubo d'entrata	( $h_{rhor}$ )	0,5 m
Diametro interno dell'anello perdente	( $d_i$ )	200 cm
Diametro esterno dell'anello perdente	( $d_a$ )	216 cm
Spessore ghiaione esterno al perdente	( $h_{filter}$ )	0,5 m
Spessore ghiaione sottostante il perdente	( $h_{sand}$ )	0,5 m
Fattore di sicurezza	$f_z$	1,15
Durata delle precipitazioni	(D)	15 minuti
Litri/secondo/ettaro - Precipitazioni massime	( $r_{d(n)}$ )	153
Risultati:		
Altezza utile complessiva pozzi perdenti	(Z)	15,84 m
Diametro interno	( $d_i$ )	200 cm
Numero anelli perdenti h 50 cm per ciascun pozzo	N°	4
Numero punti pozzo	N°	8
Totale anelli perdenti	N°	32
Altezza totale scavo per ciascun pozzo	H	3 m
Diametro scavo per ciascun pozzo	$\emptyset$	3,16 m

**Schema tipo di esecuzione pozzo**

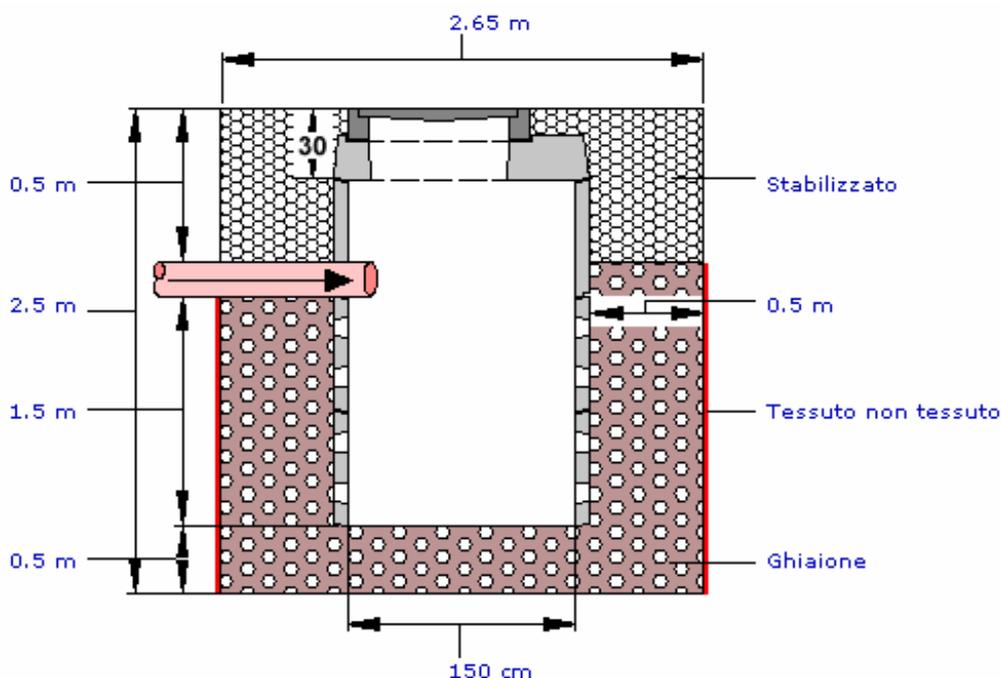


### Verifica dimensionamento pozzi perdenti LOTTI 1 e 11

$$\text{Normativa ITWH } Z = [A_u \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - \pi \cdot d_a^2 / 4 \cdot K_f / 2] / [\pi \cdot d_i^2 / (4 \cdot D \cdot 60 \cdot f_z) + d_a \cdot \pi \cdot K_f / 4]$$

