

# COMUNE DI LAVAGNO

PROVINCIA DI VERONA

*Piano Urbanistico Attuativo P.U.A.  
residenziale sito in Via Castello,  
in Località San Pietro di Lavagno*

*Ditta: Immobiliare Lucia S.n.c.*

## STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

(D.G.R.V. n. 2948/2009)

*(integra e sostituisce la precedente versione del 18.11.2023)*

*Dott. Geol.  
Davide Dal Degan*



*Dott. Ing.  
Alberto Fusina*



Data  
11 dicembre 2023

**DAVIDE DAL DEGAN**  
**GEOLOGO**  
GEOLOGIA – GEOTECNICA – AMBIENTE

Via Strà n. 116 - 37042 - Caldiero (Verona)  
Tel. Fax. 0457650996 - Cell. 3483680529  
e - mail: [geologo.daldegan@gmail.com](mailto:geologo.daldegan@gmail.com)  
pec: [davidedaldegan@pec.epap.it](mailto:davidedaldegan@pec.epap.it)

## 1 – PREMESSE

Su incarico della Ditta **Immobiliare Lucia S.n.c.**, è stato predisposto lo “Studio di compatibilità idraulica” per il “Piano Urbanistico Attuativo P.U.A. residenziale sito in Via Castello, in Località San Pietro di Lavagno”, ubicato come illustrato in allegato n. 1.

Tale modifica urbanistica comporterà inevitabilmente il peggioramento dell'indice di permeabilità dei luoghi, per cui si è proceduto al dimensionamento degli interventi di mitigazione, verificando il rispetto delle norme vigenti e delle prescrizioni degli enti territoriali competenti.

Il presente studio è stato redatto seguendo le indicazioni della **D.G.R. del Veneto n. 3637 del 13/12/2002** “L. 3 agosto 1998, n. 267 - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici”, le cui modalità operative sono state fissate dalla **D.G.R. del Veneto n. 2948 del 2009** “Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici - Modalità operative ed indicazioni tecniche”.

Tale norma individua i seguenti scopi nell'ambito delle trasformazioni urbanistiche:

*“Lo studio idraulico deve verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nello strumento urbanistico considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti o potenziali e le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo possono venire a determinare”.*

*“Nella valutazione devono essere verificate le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica dell'area interessata conseguenti alle previste mutate caratteristiche territoriali nonché devono essere individuate idonee misure compensative, come nel caso di zone non a rischio di inquinamento della falda, il reperimento di nuove superfici atte a favorire l'infiltrazione delle acque o la realizzazione di nuovi volumi di invaso, finalizzate a non modificare il grado di permeabilità del suolo e le modalità di risposta del territorio agli eventi meteorici. Deve essere quindi definita la variazione dei contributi specifici delle singole aree prodotte dalle trasformazioni dell'uso del suolo e verificata la capacità della rete drenante di sopportare i nuovi apporti. In particolare, in relazione alle caratteristiche della rete idraulica naturale o artificiale che deve accogliere le acque derivanti dagli afflussi meteorici, dovranno essere stimate le portate massime scaricabili e definiti gli accorgimenti tecnici per evitarne il superamento in caso di eventi estremi”. “Lo studio di compatibilità può altresì prevedere la realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, indicandone l'efficacia in termini di riduzione del pericolo”.*

Lo studio in esame si è articolato nei seguenti punti:

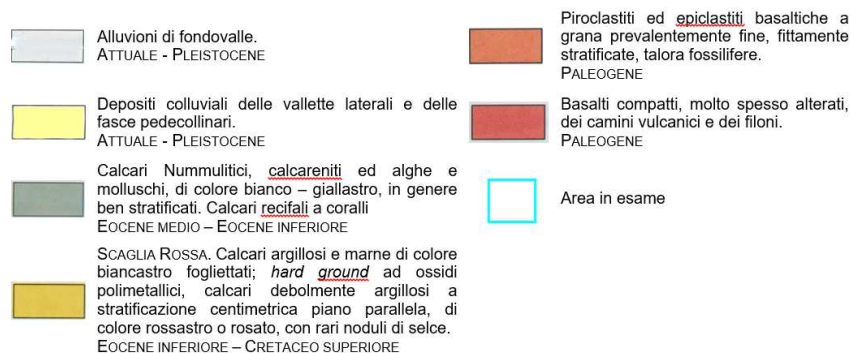
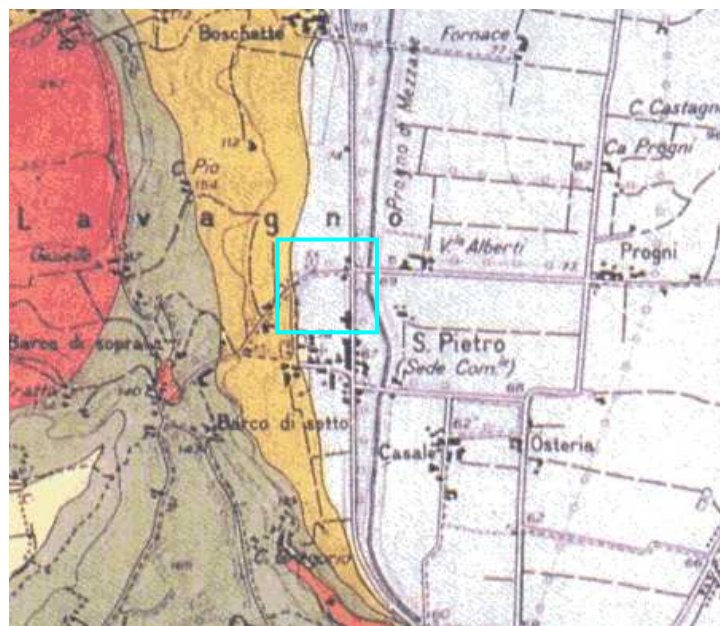
- acquisizione ed esame degli elaborati progettuali;
- acquisizione di fonti bibliografiche e cartografiche di carattere geologico, idrogeologico ed idrologico;
- acquisizione dati pluviometrici;
- acquisizione dei dati relativi alla rete idrografica;
- stesura relazione finale.

## 2 – INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

### 2.1 – Inquadramento geologico

Il Piano Urbanistico Attuativo P.U.A. di via Castello si trova in località San Pietro, nel territorio comunale di Lavagno (cfr. allegato n. 1) e si estende per una superficie complessivamente pari a circa 3.000 m<sup>2</sup>.

Considerando la **geomorfologia** in generale, si vede come il paesaggio, caratteristico delle propaggini meridionali dei Monti Lessini, sia caratterizzato da ampie dorsali ad andamento meridiano, separate da profonde valli che si aprono verso la pianura e sui cui fianchi affiorano prevalentemente, con regolarità e debolmente inclinate verso Sud, le stratificazioni delle rocce calcaree. I rilievi collinari confinano forme detritico – alluvionali legate all'attività dei corsi d'acqua principali, che attualmente occupano il fondovalle, al disfacimento dei versanti o all'attività deposizionale delle vallecole laterali. Il raccordo tra le piane torrentizie ed i rilievi è, pertanto, regolato dai rapporti intercorrenti tra le alluvioni che colmano il fondovalle, i depositi detritici che spesso sono presenti alla base dei versanti e le conoidi delle valli laterali.



