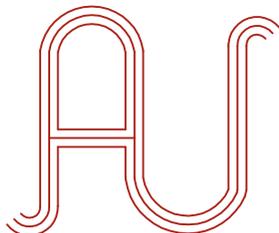


# COMUNE DI ALESSANDRIA



## Arch. Oscar RAVAZZI

Via XXIV Maggio 20, 15100 Alessandria ♦ Tel/Fax 0131/441173

♦ C.F.: RVZSCR55D01A182A ♦ P.IVA 02419800061 ♦

♦ e-Mail: oscar.ravazzi@gmail.com ♦

♦ Sito Web: www.studioarchitettoravazzi.it ♦

♦ Collaboratori: Arch. Federica RAVAZZI ♦  
Mario MAIMONE ♦

Committente:

**Sig. CIRIO Giovanni**  
**c/o Viale Massobrio n. 36**  
**15121 - Alessandria (AL)**

Denominazione dell'opera:

**PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO "DELLA COLLA 2"**  
**LOCALITA' VALMADONNA - ALESSANDRIA**

**Relazione Geologica**

N. Allegato

**All. 8**

| Scala | Data              | Il Progettista             |
|-------|-------------------|----------------------------|
|       | <b>04/06/2015</b> | <b>Arch. Oscar RAVAZZI</b> |

**REGIONE PIEMONTE**  
**COMUNE DI ALESSANDRIA**

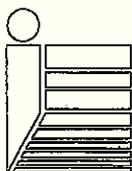
**SCARICO DELLE ACQUE BIANCHE**  
**PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO "DELLA COLLA 2"**  
**LOCALITA' VALMADONNA**

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**  
**RELAZIONE IDROLOGICA**

Committente: CIRIO Giovanni

Tecnici incaricati: ing. geol. Giuseppe Massone – ing. Rita Di Cosmo

Data: 13 ottobre 2015



*Studio Associato Ing. geol. Giuseppe Massone Ing. Rita Di Cosmo  
Via Martiri della Libertà 20 - 15040 Castelletto Monferrato (AL)  
tel. 0151 239460 fax 0151 235320 e-mail: geomassone@libero.it*

**REGIONE PIEMONTE  
COMUNE DI ALESSANDRIA**

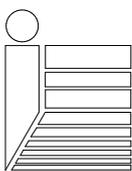
**PROGETTO DI PIANO ESECUTIVO  
IN LOCALITA' VALMADONNA**

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

Committente: Sig. Giovanni Cirio

Tecnici incaricati: ing. geol. Giuseppe Massone – ing. Rita Di Cosmo

Data: 22 luglio 2014



*Studio Associato ing. geol. Giuseppe Massone ing. Rita Di Cosmo  
Via Martiri della Libertà 20 - 15040 Castelletto Monferrato (AL)  
tel. 0131 239460 fax 0131 233320 e-mail: geomassone@libero.it*



## **SOMMARIO**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>§ 1. <u>PREMESSA</u></b>   | <b>3</b>  |
| <b>§ 2. <u>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</u></b>   | <b>5</b>  |
| § 2.1. UBICAZIONE   | 5         |
| § 2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE   | 5         |
| § 2.3. SITUAZIONE GEOLOGICA LOCALE E STRATIGRAFIA   | 7         |
| § 2.4. SITUAZIONE IDROGEOLOGICA   | 8         |
| <b>§ 3. <u>ESAME DELLE ELABORATI GEOLOGICI DI PRGC</u></b>                                | <b>10</b> |
| § 3.1. CARTA GEOIDROLOGICA  | 10        |
| § 3.2. CARTA DI SINTESI   | 11        |
| § 3.3. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA<br>DELL'INTERVENTO                 | 14        |
| <b>§ 4. <u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI</u></b>                             | <b>17</b> |
| § 4.1. DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA ADOTTATA   | 17        |
| § 4.2. PROVE PENETROMETRICHE  | 18        |
| § 4.3. RISULTATI DELLE PROVE - ASSEGNAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI                      | 20        |
| § 4.4. CLASSIFICAZIONE SISMICA E CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI AI<br>SENSI DELLE NTC 2008 | 21        |
| § 4.5. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI DELLE PROVE   | 23        |
| <b>§ 5. <u>CONCLUSIONI</u></b>  | <b>25</b> |



## **§ 1. PREMESSA**

La presente relazione intende valutare la compatibilità geologico - tecnica di un intervento progettuale in Comune di Alessandria, località Valmadonna, consistente in un progetto di Piano Esecutivo.

L'indagine geologico - tecnica, finalizzata a verificare che il progetto sia compatibile con la realtà geomorfologica locale e suggerire eventuali scelte esecutive per un'ottimale interazione terreno-struttura, si è sviluppata come segue:

1. esame dell'area sotto l'aspetto geomorfologico ed idrogeologico;
2. rilievo geomorfologico e geologico - applicato di dettaglio;
3. indagine geognostica finalizzata alla definizione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni ed alla eventuale presenza di acque sotterranee.

A tale scopo è stato effettuato un rilievo geologico della zona per determinare le formazioni geologiche più ricorrenti ed eventuali correlazioni tra di esse; per integrare il rilievo geologico ed accertare i parametri di resistenza del terreno è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche, disposte come indicato nella planimetria allegata, e consistenti in n. n.6 prove penetrometriche dinamiche.

A partire dai risultati delle prove in sito si è proceduto all'assegnazione dei parametri di resistenza ai terreni di fondazione e quindi alla valutazione, da un punto di vista geologico-tecnico, della fattibilità delle opere di progetto.

La presente relazione geologica non esime dalla successiva redazione della relazione geotecnica, prescritta dallo stesso D.M. 11.03.1988 e D.M. 14/01/2008, per i singoli progetti esecutivi dei fabbricati, sulla base di indagini di maggior dettaglio che dovranno tenere altresì conto delle specifiche previsioni progettuali di ciascun edificio (profondità e tipologia delle fondazioni, eventuale presenza di piani interrati o seminterrati, ecc.).



Si ricorda, che sia per la redazione della presente relazione sia per l'esecuzione delle indagini geognostiche si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 11.03.1988 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*.
- O.P.C.M. n.3274/03 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e s.m.i.*
- D.G.R. Piemonte n.64-11402 del 23/12/2003;
- D.M. 14/01/2008 *"Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni"*.
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 617 del 02/02/2009 *“Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*



## **§ 2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

### **§ 2.1. Ubicazione**

L'area in esame è posta nella parte orientale dell'abitato di Valmadonna, ad Est di Via Colla in prossimità di Cascina Palazzina.

Il terreno in esame, sviluppato in direzione NE-SO, fa parte del versante orografico sinistro della valle, e presenta pertanto una debole acclività verso Ovest, con inclinazione prossima al 10%.

La quota media del sito, desunta da una interpolazione delle curve di livello della cartografia C.T.R. in scala 1: 10.000 è pari a circa 120 m s.l.m.

Non si rilevano, infine, né nell'area in esame né in un intorno significativo della stessa, linee di drenaggio di importanza significativa.

### **§ 2.2. Inquadrimento geologico generale**

L'area oggetto d'indagine, appartiene, da un punto di vista geologico, al bacino terziario piemontese, bacino largamente rappresentato da sedimenti argillosi e sabbiosi. In particolare le formazioni che affiorano nella zona di Valmadonna sono costituite da sedimenti di età pliocenica: si tratta, cioè, di sedimenti depositi al margine ed all'interno del braccio di mare che occupava la Pianura Padana, allorché questo tornò ad invadere la zona dopo il parziale prosciugamento avutosi nel precedente periodo Messiniano.

Le formazioni dominanti tale territorio, in effetti, risultano essere sostanzialmente tre, ossia le "*sabbie d'Asti*" e le "*argille di Lugagnano*" ed i "*conglomerati di Cassano Spinola*", anche se le prime, ossia le più recenti, appaiono più estese delle seconde ed i conglomerati sono molto più evidenti nella porzione settentrionale dell'abitato di Valmadonna.

La suddivisione cronostratigrafica fra le tre formazioni suddette non è affatto regolare ed univoca, e spesso si hanno casi di eteropia, al punto che si tende a parlare di "*Pliocene in facies astiana*" o "*in facies piacentiana*" piuttosto che di vere e proprie differenti unità



cronostratigrafiche. In linea di massima, comunque, i conglomerati di Cassano Spinola, costituiti da conglomerati ed arenarie in grosse bancate, alternate a marne sabbiose, dovrebbero rappresentare il sedimento di transizione, prossimo alla linea di costa, durante la fase di ingressione marina; le “*argille di Lugagnano*”, rappresentano il successivo sedimento di mare profondo; infine le “*sabbie di Asti*” rappresentano infine un sedimento di mare meno profondo, conseguente alla progressiva avanzata della linea di costa per effetto della continua deposizione di sedimenti.

L'attività erosiva dei piccoli rii ha profondamente inciso e modellato tali formazioni, depositando al tempo stesso, sulle parti depresse, sedimenti recenti legati all'attività di trasporto dei torrenti, attribuibili al *fluviale medio*.

Le *argille di Lugagnano*, più antiche, sono costituite essenzialmente da argille marnose e siltose grigio-azzurre, in cui sono presenti rare intercalazioni sabbiose. La formazione è rappresentata da potenti depositi piuttosto regolari, a testimonianza di un processo deposizionale alquanto tranquillo; da ciò la prevalente componente argillosa dei sedimenti, che favorisce il ristagno delle acque di precipitazione e di infiltrazione, con la conseguente creazione di aree particolarmente umide.

Tale formazione, laddove è affiorante, si presenta sotto forma di colline morfologicamente molto dolci, con colore di alterazione molto più chiaro del colore originario (grigio-azzurro). La soprastante formazione delle “*sabbie di Asti*”, è invece costituita fondamentalmente da sabbie a granulometria assai variabile da zona a zona, con intercalazioni di lenti ghiaiose e banchi calcarenitici o di argille marno-sabbiose.

Localmente i termini più rappresentativi sono costituiti da marne sabbiose, con debole componente argillosa, a comportamento assai meno plastico della sottostante formazione piacentiana.

La granulometria più grossolana dei materiali, accompagnata ad una ridotta coesione, comporta la creazione di una morfologia decisamente più accidentata, con valli scoscese e pareti localmente subverticali che



contrastano nettamente con l'aspetto più dolce degli affioramenti della formazione più antica. Tale granulometria è ovviamente legata alla permeabilità, che è generalmente assai buona, laddove siano assenti intercalazioni argillo-marnose, che fungono da netto limite di permeabilità relativa, con creazione di sporadiche falde sospese.

La buona conducibilità idraulica delle *sabbie di Asti* e la conseguente difficoltà ad un ristagno delle acque, fornisce agli affioramenti un aspetto assai più arido, in netto contrasto con quanto accade per la formazione delle *argille di Lugagnano*.

Come si è accennato, il passaggio tra le due formazioni terziarie è alquanto sfumato, con parziale eteropia di facies; tale passaggio è costituito da un'alternanza di strati marnoso-sabbiosi (*sabbie di Asti*) e strati marnoso-argillosi (*argille di Lugagnano*).

L'eteropia e la difficile interpretazione cronostratigrafica per mezzo di fossili guida sono i principali ostacoli ad una completa conoscenza della realtà geologica locale. Le zone di fondovalle, ovviamente risentono della granulometria dei materiali costituenti i versanti: si hanno pertanto dei sedimenti pleistocenici ed olocenici, costituiti da depositi piuttosto eterogenei, a matrice principalmente argillo-limosa e lenti di sabbie e locali passate ghiaiose.

Da un punto di vista morfologico è bene ricordare che tale zona fa parte del massiccio sistema collinare che sviluppandosi con anticlinale disarmonico di tipo diapiroide, divarica i sistemi geologici Pliocenici - Miocenici imponendo la tipica giacitura degli strati che appare rivolta ad Nord per il versante Nord della fascia e a Sud per la parte opposta.

### **§ 2.3. Situazione geologica locale e stratigrafia**

Da un punto di vista geologico l'area in esame ricade al limite tra la formazione delle alluvioni prevalentemente sabbioso – siltoso - argillose con prodotti di alterazione di colore giallastro riconducibili al *Fluviale medio* e la formazione delle *Argille di Lugagnano* ovvero argille marno-sabbiose con intercalazioni verso l'alto di banchi di sabbie.



In sede locale durante la realizzazione delle prove penetrometriche è stato possibile riscontrare la presenza di una copertura a limi argillosi poco consistenti passanti a quote variabili da -1 a -2 m in argille limose di colore giallo nocciola la cui consistenza tende ad aumentare in funzione della profondità dal piano campagna.

#### **§ 2.4. Situazione idrogeologica**

La circolazione idrica sotterranea nei sedimenti del Bacino Terziario Piemontese è strettamente legata ai rapporti esistenti fra la situazione stratigrafica e quella geomorfologica. In particolare, eccettuando i Conglomerati di Cassano Spinola, assenti nella zona in esame, l'elemento caratterizzante è la differenza di permeabilità fra le Sabbie di Asti (dotate solitamente di una discreta permeabilità primaria, soprattutto nei livelli più grossolani) e le Argille di Lugagnano (praticamente impermeabili, tranne i casi di permeabilità per fessurazione nelle zone soggette ad essiccamento superficiale, soprattutto in presenza di una significativa componente marnosa).

Nel caso in esame la verificata assenza delle sabbie di Asti consente di escludere che possa essere presente una falda acquifera significativa al contatto fra queste e le sottostanti argille di Lugagnano; in ogni caso tale falda, se presente, dovrebbe dare luogo a fenomeni sorgentizi al piede del versante, che non sono stati osservati né direttamente né indirettamente.

Una modesta circolazione ipodermica è teoricamente possibile a seguito di prolungati eventi piovosi al contatto fra il terreno agrario, più permeabile ed in parte rimaneggiato, ed il sottostante sedimento argilloso; si tratta, comunque, di quantitativi modesti e non in grado di dare luogo ad una vera e propria falda, e che interessano soltanto lo strato superficiale senza influenzare significativamente le condizioni di stabilità del versante nel suo complesso. A tale proposito si segnala che durante l'esecuzione della prova n.2 sita al piede del leggero impluvio presente nella parte mediana del versante si è riscontrata la presenza di acqua libera nel foro di sondaggio. In tutte le altre prove, spinte a significativa profondità da piano



campagna (profondità massima 10 m), non si è rinvenuta acqua libera nei fori di indagine.



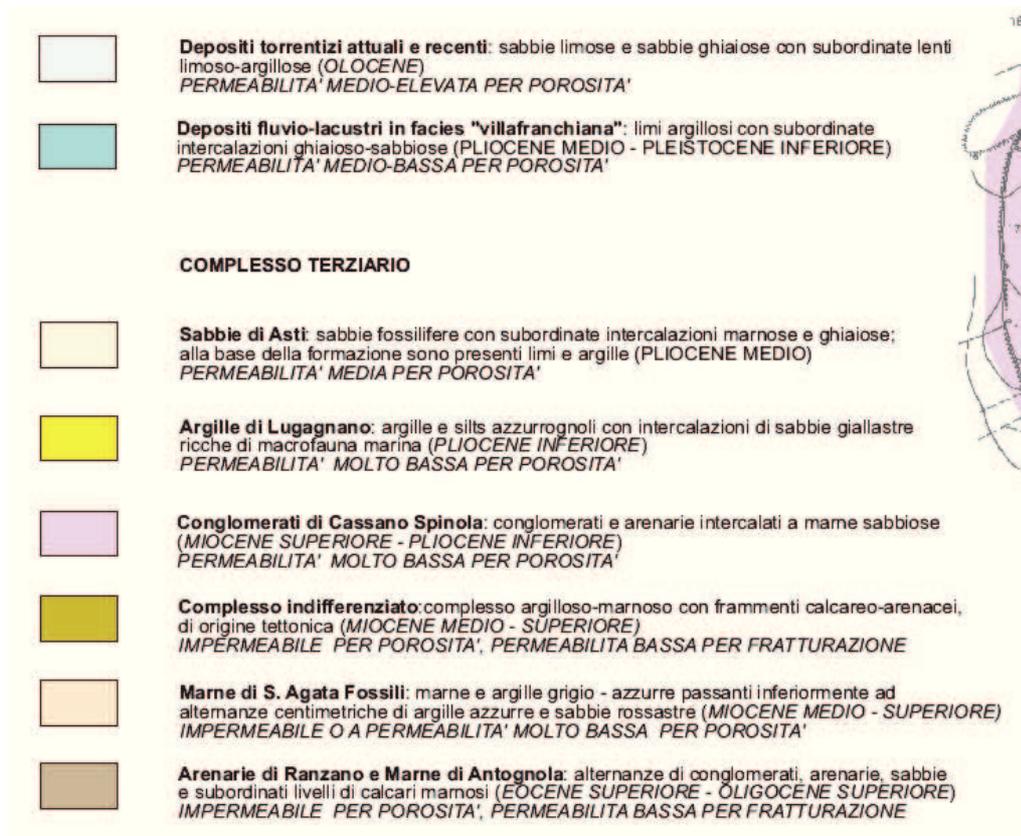


Figura 2 – Legenda carta geoidrologica allegata al PRGC vigente

### § 3.2. Carta di sintesi

Nella carta di sintesi, come visibile negli estratti riportati nelle Figure 3 e 4 seguenti, l'area in esame viene classificata parte in Classe IIa (porzione centrale e meridionale) e parte in Classe IId (porzione settentrionale).

La Classe IIa individua "settori di versante o di raccordo tra il fondovalle e il versante, ad acclività medio/moderata. Ogni intervento eccedente la ristrutturazione dovrà prevedere uno studio geologico a norma del D.M. 11/03/1988 e del D.M. 14/01/2008 e s.m.i., volto a precisare le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e litotecniche puntuali, a individuare gli indirizzi di intervento necessari a superare le locali condizioni di moderata pericolosità e a valutarne la ricaduta sulla destinazione urbanistica prevista; tali interventi, che dovranno essere esplicitati a livello di progetto esecutivo, potranno essere limitati al



*singolo lotto edificatorio o estesi ad un settore circostante significativo. Per tutti gli interventi edilizi si devono inoltre rispettare le seguenti prescrizioni:*

- impiego, in fase di scavo, di opere di sostegno provvisionali a salvaguardia della stabilità dei fronti e delle aree adiacenti;*
- manutenzione delle linee drenanti esistenti e alla raccolta e smaltimento delle acque reflue e di scorrimento superficiale, di precipitazione meteorica (con particolare riferimento a quelle convogliate da tratti stradali) e di infiltrazione, indicando, per queste ultime, le opere di drenaggio necessarie, escludendo in modo tassativo la dispersione non controllata.*

*Le soluzioni tecniche adottate non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.”*

*La Classe IId individua invece “Settori di fondovalle potenzialmente condizionabili da fenomeni di allagamento a bassa energia e tiranti modesti e/o da bassi valori di soggiacenza della falda freatica. Oltre a quanto previsto per la Classe IIa, per tutti gli interventi edilizi deve essere valutata la necessità di un eventuale innalzamento sul piano campagna del primo piano calpestabile, la cui entità deve essere definita sulla base di studi di carattere idrologico-idraulico. Il ricorso all'innalzamento artificiale del piano campagna è permesso qualora sia accertato che tale intervento non provochi innalzamenti anomali del livello idrico, nel corso di fenomeni di allagamento, tali da provocare maggiori danni nelle aree adiacenti.*

*In tale classe non è consentita la realizzazione di piani interrati. La realizzazione di piani seminterrati, per i quali vengono esclusi usi abitativi, non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della*



soggiacenza della falda e della relativa escursione massima annuale e storica dalla quale dovrà essere garantito un franco di almeno 50 cm.

Dovranno inoltre essere adottate in fase di progetto esecutivo adeguate soluzioni tecniche atte a impedirne l'allagamento in occasione di fenomeni di tracimazione del reticolo idrografico e a garantirne l'uso in condizioni di sicurezza.”