Parametri:		Valori:
Superficie impermeabile	( $A_E$ )	400 mq
Tipo di superficie	( $\psi_m$ )	Asfalto e calcestruzzo senza fughe (Val. 0,90)
Superficie impermeabile calcolata	( $A_u$ )	360 mq
Tipo di terreno drenante	( $K_f$ )	Ghiaia limosa
Numeri punti pozzo nel terreno	N°	2
Profondità tubo d'entrata	( $h_{rhor}$ )	0,5 m
Diametro interno dell'anello perdente	( $d_i$ )	150 cm
Diametro esterno dell'anello perdente	( $d_a$ )	165 cm
Spessore ghiaione esterno al perdente	( $h_{filter}$ )	0,5 m
Spessore ghiaione sottostante il perdente	( $h_{sand}$ )	0,5 m
Fattore di sicurezza	$f_z$	1,15
Durata delle precipitazioni	(D)	15 minuti
Litri/secondo/ettaro - Precipitazioni massime	( $r_{d(n)}$ )	153
Risultati:		
Altezza utile complessiva pozzi perdenti	(Z)	2,94 m
Diametro interno	( $d_i$ )	150 cm
Numero anelli perdenti h 50 cm per ciascun pozzo	N°	3
Numero punti pozzo	N°	2
Totale anelli perdenti	N°	6
Altezza totale scavo per ciascun pozzo	H	2,5 m
Diametro scavo per ciascun pozzo	$\emptyset$	2,65 m

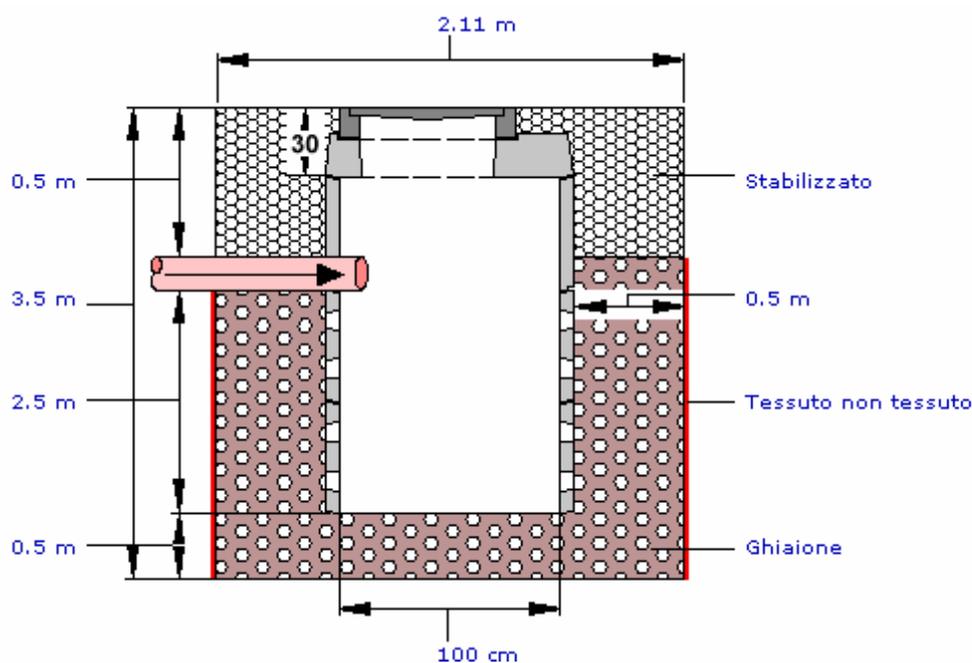
**Schema tipo di esecuzione pozzo**



**Verifica dimensionamento pozzi perdenti LOTTI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, e 10**  
 Normativa ITWH  $Z = [A_u \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \cdot K_f / 2] / [\pi \cdot d_i^2 / (4 \cdot D \cdot 60 \cdot f_z) + d_a \cdot \pi \cdot K_f / 4]$