**Figura 1.** Estratto della Carta Geologica dei Lessini Centro Occidentali (Zampieri – Zorzini)

Dal punto di vista **litologico**, nella zona collinare di Lavagno affiorano, oltre alle rocce calcaree summenzionate, anche litologie di tipo vulcanico rappresentanti del vulcanesimo Paleogenico, che si è maggiormente sviluppato nella vicina Val d'Alpone.

Infatti, la porzione di dorsale che, da San Briccio, si sviluppa verso Vago di Lavagno, è costituita da Calcari Eocenici descritti generalmente in bibliografia come CALCARI NUMMULITICI, dai calcari Cretacici della SCAGLIA ROSSA e dai litotipi vulcanici Paleogenici rappresentati da BASALTI DEI CAMINI VULCANICI E DEI FILONI e da PIROCLASTITI ED EPICLASTITI BASALTICHE.

Sul fondovalle, sono presenti depositi alluvionali legati alle varie fasi erosivo - deposizionali che si sono succedute nel Quaternario; talora, il passaggio dai rilievi al fondovalle è rappresentato da depositi derivanti dal disfacimento dei versanti o dalle vallecole tributarie del Mezzane, che fungono da raccordo tra questi ambiti geomorfologici (cfr. Figura 1).

Dal punto di vista idrografico, la dorsale collinare posta a ridosso dell'area in esame funge da spartiacque tra la valle del Progno di Mezzane, ad Est, e la valle di Marcellise, ad Ovest.

L'idrografia è caratterizzata da un regime torrentizio, con lunghi e prolungati periodi di secca, alternati a brevi episodi di piena coincidenti con eventi piovosi intensi e duraturi; il Mezzane, il Progno d'Illasi ed il secondario Fosso S. Ambrogio, sono i rappresentanti principali dell'idrografia locale.

Per quanto riguarda l'idrogeologia, il fondovalle risulta condizionato dalla permeabilità per porosità che caratterizza, in generale, i materiali presenti ed a cui consegue la circolazione sotterranea delle acque: l'alimentazione idrica ipogea deriva principalmente dai Lessini, dalle dispersioni dei progno e dei loro tributari e dalle infiltrazioni dirette provenienti dagli afflussi meteorici che, in questo caso, alimentano una prima falda libera sovrastante possibili acquiferi confinati o semiconfinati.

## 2.2 – Descrizione delle indagini eseguite

Per la descrizione della stratigrafia locale sono state rielaborate le n. 2 prove penetrometriche statiche CPT 1 e CPT 2 eseguite nel 2009, spinte fino al rifiuto strumentale, raggiunto alla quota di 4 m dal p.c. in entrambi i punti e le n. 3 trincee esplorative denominate TA, TB e TC, realizzate anch'esse nel 2009 fino alla profondità massima di 4,8 m dal p.c. (cfr. allegato n. 2 ed allegato n. 3).

Le prove realizzate sono ubicabili come riportato nella figura seguente.



*Figura 2. Ubicazione delle indagini eseguite nel sito in argomento: in verde, le prove penetrometriche statiche CPT e, in giallo, le trincee esplorative; in rosso, il perimetro del P.U.A. in progetto*

## 2.3 - Modello geologico - idrogeologico locale

La morfologia locale, inserita nel contesto urbanizzato del centro di San Pietro di Lavagno, si sviluppa in un appezzamento (attualmente destinato a verde incolto e, in parte, asfaltato) posto ad una quota compresa tra 65 m s.l.m. e 70 m s.l.m.

L'area, subpianeggiante e localmente modificata dall'attività antropica, si trova rivolta verso Est, sulla destra idrografica del Mezzane, alle pendici della dorsale che separa la Val di Mezzane, dalla Val di Marcellise.

In particolare, il P.U.A. in progetto si sviluppa su un terreno confinato ad Ovest da Via Don L. Masconale, a Nord da Via Castello, ad Est e a Sud da una serie di edifici residenziali di varia tipologia.

Dal punto di vista litologico, l'esecuzione delle trincee esplorative ha evidenziato che il primo sottosuolo dell'area è costituito, al di sotto del vegetale e di terreni rimaneggiati e/o riportati, da depositi prevalentemente argillosi e argilloso limosi, intercalati in TC, tra le profondità di 3,6 m e 4,8 m, da limi argillosi e limi sabbiosi: più in superficie, si possono riscontrare locali orizzonti ad elevata percentuale di elementi calcarei, intercettati nelle trincee TB e TC ed in entrambe le prove penetrometriche.

Le prove penetrometriche statiche CPT 1 e CPT 2 sono risultate ben correlabili tra loro, dimostrando la presenza di terreni prevalentemente coesivi, continui fino alla massima profondità raggiunta di 4 m dal piano campagna; esse presentano, in entrambi i punti di indagine, un solo orizzonte a comportamento incoerente tra 0,8 m ed 1,5 m dal p.c. stesso.

Le indagini eseguite permettono, quindi, di schematizzare la stratigrafia locale come indicato nella seguente Tab. 1.

Strato	Profondità dal p.c. (m)	Litologia	Profondità falda dal p.c.
<b>A</b>	0,0 – (0,3 ÷ 1,5)	Terreno vegetale e/o di rimaneggiamento/riporto	<b>&gt; 20,0 m</b> (dato bibliografico)
<b>B</b>	(0,3 ÷ 1,5) – 4,8	Argille ed argille limose con inclusi calcarei di piccole dimensioni (ghiaietto / sabbia grossa) in percentuale generalmente bassa, e rari ciottoli calcarei.  Nelle trincee TB e TC e nelle prove CPT, livello a maggior percentuale di elementi calcarei tra 0,8 m ed 1,5 m. In TC, dalla profondità di 3,6 m, limi argillosi e, da 4,6 m, limi sabbiosi	

*Tab. 1. Stratigrafia schematica dell'area in esame*

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche dell'area, all'interno delle trincee e dei fori delle prove penetrometriche non si sono verificate venute d'acqua di alcun tipo, confermando le informazioni raccolte dal P.A.T.I. che, nell'ambito di San Pietro, riportano la profondità della falda tra 10 m e 30 m. I dati di alcuni pozzi per acqua situati nel fondovalle, a Sud Est del P.U.A. in progetto, ad una quota altimetrica inferiore, segnalano la falda ad una profondità pari o maggiore di 20 m dal p.c., per cui si ritiene che nell'area in esame essa abbia una soggiacenza superiore a questa.

Tuttavia, non si esclude la locale presenza di falde sospese ospitate nelle intercalazioni superficiali più permeabili e di occasionali fenomeni di dispersione dell'alveo in vicinanza dell'asse del Progno di Mezzane e dei suoi tributari.

Dal punto di vista idrografico, il Mezzane, che scorre arginato artificialmente ad Est, a circa 100 m di distanza, ed il Progno di Illasi, che si trova anch'esso ad oriente, a circa 2 ÷ 2,5 km, sono i rappresentanti principali dell'idrografia locale; inoltre, si segnala la presenza del Fosso S. Ambrogio, che scorre intubato lungo il lato monte della Strada Provinciale n. 16.

#### **2.4 - Caratteristiche di permeabilità dei terreni**

Il coefficiente di permeabilità  $k$ , o conducibilità idraulica, rappresenta il parametro che caratterizza un deposito dal punto di vista idrogeologico e può essere qualitativamente espresso come l'attitudine propria di un terreno a lasciarsi attraversare da un fluido.