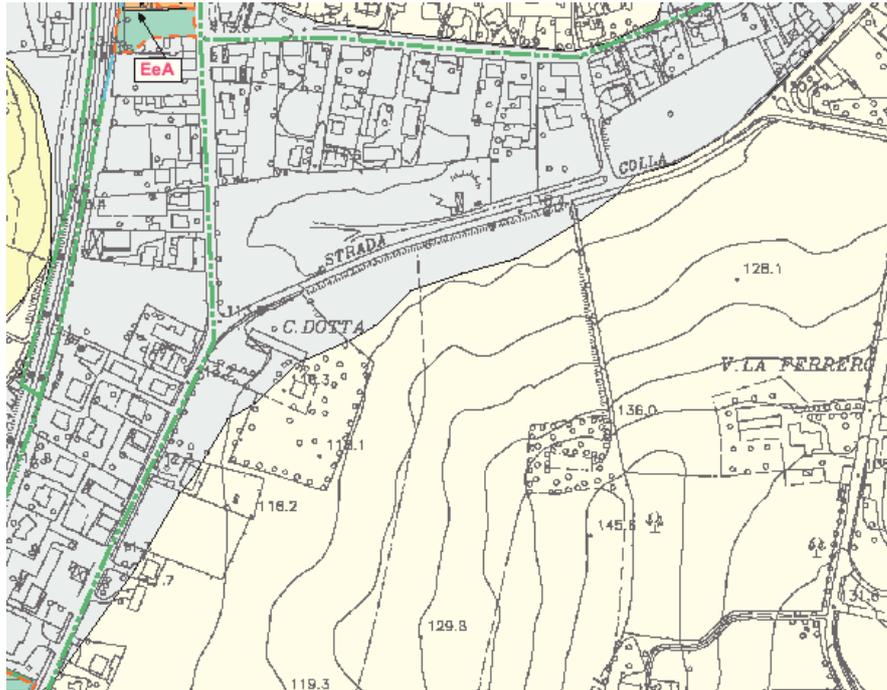


Figura 3 – Estratto Carta di sintesi allegata al PRGC vigente



|             | SETTORI CARATTERIZZATI DA CONDIZIONI DI MODERATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA   | SETTORI CON MODERATE LIMITAZIONI URBANISTICHE   |
|-------------|--|---|
| <b>IIa</b>  | <b>IIa</b> - Settori di versante o di raccordo tra il fondovalle e il versante, ad acclività medio/moderata  | <b>IIa</b> - Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da uno studio geologico di dettaglio che illustri le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e le condizioni di stabilità dell'area e individui ove necessario le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo.   |
| <b>IIb</b>  | <b>IIb</b> - Settori di versante ad acclività medio/moderata, talora localizzati al margine di settori acclivi e/o potenzialmente instabili  | <b>IIb</b> - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe <b>IIa</b> , ogni nuovo intervento deve essere subordinato alla realizzazione di un'adeguata campagna d'indagine geognostica e a specifiche verifiche di stabilità del versante.   |
| <b>IIc</b>  | <b>IIc</b> - Settori potenzialmente interessati dalla presenza di cavità ipogee riferibili all'attività estrattiva progressa   | <b>IIc</b> - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe <b>IIa</b> , ogni nuovo intervento deve essere subordinato alla realizzazione di un'adeguata campagna d'indagini geognostiche finalizzata alla prevenzione di fenomeni di instabilità imputabili alla possibile presenza di cavità ipogee.   |
| <b>IIId</b> | <b>IIId</b> - Settori di fondovalle potenzialmente condizionabili da fenomeni di allagamento a bassa energia e tiranti modesti e/o da bassi valori di soggiacenza della falda freatica | <b>IIId</b> - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe <b>IIa</b> , ogni nuovo intervento edilizio deve essere supportato da uno studio geologico e idraulico che ne giustifichi la fattibilità e individui ove necessario le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo. In tale classe non è consentita la realizzazione di piani interrati. La realizzazione di piani seminterrati, per i quali vengono esclusi usi abitativi, non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della soggiacenza della falda e della relativa escursione massima annuale e storica dalla quale dovrà essere garantito un franco di almeno 50 cm. |
| <b>2</b>    | <b>IIe</b> - Settori di versante ad acclività medio/moderata   |   |

Figura 4 – Legenda carta di sintesi allegata al PRGC vigente

### § 3.3. Valutazione della fattibilità geologico-tecnica dell'intervento

In sede locale, durante la realizzazione di prove penetrometriche, di seguito descritte, è stato possibile riscontrare la presenza di una copertura a limi argillosi poco consistenti passanti a quote variabili da -1 a -2 m in argille limose di colore giallo nocciola la cui consistenza tende ad aumentare in funzione della profondità dal piano campagna. Tale situazione si presenta sia nelle porzioni centrale e di monte del lotto sia in quella di valle, ovvero non si sono riscontrati nella porzione di valle sedimenti riconducibili ad alluvioni recenti ed attuali (terreni sabbiosi e/o sabbioso-ghiaiosi) come invece genericamente indicato nella carta geoidrologica di PRGC.

Nel lotto sono state eseguite complessivamente n.6 prove penetrometriche ubicate come indicato nella Figura 5 seguente. La profondità delle prove è compresa tra -4.90 m da p.c. (prova 3) e -9.90 m da p.c. (prova 4). A fine prova in tutti i fori di sondaggio è stato calato un freatimetro elettrico per la ricerca di acqua libera; la ricerca ha avuto esito



positivo solo nella prova n.2 in cui è stata riscontrata acqua a quota pari a - 1.00 m da p.c. È bene evidenziare però che la prova 2 è ubicata al piede del leggero impluvio presente nella parte mediana del versante in cui tendono ad accumularsi le acque di precipitazione diretta ed indiretta del versante.



Figura 5- Ubiicazione prove penetrometriche

Nel caso specifico non è corretto parlare di una vera e propria falda ma di venute d'acqua che si infiltrano attraverso la coltre agricola superficiale e tendono a ristagnare in corrispondenza degli strati argillosi sottostanti poco permeabili. D'altronde, in generale, la circolazione idrica sotterranea, nei sedimenti del Bacino Terziario Piemontese, quali quelli in esame, come già sopra indicato, è strettamente legata ai rapporti esistenti fra la situazione stratigrafica e quella geomorfologica.

Una modesta circolazione ipodermica è teoricamente possibile a seguito di prolungati eventi piovosi al contatto fra il terreno agrario, più permeabile ed in parte rimaneggiato, ed il sottostante sedimento argilloso; si tratta, comunque, di quantitativi modesti e non in grado di dare luogo ad una vera e propria falda, e che interessano soltanto lo strato superficiale



senza influenzare significativamente le condizioni di stabilità del versante nel suo complesso.

Sulla base di tutte le considerazioni sopra riportate, pertanto, ed analizzando la Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata al PRGC vigente, di cui un estratto nelle figure 3 e 4 precedenti, non si ravvedono particolari problematiche per la realizzazione di piani seminterrati per uso non abitativo nella porzione di valle del lotto in esame, purché vengano adottate tutte le misure atte a garantire una corretta regimazione ed allontanamento delle acque di precipitazione diretta ed indiretta, come meglio di seguito specificato.



## **§ 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI**

### **§ 4.1. Descrizione della metodologia adottata**

Nell'area di interesse sono state eseguite sei prove penetrometriche dinamiche, ubicate come da planimetria allegata.

Attraverso l'esecuzione di prove penetrometriche è possibile ottenere, in modo sufficientemente veloce ed economico, i parametri di resistenza del terreno, che permettono di caratterizzare da un punto di vista quantitativo le formazioni interessate dall'opera in progetto.

Nelle prove penetrometriche dinamiche, i parametri geomeccanici caratterizzanti il terreno vengono correlati alla resistenza che il terreno stesso oppone all'avanzamento di una punta conica infissa a percussione. La resistenza all'avanzamento della punta è pertanto funzione sia delle caratteristiche sia del tipo di terreno. Con l'ausilio di tali parametri vi è la possibilità di calcolare il carico ammissibile del terreno, carico che risulta indispensabile, per il progettista per il dimensionamento delle opere di fondazione.

Le prove sono state eseguite con un penetrometro dinamico medio pesante SUNDA DPM 030, avente mazza battente del peso di 30 Kg con azionamento idraulico, che consente un'altezza di caduta costante pari a 20 cm. Misurando il numero di colpi necessari per affondare la punta e l'asta di una lunghezza pari a 10 cm, (ossia l'indice  $N_{10}$ ), si possono ricavare, a mezzo di correlazioni matematiche, i parametri geotecnici caratteristici del terreno in esame.

Le prove sono state spinte sino ad una profondità tale da raggiungere strati di terreno non più interessati da una variazione tensionale indotta dal carico strutturale dell'intervento in progetto, in accordo con le prescrizioni dell'Associazione Geotecnica Italiana.



## **§ 4.2. Prove penetrometriche**

### Prova n.1

La prima prova è stata eseguita nel settore Nord Ovest dell'area di intervento in prossimità di un fabbricato indicato come tipologia B.

La prova ha attraversato un livello a limi argillosi caratterizzati da modesta consistenza (indice medio  $N_{10}$  pari a 3 colpi/10 cm) presenti fino a -1.60 m e quindi argille limose molto plastiche con valore medio di resistenza pari a 5 colpi/10 cm. Da quota -2.70 m si ha un progressivo aumento dei valori di resistenza per il passaggio ad argille da mediamente consistenti a consistenti. I valori registrati dell'indice  $N_{10}$  si attestano intorno ad una media di 14 colpi tra -2.70 e -5.70 m, 22 colpi da -5.70 fine alla quota di fine prova pari a -7.90 m al di fuori di una lente più compatta tra -7.10 e -7.50 caratterizzata da una media di 29 colpi/10 cm. A fine prova tramite freatimetro elettrico, calato nel foro di sondaggio, si è ricercata l'eventuale presenza di falda; tale ricerca ha avuto esito negativo.

### Prova n.2

La seconda prova è stata eseguita circa al centro dell'impronta del fabbricato indicato come tipologia A. Come nel primo test è stata attraversata una copertura a limi argillosi con valore medio di resistenza pari a 3 colpi/10 cm avente una potenza di 1.70 m. Da questa profondità si passa a terreni argillo limosi piuttosto plastici tra 1.70 e 2.40 m con una resistenza media di circa 5 colpi/10 cm e quindi argille mediamente consistenti e meno plastiche fino a -6.20 m da p.c. con indice  $N_{10}$  pari a 12 colpi/10 cm. I valori di resistenza tendono ad aumentare linearmente con la profondità per l'attraversamento di livelli argillosi mediamente più compatti fino alla quota di fine prova pari a -6.90 m. A seguito dell'estrazione delle aste si è osservata la presenza di acqua libera nel foro di sondaggio fino a -1.00 m da p.c.

### Prova n.3

La terza prova è stata eseguita nel settore Sud Ovest dell'area di progetto. La copertura limo argillosa ha una potenza di circa 1.00 m ed un



valore medio di resistenza di circa 4 colpi/10 cm. Da -1.00 e fino a -3.60 m si hanno poi argille limose leggermente plastiche con valore medio dell'indice  $N_{10}$  di 8 colpi/10 cm passanti a livelli argillosi via via più compatti all'aumentare della profondità da pino campagna. La prova è stata interrotta a quota -4.90 m da p.c dopo aver registrati valori dell'indice  $N_{10}$  superiori a 30 colpi/10 cm. In questa prova, a seguito dell'estrazione delle aste, non è stata riscontrata acqua libera nel foro di sondaggio.

#### Prova n.4

Nella prova n.4, eseguita nel settore Sud Est dell'area di progetto, la copertura limo argillosa presenta potenza ridotta pari a 0.70 m e quindi argille limose plastiche con indice di resistenza medio di 9 colpi/10 cm. Da -1.50 m e fino a fine prova, quota -9.90 m, il valore medio dell'indice  $N_{10}$  si mantiene pressoché costante e pari a 10 colpi fino a -4.30 m e 14 colpi a quote maggiori. A differenza delle prime tre prove, pertanto, in questo caso non si sono riscontrati in profondità livelli argillosi molto compatti. La ricerca della falda ha avuto esito negativo.

#### Prova n.5

La quinta prova ha attraversato un livello superficiale limo argilloso avente una potenza di 1.30 m ed un valore medio di resistenza di 4 colpi/10 cm. Da quota -1.30 e fino a -4.50 m si hanno terreni argillo-limosi debolmente plastici caratterizzati da un indice medio  $N_{10}$  di circa 6 colpi/10 cm. A quota maggiore si registra un progressivo aumento dei valori di resistenza per la presenza di argille mediamente compatte con resistenza media di 11 colpi/10 cm fino a -7.30 m e quindi argille compatte fino a fine prova (quota -7.90 m). La ricerca della falda ha avuto esito negativo.

#### Prova n.6

La prova n.6 è stata eseguita nel settore Nord Est dell'area di progetto.

Al di sotto della copertura limo argillosa, riscontrata in tutte le prove, ed avente una potenza di 1.20 m, sono presenti argille limose plastiche con un indice di resistenza medio pari a 7 colpi/120 cm fino a -4.30 m dal piano



campagna. Da tale quota si registra un progressivo aumento dei valori di resistenza per l'attraversamento di livelli argillosi via via più compatti e caratterizzati da valori medi dell'indice  $N_{10}$  pari a 13 colpi/10 cm tra -4.30 e -5.80 m e 22 colpi da -5.80 fine a fine prova (quota -6.90 m).

La ricerca della falda ha avuto esito negativo.

#### **§ 4.3. Risultati delle prove - Assegnazione dei parametri geotecnici**

I terreni sono di natura coesiva e sono costituiti principalmente da una copertura limo argillosa passante in argille limose poco consistenti fino a circa 3-4 m dal piano campagna e poi argille da mediamente compatte a compatte all'aumentare della profondità. Si precisa, a tale proposito, che la granulometria degli strati è solo presunta in quanto non sono stati effettuati sondaggi geognostici.

Per quanto riguarda l'interpretazione delle prove, occorre innanzitutto precisare che le N.T.C. 2008 hanno sostituito il concetto di separazione del sottosuolo in vari elementi stratigrafici a cui venivano assegnati i valori medi, perché la nuova normativa non considera i valori medi sufficientemente cautelativi. Le Norme richiedono di ricavare il valore caratteristico di resistenza per ogni intervallo omogeneo di resistenza ed individuato come "strato medio", il frattile 5% della resistenza, ossia quel valore che ha il 5% di probabilità di venire minorato : Per il calcolo del 5° percentile si fa ricorso alla seguente formula:

$$R_k = R_m \pm t_{n-1}^{0.95} \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

dove

$R_k$  = valore caratteristico della resistenza considerata

$R_m$  = valore medio della resistenza considerata

$T$  = valore della distribuzione di Student a  $n-1$  gradi di libertà con probabilità  $u = 95\%$  (ossia  $1-\alpha = 0.95$  o alternativamente  $\alpha = 0.05$ ).

$s$  = deviazione standard del campione di dati

$n$  = numero di dati



I risultati delle sei prove penetrometriche sono stati inseriti in un foglio di calcolo, mediati tra loro, sino a ricostruire una stratigrafia geotecnica media, i cui dettagli sono riportati in allegato. I risultati delle diverse correlazioni sono stati, a loro volta, mediati ed alle medie si è applicata l'elaborazione statistica sopra descritta.

Da cui, riassumendo, si hanno i seguenti valori medi caratteristici della coesione non drenata  $c_u$

| Unità   | $Cu_k$<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] | $\phi_k$ | Peso di volume $\gamma$<br>[t/m <sup>3</sup> ] |
|---|---------------------------------|----------|--|
| <i>Limi argillosi</i>                                   | <b>0.113</b>                    | /        | <b>1.70</b>                                    |
| <i>Argille limose poco consistenti</i>                  | <b>0.351</b>                    | /        | <b>1.80</b>                                    |
| <i>Argille limose</i>                                   | <b>0.691</b>                    | /        | <b>1.90</b>                                    |
| <i>Argille limose da mediamente compatte a compatte</i> | <b>1.203</b>                    | /        | <b>2.00</b>                                    |

#### **§ 4.4. Classificazione sismica e caratterizzazione dei terreni ai sensi delle NTC 2008**

Il Comune di Alessandria ricade in zona sismica 3.

Ai fini della classificazione dell'azione sismica di progetto, ai sensi delle NTC 2008, il comportamento sismico dei terreni di fondazione viene distinto in categorie, sulla base della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, ricavata per via diretta oppure desunta da prove penetrometriche.

In base al valore medio di  $N_{SPT}$  registrato durante le prove penetrometriche, ai sensi delle NTC 2008, il terreno in esame viene classificato nella categoria "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 ( $N_{SPT} < 15$ ,  $C_u < 70$  kPa)". Occorre tuttavia segnalare che l'indagine geognostica non si è estesa fino alla profondità di 30 m, e l'estensione fino a tale profondità delle caratteristiche riscontrate è ipotizzata solo sulla base di informazioni geologiche di carattere generale. Qualora, nell'ambito della verifica con indagini sismiche, si riscontrasse entro i primi 20 m di profondità la presenza di un



substrato di materiale più rigido con  $V_{S30} > 800$  m/s, il sito dovrebbe essere riclassificato attribuendolo alla categoria sismica “E”.

Con riferimento alla tabella 2.4.1. delle N.C.T. 2008 l’opera in progetto è dotata delle seguenti caratteristiche:

Vita nominale  $V_N$  [anni]  $\geq 50$

Classe d’uso *II* (affollamento normale, assenza di funzioni pubbliche importanti)

Ne consegue che il periodo di riferimento per l’azione sismica è:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per cui essendo dalla tabella 2.4.2 delle N.C.T. 2008 (per classe *II*)  $C_U = 1$  si ha  $V_R \geq 50$  anni.

Le coordinate medie del sito (espresse in ED50) sono:

latitudine: 44,969757

longitudine: 8,614859

Siti di riferimento

|        |           |              |             |                    |
|--------|-----------|--------------|-------------|--------------------|
| Sito 1 | ID: 14249 | Lat: 44,9829 | Lon: 8,5442 | Distanza: 5744,354 |
| Sito 2 | ID: 14250 | Lat: 44,9857 | Lon: 8,6147 | Distanza: 1776,189 |
| Sito 3 | ID: 14472 | Lat: 44,9358 | Lon: 8,6187 | Distanza: 3785,777 |
| Sito 4 | ID: 14471 | Lat: 44,9329 | Lon: 8,5482 | Distanza: 6653,860 |

Parametri sismici

| Stato limite                | Operatività (SLO) | Danno (SLD) | Salvaguardia della vita (SLV) | Prevenzione dal collasso (SLC): |
|-----------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Probabilità di superam. [%] | 81                | 63          | 10                            | 5                               |
| Tr [anni]                   | 30                | 50          | 475                           | 975                             |



|                |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>ag</b> [g]  | 0.018 | 0.023 | 0.053 | 0.066 |
| <b>Fo</b>      | 2.527 | 2.507 | 2.580 | 2.603 |
| <b>Tc*</b> [s] | 0.161 | 0.191 | 0.278 | 0.292 |

#### Coefficienti Sismici

|              | <b>SLO</b> | <b>SLD</b> | <b>SLV</b> | <b>SLC</b> |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Ss:</b>   | 1,800      | 1,800      | 1,800      | 1,800      |
| <b>Cc:</b>   | 3,120      | 2,860      | 2,370      | 2,310      |
| <b>St:</b>   | 1,000      | 1,000      | 1,000      | 1,000      |
| <b>Kh:</b>   | 0,006      | 0,008      | 0,019      | 0,024      |
| <b>Kv:</b>   | 0,003      | 0,004      | 0,010      | 0,012      |
| <b>Amax:</b> | 0,318      | 0,413      | 0,943      | 1,173      |
| <b>Beta:</b> | 0,200      | 0,200      | 0,200      | 0,200      |

#### § 4.5. Considerazioni sui risultati delle prove

L'andamento dell'indice  $N_{10}$  delle prove è riportato nei grafici allegati alla presente relazione. Ogni grafico è affiancato al diagramma della resistenza dinamica di rottura alla punta del penetrometro, secondo la formula degli Olandesi:

$$Rd = \frac{M^2 \cdot h}{A \cdot e \cdot (M + n \cdot P)}$$

Nel penetrometro DL<sub>030</sub> si ha:

- $M$  (peso del maglio) = 30 [kg]
- $h$  (altezza di caduta) = 20 [cm]  
costante di  $M$ )
- $A$  (sezione della punta conica a perdere) = 10 [cm<sup>2</sup>]
- $e$  (con  $N$  corrispondente al) =  $10/N$  [ ]



numero dei colpi per ogni  
approfondimento di 10 cm)

- $P$  (peso delle aste) = 2.4 [Kg/ml]
- $n$  (numero delle aste infisse di prova).

Tale formula viene modificata mediante l'introduzione del coefficiente  $\chi$  caratteristico del penetrometro DL<sub>030</sub>, funzione del numero di aste infisse.

Il carico ammissibile è ottenuto secondo formule empiriche (De Beer, L' Herminier), mediante la relazione:

$$q_{amm} = \frac{R_d}{15 \div 20}$$

Il diagramma della capacità portante, valutato con tale metodo, è riportato a fianco del grafico della resistenza dinamica.

Esso fornisce un'indicazione di massima del carico ammissibile, utilizzabile con grande cautela in quanto si basa su formule empiriche che non tengono conto né della geometria della fondazione, né della granulometria dei terreni.

Tale metodo presenta comunque a suo favore una notevole aderenza ai risultati ottenuti con altri approcci più rigorosi e, soprattutto, un'ampia verifica su una grande casistica di lavori compiuti.



## **§ 5. CONCLUSIONI**

Nell'area di progetto sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche dinamiche che hanno permesso di ricostruire la situazione geotecnica locale.

Alcuni dei risultati delle prove, che mostrano buona correlazione sono stati poi riassunti in una sezione geotecnica interpretativa, riportata in allegato in cui si può osservare che i terreni, di natura coesiva sono costituiti da una copertura limo argillosa passante in argille limose poco consistenti e quindi da quota 3-4 m dal piano campagna argille da mediamente compatte a compatte.

L'osservazione geologica superficiale, unitamente alla consultazione della cartografia disponibile, ha consentito di escludere nell'area di progetto, la presenza di tracce di dissesti, di movimenti gravitativi in atto o latenti, o di fenomeni di erosione accelerata.

Non si ravvedono, inoltre, problemi dal punto di vista della circolazione idrica sotterranea, che è praticamente assente fatta salva la possibilità di un modesto deflusso ipodermico sotto la coltre di terreno agrario, non significativo dal punto di vista applicativo (vedasi prova n.2). Si specifica, comunque, che la prova n.2 in cui è stata rinvenuta acqua libera nel foro di indagine, è ubicata a valle della porzione mediana del versante che forma un leggero impluvio e tende quindi a raccogliere le acque di precipitazione. La Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata al PRGC vigente, classifica l'area in parte in Classe IIa (porzione centrale e meridionale) e parte in Classe IIId (porzione settentrionale). In particolare considerato che il progetto prevede la realizzazione di un piano seminterrato proprio in corrispondenza della Classe IIId, pur non essendo stata rilevata in sito una vera e propria falda freatica, occorrerà in fase esecutiva predisporre una serie di accorgimenti al fine di evitare in tale zona ristagni di acque di precipitazione diretta ed indiretta. La realizzazione dei nuovi fabbricati ed infrastrutture comporterà una serie di movimenti terra che tenderanno a modificare l'attuale morfologia del versante. La



presenza di nuove superfici impermeabilizzate inoltre comporterà un aumento del volume delle acque di ruscellamento in concomitanza di eventi meteorici. Dal momento che le acque bianche non potranno essere immesse in fognatura, dovranno prevedersi altri sistemi di smaltimento. La dispersione delle acque nel sottosuolo attraverso pozzi disperdenti e/o trincee drenanti dovrà essere valutata con attenzione considerata la scarsa permeabilità dei terreni in sito. In un caso come quello in esame dovrebbe essere valutata la possibilità di smaltimento delle acque in linee di drenaggio superficiali prossime all'area. In ogni caso i sistemi di smaltimento nel sottosuolo dovranno essere posizionati in modo tale da non comportare problemi alle nuove strutture ovvero si dovrà assolutamente evitare il posizionamento di pozzi disperdenti a monte delle nuove strutture e soprattutto a monte della porzione del lotto interessata dalla realizzazione delle strutture seminterrate.