Parametri:		Valori:
Superficie impermeabile	$(A_E)$	250 mq
Tipo di superficie	$(\psi_m)$	Asfalto e calcestruzzo senza fughe (Val. 0,90)
Superficie impermeabile calcolata	$(A_u)$	225 mq
Tipo di terreno drenante	$(K_f)$	Ghiaia limosa
Numeri punti pozzo nel terreno	N°	2
Profondità tubo d'entrata	$(h_{rhor})$	0,5 m
Diametro interno dell'anello perdente	$(d_i)$	100 cm
Diametro esterno dell'anello perdente	$(d_a)$	111 cm
Spessore ghiaione esterno al perdente	$(h_{filter})$	0,5 m
Spessore ghiaione sottostante il perdente	$(h_{sand})$	0,5 m
Fattore di sicurezza	$f_z$	1,15
Durata delle precipitazioni	$(D)$	15 minuti
Litri/secondo/ettaro - Precipitazioni massime	$(r_{d(n)})$	153
Risultati:		
Altezza utile complessiva pozzi perdenti	$(Z)$	4,01 m
Diametro interno	$(d_i)$	100 cm
Numero anelli perdenti h 50 cm per ciascun pozzo	N°	5
Numero punti pozzo	N°	2
Totale anelli perdenti	N°	10
Altezza totale scavo per ciascun pozzo	H	3,5 m
Diametro scavo per ciascun pozzo	$\emptyset$	2,115 m

**Schema tipo di esecuzione pozzo**



Dovrà inoltre essere predisposto uno strato di pietrame e pietrisco al fondo, al posto della platea; spessore 40-50 cm, nonché uno strato di pietrisco ad anello esternamente, intorno alla parte laterale feritoie; dimensioni medie del pietrisco 4-8 cm; spessore orizzontale 40-50 cm; in prossimità delle feritoie ed alla base dello strato di pietrisco, pietrame di dimensioni medie 8-12 cm; disposto con cura, possibilmente a mano.

La copertura dei pozzi sarà realizzata con voltina o con piastra in calcestruzzo, semplice od armato; sulla copertura pozzetto di accesso con chiusino; al di sopra della copertura del pozzo e del pietrisco che lo circonda, potrà essere eseguito rinterro con strato di terreno ordinario, con soprassesto per evitare che, con il riassetto, si manifesti un avvallamento; sul pietrisco andrà steso uno strato di geotessile per non avere penetrazione di terreno (prima dell'assestamento) nei vuoti del pietrisco stesso sottostante.

***In alternativa potranno essere realizzate analoghe strutture gettate in opera con pari superficie permeabile e con analogo volume di invaso.***

#### **4.2 Elementi di microzonazione sismica**

Il territorio comunale di Bonate Sopra (Bg), nella precedente normativa sismica non era classificato come comune sismico; la recente Normativa Italiana (Ordinanza 3274), ha invece riclassificato il territorio comunale come comune sismico, inserito in Zona Sismica 4.

Per l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", è previsto un periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà dell'applicazione delle norme in esso contenute, relativamente agli aspetti sismici. Durante questo periodo da leggersi come "regime transitorio" è possibile applicare in alternativa la normativa previgente in materia. Per normativa previgente in materia si debbono intendere le norme di attuazione della legge n. 1086 del 5 novembre 1971 e della legge n. 64 del 2 febbraio 1974. Nelle zone sismiche già classificate e di nuova classificazione, per il periodo transitorio di 18 mesi, si possono utilizzare per la progettazione sia le norme di cui agli allegati tecnici dell'Ordinanza n. 3274/2003 sia le norme previgenti sopra elencate. Alla luce della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 con la quale la Regione Lombardia imponeva l'obbligo, in zona 4, della progettazione antisismica esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal Decreto n. 19904 del 21 novembre 2003, si ritiene corretto considerare le specifiche di "sismicità media" (S=9) per i comuni in zona 2 e di "sismicità bassa" (S=6) per comuni sia in zona 3 che in zona 4. Non rientrando l'edificio in questione tra le opere

strategiche rilevanti, non risulta obbligatoria la progettazione antisismica; tuttavia, coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, è stata definita la classificazione sismica del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura, che dello spessore della stessa.