Nell'area, le litologie poste al di sotto della coltre vegetale e del terreno rimaneggiato e/o di riporto sono generalmente dotate di una permeabilità molto bassa: in assenza di indagini dirette, il loro coefficiente  $k$  può essere valutato indicativamente sulla base delle tabelle esistenti in letteratura, come quella riportata di seguito (cfr. ad es. Figura 3).

k (cm/s)	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
k (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

Figura 3. Permeabilità dei terreni

Infatti, il primo sottosuolo dell'area risulta formato generalmente da litologie di scarsa permeabilità: tali terreni possono essere inseriti tra quelli aventi una Classe di permeabilità da “Bassa” a “molto bassa BB”. Pertanto, facendo riferimento alla Tab. 1 è possibile suddividere indicativamente le litologie locali, dal punto di vista della permeabilità, come esposto nella seguente Tab. 2.

Strato	Litologia	Classe di permeabilità	k (cm/s)
<b>A</b>	Vegetale limoso argilloso, talora rimaneggiato e, solo localmente, riporti di ghiaie e ciottoli	Bassa / Molto bassa	10 <sup>-5</sup> – 10 <sup>-6</sup>
<b>B</b>	Argille ed argille limose prevalenti, compatte, solo a tratti con elementi litoidi abbondanti	Molto bassa	10 <sup>-5</sup> – 10 <sup>-7</sup>

Tab. 2. Stratigrafia schematica dei terreni con indicazione delle caratteristiche di permeabilità

## 2.5 – Pericolosità idraulica e geologica

Dall'analisi delle tavole A.4.37 ed A.5.37 (Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico) del “Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Bacino dell'Adige – Regione Veneto”, si evince che l'area interessata dalle modifiche urbanistiche in progetto, non ricade all'interno delle zone segnalate nella perimetrazione della pericolosità o del rischio geologico.

Inoltre, il sito non rientra tra le zone di pericolosità e rischio idraulico del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali. Infatti, la Tavola AG12\_PI esclude il sito tra le zone pericolose dal punto di vista idraulico, segnalando la presenza di una zona di attenzione più ad Est (cfr. estratto dalla Tavola AG12\_PI in figura sotto con, in blu, l'area in esame); **l'immagine sotto si riferisce alla consultazione del sistema informativo dell'Autorità di Bacino del 18.11.23.**

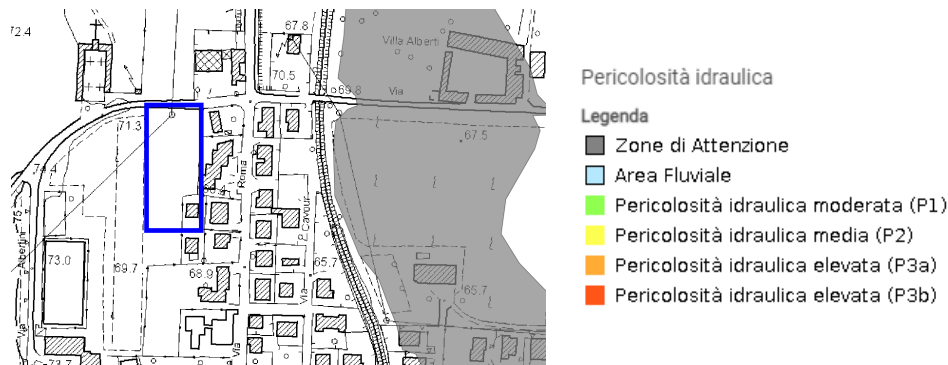
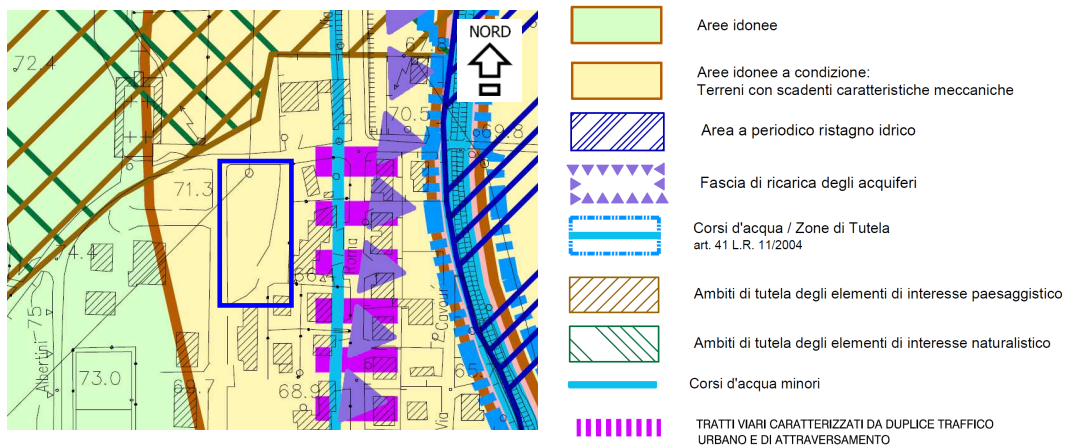


Figura 4. Estratto dalla “Tavola AG121\_PI” del Piano di gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali

La “Carta delle Fragilità” allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Verona (P.T.C.P. – Tavola 2a - scala 1:50.000) non indica alcuna fragilità per l’area in argomento segnalando, invece, un “ambito di attenzione idraulica” poco ad Est, oltre la S.P. n. 16, in sinistra idrografica del Progno di Mezzane.

La “Carta delle Fragilità” della Variante n. 1 al P.A.T.I., per quanto riguarda l’idoneità edificatoria dei terreni, inserisce il sito in esame tra le “aree idonee a condizione: terreni con scendenti caratteristiche meccaniche” ed in prossimità di “tratti viari caratterizzati da duplice traffico urbano e di attraversamento” (cfr. Figura 5. In blu, l’area in esame).

Le altre tavole consultate (“Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale” e “Carta delle Invarianti”) non segnalano vincoli o invarianti di natura geologica nell’area in esame.



**Figura 5.** Estratto dalla “Carta delle Fragilità” della Variante n. 1 al P.A.T.I. (ottobre 2018)

### 3 – DESCRIZIONE INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto (a cura dell'Arch. Francesca Aldegheri), prevede la realizzazione di un P.U.A. per la costruzione di un fabbricato residenziale plurifamiliare, che verrà inserito entro un'area attualmente incolta e parzialmente asfaltata sul lato orientale (cfr. figure sotto con, in rosso, il perimetro del P.U.A.).



**Figura 6.** Planimetria generale di intervento: confronto tra stato attuale e di progetto con indicato (in rosso) il limite del P.U.A.

Il limite del PUA, indicato in rosso nelle figure precedenti, presenta una superficie di 2.989 mq.

Nel presente studio, sono state considerate anche le aree verdi immediatamente esterne a tale perimetrazione (evidenziate in verde), ma ricomprese nel progetto complessivo.

L'area interessata risulta, quindi, pari a 3.068 mq.