Per quanto riguarda la realizzazione dei locali seminterrati occorrerà prestare particolare attenzione alle opere di drenaggio per evitare problemi alle strutture dovuti alle acque di infiltrazione. A questo scopo, prima del getto della pavimentazione del locale seminterrato si consiglia la posa su tutta l'area di materiale grossolano, ghiaie e ciottoli, meglio se separato dalle argille in posto da un geotessuto, e di una tubazione microfessurata che tenda a raccogliere le acque e a convogliarle ad un pozzetto di raccolta da cui verranno emunte tramite una pompa autoinnescante. Inoltre dietro ai muri controterra dovrà realizzarsi un dreno delle acque di infiltrazione. In dettaglio, il drenaggio sarà costituito da misto di fiume ben costipato, terminante in testa con uno strato a granulometria più fine (menisco di sabbia e ghiaia dello spessore di  $5 \div 8$  cm) sottoposto allo strato di copertura, spesso circa 40 cm, costituito da sabbie e limi. Le acque emunte dal drenaggio verranno allontanate dalla tubazione in corrugato plastico fessurato, posta sul fondo che sarà collegata al sistema drenante prima descritto. Il Progettista dovrà valutare l'opportunità di prevenire il prematuro intasamento del dreno per mezzo di rivestimento in geotessile a



bassa caratura (250 -350 g/m<sup>2</sup>) (non di tipo agugliato ma termosaldato tridimensionale), il quale ha anche la funzione di stabilizzarne la funzione drenante nel tempo. Il geotessile permette la stabilizzazione dell'azione filtrante del dreno, evitando il costipamento degli interstizi tra i ciottoli a causa della presenza di materiale fine, che comprometterebbe in breve tempo il regolare funzionamento dello stesso.

Si raccomanda, infine, che tutti gli scavi vengano lasciati aperti per il minor tempo possibile al fine di non innescare moti di filtrazione anomali all'interno dei terreni, mentre, ad opere avvenute, sarà necessario regimare con cura sia le acque di precipitazione dirette che quelle derivanti dalle gronde provvedendo a convogliare le stesse ai sistemi di raccolta e drenaggio locali.

Sulla base di tutte queste considerazioni, pertanto, si può affermare che i terreni oggetto di intervento, da un punto di vista geologico - tecnico, risultano idonei alla realizzazione delle opere previste; non si ravvedono infatti, allo stato attuale, elementi geomorfologici o condizioni idrogeologiche particolari che possano risultare di impedimento alla realizzazione delle strutture di progetto.

Si ricorda infine che restano comunque necessari gli studi geotecnici puntuali, relativi alle singole costruzioni, al fine di verificare al meglio l'interazione terreno - struttura e valutare la tipologia di fondazione ottimale, in ossequio a quanto previsto dal D.M. 11.03.1988 e D.M. 14/01/2008.

***ing. geol. Giuseppe Massone***

***ing. Rita Di Cosmo***

### ***Riferimenti bibliografici***

H.G. POULOS E.H. DAVIS: (2002) *Analisi e progettazione di fondazioni su pali* Flaccovio Editore

VIGGIANI C.: (1999) *Fondazioni* Hevelius Edizioni

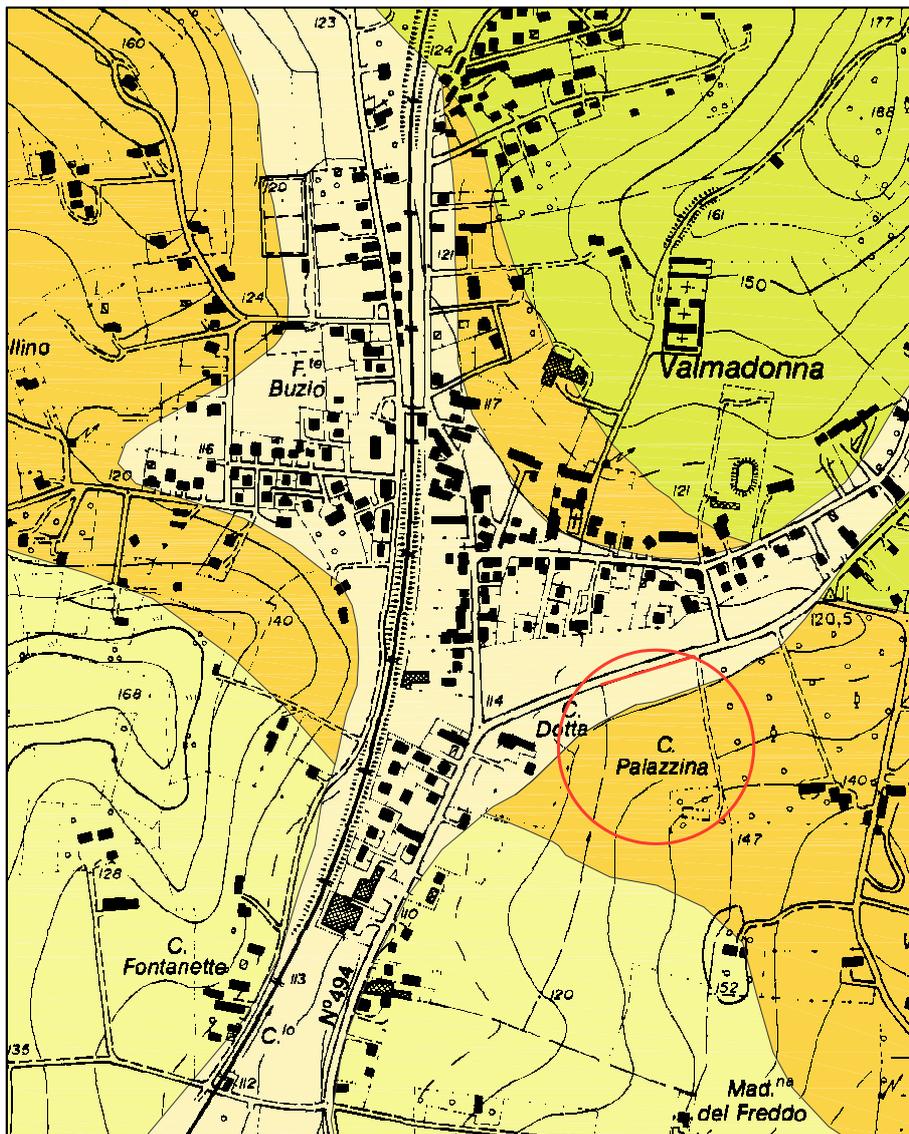
SANSONI R.: (1992) *Pali e fondazioni su pali* Hoepli

LANCELLOTTA R. CALAVERA J.: (1999) *Fondazioni* McGraw Hill

TANZINI M.: (2002) *L'indagine geotecnica* Flaccovio editore

LANCELLOTTA R.: (1991) *Geotecnica* Zanichelli

**ALLEGATO:INQUADRAMENTO GEOLOGICO**



## LEGENDA

- 
Alluvioni prevalentemente sabbioso-siltoso-argillose, con prodotti di alterazione di colore giallastro. (FLUVIALE MEDIO)
  
- 
SABBIE DI ASTI: sabbie gialle più o meno stratificate, con livelli ghiaiosi e intercalazioni marnose compatte nella parte alta, calcareniti e calciruditi.
  
- 
ARGILLE DI LUGAGNANO: argille marno-sabbiose grigio-azzurre con intercalazioni, verso l'alto, di banchi di sabbie, analoghe alle Sabbie d'Asti.
  
- 
CONGLOMERATI DI CASSANO SPINOLA: conglomerati ed arenarie in grosse bancate intercalati a marni sabbiose.

**ALLEGATO: PROVE PENETROMETRICHE**

limite fascia ricadente in  
zona geologica IIId

limite fascia ricadente in  
zona geologica IIId



PROVA 1

PROVA 2

PROVA 3

PROVA 4

PROVA 6

EX S.S. N. 494

STRADA PRIVATA

STRADA PRIVATA

STRADA PRIVATA

STRADA PRIVATA

STRADA IN PREVISIONE DI P.R.G.C.

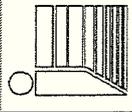
sono provvisti da casa/condotta

limite abitato

risparmio privato

limite di piano

DIREZIONE VALENZA



Studio di Ingegneria  
geotecnica e strutturale  
Ing. Giuseppe Mossone

PROVA n. 1

DATA: 12/06/08

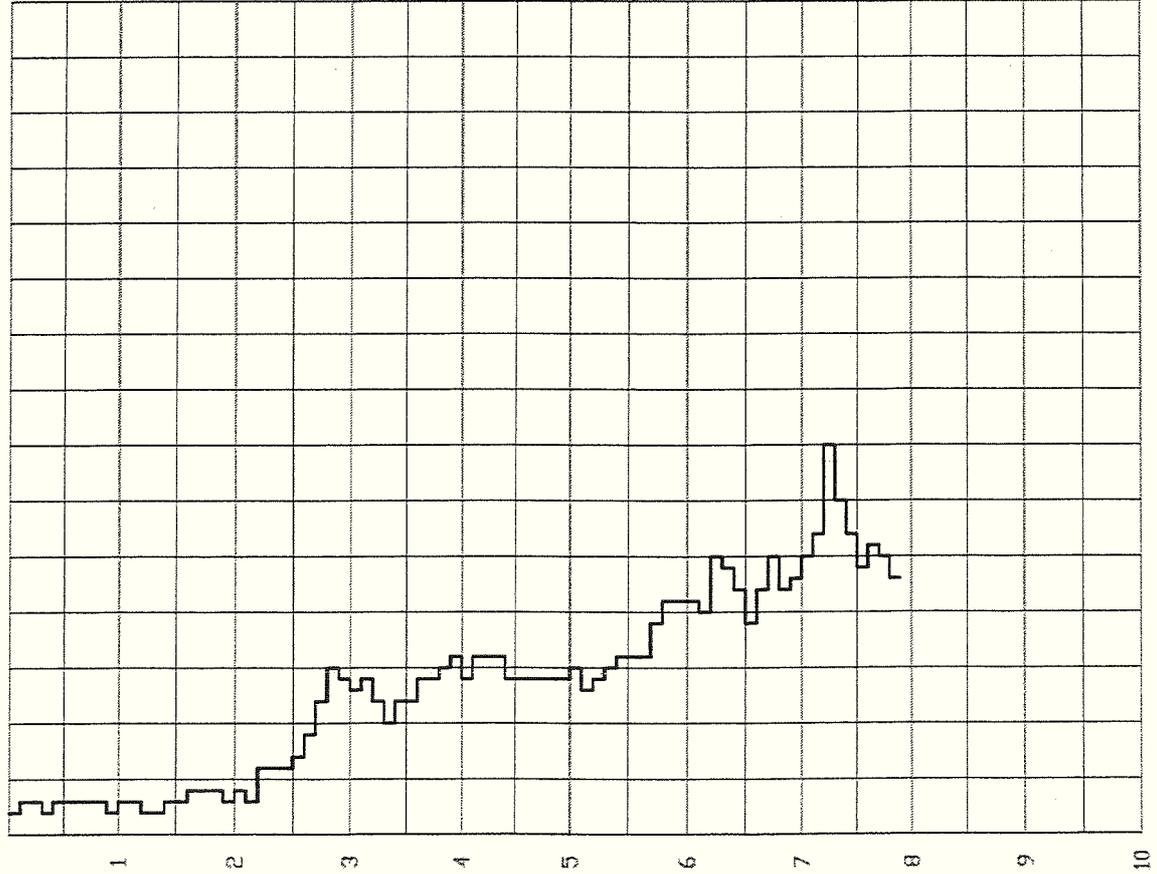
CANTIERE: PIANI ESECUTIVO  
LOCALITA': VALMADONNA (AL)

LEGENDA:

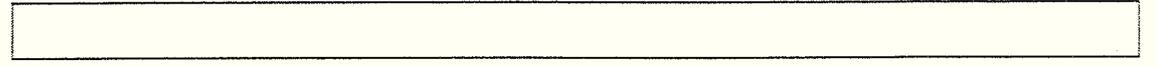
T = Torbe e materiali organici R = riparto  
A = Argille AL = Argille limose LA = limi argillosi  
L = Limi LS = Limi sabbiosi SL = Sabbie limose  
S = Sabbie SG = Sabbie e ghiaia G = Ghiaia

NUMERO DI COLPI OGNI 10 cm (Indice N 10)

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70

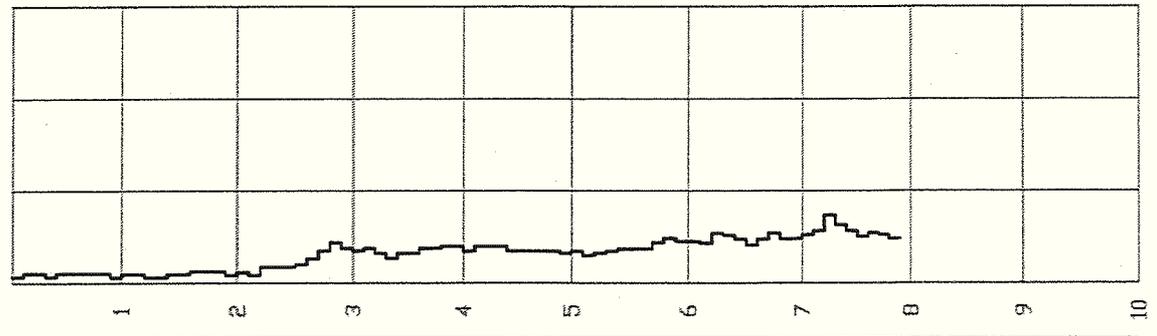


FALDA



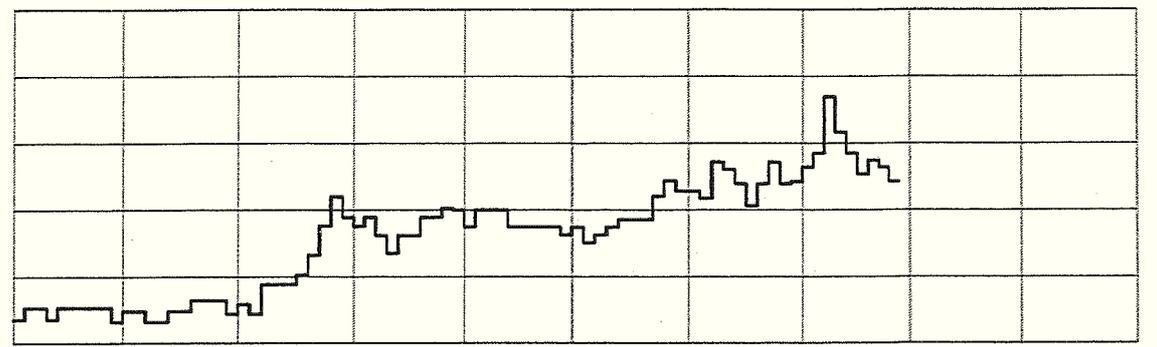
RES. DINAMICA (daN/cm<sup>2</sup>)

0 100 200 300

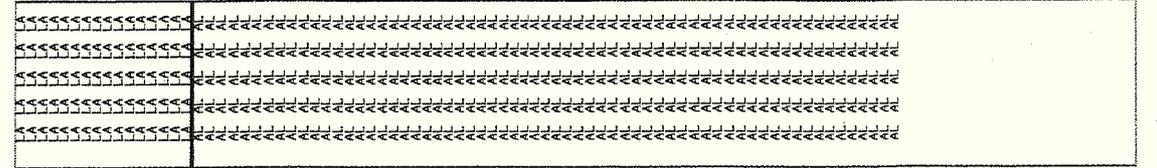


CARICO AMM. (daN/cm<sup>2</sup>)

0 1 2 3 4 5



LITOLOGIA



LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 1

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 4.20        | 16              | 39.98                    | 2.00                       |
| 4.30        | 16              | 39.98                    | 2.00                       |
| 4.40        | 16              | 39.98                    | 2.00                       |
| 4.50        | 14              | 34.98                    | 1.75                       |
| 4.60        | 14              | 34.98                    | 1.75                       |
| 4.70        | 14              | 34.98                    | 1.75                       |
| 4.80        | 14              | 34.98                    | 1.75                       |
| 4.90        | 14              | 34.98                    | 1.75                       |
| 5.00        | 14              | 32.52                    | 1.63                       |
| 5.10        | 15              | 34.84                    | 1.74                       |
| 5.20        | 13              | 30.20                    | 1.51                       |
| 5.30        | 14              | 32.52                    | 1.63                       |
| 5.40        | 15              | 34.84                    | 1.74                       |
| 5.50        | 16              | 37.17                    | 1.86                       |
| 5.60        | 16              | 37.17                    | 1.86                       |
| 5.70        | 16              | 37.17                    | 1.86                       |
| 5.80        | 19              | 44.14                    | 2.21                       |
| 5.90        | 21              | 48.78                    | 2.44                       |
| 6.00        | 21              | 45.63                    | 2.28                       |
| 6.10        | 21              | 45.63                    | 2.28                       |
| 6.20        | 20              | 43.46                    | 2.17                       |
| 6.30        | 25              | 54.33                    | 2.72                       |
| 6.40        | 24              | 52.15                    | 2.61                       |
| 6.50        | 22              | 47.81                    | 2.39                       |
| 6.60        | 19              | 41.29                    | 2.06                       |
| 6.70        | 22              | 47.81                    | 2.39                       |
| 6.80        | 25              | 54.33                    | 2.72                       |
| 6.90        | 22              | 47.81                    | 2.39                       |
| 7.00        | 23              | 48.55                    | 2.43                       |
| 7.10        | 25              | 52.77                    | 2.64                       |
| 7.20        | 27              | 57.00                    | 2.85                       |
| 7.30        | 35              | 73.88                    | 3.69                       |
| 7.40        | 30              | 63.33                    | 3.17                       |
| 7.50        | 27              | 57.00                    | 2.85                       |
| 7.60        | 24              | 50.66                    | 2.53                       |
| 7.70        | 26              | 54.89                    | 2.74                       |
| 7.80        | 25              | 52.77                    | 2.64                       |
| 7.90        | 23              | 48.55                    | 2.43                       |

LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 1

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cmq) | Qamm (kg/cmq) |
|-------------|-----------------|-------------|---------------|
| 0.10        | 2               | 7.13        | 0.36          |
| 0.20        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.30        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.40        | 2               | 7.13        | 0.36          |
| 0.50        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.60        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.70        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.80        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.90        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 1.00        | 2               | 6.44        | 0.32          |
| 1.10        | 3               | 9.67        | 0.48          |
| 1.20        | 3               | 9.67        | 0.48          |
| 1.30        | 2               | 6.44        | 0.32          |
| 1.40        | 2               | 6.44        | 0.32          |
| 1.50        | 3               | 9.67        | 0.48          |
| 1.60        | 3               | 9.67        | 0.48          |
| 1.70        | 4               | 12.89       | 0.64          |
| 1.80        | 4               | 12.89       | 0.64          |
| 1.90        | 4               | 12.89       | 0.64          |
| 2.00        | 3               | 8.81        | 0.44          |
| 2.10        | 4               | 11.75       | 0.59          |
| 2.20        | 3               | 8.81        | 0.44          |
| 2.30        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.40        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.50        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.60        | 7               | 20.56       | 1.03          |
| 2.70        | 9               | 26.43       | 1.32          |
| 2.80        | 12              | 35.25       | 1.76          |
| 2.90        | 15              | 44.06       | 2.20          |
| 3.00        | 14              | 37.80       | 1.89          |
| 3.10        | 13              | 35.10       | 1.75          |
| 3.20        | 14              | 37.80       | 1.89          |
| 3.30        | 12              | 32.40       | 1.62          |
| 3.40        | 10              | 27.00       | 1.35          |
| 3.50        | 12              | 32.40       | 1.62          |
| 3.60        | 12              | 32.40       | 1.62          |
| 3.70        | 14              | 37.80       | 1.89          |
| 3.80        | 14              | 37.80       | 1.89          |
| 3.90        | 15              | 40.50       | 2.03          |
| 4.00        | 16              | 39.98       | 2.00          |
| 4.10        | 14              | 34.98       | 1.75          |



LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 2

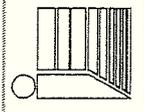
DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 0.10        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.20        | 2               | 7.13                     | 0.36                       |
| 0.30        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.40        | 2               | 7.13                     | 0.36                       |
| 0.50        | 3               | 10.70                    | 0.54                       |
| 0.60        | 4               | 14.27                    | 0.71                       |
| 0.70        | 3               | 10.70                    | 0.54                       |
| 0.80        | 3               | 10.70                    | 0.54                       |
| 0.90        | 4               | 14.27                    | 0.71                       |
| 1.00        | 4               | 12.89                    | 0.64                       |
| 1.10        | 3               | 9.67                     | 0.48                       |
| 1.20        | 3               | 9.67                     | 0.48                       |
| 1.30        | 5               | 16.11                    | 0.81                       |
| 1.40        | 4               | 12.89                    | 0.64                       |
| 1.50        | 4               | 12.89                    | 0.64                       |
| 1.60        | 3               | 9.67                     | 0.48                       |
| 1.70        | 3               | 9.67                     | 0.48                       |
| 1.80        | 4               | 12.89                    | 0.64                       |
| 1.90        | 4               | 12.89                    | 0.64                       |
| 2.00        | 6               | 17.62                    | 0.88                       |
| 2.10        | 5               | 14.69                    | 0.73                       |
| 2.20        | 6               | 17.62                    | 0.88                       |
| 2.30        | 6               | 17.62                    | 0.88                       |
| 2.40        | 9               | 26.43                    | 1.32                       |
| 2.50        | 12              | 35.25                    | 1.76                       |
| 2.60        | 14              | 41.12                    | 2.06                       |
| 2.70        | 14              | 41.12                    | 2.06                       |
| 2.80        | 14              | 41.12                    | 2.06                       |
| 2.90        | 12              | 35.25                    | 1.76                       |
| 3.00        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.10        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.20        | 9               | 24.30                    | 1.22                       |
| 3.30        | 11              | 29.70                    | 1.49                       |
| 3.40        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.50        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.60        | 11              | 29.70                    | 1.49                       |
| 3.70        | 12              | 32.40                    | 1.62                       |
| 3.80        | 11              | 29.70                    | 1.49                       |
| 3.90        | 12              | 32.40                    | 1.62                       |
| 4.00        | 12              | 29.98                    | 1.50                       |
| 4.10        | 14              | 34.98                    | 1.75                       |

LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 2

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cmq) | Qamm (kg/cmq) |
|-------------|-----------------|-------------|---------------|
| 4.20        | 14              | 34.98       | 1.75          |
| 4.30        | 13              | 32.48       | 1.62          |
| 4.40        | 13              | 32.48       | 1.62          |
| 4.50        | 16              | 39.98       | 2.00          |
| 4.60        | 16              | 39.98       | 2.00          |
| 4.70        | 16              | 39.98       | 2.00          |
| 4.80        | 14              | 34.98       | 1.75          |
| 4.90        | 13              | 32.48       | 1.62          |
| 5.00        | 14              | 32.52       | 1.63          |
| 5.10        | 14              | 32.52       | 1.63          |
| 5.20        | 13              | 30.20       | 1.51          |
| 5.30        | 11              | 25.55       | 1.28          |
| 5.40        | 11              | 25.55       | 1.28          |
| 5.50        | 11              | 25.55       | 1.28          |
| 5.60        | 12              | 27.88       | 1.39          |
| 5.70        | 12              | 27.88       | 1.39          |
| 5.80        | 12              | 27.88       | 1.39          |
| 5.90        | 12              | 27.88       | 1.39          |
| 6.00        | 14              | 30.42       | 1.52          |
| 6.10        | 15              | 32.60       | 1.63          |
| 6.20        | 16              | 34.77       | 1.74          |
| 6.30        | 18              | 39.12       | 1.96          |
| 6.40        | 19              | 41.29       | 2.06          |
| 6.50        | 21              | 45.63       | 2.28          |
| 6.60        | 23              | 49.98       | 2.50          |
| 6.70        | 25              | 54.33       | 2.72          |
| 6.80        | 26              | 56.50       | 2.83          |
| 6.90        | 25              | 54.33       | 2.72          |



studio di Ingegneria  
geotecnica e strutturale  
Ing. Giuseppe Massone

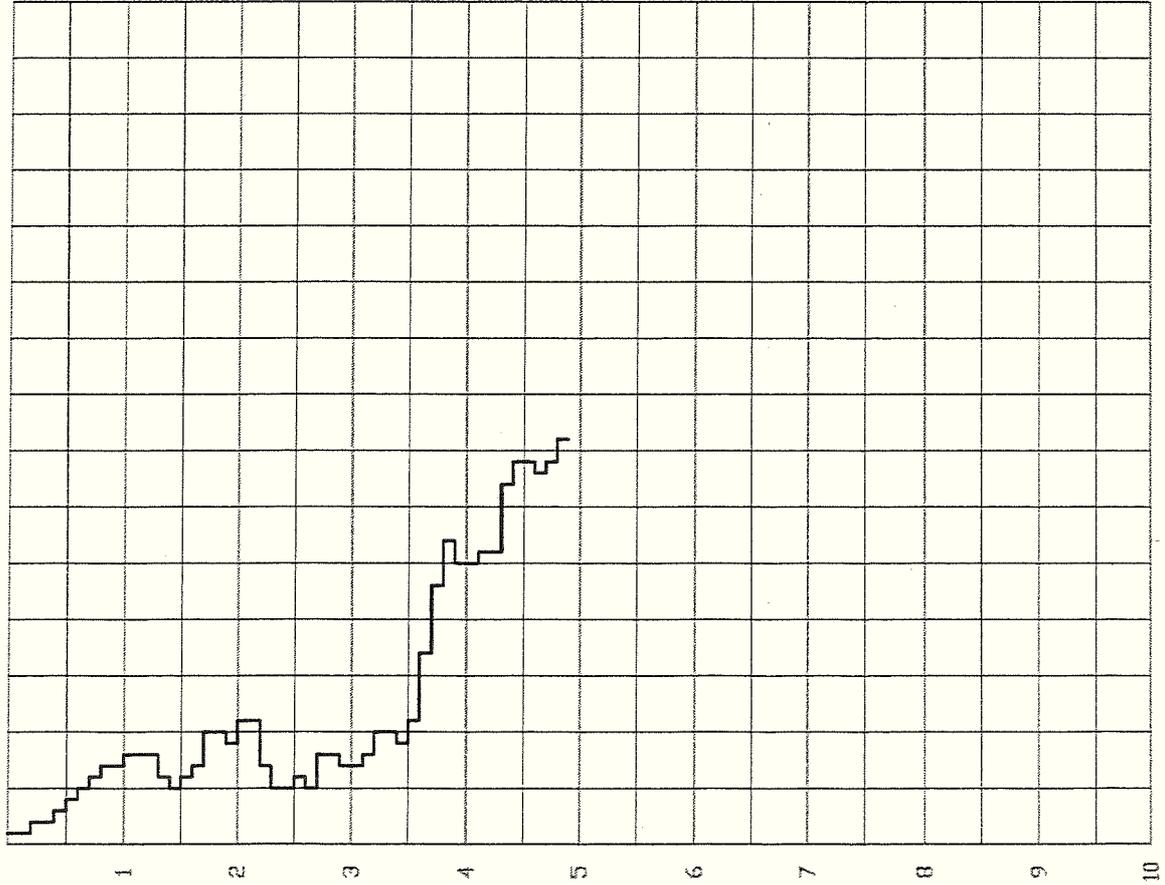
PROVA n. 3 DATA 12/06/08

CANTIERE PIANO ESECUTIVO  
LOCALITA' VALMADONNA (AL)

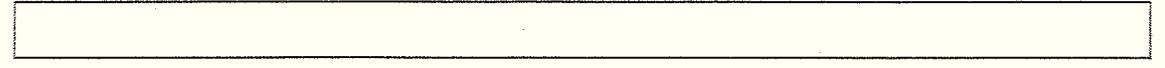
**LEGENDA:**  
T = Torbe e materiali organici R = riporto  
A = Argille AL = Argille limose LA = limi argillosi  
L = Limi LS = Limi sabbiosi SL = Sabbie limose  
S = Sabbie SG = Sabbie e ghiaia G = Ghiaia

NUMERO DI COLPI OGNI 10 cm (Indice N 10)

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70

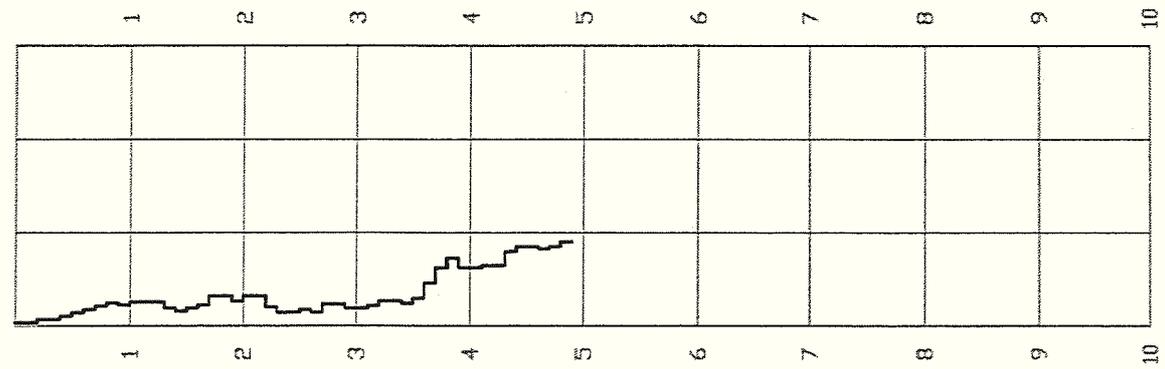


FALDA



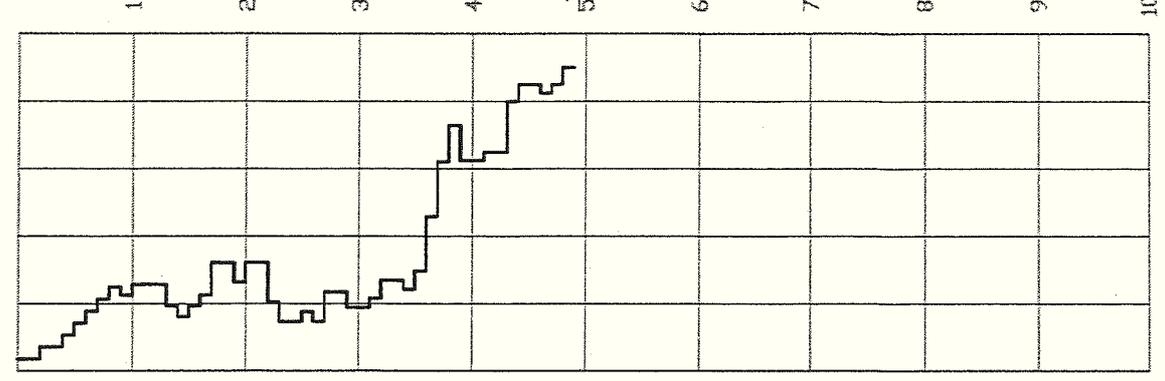
RES. DINAMICA (daN/cm<sup>2</sup>)

0 100 200 300

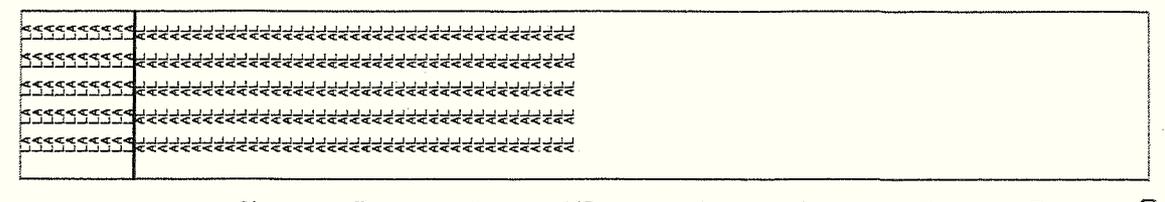


CARICO AMM. (daN/cm<sup>2</sup>)

0 1 2 3 4 5



LITOLOGIA



LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 3

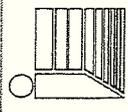
DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 0.10        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.20        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.30        | 2               | 7.13                     | 0.36                       |
| 0.40        | 2               | 7.13                     | 0.36                       |
| 0.50        | 3               | 10.70                    | 0.54                       |
| 0.60        | 4               | 14.27                    | 0.71                       |
| 0.70        | 5               | 17.83                    | 0.89                       |
| 0.80        | 6               | 21.40                    | 1.07                       |
| 0.90        | 7               | 24.97                    | 1.25                       |
| 1.00        | 7               | 22.56                    | 1.13                       |
| 1.10        | 8               | 25.78                    | 1.29                       |
| 1.20        | 8               | 25.78                    | 1.29                       |
| 1.30        | 8               | 25.78                    | 1.29                       |
| 1.40        | 6               | 19.33                    | 0.97                       |
| 1.50        | 5               | 16.11                    | 0.81                       |
| 1.60        | 6               | 19.33                    | 0.97                       |
| 1.70        | 7               | 22.56                    | 1.13                       |
| 1.80        | 10              | 32.22                    | 1.61                       |
| 1.90        | 10              | 32.22                    | 1.61                       |
| 2.00        | 9               | 26.43                    | 1.32                       |
| 2.10        | 11              | 32.31                    | 1.62                       |
| 2.20        | 11              | 32.31                    | 1.62                       |
| 2.30        | 7               | 20.56                    | 1.03                       |
| 2.40        | 5               | 14.69                    | 0.73                       |
| 2.50        | 5               | 14.69                    | 0.73                       |
| 2.60        | 6               | 17.62                    | 0.88                       |
| 2.70        | 5               | 14.69                    | 0.73                       |
| 2.80        | 8               | 23.50                    | 1.17                       |
| 2.90        | 8               | 23.50                    | 1.17                       |
| 3.00        | 7               | 18.90                    | 0.94                       |
| 3.10        | 7               | 18.90                    | 0.94                       |
| 3.20        | 8               | 21.60                    | 1.08                       |
| 3.30        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.40        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.50        | 9               | 24.30                    | 1.22                       |
| 3.60        | 11              | 29.70                    | 1.49                       |
| 3.70        | 17              | 45.90                    | 2.30                       |
| 3.80        | 23              | 62.10                    | 3.11                       |
| 3.90        | 27              | 72.90                    | 3.64                       |
| 4.00        | 25              | 62.46                    | 3.12                       |
| 4.10        | 25              | 62.46                    | 3.12                       |

LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 3

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 4.20        | 26              | 64.96                    | 3.25                       |
| 4.30        | 26              | 64.96                    | 3.25                       |
| 4.40        | 32              | 79.95                    | 4.00                       |
| 4.50        | 34              | 84.95                    | 4.25                       |
| 4.60        | 34              | 84.95                    | 4.25                       |
| 4.70        | 33              | 82.45                    | 4.12                       |
| 4.80        | 34              | 84.95                    | 4.25                       |
| 4.90        | 36              | 89.95                    | 4.50                       |



studio di Ingegneria  
geotecnica e strutturale  
Ing. Giuseppe Massone

PROVA n. 4

DATA: 12/06/08

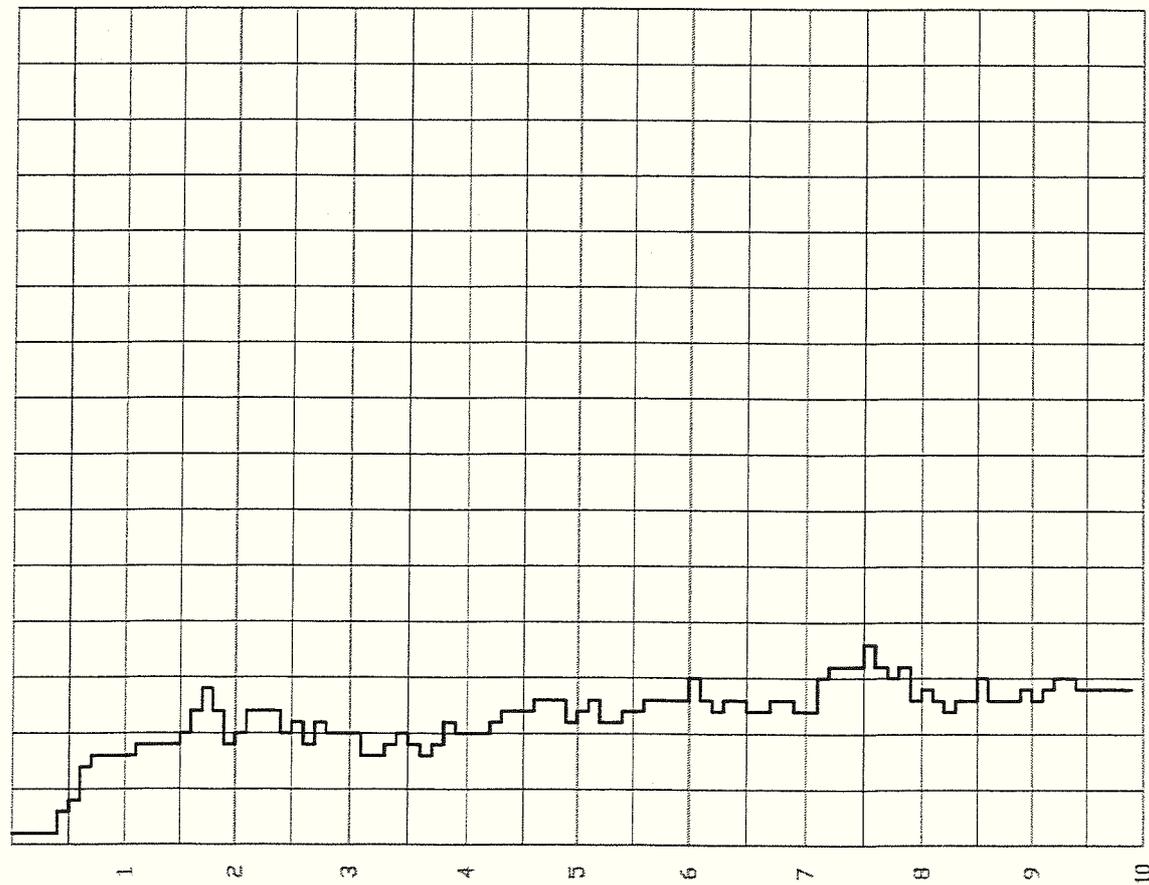
CANTIERE: PIANO ESECUTIVO  
LOCALITA': VALMADONNA (AL)

LEGENDA:

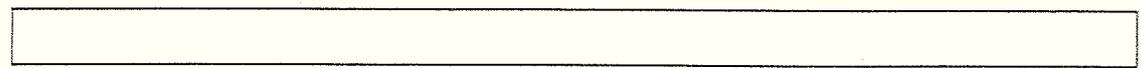
T = Torbe e materiali organici R = riparto  
A = Argille AL = Argille limose LA = lim argillosi  
L = Limi LS = Limi sabbiosi SL = Sabbie limose  
S = Sabbie SG = Sabbie e ghiaia G = Ghiaia

NUMERO DI COLPI OGNI 10 cm (Indice N 10)

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70

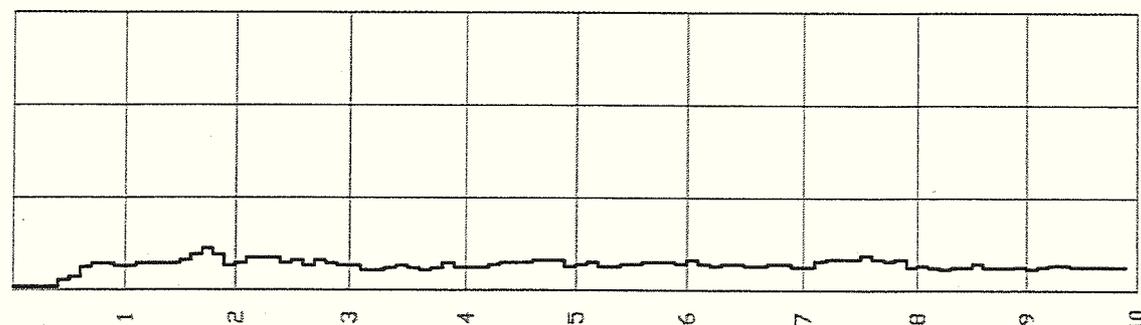


FALDA



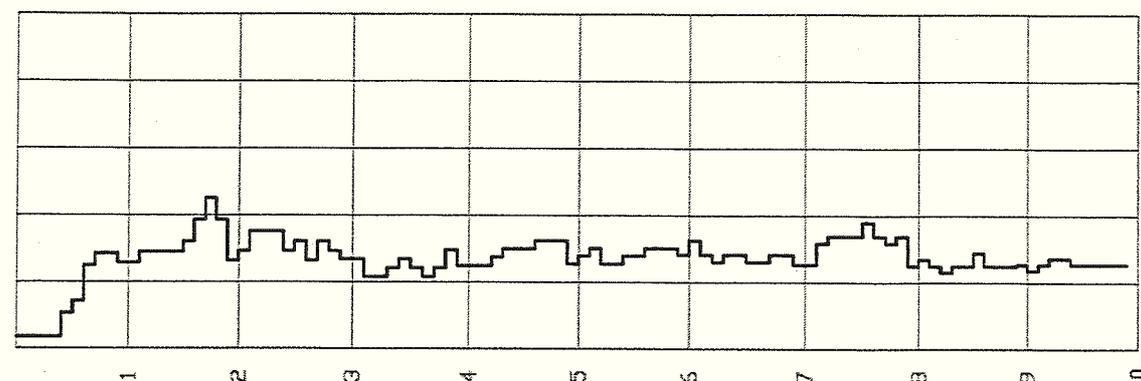
RES. DINAMICA (daN/cm²)

0 100 200 300

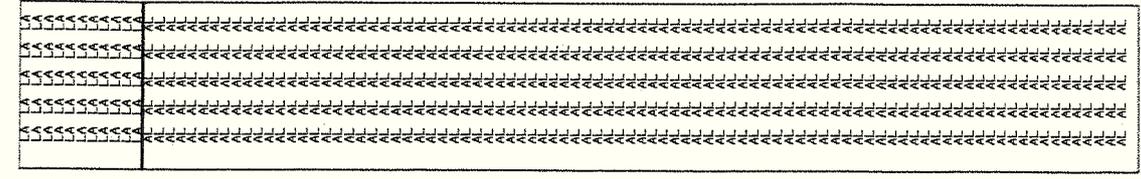


CARICO AMM. (daN/cm²)