In particolare sono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

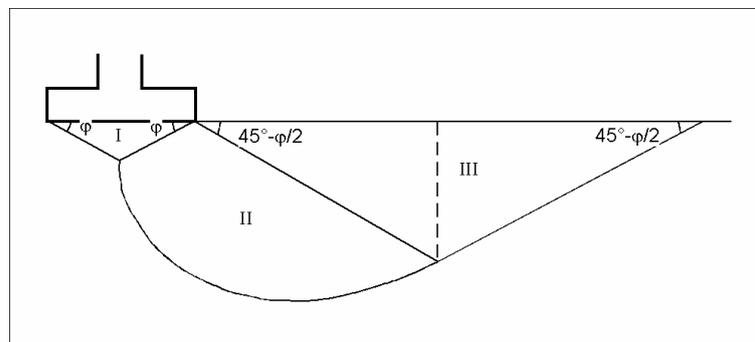
Classe	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $> 250$ kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ , $70 < c_u < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{sp} < 15$ , $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di $V_{s30}$ simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Per  $V_{s30}$  s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione. In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Sulla base delle informazioni raccolte con le indagini penetrometriche, confrontate con le stratigrafie dei pozzi, il sito in esame è classificabile cautelativamente come **Classe C**.

#### 4.3 Calcoli relativi alla capacità portante

Il comportamento teorico del terreno di fondazione sottoposto all'applicazione di un carico viene generalmente schematizzato secondo le indicazioni di Terzaghi (1943), come riportato nella sottostante figura. Si suppone che, per una fondazione ruvida, nel terreno caricato del peso del fabbricato si possano individuare tre zone a comportamento meccanico e reologico differente:



Schematizzazione del comportamento teorico del

I) zona, geometricamente assimilabile ad un cuneo efficace, in cui il terreno mantiene un comportamento elastico e tende a penetrare negli strati sottostanti, solidalmente con la fondazione; questo cuneo forma un angolo uguale a  $j$  ( $j$ =angolo di resistenza al taglio del terreno su cui poggia la fondazione) rispetto all'orizzontale secondo Terzaghi, uguale a  $45^\circ + j/2$  secondo Meyerhof, Vesic e Brinch Hansen;

II) zona di scorrimento radiale, rappresentabile graficamente da una serie di archi di spirale logaritmica per  $j > 0$  o di cerchio per  $j = 0$ , dove avviene la trasmissione dello sforzo applicato dal cuneo di materiale che costituisce la zona I alla zona III;

III) zona che si oppone alla penetrazione del cuneo della zona I nel terreno; si assume teoricamente che assuma la forma di un triangolo isoscele con un'inclinazione dei due lati uguali rispetto all'orizzontale di  $45^\circ - j/2$ ; sulla superficie di questa zona agisce, con effetto stabilizzante, il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione ed altri eventuali sovraccarichi.

Si ha la rottura del terreno di fondazione quando il carico applicato dal cuneo della zona I supera la resistenza passiva della zona III. In questo caso la zona I penetrerà nel terreno di fondazione, che tenderà a rifluire lateralmente lungo la zona di scorrimento plastico, dando luogo a rigonfiamenti superficiali.

Si può giungere alla rottura del terreno attraverso tre modalità differenti:

- a) rottura di tipo generalizzato: in terreni addensati e/o consolidati la resistenza al taglio mobilitata aumenta rapidamente per piccoli incrementi di deformazione; al superamento della portanza limite il terreno si rompe e subisce grosse deformazioni; riportando in grafico gli sforzi applicati e le deformazioni relative risulta facilmente identificabile il valore della resistenza al taglio massima
- b) rottura di tipo locale: in terreni sciolti e/o scarsamente consolidati la resistenza al taglio mobilitata aumenta gradualmente in relazione a significativi incrementi di deformazione; risulta difficile individuare in questo caso di resistenza al taglio massima, superata la quale si ha la rottura del terreno, in quanto qui il fenomeno avviene con maggiore gradualità;
- c) rottura di tipo intermedio: presenta caratteristiche intermedie fra la rottura di tipo generalizzato e locale.