I principali dati dimensionali utilizzati per questo studio, sono i seguenti:

Stato originario	
Area agricola / incolta	mq 2.294,0
Superficie pavimentata (asfalto)	mq 774,0
Superficie totale	<b>mq 3.068,0</b>

Stato di Progetto	
Aree verdi	mq 1.506,0
Coperture, strade asfaltate, cordoli, altre superfici non permeabili	mq 1.316,0
Superfici semipermeabili, grigliati	mq 246,0
Superficie totale	<b>mq 3.068,0</b>

## 4 – PARAMETRI IDROLOGICI ED IDRAULICI

### 4.1 – Premessa

Il calcolo della portata di pioggia passa attraverso tre fondamentali stadi processuali: la determinazione dell'afflusso meteorico lordo, la determinazione dell'afflusso meteorico netto e la trasformazione degli afflussi in deflussi.

### 4.2 – Determinazione dell'afflusso meteorico

#### 4.2.1 - Tempo di ritorno

Per quanto riguarda l'afflusso meteorico lordo, è utile valutare preliminarmente il tempo di ritorno da utilizzare compatibilmente con la tipologia realizzativa in progetto; per l'intervento in oggetto, si assume un Tempo di ritorno  $T_r$  pari a 50 anni, come indicato dalla D.G.R.V. n. 2948/2009.

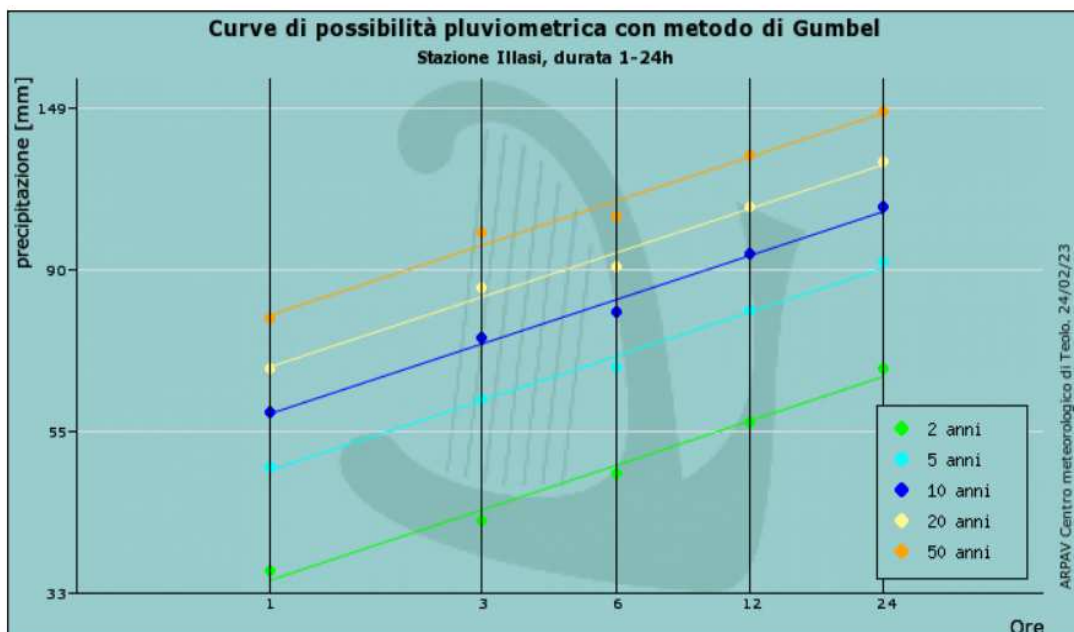
#### 4.2.2 - Raccolta ed elaborazione dei dati pluviometrici

Per il calcolo dell'altezza di pioggia si sono considerati i dati misurati nella **stazione di Illasi**, disponibili on - line (revisione del 24/02/2023), aggiornati ed elaborati da **ARPAV**. L'equazione per una durata della pioggia > 1 h, con tempo di ritorno pari a 50 anni, è la seguente:

$$H = 78,055 \times t^{0,197}$$

Stazione	Illasi	
Quota	144	m s.l.m.
Coordinata X	1669805	Gauss-Boaga fuso Ovest (EPSG:3003)
Coordinata Y	5036401	
Comune	ILLASI (VR)	
Inizio attività sensore di pioggia 01/01/1992		
Fine attività sensore di pioggia ancora attivo		

Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	34.470	0.197
5 anni	48.461	0.197
10 anni	57.711	0.197
20 anni	66.580	0.197
50 anni	78.055	



#### 4.2.3 – Raggiungimento delle piogge all'area di studio

Le curve di possibilità pluviometrica determinate nel punto precedente, essendo state ricavate elaborando valori massimali annuali, forniscono i valori delle altezze di pioggia (in funzione della durata dell'evento), che ragionevolmente possono essere ritenuti validi in corrispondenza del centro di scroscio.

Per tener conto dell'attenuazione che la pioggia subisce man mano ci si allontana dal centro di scroscio e si estende l'area del bacino interessato, si procede usualmente raggiungendo la pioggia all'area trasformando l'originale curva di possibilità pluviometrica  $h = at^n$  nella curva raggiunta  $h = a't'^n$ .

Nel caso in esame non è stato applicato alcun coefficiente correttivo all'equazione di possibilità pluviometrica, perché la stima dei carichi idraulici prodotti dall'intervento interessa un'area di piccole dimensioni.

#### 4.3 – Determinazione della variazione del coefficiente di deflusso

La portata meteorica lorda  $Ql(t)$  che affluisce ad un bacino di superficie  $S$  durante un evento con intensità  $j(t)$  risulta  $Ql(t) = j(t)S$ . La portata meteorica netta  $Q(t)$  che affluisce alla rete di smaltimento è inferiore perché una parte dell'acqua evapora, viene intercettata o trattenuta dal suolo, riempie piccole cavità e soprattutto penetra per infiltrazione nel terreno.

Per quantificare le perdite si utilizza il cosiddetto coefficiente di deflusso  $\phi$ , che varia da 0 a 1: il valore 0 caratterizza idealmente una superficie infinitamente permeabile che non permette il deflusso superficiale, mentre il valore unitario rappresenta la situazione di superficie impermeabile in cui l'infiltrazione è nulla.

I coefficienti di deflusso previsti dalla D.G.R.V. n. 2948/2009, sono riportati nella seguente tabella:

Superficie scolante	$\Phi$
Aree agricole	0,10
Aree verdi	0,20
Superfici semipermeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta e stabilizzato)	0,60
Superfici impermeabili (coperture, viabilità)	0,90

Prendendo come riferimento quanto riportato in bibliografia, per l'intervento in esame si sono prese in considerazione le due configurazioni, attuale e di progetto, sulla base delle indicazioni fornite, assegnando ad ogni tipo di superficie un idoneo coefficiente di deflusso; si è proceduto, quindi, alla stima del coefficiente di deflusso equivalente, ovvero del coefficiente di deflusso calcolato come media ponderata sulle aree, con la seguente formulazione:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i S_i}{S_{tot}}$$

Svolgendo i calcoli si ottengono, quindi, due coefficienti di deflusso  $\phi$ , uno valido per lo stato attuale e uno per lo stato di progetto, come sintetizzato nella tabella seguente.