0 1 2 3 4 5



LITOLOGIA



LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 4

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 0.10        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.20        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.30        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.40        | 1               | 3.57                     | 0.18                       |
| 0.50        | 3               | 10.70                    | 0.54                       |
| 0.60        | 4               | 14.27                    | 0.71                       |
| 0.70        | 7               | 24.97                    | 1.25                       |
| 0.80        | 8               | 28.53                    | 1.43                       |
| 0.90        | 8               | 28.53                    | 1.43                       |
| 1.00        | 8               | 25.78                    | 1.29                       |
| 1.10        | 8               | 25.78                    | 1.29                       |
| 1.20        | 9               | 29.00                    | 1.45                       |
| 1.30        | 9               | 29.00                    | 1.45                       |
| 1.40        | 9               | 29.00                    | 1.45                       |
| 1.50        | 9               | 29.00                    | 1.45                       |
| 1.60        | 10              | 32.22                    | 1.61                       |
| 1.70        | 12              | 38.67                    | 1.93                       |
| 1.80        | 14              | 45.11                    | 2.26                       |
| 1.90        | 12              | 38.67                    | 1.93                       |
| 2.00        | 9               | 26.43                    | 1.32                       |
| 2.10        | 10              | 29.37                    | 1.47                       |
| 2.20        | 12              | 35.25                    | 1.76                       |
| 2.30        | 12              | 35.25                    | 1.76                       |
| 2.40        | 12              | 35.25                    | 1.76                       |
| 2.50        | 10              | 29.37                    | 1.47                       |
| 2.60        | 11              | 32.31                    | 1.62                       |
| 2.70        | 9               | 26.43                    | 1.32                       |
| 2.80        | 11              | 32.31                    | 1.62                       |
| 2.90        | 10              | 29.37                    | 1.47                       |
| 3.00        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.10        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.20        | 8               | 21.60                    | 1.08                       |
| 3.30        | 8               | 21.60                    | 1.08                       |
| 3.40        | 9               | 24.30                    | 1.22                       |
| 3.50        | 10              | 27.00                    | 1.35                       |
| 3.60        | 9               | 24.30                    | 1.22                       |
| 3.70        | 8               | 21.60                    | 1.08                       |
| 3.80        | 9               | 24.30                    | 1.22                       |
| 3.90        | 11              | 29.70                    | 1.49                       |
| 4.00        | 10              | 24.99                    | 1.25                       |
| 4.10        | 10              | 24.99                    | 1.25                       |

LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 4

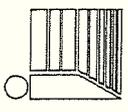
DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 4.20        | 10              | 24.99                    | 1.25                       |
| 4.30        | 11              | 27.48                    | 1.37                       |
| 4.40        | 12              | 29.98                    | 1.50                       |
| 4.50        | 12              | 29.98                    | 1.50                       |
| 4.60        | 12              | 29.98                    | 1.50                       |
| 4.70        | 13              | 32.48                    | 1.62                       |
| 4.80        | 13              | 32.48                    | 1.62                       |
| 4.90        | 13              | 32.48                    | 1.62                       |
| 5.00        | 11              | 25.55                    | 1.28                       |
| 5.10        | 12              | 27.88                    | 1.39                       |
| 5.20        | 13              | 30.20                    | 1.51                       |
| 5.30        | 11              | 25.55                    | 1.28                       |
| 5.40        | 11              | 25.55                    | 1.28                       |
| 5.50        | 12              | 27.88                    | 1.39                       |
| 5.60        | 12              | 27.88                    | 1.39                       |
| 5.70        | 13              | 30.20                    | 1.51                       |
| 5.80        | 13              | 30.20                    | 1.51                       |
| 5.90        | 13              | 30.20                    | 1.51                       |
| 6.00        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 6.10        | 15              | 32.60                    | 1.63                       |
| 6.20        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 6.30        | 12              | 26.08                    | 1.30                       |
| 6.40        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 6.50        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 6.60        | 12              | 26.08                    | 1.30                       |
| 6.70        | 12              | 26.08                    | 1.30                       |
| 6.80        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 6.90        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 7.00        | 12              | 25.33                    | 1.27                       |
| 7.10        | 12              | 25.33                    | 1.27                       |
| 7.20        | 15              | 31.66                    | 1.58                       |
| 7.30        | 16              | 33.78                    | 1.69                       |
| 7.40        | 16              | 33.78                    | 1.69                       |
| 7.50        | 16              | 33.78                    | 1.69                       |
| 7.60        | 18              | 38.00                    | 1.90                       |
| 7.70        | 16              | 33.78                    | 1.69                       |
| 7.80        | 15              | 31.66                    | 1.58                       |
| 7.90        | 16              | 33.78                    | 1.69                       |
| 8.00        | 13              | 24.99                    | 1.25                       |
| 8.10        | 14              | 26.91                    | 1.35                       |
| 8.20        | 13              | 24.99                    | 1.25                       |
| 8.30        | 12              | 23.07                    | 1.15                       |

LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 4

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 8.40        | 13              | 24.99                    | 1.25                       |
| 8.50        | 13              | 24.99                    | 1.25                       |
| 8.60        | 15              | 28.83                    | 1.44                       |
| 8.70        | 13              | 24.99                    | 1.25                       |
| 8.80        | 13              | 24.99                    | 1.25                       |
| 8.90        | 13              | 24.99                    | 1.25                       |
| 9.00        | 14              | 25.43                    | 1.27                       |
| 9.10        | 13              | 23.62                    | 1.18                       |
| 9.20        | 14              | 25.43                    | 1.27                       |
| 9.30        | 15              | 27.25                    | 1.36                       |
| 9.40        | 15              | 27.25                    | 1.36                       |
| 9.50        | 14              | 25.43                    | 1.27                       |
| 9.60        | 14              | 25.43                    | 1.27                       |
| 9.70        | 14              | 25.43                    | 1.27                       |
| 9.80        | 14              | 25.43                    | 1.27                       |
| 9.90        | 14              | 25.43                    | 1.27                       |

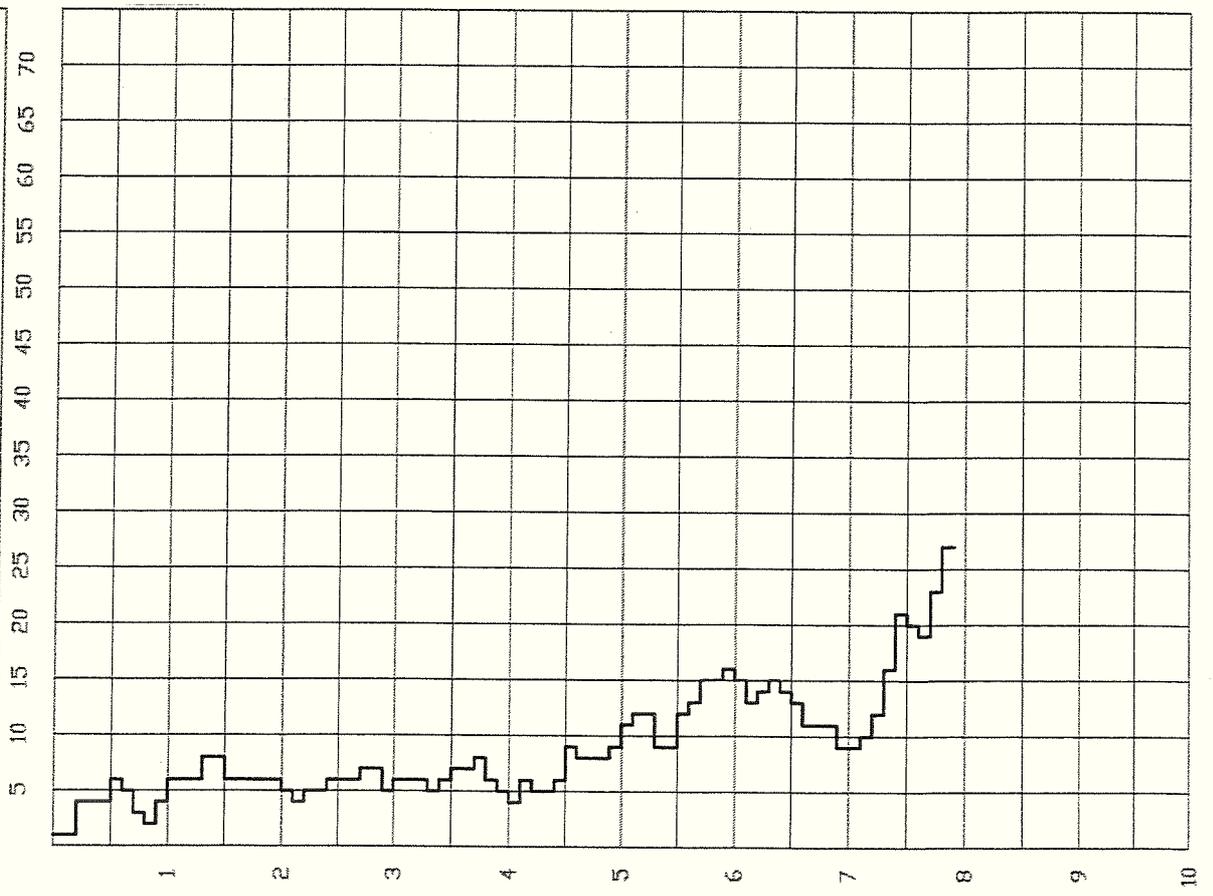


studio di ingegneria  
geotecnica e strutturale  
ing. Giuseppe Massone

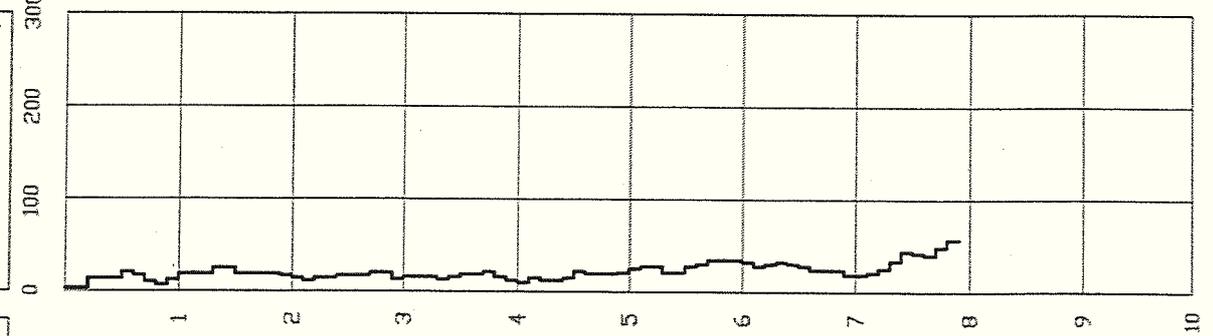
PREVA n. 5 DATA: 12/06/08  
CANTIERE: PIANO ESECUTIVO  
LOCALITA': VALMADONNA (AL)

LEGENDA:  
T = Torbe e materiali organici R = riparto  
A = Argille AL = Argille limose LA = limi argillosi  
L = Limi LS = limi sabbiosi SL = Sabbie limose  
S = Sabbie SG = Sabbie e ghiaia G = Ghiaia

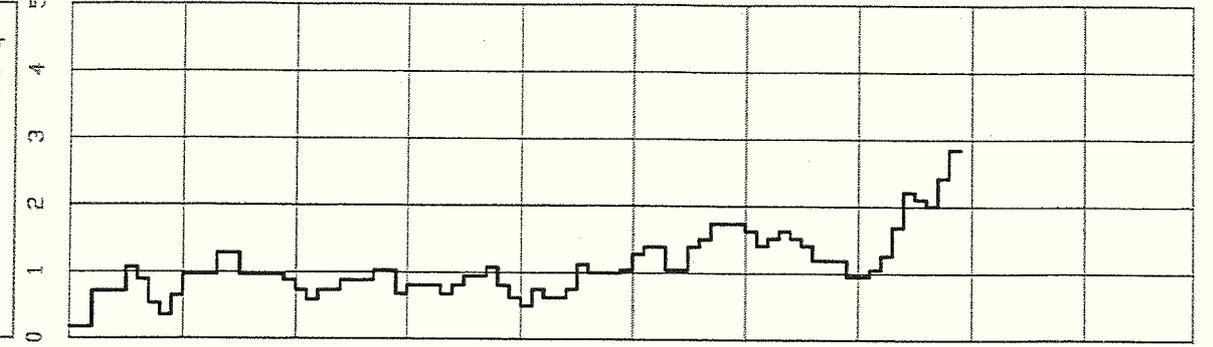
NUMERO DI COLPI OGNI 10 cm (Indice N 10)



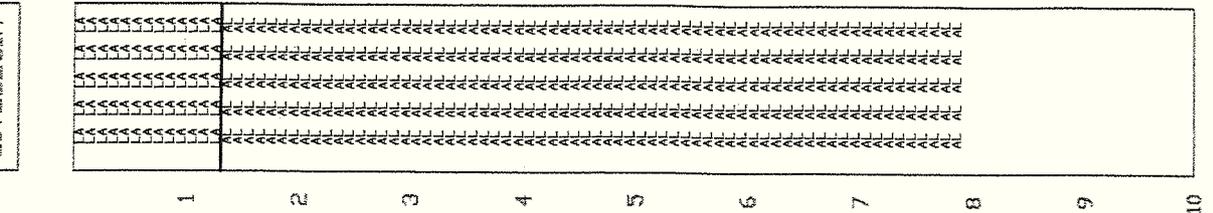
RES. DINAMICA (ton/cmq)



CARICO AMM. (ton/cmq)



LITOLOGIA



LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 5

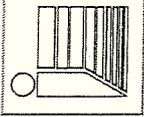
DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cmq) | Qamm (kg/cmq) |
|-------------|-----------------|-------------|---------------|
| 0.10        | 1               | 3.57        | 0.18          |
| 0.20        | 1               | 3.57        | 0.18          |
| 0.30        | 4               | 14.27       | 0.71          |
| 0.40        | 4               | 14.27       | 0.71          |
| 0.50        | 4               | 14.27       | 0.71          |
| 0.60        | 6               | 21.40       | 1.07          |
| 0.70        | 5               | 17.83       | 0.89          |
| 0.80        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.90        | 2               | 7.13        | 0.36          |
| 1.00        | 4               | 12.89       | 0.64          |
| 1.10        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 1.20        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 1.30        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 1.40        | 8               | 25.78       | 1.29          |
| 1.50        | 8               | 25.78       | 1.29          |
| 1.60        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 1.70        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 1.80        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 1.90        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 2.00        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.10        | 5               | 14.69       | 0.73          |
| 2.20        | 4               | 11.75       | 0.59          |
| 2.30        | 5               | 14.69       | 0.73          |
| 2.40        | 5               | 14.69       | 0.73          |
| 2.50        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.60        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.70        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.80        | 7               | 20.56       | 1.03          |
| 2.90        | 7               | 20.56       | 1.03          |
| 3.00        | 5               | 13.50       | 0.68          |
| 3.10        | 6               | 16.20       | 0.81          |
| 3.20        | 6               | 16.20       | 0.81          |
| 3.30        | 6               | 16.20       | 0.81          |
| 3.40        | 5               | 13.50       | 0.68          |
| 3.50        | 6               | 16.20       | 0.81          |
| 3.60        | 7               | 18.90       | 0.94          |
| 3.70        | 7               | 18.90       | 0.94          |
| 3.80        | 8               | 21.60       | 1.08          |
| 3.90        | 6               | 16.20       | 0.81          |
| 4.00        | 5               | 12.49       | 0.62          |
| 4.10        | 4               | 9.99        | 0.50          |

LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 5

DATA : 12/06/08

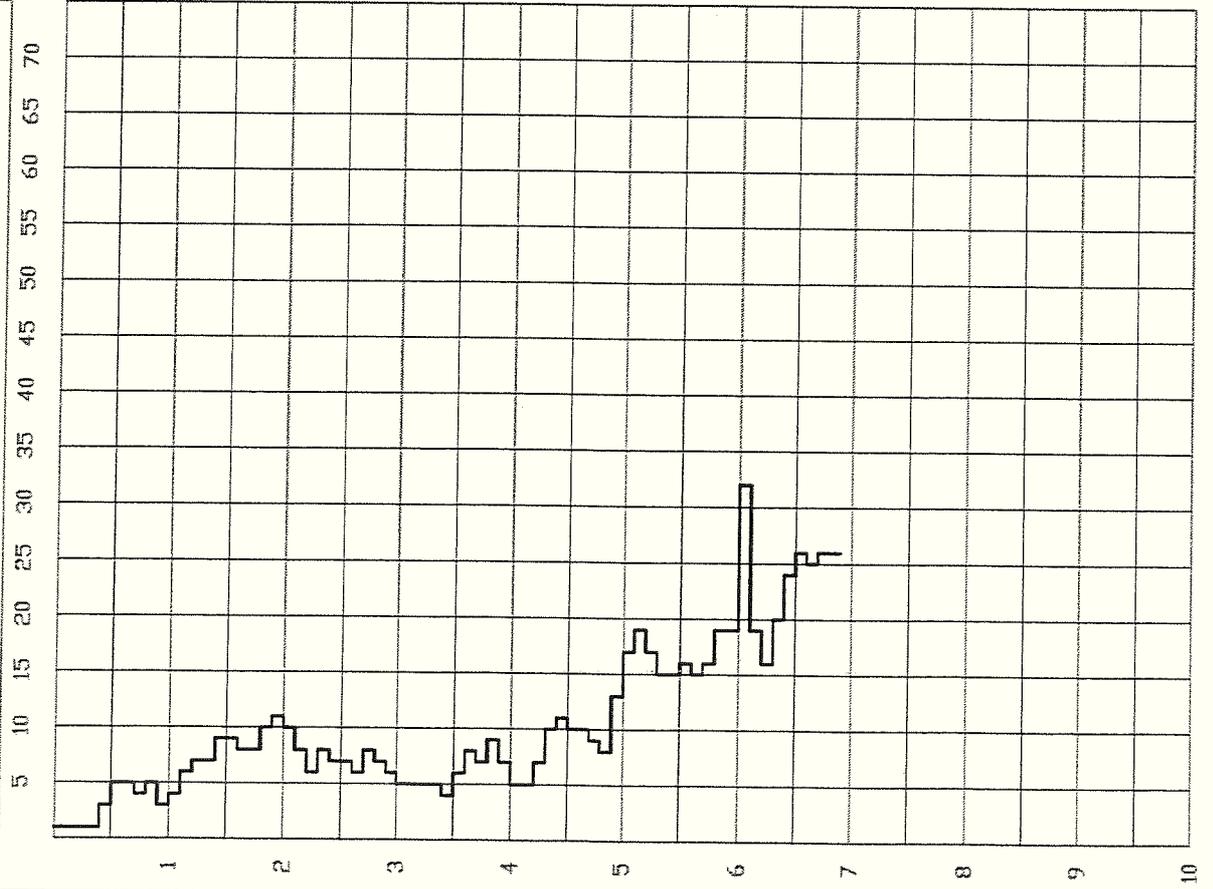
| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 4.20        | 6               | 14.99                    | 0.75                       |
| 4.30        | 5               | 12.49                    | 0.62                       |
| 4.40        | 5               | 12.49                    | 0.62                       |
| 4.50        | 6               | 14.99                    | 0.75                       |
| 4.60        | 9               | 22.49                    | 1.12                       |
| 4.70        | 8               | 19.99                    | 1.00                       |
| 4.80        | 8               | 19.99                    | 1.00                       |
| 4.90        | 8               | 19.99                    | 1.00                       |
| 5.00        | 9               | 20.91                    | 1.05                       |
| 5.10        | 11              | 25.55                    | 1.28                       |
| 5.20        | 12              | 27.88                    | 1.39                       |
| 5.30        | 12              | 27.88                    | 1.39                       |
| 5.40        | 9               | 20.91                    | 1.05                       |
| 5.50        | 9               | 20.91                    | 1.05                       |
| 5.60        | 12              | 27.88                    | 1.39                       |
| 5.70        | 13              | 30.20                    | 1.51                       |
| 5.80        | 15              | 34.84                    | 1.74                       |
| 5.90        | 15              | 34.84                    | 1.74                       |
| 6.00        | 16              | 34.77                    | 1.74                       |
| 6.10        | 15              | 32.60                    | 1.63                       |
| 6.20        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 6.30        | 14              | 30.42                    | 1.52                       |
| 6.40        | 15              | 32.60                    | 1.63                       |
| 6.50        | 14              | 30.42                    | 1.52                       |
| 6.60        | 13              | 28.25                    | 1.41                       |
| 6.70        | 11              | 23.90                    | 1.20                       |
| 6.80        | 11              | 23.90                    | 1.20                       |
| 6.90        | 11              | 23.90                    | 1.20                       |
| 7.00        | 9               | 19.00                    | 0.95                       |
| 7.10        | 9               | 19.00                    | 0.95                       |
| 7.20        | 10              | 21.11                    | 1.06                       |
| 7.30        | 12              | 25.33                    | 1.27                       |
| 7.40        | 16              | 33.78                    | 1.69                       |
| 7.50        | 21              | 44.33                    | 2.22                       |
| 7.60        | 20              | 42.22                    | 2.11                       |
| 7.70        | 19              | 40.11                    | 2.01                       |
| 7.80        | 23              | 48.55                    | 2.43                       |
| 7.90        | 27              | 57.00                    | 2.85                       |


 studio di Ingegneria  
 geotecnica e strutturale  
 Ing. Giuseppe Massone

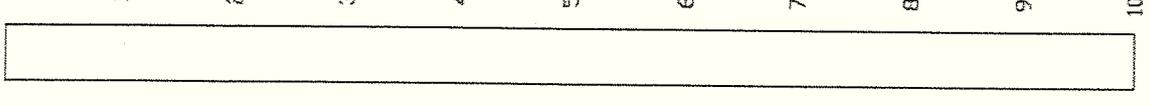
PROVA n. 6      DATA: 12/06/08  
 CANTIERE PIANI ESECUTIVO  
 LOCALITA' VALMADONNA (AL)

**LEGENDA:**  
 T = Torbe e materiali organici    R = ripporto  
 A = Argille    AL = Argille limose    LA = limi argillosi  
 L = Limi    LS = Limi sabbiosi    SL = Sabbie limose  
 S = Sabbie    SG = Sabbie e ghiaia    G = Ghiaia