Numerose sono le relazioni analitiche proposte per valutare la capacità portante di una fondazione superficiale.

Sulla base dei parametri litotecnici precedentemente attribuiti ai terreni di sottofondo sono stati affrontati i calcoli relativi alla capacità portante ammissibile impiegando, tra le formule più utilizzate in letteratura, quella più conservativa di Terzaghi.

#### **4.3.1 Risultati dei calcoli relativi alla capacità portante**

Nei calcoli sono state considerate fondazioni a plinti posate a - 3 m da p.c. considerando, a deciso favore della sicurezza, un rinterro effettivo di 1 m.

Dai calcoli eseguiti (illustrati nei grafici e nelle tabelle allegati) è risultato che:

***Fondazioni a plinti***

***Impiegando fondazioni a plinti di piastra quadrata di dimensioni  $B = 1,5$  m, posati a - 3 m da p.c., con rinterro effettivo di 1 m, dai terreni in oggetto si potranno ottenere valori di capacità portante ammissibile***

$$\sigma_{amm} > 3 \text{ Kg/cm}^2$$

***Fondazioni continue***

***Impiegando fondazioni continue di larghezza  $B = 1$  m, posate a - 3 m da p.c., con rinterro effettivo di 1 m, dai terreni in oggetto si potranno ottenere valori di capacità portante ammissibile***

$$\sigma_{amm} > 3 \text{ Kg/cm}^2$$

I risultati di tali calcoli, ed i relativi valori di capacità portante ammissibile (sigma ammissibile), vanno tuttavia rivisti alla luce dei valori raggiunti dai cedimenti totali i cui valori, che devono essere tollerati dalle strutture in elevazione, condizionano l'adozione del valore di sigma ammissibile in fase esecutiva.

***A deciso ed ulteriore favore della sicurezza si consiglia comunque di adottare, per il dimensionamento esecutivo delle fondazioni, valori di  $Q_{amm}$  non superiori a 2,5 Kg/cmq.***

#### **4.3.2 Calcoli relativi ai cedimenti totali**

Sulla base degli stessi parametri del terreno e delle caratteristiche tecniche delle fondazioni introdotte nei calcoli relativi alla capacità portante ammissibile sono stati eseguiti i calcoli per la determinazione dei cedimenti totali sia a breve che a lungo termine utilizzando la teoria dell'elasticità.

Dai calcoli eseguiti è risultato che i valori dei cedimenti totali, con  $T = 30$  anni, per fondazioni caricate con un valore di  $Q_{amm} = 2,5 \text{ Kg/cm}^2$ , risultano inferiori a 5 mm sia per i plinti sia per le travi, garantendo la stabilità delle strutture in elevazione.