STATO ATTUALE			STATO DI PROGETTO		
DESCRIZIONE	S (mq)	$\phi$	DESCRIZIONE	S (mq)	$\phi$
Area agricola / incolta	2.294,0	0,10	Aree verdi	1.506,0	0,20
Superficie pavimentata (asfalto)	774,0	0,90	Coperture, strade asfaltate, cordoli, altre superfici non permeabili	1.316,0	0,90
			Superfici semipermeabili, grigliati	246,0	0,60
<b>TOT</b>	<b>3.068,0</b>	<b>0,302</b>	<b>TOT</b>	<b>3.068,0</b>	<b>0,532</b>

*Il valore del coefficiente di deflusso relativo allo stato di progetto, maggiore di quello calcolato per lo stato attuale, è indice del peggioramento delle caratteristiche di permeabilità dei luoghi, che dovranno essere mitigate adottando i sistemi ritenuti più opportuni.*

#### 4.4 – Calcolo della portata meteorica netta

Per ridurre la complessità dei calcoli necessari alla definizione dell'intera onda di piena, sono stati sviluppati metodi semplificati, che si basano su ietogrammi di progetto ad intensità costante per la durata  $\tau$  dell'evento, correlati a coefficienti di deflusso  $\phi$  parimenti costanti durante l'evento di data durata, in modo tale da ottenere portate di afflusso nette costanti nel tempo per la superficie S in esame.

Nello specifico si è fatto riferimento al Metodo della Corrivazione (o metodo cinematico lineare) che si basa sulle seguenti assunzioni:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in punti diversi del bacino impiegano tempi diversi per arrivare alla sezione di chiusura;
- esiste un tempo di corrivazione  $t_c$  caratteristico del bacino, che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino stesso raggiunga la sezione di chiusura.

La formula che ne individua la portata è:

$$Q = \frac{h\phi S}{\tau} = j\phi S$$

con h e j precedentemente descritti, che assume valore massimo per un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, quando cioè tutto il bacino ha contribuito alla formazione della portata stessa.

Per determinare il tempo di corrivazione  $t_c$  si è utilizzata la formulazione per cui

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione,  $t_a$  = tempo di accesso alla rete,  $t_r$  = tempo di rete.

Calcolato con la formulazione prevista da Mambretti e Paoletti, 1997 (*Il metodo del condotto equivalente nella simulazione del deflusso superficiale in ambiente urbano*, CSDU) e valida per sottobacini fino a 10 ettari, il tempo di accesso può essere espresso come segue:

$$t_a = \left[ \frac{3600^{\frac{n-1}{4}} * 0,5l_i}{s_i^{0,375} (a\phi S_i)^{0,25}} \right]^{\frac{4}{n+3}}$$

$t_a$  = tempo di accesso (s)

$l_i$  = massima lunghezza del deflusso del bacino (m) stimata pari a  $l_i = 19,1 (100 * S_i)^{0,548}$

$s_i$  = pendenza del bacino (m/m)

$\phi$  = coefficiente di deflusso del bacino

$S_i$  = superficie di deflusso del bacino (ha)

$a, n$  = coefficienti dell'equazione di possibilità pluviometrica

Il tempo di rete sarà dato dai tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete alla velocità della corrente, moltiplicato per un coefficiente correttivo pari a 1,5 (Becciu et alii) quindi  $t_r = l_i / 1,5 * V_i$ , dove  $V_i$  = velocità della corrente (m/s).

Superficie $S_i$ (mq)	$S_i$ (ha)	$l_i$ (m)	$\phi$	$s_i$	$a$	$n$	$t_a$ (s)	$t_a$ (h)
3.068,0	0,307	124,69	0,532	0,001	78,055	0,197	260	0,072
Superficie $S_i$ (mq)	$S_i$ (ha)	$l_i$ (m)	$V_i$ (m/s)		$t_r$ (s)		$t_r$ (h)	
3.068,0	0,307	124,69	1,0		83		0,023	
Superficie $S_i$ (mq)	$S_i$ (ha)	$t_a$ (h)	$t_r$ (h)		$t_c$ (h)		$t_c$ (min)	
3.068,0	0,307	0,072	0,023		0,095		5,7	

Di seguito, in ragione delle variazioni di permeabilità delle aree interessate dall'intervento in progetto, quindi dei relativi coefficienti di deflusso, si sono confrontate le portate orarie ed i relativi coefficienti udometrici "u" che affluiscono alla rete idrografica nella situazione attuale, con quelli che affluirebbero nella situazione di progetto prevista dall'intervento.

PORTATE ORARIE E COEFFICIENTI UDOMETRICI CON TR = 50 ANNI PER PRECIPITAZIONI DI DURATA ORARIA				
Superficie S (mq)	u "attuale" (l/s ha)	u "progetto" (l/s ha)	Portata "attuale" (l/s)	Portata "progetto" (l/s)
3.068,0	65,5	115,4	20,1	35,4

## 5 – MITIGAZIONE DELL'IMPATTO IDRAULICO

### 5.1 – Calcolo dei volumi d'invaso temporaneo

Per ottemperare alle finalità di uno studio di compatibilità idraulica è necessario realizzare dei volumi di accumulo superficiali o interrati in grado di invasare temporaneamente le maggiori quantità d'acqua derivanti dall'incremento dell'impermeabilizzazione delle aree. Il predimensionamento dei volumi di accumulo e le verifiche idrauliche, sono state condotte seguendo le indicazioni della D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009, utilizzando diversi metodi.

Le metodologie adottate per la stima dei volumi di mitigazione sono state:

- metodo delle sole piogge;
- metodo cinematico;
- metodo dell'invaso.

#### 5.1.1 – Metodo delle sole piogge

Il *modello delle sole piogge* si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi - deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.

Il volume entrante è determinato in

$$W_e = S \varphi a \theta^n$$

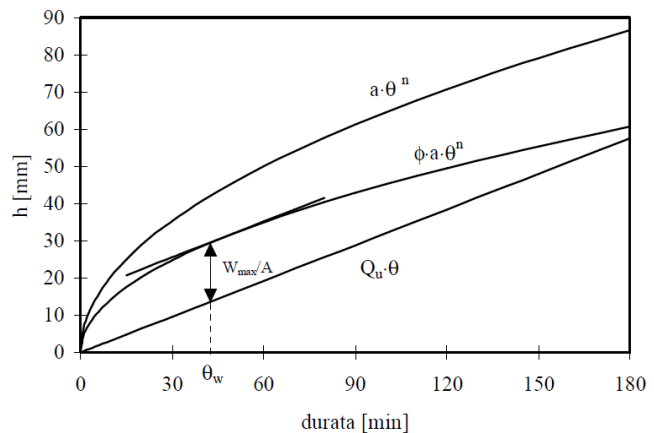
dove

$S$  = superficie del bacino [ha]

$\theta$  = durata della precipitazione [h]

$\varphi$  = coeff. di deflusso

$a, n$  = parametri della curva di possibilità pluviometrica



mentre il volume uscente con evacuazione della vasca a portata costante  $Q_u = Q_{u,max}$  risulta:

$$W_u = Q_{u,max} \theta$$

Il volume massimo da accumulare nella vasca risulta pari alla massima differenza tra le curve e può essere individuato graficamente riportando sul piano  $(h, \theta)$  la curva di possibilità pluviometrica netta:

$$h_{net} = \varphi a \theta^n$$

e la retta rappresentante il volume, riferito all'unità di area di bacino a monte, uscente dalla vasca:

$$h_u = \frac{Q_{u,max}}{S} \theta$$

Esprimendo la condizione di massimo, si ricava la durata critica per la vasca  $\vartheta_w$

$$\vartheta_w = \left( \frac{Q_{u \max}}{S\varphi an} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e il volume

$$W_0 = S\varphi a \left( \frac{Q_{u \max}}{S\varphi an} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{u \max} \left( \frac{Q_{u \max}}{S\varphi an} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Per lo studio in oggetto si è calcolato, per il tempo di precipitazione considerato, il volume d'acqua affluito alla sezione di chiusura nella configurazione attuale e, successivamente, in quella di progetto: la differenza tra le due quantità rappresenta il volume che risulta necessario invasare temporaneamente.