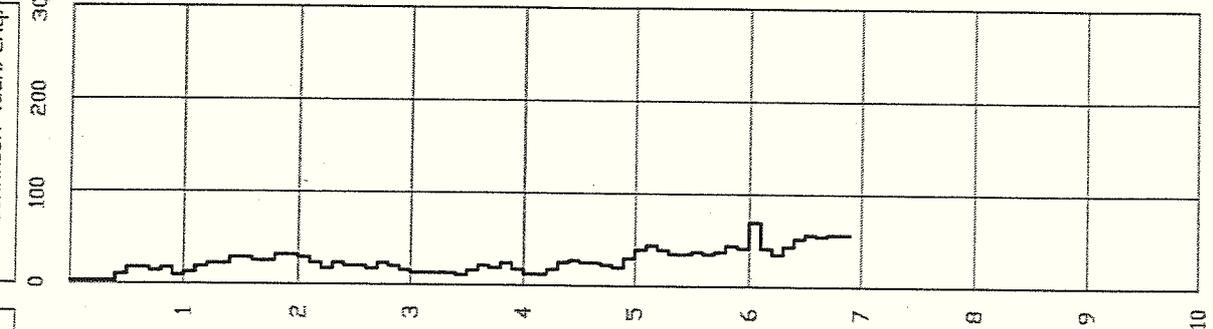
NUMERO DI COLPI OGNI 10 cm (Indice N 10)



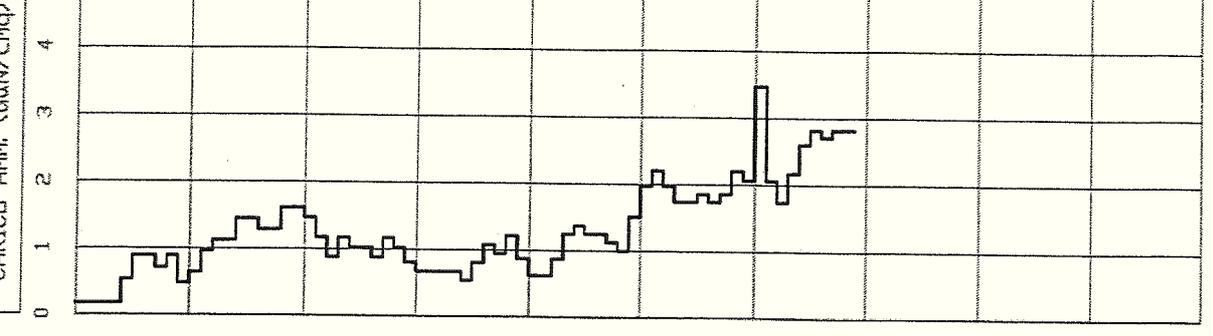
FALDA



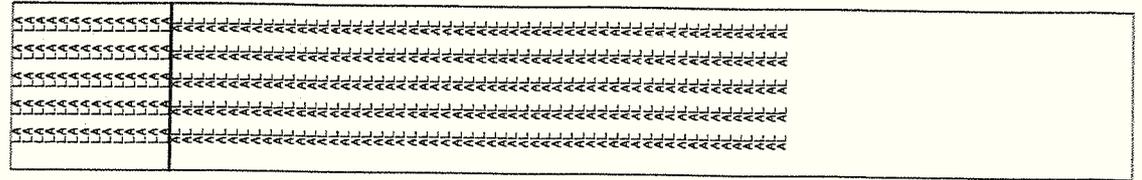
RES. DINAMICA (daN/cm²)



CARICO AMM. (daN/cm²)



LITOLOGIA



LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 6

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cmq) | Qamm (kg/cmq) |
|-------------|-----------------|-------------|---------------|
| 0.10        | 1               | 3.57        | 0.18          |
| 0.20        | 1               | 3.57        | 0.18          |
| 0.30        | 1               | 3.57        | 0.18          |
| 0.40        | 1               | 3.57        | 0.18          |
| 0.50        | 3               | 10.70       | 0.54          |
| 0.60        | 5               | 17.83       | 0.89          |
| 0.70        | 5               | 17.83       | 0.89          |
| 0.80        | 4               | 14.27       | 0.71          |
| 0.90        | 5               | 17.83       | 0.89          |
| 1.00        | 3               | 9.67        | 0.48          |
| 1.10        | 4               | 12.89       | 0.64          |
| 1.20        | 6               | 19.33       | 0.97          |
| 1.30        | 7               | 22.56       | 1.13          |
| 1.40        | 7               | 22.56       | 1.13          |
| 1.50        | 9               | 29.00       | 1.45          |
| 1.60        | 9               | 29.00       | 1.45          |
| 1.70        | 8               | 25.78       | 1.29          |
| 1.80        | 8               | 25.78       | 1.29          |
| 1.90        | 10              | 32.22       | 1.61          |
| 2.00        | 11              | 32.31       | 1.62          |
| 2.10        | 10              | 29.37       | 1.47          |
| 2.20        | 8               | 23.50       | 1.17          |
| 2.30        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.40        | 8               | 23.50       | 1.17          |
| 2.50        | 7               | 20.56       | 1.03          |
| 2.60        | 7               | 20.56       | 1.03          |
| 2.70        | 6               | 17.62       | 0.88          |
| 2.80        | 8               | 23.50       | 1.17          |
| 2.90        | 7               | 20.56       | 1.03          |
| 3.00        | 6               | 16.20       | 0.81          |
| 3.10        | 5               | 13.50       | 0.68          |
| 3.20        | 5               | 13.50       | 0.68          |
| 3.30        | 5               | 13.50       | 0.68          |
| 3.40        | 5               | 13.50       | 0.68          |
| 3.50        | 4               | 10.80       | 0.54          |
| 3.60        | 6               | 16.20       | 0.81          |
| 3.70        | 8               | 21.60       | 1.08          |
| 3.80        | 7               | 18.90       | 0.94          |
| 3.90        | 9               | 24.30       | 1.22          |
| 4.00        | 7               | 17.49       | 0.87          |
| 4.10        | 5               | 12.49       | 0.62          |

LOCALITA' : VALMADONNA (AL)  
CANTIERE : PIANO ESECUTIVO  
PROVA n. : 6

DATA : 12/06/08

| PROFONDITA' | NUMERO DI COLPI | RD (kg/cm <sup>2</sup> ) | Qamm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| 4.20        | 5               | 12.49                    | 0.62                       |
| 4.30        | 7               | 17.49                    | 0.87                       |
| 4.40        | 10              | 24.99                    | 1.25                       |
| 4.50        | 11              | 27.48                    | 1.37                       |
| 4.60        | 10              | 24.99                    | 1.25                       |
| 4.70        | 10              | 24.99                    | 1.25                       |
| 4.80        | 9               | 22.49                    | 1.12                       |
| 4.90        | 8               | 19.99                    | 1.00                       |
| 5.00        | 13              | 30.20                    | 1.51                       |
| 5.10        | 17              | 39.49                    | 1.97                       |
| 5.20        | 19              | 44.14                    | 2.21                       |
| 5.30        | 17              | 39.49                    | 1.97                       |
| 5.40        | 15              | 34.84                    | 1.74                       |
| 5.50        | 15              | 34.84                    | 1.74                       |
| 5.60        | 16              | 37.17                    | 1.86                       |
| 5.70        | 15              | 34.84                    | 1.74                       |
| 5.80        | 16              | 37.17                    | 1.86                       |
| 5.90        | 19              | 44.14                    | 2.21                       |
| 6.00        | 19              | 41.29                    | 2.06                       |
| 6.10        | 32              | 69.54                    | 3.48                       |
| 6.20        | 19              | 41.29                    | 2.06                       |
| 6.30        | 16              | 34.77                    | 1.74                       |
| 6.40        | 20              | 43.46                    | 2.17                       |
| 6.50        | 24              | 52.15                    | 2.61                       |
| 6.60        | 26              | 56.50                    | 2.83                       |
| 6.70        | 25              | 54.33                    | 2.72                       |
| 6.80        | 26              | 56.50                    | 2.83                       |
| 6.90        | 26              | 56.50                    | 2.83                       |

**ALLEGATO:**  
**ELABORAZIONE PROVE**

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 2  | 0.076 | 0.148 | 0.112 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 2  | 0.076 | 0.148 | 0.112 |
| 2  | 0.076 | 0.148 | 0.112 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 19 | 0.722 | 1.406 | 1.064 |
| 21 | 0.798 | 1.554 | 1.176 |
| 21 | 0.798 | 1.554 | 1.176 |
| 21 | 0.798 | 1.554 | 1.176 |
| 20 | 0.760 | 1.480 | 1.120 |
| 25 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |
| 24 | 0.912 | 1.776 | 1.344 |
| 22 | 0.836 | 1.628 | 1.232 |
| 19 | 0.722 | 1.406 | 1.064 |
| 22 | 0.836 | 1.628 | 1.232 |
| 25 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |
| 22 | 0.836 | 1.628 | 1.232 |
| 23 | 0.874 | 1.702 | 1.288 |
| 25 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |
| 27 | 1.026 | 1.998 | 1.512 |
| 35 | 1.330 | 2.500 | 1.960 |

| valore medio          | deviaz. Standard |
|-----------------------|------------------|
| 0.381                 | 0.073            |
| num. Dati             | Student          |
| 5                     | 2.132            |
| valore caratteristico |                  |
| 0.303                 |                  |

| valore medio          | deviaz. Standard |
|-----------------------|------------------|
| 0.791                 | 0.084            |
| num. Dati             | Student          |
| 30                    | 1.699            |
| valore caratteristico |                  |
| 0.765                 |                  |

| valore medio          | deviaz. Standard |
|-----------------------|------------------|
| 1.339                 | 0.208            |
| num. Dati             | Student          |
| 22                    | 1.721            |
| valore caratteristico |                  |
| 1.261                 |                  |

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 0  | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 0  | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 1  | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 0  | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 0  | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 1  | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 1  | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 3  | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 3  | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 6  | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 6  | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 6  | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 3  | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 3  | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 1  | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 1  | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 1  | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 2  | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 4  | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 5  | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 6  | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 8  | 0.684 | 1.332 | 1.008 |
| 9  | 0.722 | 1.406 | 1.064 |
| 11 | 0.798 | 1.554 | 1.176 |
| 13 | 0.874 | 1.702 | 1.288 |
| 15 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |
| 16 | 0.988 | 1.924 | 1.456 |
| 15 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>0.152</b>                 |                         |
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 0.358                        | 0.085                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 5                            | 2.132                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>0.268</b>                 |                         |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 0.707                        | 0.104                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 38                           | 1.687                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>0.678</b>                 |                         |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 1.256                        | 0.177                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 7                            | 1.943                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>1.116</b>                 |                         |

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 17 | 0.646 | 1.258 | 0.952 |
| 23 | 0.874 | 1.702 | 1.288 |
| 27 | 1.026 | 1.998 | 1.512 |
| 25 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |
| 25 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |
| 26 | 0.988 | 1.924 | 1.456 |
| 26 | 0.988 | 1.924 | 1.456 |
| 32 | 1.216 | 2.368 | 1.792 |
| 34 | 1.292 | 2.516 | 1.904 |
| 34 | 1.292 | 2.516 | 1.904 |
| 33 | 1.254 | 2.442 | 1.848 |
| 34 | 1.292 | 2.516 | 1.904 |
| 36 | 1.368 | 2.664 | 2.016 |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>0.092</b>                 |                         |
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 0.429                        | 0.108                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 30                           | 1.699                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>0.395</b>                 |                         |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 1.602                        | 0.316                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 13                           | 1.782                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>1.440</b>                 |                         |

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |

**0.036**

| valore medio          | deviaz. Standard |
|-----------------------|------------------|
| 0.467                 | 0.040            |
| num. Dati             | Student          |
| 9                     | 1.860            |
| valore caratteristico |                  |
| <b>0.441</b>          |                  |

| valore medio          | deviaz. Standard |
|-----------------------|------------------|
| 0.691                 | 0.116            |
| num. Dati             | Student          |
| 84                    | 1.663            |
| valore caratteristico |                  |
| <b>0.670</b>          |                  |

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 2  | 0.076 | 0.148 | 0.112 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 14 | 0.532 | 1.036 | 0.784 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 12 | 0.456 | 0.888 | 0.672 |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>0.134</b>                 |                         |
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 0.350                        | 0.069                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 40                           | 1.685                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>0.331</b>                 |                         |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 0.693                        | 0.128                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 24                           | 1.714                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>0.647</b>                 |                         |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 1.232                        | 0.177                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 5                            | 2.132                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>1.043</b>                 |                         |

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 3  | 0.114 | 0.222 | 0.168 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 4  | 0.152 | 0.296 | 0.224 |
| 6  | 0.228 | 0.444 | 0.336 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 5  | 0.190 | 0.370 | 0.280 |
| 7  | 0.266 | 0.518 | 0.392 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 11 | 0.418 | 0.814 | 0.616 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 10 | 0.380 | 0.740 | 0.560 |
| 9  | 0.342 | 0.666 | 0.504 |
| 8  | 0.304 | 0.592 | 0.448 |
| 13 | 0.494 | 0.962 | 0.728 |
| 17 | 0.646 | 1.258 | 0.952 |
| 19 | 0.722 | 1.406 | 1.064 |
| 17 | 0.646 | 1.258 | 0.952 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 15 | 0.570 | 1.110 | 0.840 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 19 | 0.722 | 1.406 | 1.064 |
| 19 | 0.722 | 1.406 | 1.064 |
| 32 | 1.216 | 2.368 | 1.792 |
| 19 | 0.722 | 1.406 | 1.064 |
| 16 | 0.608 | 1.184 | 0.896 |
| 20 | 0.760 | 1.480 | 1.120 |
| 24 | 0.912 | 1.776 | 1.344 |
| 26 | 0.988 | 1.924 | 1.456 |
| 25 | 0.950 | 1.850 | 1.400 |
| 26 | 0.988 | 1.924 | 1.456 |
| 26 | 0.988 | 1.924 | 1.456 |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>0.112</b>                 | <b>0.280</b>            |
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 0.396                        | 0.095                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 32                           | 1.696                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>0.366</b>                 |                         |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 0.787                        | 0.209                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 17                           | 1.746                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>0.696</b>                 |                         |

|                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| <b>valore medio</b>          | <b>deviaz. Standard</b> |
| 1.332                        | 0.267                   |
| <b>num. Dati</b>             | <b>Student</b>          |
| 9                            | 1.860                   |
| <b>valore caratteristico</b> |                         |
| <b>1.156</b>                 |                         |

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.168 | 0.168 | 0.168 | 0.168 | 0.224 | 0.168 | 0.224 | 0.168 |       |       |       |
| 0.168 | 0.224 | 0.224 | 0.224 | 0.224 | 0.224 | 0.336 | 0.134 | 0.168 | 0.280 | 0.280 |
| 0.168 | 0.168 | 0.280 | 0.152 | 0.392 | 0.441 | 0.280 | 0.280 | 0.280 | 0.280 | 0.280 |
| 0.168 | 0.168 | 0.336 |       | 0.336 |       | 0.448 | 0.168 | 0.224 | 0.224 |       |
| 0.168 | 0.224 | 0.392 |       | 0.392 |       | 0.448 | 0.112 | 0.280 | 0.280 |       |
| 0.112 | 0.224 | 0.392 |       | 0.392 |       | 0.448 | 0.224 | 0.168 | 0.168 |       |
| 0.168 | 0.168 | 0.448 |       | 0.448 |       | 0.448 | 0.336 | 0.224 | 0.224 |       |
| 0.168 | 0.168 | 0.448 |       | 0.448 |       | 0.504 | 0.336 | 0.336 | 0.336 |       |
| 0.112 | 0.280 | 0.448 |       | 0.448 |       | 0.504 | 0.336 | 0.392 | 0.392 |       |
| 0.112 | 0.224 | 0.336 |       | 0.336 |       | 0.504 | 0.448 | 0.392 | 0.392 |       |
| 0.168 | 0.224 | 0.280 |       | 0.280 |       | 0.504 | 0.448 | 0.504 | 0.504 |       |
| 0.168 | 0.168 | 0.336 |       | 0.336 |       | 0.560 | 0.336 | 0.504 | 0.504 |       |
| 0.224 | 0.168 | 0.392 |       | 0.392 |       | 0.672 | 0.336 | 0.448 | 0.448 |       |
| 0.224 | 0.224 | 0.560 |       | 0.560 |       | 0.784 | 0.336 | 0.448 | 0.448 |       |
| 0.224 | 0.224 | 0.560 |       | 0.560 |       | 0.672 | 0.336 | 0.560 | 0.560 |       |
| 0.168 | 0.336 | 0.504 |       | 0.268 |       | 0.504 | 0.336 | 0.616 | 0.616 |       |
| 0.224 | 0.280 | 0.616 |       |       |       | 0.395 | 0.560 | 0.280 | 0.560 | 0.560 |
| 0.168 | 0.336 | 0.616 | 0.672 |       | 0.224 | 0.448 | 0.448 |       |       |       |
| 0.336 | 0.336 | 0.392 | 0.672 |       | 0.280 | 0.336 | 0.336 |       |       |       |
| 0.336 | 0.504 | 0.280 | 0.672 |       | 0.280 | 0.280 | 0.448 |       |       |       |
| 0.336 | 0.672 | 0.280 | 0.560 |       | 0.336 | 0.392 | 0.392 |       |       |       |
| 0.392 | 0.784 | 0.336 | 0.616 |       | 0.336 | 0.392 | 0.392 |       |       |       |
| 0.504 | 0.784 | 0.280 | 0.504 |       | 0.336 | 0.336 | 0.336 |       |       |       |
| 0.672 | 0.784 | 0.448 | 0.616 |       | 0.392 | 0.392 | 0.448 |       |       |       |
| 0.840 | 0.672 | 0.448 | 0.560 |       | 0.392 | 0.392 | 0.392 |       |       |       |
| 0.784 | 0.560 | 0.392 | 0.560 | 0.280 | 0.336 | 0.336 |       |       |       |       |
| 0.728 | 0.560 | 0.392 | 0.560 | 0.336 | 0.280 | 0.280 |       |       |       |       |
| 0.784 | 0.504 | 0.448 | 0.448 | 0.336 | 0.280 | 0.280 |       |       |       |       |
| 0.672 | 0.616 | 0.560 | 0.448 | 0.336 | 0.280 | 0.280 |       |       |       |       |
| 0.560 | 0.560 | 0.560 | 0.504 | 0.280 | 0.280 | 0.280 |       |       |       |       |
| 0.672 | 0.560 | 0.504 | 0.560 | 0.336 | 0.224 | 0.224 |       |       |       |       |
| 0.672 | 0.616 | 0.616 | 0.504 | 0.392 | 0.336 | 0.336 |       |       |       |       |
| 0.784 | 0.672 | 0.952 | 1.440 | 0.448 | 0.392 | 0.448 | 0.448 |       |       |       |
| 0.784 | 0.616 | 1.288 |       | 0.504 | 0.448 | 0.392 | 0.392 |       |       |       |
| 0.840 | 0.672 | 1.512 |       | 0.616 | 0.336 | 0.504 | 0.504 |       |       |       |
| 0.896 | 0.672 | 1.400 |       | 0.560 | 0.280 | 0.392 | 0.392 |       |       |       |
| 0.784 | 0.784 | 1.400 |       | 0.560 | 0.224 | 0.280 | 0.280 |       |       |       |
| 0.896 | 0.784 | 1.456 |       | 0.560 | 0.336 | 0.280 | 0.280 |       |       |       |
| 0.896 | 0.728 | 1.456 |       | 0.616 | 0.280 | 0.392 | 0.392 |       |       |       |
| 0.896 | 0.728 | 1.792 |       | 0.672 | 0.280 | 0.560 | 0.560 |       |       |       |
| 0.784 | 0.896 | 1.904 |       | 0.672 | 0.336 | 0.616 | 0.616 |       |       |       |
| 0.784 | 0.896 | 1.904 |       | 0.672 | 0.504 | 0.560 | 0.560 |       |       |       |
| 0.784 | 0.896 | 1.848 | 0.728 | 0.448 | 0.560 | 0.560 |       |       |       |       |
| 0.784 | 0.784 | 1.904 | 0.728 | 0.448 | 0.504 | 0.504 |       |       |       |       |
| 0.784 | 0.728 | 2.016 | 0.728 | 0.448 | 0.448 | 0.448 |       |       |       |       |
| 0.784 | 0.784 |       |       | 0.616 | 0.504 | 0.728 | 0.728 |       |       |       |
| 0.840 | 0.784 |       |       | 0.672 | 0.616 | 0.952 | 0.952 |       |       |       |
| 0.728 | 0.728 |       |       | 0.728 | 0.672 | 1.064 | 1.064 |       |       |       |
| 0.784 | 0.616 |       |       | 0.616 | 0.672 | 0.952 | 0.952 |       |       |       |
| 0.840 | 0.616 |       |       | 0.616 | 0.504 | 0.840 | 0.840 |       |       |       |
| 0.896 | 0.616 |       |       | 0.672 | 0.504 | 0.840 | 0.840 |       |       |       |
| 0.896 | 0.672 |       |       | 0.672 | 0.672 | 0.896 | 0.896 |       |       |       |
| 0.896 | 0.672 |       |       | 0.728 | 0.728 | 0.840 | 0.840 |       |       |       |
| 1.064 | 0.672 |       |       | 0.728 | 0.840 | 0.896 | 0.896 |       |       |       |
| 1.176 | 0.672 |       |       | 0.728 | 0.840 | 1.064 | 1.064 |       |       |       |
| 1.176 | 0.784 |       |       | 0.728 | 0.896 | 1.064 | 1.064 |       |       |       |
| 1.176 | 0.840 |       |       | 0.840 | 0.840 | 1.792 | 1.792 |       |       |       |
| 1.120 | 0.896 |       |       | 0.728 | 0.728 | 1.064 | 1.064 |       |       |       |
| 1.400 | 1.008 | 1.116 |       | 0.672 | 0.784 | 0.896 | 0.896 |       |       |       |
| 1.344 | 1.064 |       | 0.728 | 0.840 | 0.840 | 1.120 | 1.120 |       |       |       |
| 1.232 | 1.176 |       | 0.728 | 0.784 | 0.784 | 1.344 | 1.344 |       |       |       |
| 1.064 | 1.288 |       | 0.672 | 0.672 | 0.728 | 1.456 | 1.456 |       |       |       |
| 1.232 | 1.400 |       | 0.672 | 0.616 | 0.728 | 1.400 | 1.400 |       |       |       |
| 1.400 | 1.456 |       | 0.728 | 0.616 | 0.728 | 1.456 | 1.456 |       |       |       |
| 1.232 | 1.400 |       | 0.728 | 0.616 | 0.728 | 1.456 | 1.456 |       |       |       |
| 1.288 |       |       |       |       | 0.672 | 0.504 |       |       |       |       |
| 1.400 |       |       |       |       | 0.672 | 0.504 |       |       |       |       |
| 1.512 |       |       |       |       | 0.840 | 0.560 |       |       |       |       |