#### **4.4 Stima del coefficiente di sottofondo (Modulo di reazione di Winkler)**

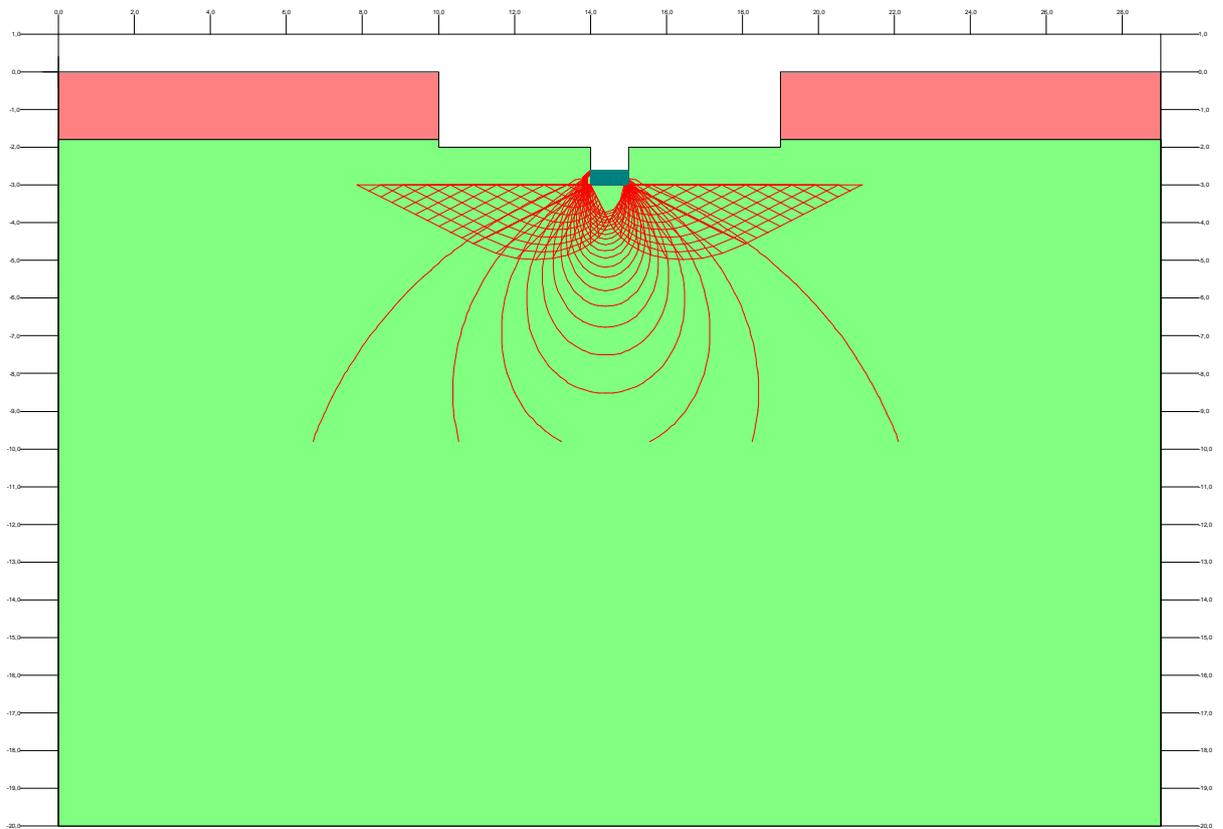
In assenza di prove di carico su piastra, dalle quali ottenere in modo diretto il valore del modulo di sottofondo o di Winkler  $K$ , viene proposta la soluzione di Vesic semplificato.

Per l'area di intervento in relazione alla tipologia e alla dimensione di trave considerata, nell'ipotesi di terreno di sottofondo considerato, alla quota di circa - 3 m da p.c., si può stimare un valore di  $K$  pari a:

$$K = 9,2 \text{ Kg/cm}^3$$

# Fondazioni continue posate a - 3 m da p.c.

LEGENDA:  
■ Lito argilloso  
■ Ghiaia limosa  
■ Bulbo di pressione: equistanza 0,1kg/cm<sup>2</sup> 0,01MPa



Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Riferimenti: Fondazioni continue posate a - 3 m da p.c.

## Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	1
Lunghezza della fondazione (m):	10
Profondità di posa lato destro(m):	1
Profondità di posa lato sinistro (m):	1
Metodo di calcolo:	Terzaghi tensioni ammissibili

### Fattori di forma

Sc:	1	Sq:	1	Sy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori di profondità

Dc:	1	Dq:	1	Dy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori inclinazione carico

Ic:	1	Iq:	1	Iy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori inclinazione pendio

Gc:	1	Gq:	1	Gy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori inclinazione base

Bc:	1	Bq:	1	By:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### RISULTATO

Coefficiente di sicurezza globale:	3
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Carico limite (kg/cmq):	12,06
Carico ammissibile(kg/cmq):	4,02
Carico di verifica dei cedimenti (kg/cmq):	4,02
Profondità del cuneo efficace (m):	0,98
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Riferimenti: Fondazioni continue posate a - 3 m da p.c.