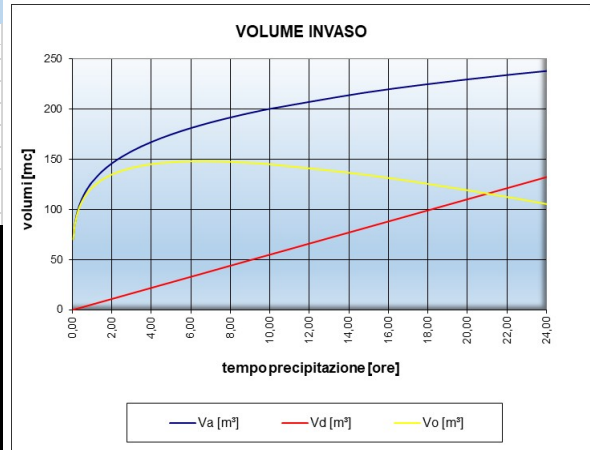
Nella modellazione considerata si ipotizza di concentrare i volumi d'acqua da invasare in corrispondenza della sezione di uscita del bacino.

Il sistema determina, in funzione di una serie di eventi critici considerati (scansione temporale ponderata tra le piogge di varia durata) e della portata di deflusso (**limitata al massimo valore del coefficiente udometrico allo scarico  $u = 5$  (l/sec)/ha, come richiesto dal Consorzio APV con parere espresso per la Variante al P.A.T.I. in data 22/01/2013**), quanto segue:

- altezza di pioggia di durata oraria con  $Tr = 50$  anni
- portata di pioggia affluente ( $Q_a$ ) alla sezione di chiusura calcolata con il metodo cinematico
- portata di deflusso ( $Q_d$ )
- volume di pioggia affluente ( $V_a = Q_p * T_{pioggia}$ )
- volume di pioggia defluito ( $V_d = Q_d * T_{pioggia}$ )
- volume d'invaso temporaneo ( $V_o = \Delta V = V_p - V_d$ )

Nelle immagini seguenti è stata indicata la sintesi del calcolo dei volumi d'invaso che utilizzano un tempo di ritorno di 50 anni.

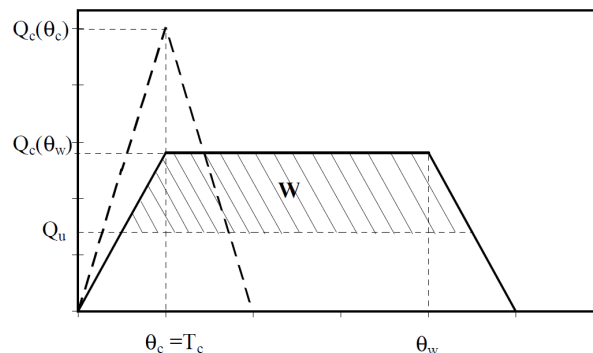
DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO								
metodo delle sole piogge								
tc =	0,095	ore	tc = tempo di corruzione					
S =	0,3068	Ha	S = superficie					
φ =	0,532		φ = coeff. di deflusso					
u =	5,00	l/s/ha	u = portata ammessa allo scarico per ha					
Qd =	1,53	l/s	Qd = portata di deflusso					
a =	78,055		a, n = coeff. linea segnalatrice poss. Climatica					
n =	0,1970							
tempo precip.	linea segnalatrice possibilità climatica		altezza precip.	intensità media	portata affluente	volume affluente	volume defluo	volume invaso
tp [ore]	a	n	h [mm]	j [mmvora]	Qa [l/s]	Va [m³]	Vd [m³]	Vo [m³]
0,05	78,06	0,20	43,3	865,2	392,3	70,6	0,3	70,34
0,10	78,06	0,197	49,6	495,9	224,9	80,9	0,6	80,40
0,20	78,055	0,197	56,8	284,2	128,9	92,8	1,1	91,69
0,30	78,055	0,197	61,6	205,2	93,1	100,5	1,7	98,85
0,40	78,055	0,197	65,2	162,9	73,9	106,4	2,2	104,16
0,50	78,055	0,197	68,1	136,2	61,7	111,1	2,8	108,39
0,60	78,055	0,197	70,6	117,6	53,3	115,2	3,3	111,90
0,70	78,055	0,197	72,8	103,9	47,1	118,8	3,9	114,90
0,80	78,055	0,197	74,7	93,4	42,3	121,9	4,4	117,51
0,90	78,055	0,197	76,5	84,9	38,5	124,8	5,0	119,82
1,00	78,055	0,197	78,1	78,1	35,4	127,4	5,5	121,89
1,50	78,055	0,197	84,5	56,4	25,6	138,0	8,3	129,72
2,00	78,055	0,197	89,5	44,7	20,3	146,1	11,0	135,01
2,50	78,055	0,197	93,5	37,4	17,0	152,6	13,8	138,81
3,00	78,055	0,197	96,9	32,3	14,6	158,2	16,6	141,63
3,50	78,055	0,197	99,9	28,5	12,9	163,1	19,3	143,75
4,00	78,055	0,197	102,6	25,6	11,6	167,4	22,1	145,33
4,50	78,055	0,197	105,0	23,3	10,6	171,4	24,9	146,50
5,00	78,055	0,197	107,2	21,4	9,7	174,9	27,6	147,33
5,50	78,055	0,197	109,2	19,9	9,0	178,3	30,4	147,89
6,00	78,055	0,197	111,1	18,5	8,4	181,3	33,1	148,21
6,50	78,055	0,197	112,9	17,4	7,9	184,2	35,9	148,33
7,00	78,055	0,197	114,5	16,4	7,4	186,9	38,7	148,28
7,50	78,055	0,197	116,1	15,5	7,0	189,5	41,4	148,07
8,00	78,055	0,197	117,6	14,7	6,7	191,9	44,2	147,74
8,50	78,055	0,197	119,0	14,0	6,3	194,2	46,9	147,28
9,00	78,055	0,197	120,3	13,4	6,1	196,4	49,7	146,72
9,50	78,055	0,197	121,6	12,8	5,8	198,5	52,5	146,06
10,00	78,055	0,197	122,9	12,3	5,6	200,5	55,2	145,32
15,00	78,055	0,197	133,1	8,9	4,0	217,2	82,8	134,38
20,00	78,055	0,197	140,8	7,0	3,2	229,9	110,4	119,43
25,00	78,055	0,197	147,2	5,9	2,7	240,2	138,1	102,15
30,00	78,055	0,197	152,5	5,1	2,3	249,0	165,7	83,33
35,00	78,055	0,197	157,2	4,5	2,0	256,7	193,3	63,39
<b>VOLUME INVASO DI PROGETTO [m³] =</b>								<b>148,3</b>



Il volume che risulterà necessario invasare, calcolato con il metodo delle sole piogge, risulta pari a **148,3 mc**. Il volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a **483 mc/ha**.