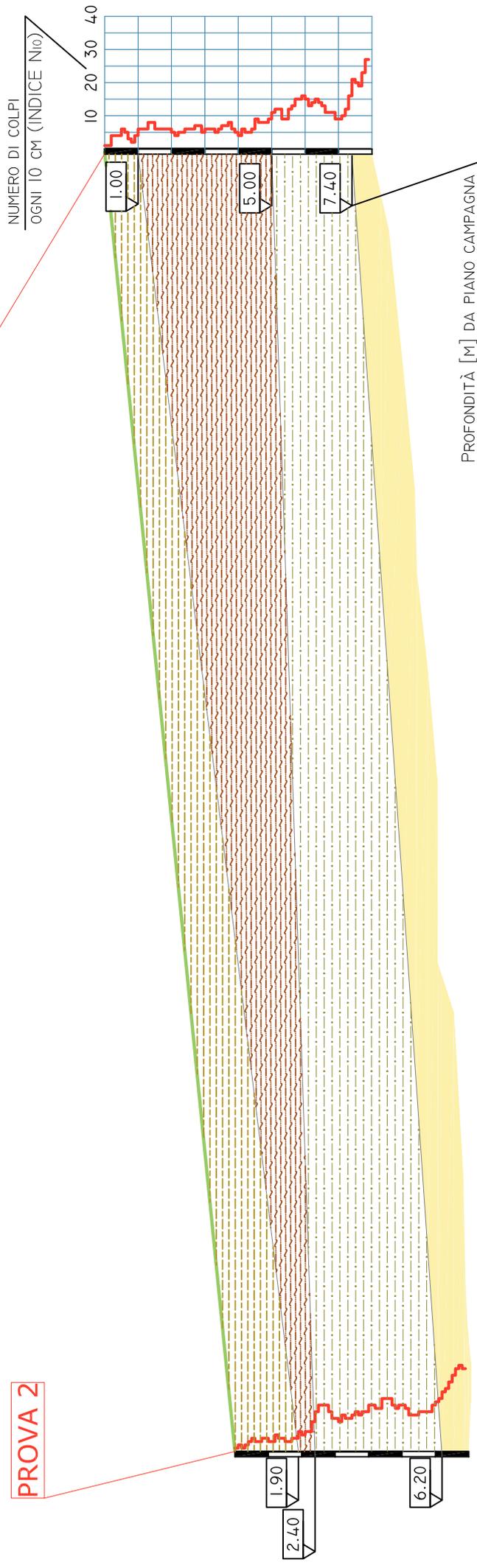
|       |
|-------|
| 0.728 |
| 0.840 |
| 0.728 |
| 0.728 |
| 0.728 |
| 0.784 |
| 0.728 |
| 0.784 |
| 0.840 |
| 0.840 |
| 0.784 |
| 0.784 |
| 0.784 |
| 0.784 |
| 0.784 |
| 0.784 |

|  | cu<br>caratteristica<br>media [kg/cm2] |
|--|--|
| Limi argillosi   | 0.113                                  |
| Argille limose poco<br>consistenti                     | 0.351                                  |
| Argille limose   | 0.691                                  |
| Argille limose da<br>mediamente compatte<br>a compatte | 1.203                                  |

**ALLEGATO:**  
**SEZIONE GEOTECNICA INTERPRETATIVA**

**PROVA 5**

**PROVA 2**

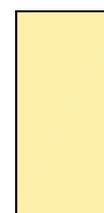


### LEGENDA

 LIMI ARGILLOSI  
 $\gamma=1.70$  t/mc  
 $\phi=0^\circ$   $c_u=0.113$  kg/cm<sup>2</sup>

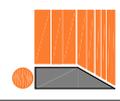
 ARGILLE LIMOSE  
 $\gamma=1.90$  t/mc  
 $\phi=0^\circ$   $c_u=0.691$  kg/cm<sup>2</sup>

 ARGILLE LIMOSE POCO CONSISTENTI  
 $\gamma=1.80$  t/mc  
 $\phi=0^\circ$   $c_u=0.351$  kg/cm<sup>2</sup>

 ARGILLE LIMOSE DA MEDIAMENTE COMPATTE A COMPATTE  
 $\gamma=2.00$  t/mc  
 $\phi=0^\circ$   $c_u=1.203$  kg/cm<sup>2</sup>

 PIANO CAMPAGNA ATTUALE

N.B. L'ANDAMENTO DEL PIANO CAMPAGNA È STATO RICOSTRUITO SULLA BASE DELLE QUOTE TOPOGRAFICHE RICAVATE DALLA C.T.R. VETTORIALE SCALA 1:10.000- LO STESSO ANDRÀ RIVISTO A SEGUITO DI RILIEVO TOPOGRAFICO DI DETTAGLIO



**COMUNE DI ALESSANDRIA**  
 Progetto Piano Esecutivo  
 in Località Valmadonna

Studio di ingegneria geotecnica e geologia  
 ing. geol. G. Massone - ing. R. Di Cosmo  
 via Martiri della Libertà 20  
 15040 Castelletto Monferrato (AL)  
 tel.0131 239460 fax 0131 233320

**SEZIONE GEOTECNICA TRACCIATA SULLA BASE DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE**

DATA: 31/05/2011

**REGIONE PIEMONTE**  
**COMUNE DI ALESSANDRIA**

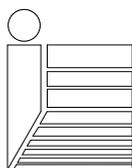
**SCARICO DELLE ACQUE BIANCHE**  
**PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO "DELLA COLLA 2"**  
**LOCALITA' VALMADONNA**

**RELAZIONE IDROLOGICA**

Committente: CIRIO Giovanni

Tecnici incaricati: ing. geol. Giuseppe Massone – ing. Rita Di Cosmo

Data: 13 ottobre 2015



*Studio Associato ing. geol. Giuseppe Massone ing. Rita Di Cosmo  
Via Martiri della Libertà 20 - 15040 Castelletto Monferrato (AL)  
tel. 0131 239460 fax 0131 233320 e-mail: geomassone@libero.it*



## SOMMARIO

|             |  |                  |
|-------------|--|------------------|
| <b>§ 1.</b> | <b><u>PREMESSA</u></b>   | <b><u>3</u></b>  |
| <b>§ 2.</b> | <b><u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO</u></b>   | <b><u>4</u></b>  |
|             | § 2.1. UBICAZIONE  | 4                |
|             | § 2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE  | 4                |
|             | § 2.3. SITUAZIONE GEOLOGICA LOCALE E STRATIGRAFIA  | 6                |
|             | § 2.4. SITUAZIONE IDROGEOLOGICA  | 7                |
| <b>§ 4.</b> | <b><u>SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE</u></b>                                      | <b><u>13</u></b> |
| <b>§ 5.</b> | <b><u>VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE UDOMETRICO PRE E POST INTERVENTO – INVARIANZA IDRAULICA</u></b> | <b><u>14</u></b> |
|             | § 5.1. CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA  | 14               |
|             | § 5.2. CALCOLO DEL COEFFICIENTE UDOMETRICO PRE INTERVENTO  | 15               |
|             | § 5.3. INVARIANZA IDRAULICA CALCOLO DEI VOLUMI DI STOCCAGGIO DELLE ACQUE BIANCHE                   | 17               |
| <b>§ 6.</b> | <b><u>CONCLUSIONI</u></b>  | <b><u>21</u></b> |



## **§ 1. PREMESSA**

La presente relazione illustra le risultanze dello studio idrologico inerente un'area soggetta a Piano Esecutivo Convenzionato denominato “della Colla 2” in località Valmadonna in Comune di Alessandria.

La presente relazione fa riferimento ai dati riportati nell'elaborato “Vasche di laminazione funzionali allo smaltimento delle acque di pioggia” del 21/11/2011, a firma dell'ing. Gian Carlo Cermelli, riportata in allegato.

Scopo del presente lavoro è verificare l'invarianza idraulica dell'area in esame pre e post intervento al fine di adempiere a quanto previsto all'art.62 delle NTA di PRG.



## § 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

### § 2.1. Ubicazione

L'area in esame è posta nella parte orientale dell'abitato di Valmadonna, ad Est di Via Colla in prossimità di Cascina Palazzina.

Il terreno in esame, sviluppato in direzione NE-SO, fa parte del versante orografico sinistro della valle, e presenta pertanto una debole acclività verso Ovest, con inclinazione prossima al 10%.

La quota media del sito, desunta da una interpolazione delle curve di livello della cartografia C.T.R. in scala 1: 10.000 è pari a circa 120 m s.l.m.

Non si rilevano, infine, né nell'area in esame né in un intorno significativo della stessa, linee di drenaggio di importanza significativa.

### § 2.2. Inquadramento geologico generale

L'area oggetto d'indagine, appartiene, da un punto di vista geologico, al bacino terziario piemontese, bacino largamente rappresentato da sedimenti argillosi e sabbiosi. In particolare le formazioni che affiorano nella zona di Valmadonna sono costituite da sedimenti di età pliocenica: si tratta, cioè, di sedimenti depositi al margine ed all'interno del braccio di mare che occupava la Pianura Padana, allorché questo tornò ad invadere la zona dopo il parziale prosciugamento avutosi nel precedente periodo Messiniano.

Le formazioni dominanti tale territorio, in effetti, risultano essere sostanzialmente tre, ossia le "*sabbie d'Asti*" e le "*argille di Lugagnano*" ed i "*conglomerati di Cassano Spinola*", anche se le prime, ossia le più recenti, appaiono più estese delle seconde ed i conglomerati sono molto più evidenti nella porzione settentrionale dell'abitato di Valmadonna.

La suddivisione cronostratigrafica fra le tre formazioni suddette non è affatto regolare ed univoca, e spesso si hanno casi di eteropia, al punto che si tende a parlare di "*Pliocene in facies astiana*" o "*in facies piacentiana*" piuttosto che di vere e proprie differenti unità



cronostratigrafiche. In linea di massima, comunque, i conglomerati di Cassano Spinola, costituiti da conglomerati ed arenarie in grosse bancate, alternate a marne sabbiose, dovrebbero rappresentare il sedimento di transizione, prossimo alla linea di costa, durante la fase di ingressione marina; le “*argille di Lugagnano*”, rappresentano il successivo sedimento di mare profondo; infine le “*sabbie di Asti*” rappresentano infine un sedimento di mare meno profondo, conseguente alla progressiva avanzata della linea di costa per effetto della continua deposizione di sedimenti.

L'attività erosiva dei piccoli rii ha profondamente inciso e modellato tali formazioni, depositando al tempo stesso, sulle parti depresse, sedimenti recenti legati all'attività di trasporto dei torrenti, attribuibili al *fluviale medio*.

Le *argille di Lugagnano*, più antiche, sono costituite essenzialmente da argille marnose e siltose grigio-azzurre, in cui sono presenti rare intercalazioni sabbiose. La formazione è rappresentata da potenti depositi piuttosto regolari, a testimonianza di un processo deposizionale alquanto tranquillo; da ciò la prevalente componente argillosa dei sedimenti, che favorisce il ristagno delle acque di precipitazione e di infiltrazione, con la conseguente creazione di aree particolarmente umide.

Tale formazione, laddove è affiorante, si presenta sotto forma di colline morfologicamente molto dolci, con colore di alterazione molto più chiaro del colore originario (grigio-azzurro). La soprastante formazione delle “*sabbie di Asti*”, è invece costituita fondamentalmente da sabbie a granulometria assai variabile da zona a zona, con intercalazioni di lenti ghiaiose e banchi calcarenitici o di argille marno-sabbiose.

Localmente i termini più rappresentativi sono costituiti da marne sabbiose, con debole componente argillosa, a comportamento assai meno plastico della sottostante formazione piacentiana.

La granulometria più grossolana dei materiali, accompagnata ad una ridotta coesione, comporta la creazione di una morfologia decisamente più accidentata, con valli scoscese e pareti localmente subverticali che contrastano nettamente con l'aspetto più dolce degli affioramenti della



formazione più antica. Tale granulometria è ovviamente legata alla permeabilità, che è generalmente assai buona, laddove siano assenti intercalazioni argillo-marnose, che fungono da netto limite di permeabilità relativa, con creazione di sporadiche falde sospese.

La buona conducibilità idraulica delle *sabbie di Asti* e la conseguente difficoltà ad un ristagno delle acque, fornisce agli affioramenti un aspetto assai più arido, in netto contrasto con quanto accade per la formazione delle *argille di Lugagnano*.

Come si è accennato, il passaggio tra le due formazioni terziarie è alquanto sfumato, con parziale eteropia di facies; tale passaggio è costituito da un'alternanza di strati marnoso-sabbiosi (*sabbie di Asti*) e strati marnoso-argillosi (*argille di Lugagnano*).

L'eteropia e la difficile interpretazione cronostratigrafica per mezzo di fossili guida sono i principali ostacoli ad una completa conoscenza della realtà geologica locale. Le zone di fondovalle, ovviamente risentono della granulometria dei materiali costituenti i versanti: si hanno pertanto dei sedimenti pleistocenici ed olocenici, costituiti da depositi piuttosto eterogenei, a matrice principalmente argillo-limosa e lenti di sabbie e locali passate ghiaiose.

Da un punto di vista morfologico è bene ricordare che tale zona fa parte del massiccio sistema collinare che sviluppandosi con anticlinale disarmonico di tipo diapiroide, divarica i sistemi geologici Pliocenici - Miocenici imponendo la tipica giacitura degli strati che appare rivolta ad Nord per il versante Nord della fascia e a Sud per la parte opposta.

### **§ 2.3. Situazione geologica locale e stratigrafia**

Da un punto di vista geologico l'area in esame ricade al limite tra la formazione delle alluvioni prevalentemente sabbioso – siltoso - argillose con prodotti di alterazione di colore giallastro riconducibili al *Fluviale medio* e la formazione delle *Argille di Lugagnano* ovvero argille marno-sabbiose con intercalazioni verso l'alto di banchi di sabbie.

In sede locale durante la realizzazione delle prove penetrometriche è stato possibile riscontrare la presenza di una copertura a limi argillosi poco



consistenti passanti a quote variabili da -1 a -2 m in argille limose di colore giallo nocciola la cui consistenza tende ad aumentare in funzione della profondità dal piano campagna.

#### **§ 2.4. Situazione idrogeologica**

La circolazione idrica sotterranea nei sedimenti del Bacino Terziario Piemontese è strettamente legata ai rapporti esistenti fra la situazione stratigrafica e quella geomorfologica. In particolare, eccettuando i Conglomerati di Cassano Spinola, assenti nella zona in esame, l'elemento caratterizzante è la differenza di permeabilità fra le Sabbie di Asti (dotate solitamente di una discreta permeabilità primaria, soprattutto nei livelli più grossolani) e le Argille di Lugagnano (praticamente impermeabili, tranne i casi di permeabilità per fessurazione nelle zone soggette ad essiccamento superficiale, soprattutto in presenza di una significativa componente marnosa).

Nel caso in esame la verificata assenza delle sabbie di Asti consente di escludere che possa essere presente una falda acquifera significativa al contatto fra queste e le sottostanti argille di Lugagnano; in ogni caso tale falda, se presente, dovrebbe dare luogo a fenomeni sorgentizi al piede del versante, che non sono stati osservati né direttamente né indirettamente.

Una modesta circolazione ipodermica è teoricamente possibile a seguito di prolungati eventi piovosi al contatto fra il terreno agrario, più permeabile ed in parte rimaneggiato, ed il sottostante sedimento argilloso; si tratta, comunque, di quantitativi modesti e non in grado di dare luogo ad una vera e propria falda, e che interessano soltanto lo strato superficiale senza influenzare significativamente le condizioni di stabilità del versante nel suo complesso. A tale proposito si segnala che durante l'esecuzione di una prova penetrometrica, sita al piede del leggero impluvio presente nella parte mediana del versante, si è riscontrata la presenza di acqua libera nel foro di sondaggio. In tutte le altre prove, spinte a significativa profondità da piano campagna (profondità massima 10 m), non si è rinvenuta acqua libera nei fori di indagine.



### § 3. ESAME DELLE ELABORATI GEOLOGICI DI PRGC

#### § 3.1. Carta geoidrologica

Dall'esame della carta geoidrologica allegata al PRGC vigente (figg. 1 e 2 seguenti) si nota come gran parte dell'area ricada nella formazione geologica delle Argille di Lugagnano; si tratta di terreni caratterizzati da permeabilità molto bassa per porosità. Il settore Nord dell'area ricade invece nella formazione dei depositi torrentizi attuali e recenti caratterizzati invece da permeabilità medio-elevata per porosità.

A Nord dell'area in esame e di Strada Colla sono poi riportati alcuni pozzi utilizzati per le misure piezometriche; i valori riportati nella relazione geologica di PRGC variano da un minimo di 1.13 m da p.c. per il pozzo P10 a 1.83 m per il pozzo P6

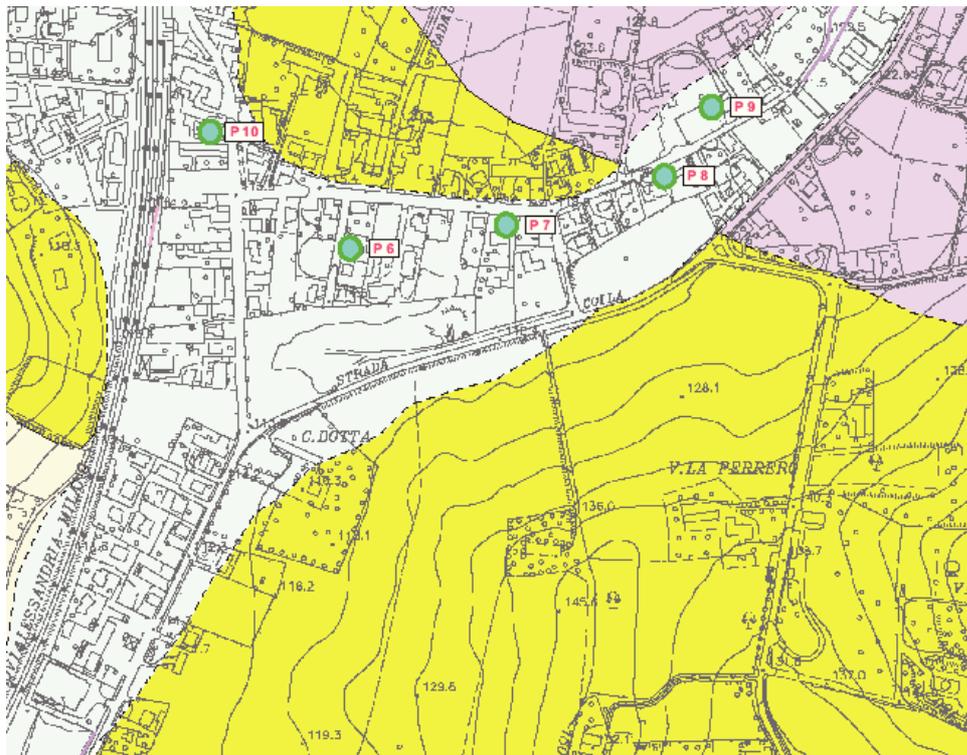


Figura 1 – Estratto carta geoidrologica allegata al PRGC vigente



Figura 2 – Legenda carta geoidrologica allegata al PRGC vigente

### § 3.2. Carta di sintesi

Nella carta di sintesi, come visibile negli estratti riportati nelle Figure 3 e 4 seguenti, l'area in esame viene classificata parte in Classe IIa (porzione centrale e meridionale) e parte in Classe IId (porzione settentrionale).