## RIASSUNTO DEL CALCOLO DEI CEDIMENTI

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	1
Lunghezza della fondazione (m):	10
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	2,5

### Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	2,3	3,2	2,3
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	2,3	3,2	2,3

### Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20

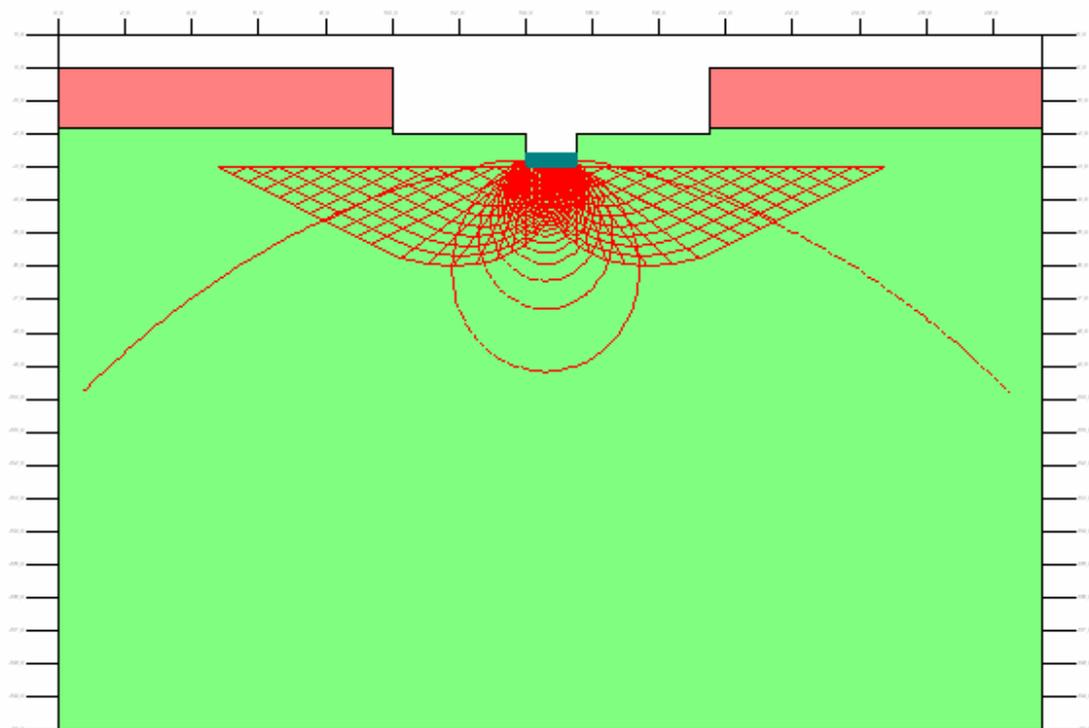
	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	0	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	0	0

### Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	2,3	3,2	2,3
Max cedim. differenziale(mm):	0,9		
Massima distorsione (%):	0		
Fondazione rigida o flessibile:			Fondazione flessibile

## Fondazioni a plinti posate a - 3 m da p.c.

Legend:  
■ Area adiacente  
■ Area di influenza  
■ Rete di calcolo, equivalente al momento di inerzia



Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Riferimenti: Fondazioni a plinti posate a - 3 m da p.c.

## Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	1,5
Lunghezza della fondazione (m):	1,5
Profondità di posa lato destro(m):	1
Profondità di posa lato sinistro (m):	1
Metodo di calcolo:	Terzaghi tensioni ammissibili

### Fattori di forma

Sc:	1,3	Sq:	1	Sy:	0,8
-----	-----	-----	---	-----	-----

### Fattori di profondità

Dc:	1	Dq:	1	Dy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori inclinazione carico

lc:	1	lq:	1	ly:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori inclinazione pendio

Gc:	1	Gq:	1	Gy:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori inclinazione base

Bc:	1	Bq:	1	By:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### RISULTATO

Coefficiente di sicurezza globale:	3
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Carico limite (kg/cmq):	14,59
Carico ammissibile(kg/cmq):	4,86
Carico di verifica dei cedimenti (kg/cmq):	4,86
Profondità del cuneo efficace (m):	1,47
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0

Committente: EDILGAENI S.R.L.