### 5.1.2 – Metodo cinematico

Con il *metodo cinematico*, i volumi di accumulo sono stati stimati utilizzando la formulazione di *Alfonsi – Orsi (1979)*:



$$W = 10\phi Sa\theta^n + 1.295t_c Q_u^2 \frac{\theta^{1-n}}{\phi Sa} - 3.6Q_u\theta - 3.6Q_u t_c$$

dove:

$W$  = volume della vasca [m<sup>3</sup>]  
 $S$  = superficie del bacino [ha]  
 $\theta$  = durata della precipitazione [h]  
 $t_c$  = tempo di corrivazione [h]  
 $Q_u$  = portata di deflusso in uscita [l/s]  
 $a, n$  = parametri della curva di possibilità pluviometrica

In questo caso, la durata di precipitazione da considerare è quella critica per l'accumulo di progetto; tale durata si determina esplicitando la seguente equazione:

$$2.78n\phi Sa\theta_w^{n-1} + 0.36(1-n)t_c Q_u^2 \frac{\theta_w^{-n}}{\phi Sa} - Q_u = 0$$

Per la validità dei risultati ottenuti, è necessario che la durata critica del bacino drenato e dell'accumulo di progetto siano compatibili con la curva di possibilità pluviometrica adottata. Per l'intervento in esame, si sono ottenuti i seguenti risultati:

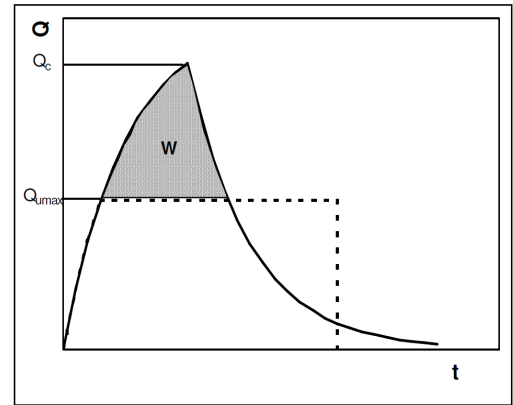
DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO								
metodo cinematico (Alfonsi e Orsi, 1979)								
tc =	0,095	ore			tc =	tempo di corrivazione		
S =	0,3068	Ha			S =	superficie		
φ =	0,532				φ =	coeff. di deflusso		
Qu =	5,00	l/s/ha			Qu =	portata uscente per ha		
a =	78,055				a, n =	coeff. linea segnalatrice poss. Climatica		
n =	0,1970							
tempo precip.	linea segnalatrice possibilità climatica		altezza precip.	intensità media	coefficiente di deflusso	Superficie	portata in uscita	volume invaso
tp [ore]	a	n	h [mm]	j [mm/ora]		[Ha]	Qu [l/s]	Vo [m <sup>3</sup> ]
0,05	78,055	0,197	43,3	865,2	0,532	0,3068	1,53	69,81
0,10	78,055	0,197	49,6	495,9	0,532	0,3068	1,53	79,87
0,20	78,055	0,197	56,8	284,2	0,532	0,3068	1,53	91,16
0,30	78,055	0,197	61,6	205,2	0,532	0,3068	1,53	98,33
0,40	78,055	0,197	65,2	162,9	0,532	0,3068	1,53	103,64
0,50	78,055	0,197	68,1	136,2	0,532	0,3068	1,53	107,87
0,60	78,055	0,197	70,6	117,6	0,532	0,3068	1,53	111,38
0,70	78,055	0,197	72,8	103,9	0,532	0,3068	1,53	114,38
0,80	78,055	0,197	74,7	93,4	0,532	0,3068	1,53	117,00
0,90	78,055	0,197	76,5	84,9	0,532	0,3068	1,53	119,31
1,00	78,055	0,197	78,1	78,1	0,532	0,3068	1,53	121,38
1,50	78,055	0,197	84,5	56,4	0,532	0,3068	1,53	129,22
2,00	78,055	0,197	89,5	44,7	0,532	0,3068	1,53	134,51
2,50	78,055	0,197	93,5	37,4	0,532	0,3068	1,53	138,32
3,00	78,055	0,197	96,9	32,3	0,532	0,3068	1,53	141,15
3,50	78,055	0,197	99,9	28,5	0,532	0,3068	1,53	143,27
4,00	78,055	0,197	102,6	25,6	0,532	0,3068	1,53	144,86
4,50	78,055	0,197	105,0	23,3	0,532	0,3068	1,53	146,04
5,00	78,055	0,197	107,2	21,4	0,532	0,3068	1,53	146,88
5,50	78,055	0,197	109,2	19,9	0,532	0,3068	1,53	147,44
6,00	78,055	0,197	111,1	18,5	0,532	0,3068	1,53	147,76
6,50	78,055	0,197	112,9	17,4	0,532	0,3068	1,53	147,89
7,00	78,055	0,197	114,5	16,4	0,532	0,3068	1,53	147,85
7,50	78,055	0,197	116,1	15,5	0,532	0,3068	1,53	147,65
8,00	78,055	0,197	117,6	14,7	0,532	0,3068	1,53	147,32
8,50	78,055	0,197	119,0	14,0	0,532	0,3068	1,53	146,87
9,00	78,055	0,197	120,3	13,4	0,532	0,3068	1,53	146,31
9,50	78,055	0,197	121,6	12,8	0,532	0,3068	1,53	145,66
10,00	78,055	0,197	122,9	12,3	0,532	0,3068	1,53	144,92
15,00	78,055	0,197	133,1	8,9	0,532	0,3068	1,53	134,04
20,00	78,055	0,197	140,8	7,0	0,532	0,3068	1,53	119,14
25,00	78,055	0,197	147,2	5,9	0,532	0,3068	1,53	101,91
30,00	78,055	0,197	152,5	5,1	0,532	0,3068	1,53	83,13
35,00	78,055	0,197	157,2	4,5	0,532	0,3068	1,53	63,24
<b>VOLUME INVASO DI PROGETTO [m<sup>3</sup>] = 147,9</b>								

Il volume che risulterà necessario invasare, calcolato con il metodo delle sole piogge, risulta pari a **147,9 mc**. Il volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a **482 mc/ha**.

### 5.1.3 – Metodo dell'invaso [Moriggi e Zampaglione - 1978]

La metodologia dell'invaso si basa sulla schematizzazione del bacino afferente come un serbatoio lineare di costante d'invaso  $K$ , interessato da una precipitazione costante di durata  $\theta$  ed avente un coefficiente di deflusso  $\varphi$  costante durante tutto l'evento.

Sulla base di tale ipotesi, si può dimostrare che, fissato il rapporto  $m$  tra la massima portata entrante e quella uscente, la durata critica  $\theta_w$  ed il corrispondente volume



da assegnare alla vasca  $W$  si possono ottenere mediante le seguenti espressioni:

$$W = \varphi S a \theta_w^n \left[ 0.95 - \left( \frac{1}{m} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}$$

dove:

$$m = \frac{Q_{in,max}}{Q_{out,max}}$$

$$Q_{in,max} = 0.65 \varphi a K^{n-1} S$$

$$K = 0.7 t_c$$

$$\theta_w = \frac{1}{C} \left( \frac{Q_{out,max}}{\varphi n a S} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$C = \frac{0.165n}{\frac{1}{m} + 0.01} - \frac{\frac{1}{m} - 0.1}{30} + 0.5$$

Il volume che risulterà necessario invasare, calcolato con il metodo dell'invaso proposto da Moriggi e Zampaglione (1978), risulta pari a **137,2 mc**.  
Il volume d'invaso per ettaro d'intervento è pari a **447 mc/ha**.