La Classe IIa individua *“settori di versante o di raccordo tra il fondovalle e il versante, ad acclività medio/moderata. Ogni intervento eccedente la ristrutturazione dovrà prevedere uno studio geologico a norma del D.M. 11/03/1988 e del D.M. 14/01/2008 e s.m.i., volto a precisare le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e litotecniche puntuali, a individuare gli indirizzi di intervento necessari a superare le locali condizioni di moderata pericolosità e a valutarne la ricaduta sulla destinazione urbanistica prevista; tali interventi, che dovranno essere esplicitati a livello di progetto esecutivo, potranno essere limitati al singolo lotto edificatorio o estesi ad un settore circostante significativo.*



*Per tutti gli interventi edilizi si devono inoltre rispettare le seguenti prescrizioni:*

- impiego, in fase di scavo, di opere di sostegno provvisoriale a salvaguardia della stabilità dei fronti e delle aree adiacenti;*
- manutenzione delle linee drenanti esistenti e alla raccolta e smaltimento delle acque reflue e di scorrimento superficiale, di precipitazione meteorica (con particolare riferimento a quelle convogliate da tratti stradali) e di infiltrazione, indicando, per queste ultime, le opere di drenaggio necessarie, escludendo in modo tassativo la dispersione non controllata.*

*Le soluzioni tecniche adottate non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.”*

*La Classe II d individua invece “Settori di fondovalle potenzialmente condizionabili da fenomeni di allagamento a bassa energia e tiranti modesti e/o da bassi valori di soggiacenza della falda freatica. Oltre a quanto previsto per la Classe II a, per tutti gli interventi edilizi deve essere valutata la necessità di un eventuale innalzamento sul piano campagna del primo piano calpestabile, la cui entità deve essere definita sulla base di studi di carattere idrologico-idraulico. Il ricorso all'innalzamento artificiale del piano campagna è permesso qualora sia accertato che tale intervento non provochi innalzamenti anomali del livello idrico, nel corso di fenomeni di allagamento, tali da provocare maggiori danni nelle aree adiacenti.*

*In tale classe non è consentita la realizzazione di piani interrati. La realizzazione di piani seminterrati, per i quali vengono esclusi usi abitativi, non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della soggiacenza della falda e della relativa escursione massima annuale e storica dalla quale dovrà essere garantito un franco di almeno 50 cm.*



*Dovranno inoltre essere adottate in fase di progetto esecutivo adeguate soluzioni tecniche atte a impedirne l'allagamento in occasione di fenomeni di tracimazione del reticolo idrografico e a garantirne l'uso in condizioni di sicurezza."*

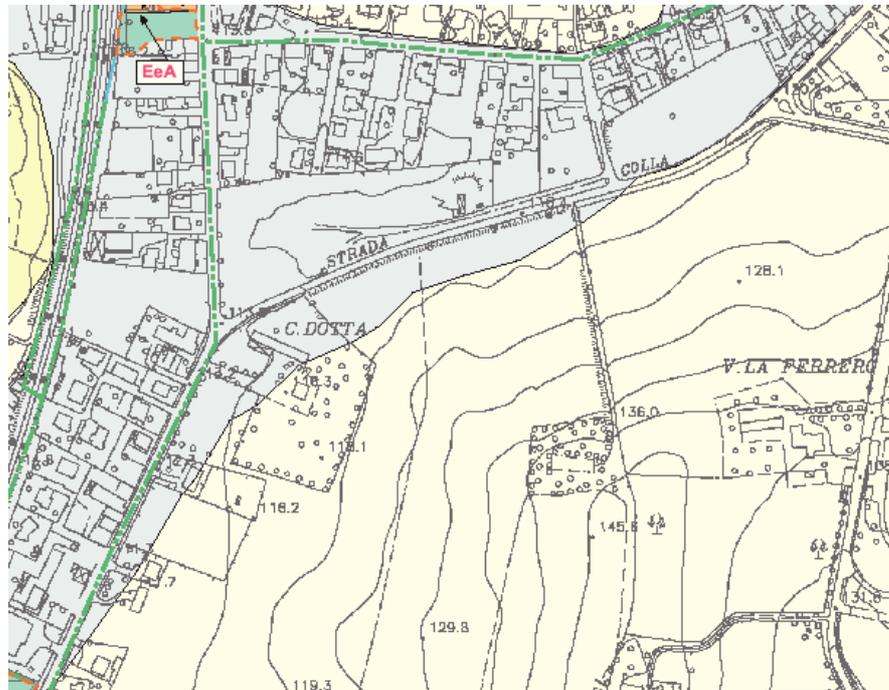


Figura 3 – Estratto Carta di sintesi allegata al PRGC vigente

|            | SETTORI CARATTERIZZATI DA CONDIZIONI DI MODERATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA  | SETTORI CON MODERATE LIMITAZIONI URBANISTICHE  |
|------------|---|--|
| <b>IIa</b> | <b>IIa</b> - Settori di versante o di raccordo tra il fondovalle e il versante, ad acclività medio/moderata   | <b>IIa</b> - Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da uno studio geologico di dettaglio che illustri le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e le condizioni di stabilità dell'area e individui ove necessario le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo.  |
| <b>IIb</b> | <b>IIb</b> - Settori di versante ad acclività medio/moderata, talora localizzati al margine di settori acclivi e/o potenzialmente instabili   | <b>IIb</b> - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe II a, ogni nuovo intervento deve essere subordinato alla realizzazione di un'adeguata campagna d'indagine geognostica e a specifiche verifiche di stabilità del versante.   |
| <b>IIc</b> | <b>IIc</b> - Settori potenzialmente interessati dalla presenza di cavità ipogee riferibili all'attività estrattiva pregressa  | <b>IIc</b> - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe II a, ogni nuovo intervento deve essere subordinato alla realizzazione di un'adeguata campagna d'indagini geognostiche finalizzata alla prevenzione di fenomeni di instabilità imputabili alla possibile presenza di cavità ipogee.   |
| <b>IId</b> | <b>IId</b> - Settori di fondovalle potenzialmente condizionabili da fenomeni di allagamento a bassa energia e tiranti modesti e/o da bassi valori di soggiacenza della falda freatica | <b>IId</b> - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe IIa, ogni nuovo intervento edilizio deve essere supportato da uno studio geologico e idraulico che ne giustifichi la fattibilità e individui ove necessario le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo. In tale classe non è consentita la realizzazione di piani interrati. La realizzazione di piani seminterrati, per i quali vengono esclusi usi abitativi, non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della soggiacenza della falda e della relativa escursione massima annuale e storica dalla quale dovrà essere garantito un franco di almeno 50 cm. |
| <b>2</b>   | <b>Ile</b> - Settori di versante ad acclività medio/moderata  |  |

Figura 4 – Legenda carta di sintesi allegata al PRGC vigente



### **§ 3.3. Art. 62 NTA di PRG**

L'area in esame ricade nell'area collinare del Comune di Alessandria per la quale all'art. 62, comma 2b, delle NTA di PRG, in merito alla raccolta e trattamento acque bianche, è in particolare previsto quanto segue:

- manutenzione delle linee drenanti esistenti e alla raccolta delle acque reflue e di scorrimento superficiale, di precipitazione meteorica (con particolare riferimento a quelle convogliate da tratti stradali) e di infiltrazione, indicando, per queste ultime, le opere di drenaggio necessarie, escludendo in modo tassativo la dispersione non controllata;
- scheda specifica di verifica del coefficiente "udometrico" ante e post intervento per certificare l'inalterabilità dello stesso.

Nei successivi capitoli verranno indicate le modalità di raccolta, trattamento e scarico delle acque meteoriche (vasche di laminazione e scarico finale in fossato a lato S.P. Vigevanese) e verrà verificata l'inalterabilità del coefficiente udometrico pre e post intervento.



#### **§ 4. SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE**

I terreni che caratterizzano l'area in esame, come descritto nel precedente capitolo, sono di natura argillosa e presentano una permeabilità medio bassa con valori anche inferiori a  $10^{-5}$  m/s e quindi non adatti all'installazione di sistemi di dispersione acque nel sottosuolo quali trincee di subirrigazione o pozzi disperdenti.

Le acque bianche provenienti dalle coperture dei fabbricati e quelle delle strade e delle altre aree pavimentate, non potranno essere smaltite con dispersione nel sottosuolo. Per questo motivo si è valutato di poterle smaltire nel fossato stradale presente lungo il lato sinistro della S.P. 494 Vigevanese al km. 83.870, a seguito di laminazione delle portate in opportune vasche di raccolta. Come dettagliatamente descritto nella relazione a firma dell'ing. Gian Carlo Cermelli, allegata alla presente, le vasche sono state dimensionate in modo da poter raccogliere un evento meteorico della durata di 1 ora avente un'altezza di pioggia di 44.1 mm con un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume di pioggia immagazzinato è pari a 388.45 mc e verrà rilasciato in rete mediante un sistema di regolazione del flusso realizzato attraverso pompe di sollevamento. Il quantitativo di portata che defluisce dalle vasche è pari a 0.023 mc/s e verrà rilasciato in circa 5 ore, per una corrispondente altezza d'acqua di 7 cm all'interno del fosso ricettore. Quest'ultimo nella sezione interessata ha un'altezza totale di 1.32 m e quindi l'altezza di acqua immessa risulta contenuta e tale da non influire significativamente sulla capacità di smaltimento acque del fossato stesso.

Il 13 gennaio 2014 la Provincia su richiesta del Committente ha rilasciato nulla osta Prot.3863 per lo scarico acque nel fossato con le caratteristiche sopra descritte e di cui alla citata relazione a firma dell'ing. Cermelli; lo stesso nulla osta andrà nuovamente richiesto in quanto decaduto perché vincolato all'inizio lavori entro un anno dalla data dal rilascio.



## § 5. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE UDOMETRICO PRE E POST INTERVENTO – INVARIANZA IDRAULICA

### § 5.1. Curva di possibilità pluviometrica

Una delle ipotesi fondamentali che sta alla base del dimensionamento di opere soggette ad eventi idrologici, è che le portate massime e le onde di piena critiche, aventi un certo tempo di ritorno  $T$ , siano originate da una precipitazione avente lo stesso tempo di ritorno. Partendo da questa ipotesi è necessario determinare la curva di possibilità pluviometrica, ovvero l'espressione che, per un preassegnato tempo di ritorno  $T$ , fornisce, per ogni durata di pioggia, la massima altezza di precipitazione che può verificarsi e che viene superata una volta ogni  $T$  anni.

A tale proposito si fa generalmente riferimento ad un'espressione algebrica monomia del tipo:

$$h = a \times t^n$$

in cui

$h$  è l'altezza di pioggia espressa in millimetri,

$t$  è la corrispondente durata in ore,

$a$  ed  $n$  sono due coefficienti che definiscono la curva risultante.

Facendo riferimento all'allegata relazione dell'ing. Cermelli, nel caso specifico, con riferimento alla serie storiche degli eventi meteorici relativi alla vicina stazione pluviometrica di san Salvatore, per tempi di ritorno di 100 anni ed interpolazione statistica dei dati con metodo di Gumbel si hanno i seguenti valori di  $a$  e  $n$

$$a = 44.11$$

$$n = 0.280$$

che per piogge di durata 1 ora permettono di definire un'altezza di pioggia massima pari a 44.11 mm.

*(N.B. Si noti a tale proposito che nella relazione dell'ing. Cermelli tutti i calcoli sono stati eseguiti per valori della curva di possibilità climatica relativi a tempo di ritorno di 100 anni, anche se per un refuso di scrittura è rimasto il riferimento a tempo di ritorno di 50 anni. L'aver adottato i*



*valori per il tempo di ritorno pari a 100 anni implica il calcolo cautelativo di portate di piena maggiori e quindi anche il dimensionamento delle vasche di laminazione è fatto a favore di sicurezza).*

### **§ 5.2. Calcolo del coefficiente udometrico pre intervento**

Le piogge di forte intensità che cadono su un bacino idrografico subiscono due tipi di processi che determinano l'entità delle piene nei corsi d'acqua riceventi: l'infiltrazione nei suoli e l'immagazzinamento superficiale. Il primo processo controlla i volumi di acqua restituiti, e viene descritto in via speditiva mediante un "coefficiente di deflusso", che rappresenta la percentuale della pioggia che raggiunge il corpo recettore; Il secondo processo agisce trattenendo i volumi che scorrono in superficie, facendoli transitare attraverso i volumi disponibili e determinandone una restituzione rallentata, che viene definita "laminazione". Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena, e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi tortuosi, si espande in aree normalmente non interessate dal deflusso, ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce una artificializzazione, i deflussi vengono canalizzati e le superfici vengono regolarizzate, di modo che il deflusso viene accelerato. Ciò comporta un aumento dei picchi di piena e può portare a situazioni di rischio idraulico. Inoltre, l'impermeabilizzazione dei suoli provoca un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità. Maggiori volumi che scorrono in superficie rappresentano, oltre ad un aggravio dei possibili rischi idraulici, anche un più rapido esaurimento dei deflussi e una riduzione di apporti alla falda, e in definitiva una riduzione delle risorse idriche utilizzabili.

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi



(portate) è detto “*coefficiente udometrico*” o “contributo specifico di piena” e si esprime usualmente in [l/s·ha] (litri al secondo per ettaro).

La stima di  $u$  può essere eseguita con il metodo cinematico, di seguito brevemente descritto. La portata defluente attraverso una sezione di un corso d’acqua, naturale o artificiale, dipende dalle caratteristiche del bacino tributario sotteso alla sezione stessa (lunghezza, estensione, natura del terreno, pendenza, ecc.) e da quelle dell’evento pluviometrico, poiché la portata generata è legata alla durata della precipitazione. Ipotizzando che nella sezione terminale vi sia un incremento lineare della portata con il tempo, che la superficie scolante sia piana e di forma rettangolare, investita da una pioggia uniforme e d’intensità costante, il valore massimo  $Q_{max}$  si ottiene quando alla sezione considerata giungono insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino stesso. Il tempo necessario affinché ciò avvenga è definito ritardo o tempo di corrivazione  $\tau_c$  ed è assunto come elemento caratteristico del bacino. Le condizioni più gravose per il funzionamento della rete di raccolta delle acque bianche si raggiungono quando il tempo di pioggia  $t_p$  è pari al tempo di corrivazione  $t_c$ .

Se consideriamo un bacino scolante di superficie  $S$  e coefficiente di deflusso  $\phi$ , sul quale cade una pioggia di durata  $t$ , di altezza  $h$ , e se  $t_c$  è il tempo di corrivazione, la portata massima generata sarà

$$Q_{max} = \phi \frac{10^6 \cdot h \cdot A}{3600 \cdot t_c}$$

in cui

$Q_{max}$  = portata al colmo di piena ( $m^3/s$ )

$\phi$  = coefficiente di deflusso

$h$  = altezza di pioggia di durata  $t_c$  (m)

$t_c$  = tempo di corrivazione (ore)



A = superficie di bacino (Km<sup>2</sup>)

La portata massima Q<sup>0</sup> per tempo di corrivazione pari ad 1 ora, prima dell'intervento, considerato che l'area è a verde e che si può ipotizzare un coefficiente di deflusso pari a 0.17, sarà pari a 26.40 l/s.

Con la trasformazione dell'area prevista nel progetto di PEC la superficie a verde originaria (totale 11815 mq) verrà così trasformata:

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| tetti normali in tegole   | 3.040 mq |
| pavimentazioni in asfalto | 2100 mq  |
| area a verde              | 6675 mq  |

Considerando un coefficiente di deflusso pari a 0.90 m per le coperture dei fabbricati, 0.85 per le pavimentazioni in asfalto, 0.17 per le aree a verde, si ha una portata massima scolante dall'area per pioggia di durata 1 ora pari a 69.29 l/s ovvero 2.62 volte maggiore di quella pre intervento. Al fine di garantire l'invarianza idraulica, la portata in eccesso rispetto alla situazione pre intervento va opportunamente stoccata e rilasciata nel tempo in modo tale che il valore uscente non sia mai maggiore della portata pre intervento. Nel successivo paragrafo verrà illustrato il metodo dell'invarianza idraulica e i metodi di stoccaggio previsti dei volumi di pioggia in aumento sull'area post intervento.

### **§ 5.3. Invarianza idraulica calcolo dei volumi di stoccaggio delle acque bianche**

Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la modifica di un'area in modo che i deflussi superficiali originati dall'area stessa non provochino un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente.

Nelle trasformazioni urbanistiche che comportano parziali impermeabilizzazioni del territorio, sarà quindi necessario predisporre dei volumi di invaso di compensazione. Tali volumi andranno riempiti prima che si verifichi il deflusso delle aree stesse, garantendo l'effettiva invarianza del picco di piena. Gli invasi andranno poi svuotati entro le 24 ore successive all'evento.



La portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di quell'area rimarrà così costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo, garantendo il principio di invarianza idraulica.

Di fatto, l'unico modo di garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi stoccaggio temporaneo dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione che sono un effetto inevitabile di ogni trasformazione del suolo da non-urbano ad urbano.

La Regione Piemonte non ha disposto linee guida a cui attenersi per il principio di invarianza idraulica, per cui nel presente caso si farà riferimento a quanto indicato nella maggior parte dei Piani Regolatori della Regione Emilia Romagna in cui viene adottata come misura del volume minimo d'invaso ( $w$ ) da prescrivere in aree sottoposte a una quota di impermeabilizzazione  $I$  (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota  $P$  (tale che  $I+P=100\%$ ) il valore convenzionale:

$$w = w^{\circ} (\Phi / \Phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$$

essendo

|                |   |
|----------------|---|
| $w^{\circ} =$  | valore minimo di invaso ovvero quel volume di invaso che si ha in modo naturale a causa di avvallamenti e depressioni della superficie di deflusso e che nel caso in esame, vista la destinazione originaria a verde dell'area, viene posto pari a 50 mc/ha |
| $\Phi$         | coefficiente di deflusso dopo la trasformazione   |
| $\Phi^{\circ}$ | coefficiente di deflusso prima della trasformazione   |
| $n$            | esponente delle curve di possibilità climatica (nel caso specifico $n=0.28$ )   |
| $I$            | % dell'area che viene trasformata   |
| $P$            | % dell'area che non viene trasformata in modo che $I+P=100\%$ .   |



Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento, a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\Phi$  e  $\Phi^\circ$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\Phi^\circ = 0.9 \text{ Imp}^\circ + 0.2 \text{ Per}^\circ$$

$$\Phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per}$$

in cui Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati all'apice  $^\circ$ ) o dopo (se non c'è l'apice $^\circ$ ).

E' da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I (aree sottoposte anche a soli movimenti terra). La quota P dell'area in trasformazione è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti, dalla trasformazione. Nel caso specifico si considera cautelativamente di modificare tutta l'area in esame, anche quella che resterà poi destinata a verde.

Dai calcoli eseguiti e riportati nel foglio di calcolo seguente, Nel si ottiene un volume minimo di invaso, al fine di garantire l'invarianza del coefficiente udometrico pre e post intervento, pari a circa 196 mc.

Nella relazione dell'ing. Cermelli viene proposto un volume totale delle vasche di laminazione ampiamente superiore a quello prima indicato ovvero pari a circa 235 mc a cui va poi sommato il contributo delle vasche di prima pioggia per le strade e parcheggi e la vasca di disoleazione per un volume totale di 388.45 mc.



| Dimensionamento volume di laminazione |                        |       |                            |  |                 |          |      |          |               |
|---------------------------------------|------------------------|-------|----------------------------|--|-----------------|----------|------|----------|---------------|
| sup fondiaria                         |                        | mq    | 11.815.00                  | inserire la superficie fondiaria del lotto                               |                 |          |      |          |               |
| sup impermeabile esistente            | <b>Imp<sup>o</sup></b> | mq    | 0.00                       | quotaparte di superficie impermeabile esistente                          |                 |          |      |          |               |
| sup impermeabile progetto             | <b>Imp</b>             | mq    | 5.140.00                   | incremento della quotaparte impermeabile a seguito dell'intervento       |                 |          |      |          |               |
|                                       | sommano                | mq    | 5.140.00                   |  |                 |          |      |          |               |
| sup permeabile esistente              | <b>Per<sup>o</sup></b> | mq    | 11.815.00                  | stabilire la quotaparte di superficie permeabile esistente               |                 |          |      |          |               |
| sup permeabile progetto               | <b>Per</b>             | mq    | 6.675.00                   | stabilire la quotaparte di superficie permeabile restante                |                 |          |      |          |               |
|                                       |                        |       | $((Imp^o+Imp)+Per)/sup. =$ | 100%   |                 |          |      |          |               |
| sup. trasformata/livellata            | <b>I</b>               | mq    | 11.815.00                  | Sup. impermeabile più sup. permeabile trasformata rispetto all'agricola. |                 |          |      |          |               |
| sup. agricola inalterata              | <b>P</b>               | mq    | 0.00                       | La superficie di riferimento è quella inalterata                         |                 |          |      |          |               |
| calcolo del $\sigma^o$                | =                      | 0.9 x | 0.0000 +                   | 0.2 x  | 1.0000 = 0.2000 |          |      |          |               |
| calcolo del $\sigma$                  | =                      | 0.9 x | 0.4350 +                   | 0.2 x  | 0.5650 = 0.5045 |          |      |          |               |
|                                       | <b>W</b>               | =     | 50 x                       | 3.6152 -   | 15 x            | 1.0000 - | 50 x | 0.0000 = | <b>165.76</b> |
|                                       |                        |       |                            |  |                 |          |      |          | mc/ha         |
|                                       |                        |       |                            |  |                 |          |      |          | <b>195.85</b> |
|                                       |                        |       |                            |  |                 |          |      |          | mc            |

Il volume totale delle 9 vasche di laminazione previste più la vasca di prima pioggia verrà smaltito al termine dell'evento piovoso attraverso n.5 pompe aventi ciascuna una portata da 150 l/min per una portata totale pari a 1350 l/min ovvero 22.5 l/s. Le vasche verranno scaricate in circa 5 ore all'interno del fosso presente a lato della S.P. Vigevanese e per lo scarico la Committenza ha provveduto a chiedere rilascio di nulla osta alla Provincia di Alessandria.



## **§ 6. CONCLUSIONI**

Per garantire il principio dell'invarianza idraulica è necessario realizzare un volume di accumulo temporaneo atto a "tagliare" il picco di piena garantendo una portata scaricata verso il recapito analoga a quello dello stato ante operam.

Nel caso esaminato si è visto che occorre un volume minimo di invaso pari a circa 196 mc; il progetto della raccolta delle acque bianche, redatto dall'ing. Cermelli nel 2011 e già presentato alla Provincia di Alessandria per il rilascio del nulla osta per lo scarico nel fosso a lato della Strada Provinciale, prevede vasche di laminazione per un volume totale pari a 235 mc ovvero ampiamente superiore al volume minimo atto a garantire l'aumento di deflusso acque bianche a causa dell'impermeabilizzazione del sito. Oltre alle vasche di laminazione verrà poi realizzata anche una vasca per la raccolta delle acque di prima pioggia per un volume complessivo pari a circa 388 mc. Il volume accumulato verrà rilasciato a seguito dell'evento piovoso attraverso l'azionamento di pompe con una portata complessiva pari a 22.5 l/s. Tale portata risulta inferiore alla massima portata di piena calcolata per l'area in esame pre intervento e pari a 26.40 l/s. Tale dato ad ulteriore conferma dell'invarianza idraulica attuata nell'area di PEC.

*ing. Rita Di Cosmo*

*ing. geol. Giuseppe Massone*