Località: VIA LEOPARDI - BONATE SOPRA (BG)

Data: MAGGIO 2008

Riferimenti: Fondazioni a plinti posate a - 3 m da p.c.

## RIASSUNTO DEL CALCOLO DEI CEDIMENTI

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	1,5
Lunghezza della fondazione (m):	1,5
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	2,5

### Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	0	1,9	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	0	1,9	0

### Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	0	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	0	0

### Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	0	1,9	0
Max cedim. differenziale(mm):	0		
Massima distorsione (%):	0		
Fondazione rigida o flessibile:	Fondazione rigida		

## 5.0 Considerazioni conclusive

Sui terreni siti lungo via Leopardi, in territorio comunale di Bonate Sopra (Bg), è prevista la realizzazione di nuovi edifici residenziali e di un sistema di dispersione delle acque meteoriche negli orizzonti superficiali del suolo, nell'ambito del P.L. denominato "Le rose".

Sulla base delle indagini in sito eseguite e delle successive interpretazione ed elaborazioni sono stati condotti i calcoli relativi agli aspetti geotecnici e idrogeologici per fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri e concessioni ed ai progettisti gli elementi per il dimensionamento delle strutture di fondazione e dei sistemi di dispersione delle acque meteoriche negli orizzonti superficiali del suolo, mediante pozzi perdenti.

Le indagini in sito eseguite hanno evidenziato che nell'area di intervento l'assetto geologico - geotecnico ed idrogeologico dei terreni di sottofondo è sostanzialmente omogeneo e favorevole; non sono pertanto da attendersi interferenze tra le opere di progetto e le condizioni di naturale equilibrio idrogeologico dell'ambito di edificazione.

L'intervento risulta pertanto compatibile con il locale assetto geologico del territorio. Relativamente agli aspetti litotecnici è emerso che la realizzazione di fondazioni a plinti e continue, posate a - 3 m da p.c., nel raggiungimento di valori di  $Q_{amm}$  elevati, garantisce la stabilità delle strutture in elevazione; nel dimensionamento esecutivo si raccomanda di adottare un valore di  $Q_{amm}$  non superiore a 2,5 Kg/cm<sup>2</sup> sia per i plinti che per le travi.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, connessi con la possibilità di disperdere negli strati superficiali del terreno le acque meteoriche, provenienti dalle coperture e dai piazzali, le indagini in sito eseguite hanno evidenziato come i terreni in questione siano caratterizzati da un coefficiente di permeabilità  $K$  adeguato a sostenere l'esercizio di un impianto di dispersione delle acque meteoriche mediante pozzi perdenti.

Pertanto realizzando pozzi perdenti come precedentemente illustrato, tutte le acque meteoriche in afflusso saranno disperse negli orizzonti superficiali del suolo.

Rispetto a quanto prospettato nel seguente rapporto (relativamente all'impiego di pozzi disperdenti prefabbricati), potranno essere previste soluzioni differenti (pozzi disperdenti di dimensioni e numero diversi da quelli individuati), nel rispetto comunque dei volumi complessivi di acque in afflusso stimati nei paragrafi precedenti.

L'area di intervento risulta caratterizzata da terreni di fondazione dotati di ottime caratteristiche geotecniche che garantiscono una buona interazione con le strutture in elevazione.

Nell'area di intervento il livello piezometrico della prima falda è presente ad oltre - 30 m da p.c.; tutti i muri controterra e le fondazioni dovranno tuttavia essere protetti mediante idonea impermeabilizzazione per garantire la salubrità degli edifici, impedendo fenomeni di infiltrazione e/o risalita capillare nelle murature, a seguito di periodi piovosi prolungati e percolazione di acqua dalla superficie.

Bergamo, 23 Maggio 2008

geol. Norberto Invernici