## 5.2 – Interventi di mitigazione

In ragione di quanto fin qui esposto, risulta necessario operare con interventi di mitigazione idraulica progettati considerando quanto segue:

- ❑ la morfologia dell'area di intervento;
- ❑ la presenza di terreni superficiali aventi caratteristiche di permeabilità generalmente bassa / molto bassa;
- ❑ le informazioni bibliografiche sulla falda, collocano la stessa ad una profondità indicativamente superiore a 20 m dal p.c.;
- ❑ la presenza di un ricettore dove poter collettare le acque bianche.

In sostanza, si propone di realizzare una vasca di laminazione in grado di invasare l'aggravio idraulico conseguente all'urbanizzazione dell'area, con recapito finale nel fosso S. Ambrogio, tramite il ricettore di via Castello individuato dal Progettista del P.U.A. in oggetto.

Dalle valutazioni effettuate, il volume minimo risulta di 148,3 mc, ottenuto con il metodo delle sole piogge con un volume d'invaso per ettaro pari a 483 mc/ha; si ritiene, pertanto, di ottemperare alle prescrizioni contenute nella Relazione di Compatibilità Idraulica del P.A.T.I. che prevede un volume specifico minimo da garantire di **484,7 mc/ha**, per cui il volume di invaso minimo risulta di 148,7 mc.

La scelta del punto di scarico dovrà essere effettuata dopo aver eseguito un opportuno rilievo topografico per verificare la quota e le caratteristiche del ricettore, in modo da valutare le modalità di scarico, in accordo con gli enti gestori degli stessi e nel rispetto delle normative vigenti.

## 6 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Riassumendo quanto esposto nel presente studio, risulta che l'intervento in progetto comporta un peggioramento, dal punto di vista dell'impatto idraulico, della situazione attuale.

In tal senso, al fine di utilizzare al meglio le superfici di progetto, senza perturbare l'assetto idraulico ed idrogeologico locale, sono state proposte le seguenti misure mitigatorie:

- **realizzazione di un sistema di accumulo** per invasare temporaneamente un volume complessivo minimo di **148,7 mc**, corrispondente ad un volume di invaso specifico pari a **484,7 mc/ha**;
- **recapito dell'acqua nel fosso S. Ambrogio, tramite il ricettore di via Castello, proponendo una portata pari al massimo valore del coefficiente udometrico allo scarico  $u = 5$  (l/sec)/ha, come richiesto dal Consorzio APV con parere espresso per la Variante al P.A.T.I. in data 22/01/2013. La portata di scarico sarà quindi pari a  $5$  (l/sec)/ha x  $S = 1,53$  l/s.**

Si rende, quindi, indispensabile eseguire un rilievo altimetrico del ricettore, in rapporto alle modalità esecutive delle opere, per scegliere il punto più idoneo allo scarico ed ottimizzare le modalità realizzative del sistema previsto; in futuro, dovrà essere garantita la pulizia periodica del bacino di laminazione e del manufatto di regolazione della portata in uscita, per assicurarne la capacità e l'efficienza.

Si ricorda che tale previsione è stata fatta sulla scorta dei parametri urbanistici generali forniti dal Progettista; nelle fasi successive, essa dovrà essere rivista per definire correttamente le opere di mitigazione idraulica, sulla base delle effettive modifiche che saranno apportate all'area in esame.

Si precisa che, **per quanto riguarda gli aspetti qualitativi degli scarichi e per la corretta definizione e dimensionamento dell'area impermeabile**, si dovrà fare riferimento a quanto disposto all'art. 39 del *Piano di Tutela delle Acque Approvato con la Deliberazione del Consiglio Regionale della Regione Veneto n. 107 del 5 novembre 2009* e alla *D.G.R. del Veneto n. 80 del 27/01/2011 "Norme Tecniche di attuazione del Piano di Tutela delle Acque – Linee guida Applicative"* e s.m.i. e, in generale, alle norme sugli scarichi contenute nel D. Lgs. 152/2006 e nel PTA Veneto stesso.

### **BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

- Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. Direttiva 2007/60/CE – D. Lgs. 23/02/2010 n. 49.
- Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige – Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico. Bacino dell'Adige. Regione Veneto.
- Comune di Lavagno – Elaborati vari allegati al P.A.T.I. e al P.I.
- G. Becciu – A. Paoletti: “Esercitazioni di costruzioni idrauliche” – CEDAM 2005
- L. Da Deppo – C. Datei: “Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali” – Ed. Bios, 1999
- L. Da Deppo – C. Datei: “Fognature” – Istituto di idraulica “Poleni” - Università degli Studi di Padova, 1996
- Paoletti: “Sistemi di fognatura e drenaggio urbano” – CUSL, Milano 1998

### **CARTOGRAFIA**

- C.T.R. della Regione Veneto alla Scala 1:5.000 - Elemento n. 124141 “Lavagno”
- Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:100.000 – Foglio n. 49 “Verona”
- Carta Geologica dei Lessini Centro Occidentali (Zampieri – Zorzin) Scala 1:40.000

### **ALLEGATI**

- Allegato n. 1 – Corografia Scala 1:5.000
- Allegato n. 2 – Restituzione dati delle prove penetrometriche pregresse
- Allegato n. 3 – Stratigrafia delle trincee esplorative pregresse



Dott. Geol. Davide Dal Degan  
Via Strà n. 116 - Caldiero (Verona)



Area in esame



# PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT)

*Penetrometro statico Deep Drill SP100 Special da 100kN - punta meccanica modello Begemann; diametro del cono di punta 35.7 mm; area della punta conica 10 cmq; angolo di apertura del cono 60°; area laterale del manicotto 150 cmq; velocità di avanzamento della punta 2 cm/s*

## ELENCO DEGLI ELABORATI

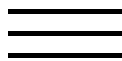
- Stima litologica
- Diagramma profondità / Rp; RI; F - Stratigrafia

## GRANDEZZE

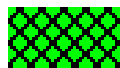
Rp	= Resistenza alla punta	kg/cmq
RI	= Resistenza unitaria di attrito laterale locale	kg/cmq
Rf	= Rapporto delle resistenze RI / Rp (Friction Ratio)	%
L	= Classificazione dei terreni (Schmertmann, 1978; Begemann - A.G.I.)	
F	= Indice granulometrico (rapporto Rp / RI)(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I.1977)	

T - Ao	= Torbe ed argille organiche (F<=15)
L - A	= Limi ed argille (15<F<=30)
Ls - Sl	= Limi sabbiosi e sabbie limose (30<F<=60)
S - SG	= Sabbie e sabbie con ghiaia (F>60)

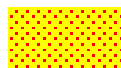
A0	= argille organiche e terreni misti
A1	= argille inorganiche - consistenza molto bassa
A2	= argille inorganiche - consistenza bassa
A3	= argille inorganiche - media
A4	= argille inorganiche - compatte
A5	= argille inorganiche - molto compatte
ASL	= argille sabbiose e limose
SAL	= sabbie argillose e limi
LS	= limi e sabbie
S0	= sabbia sciolta
S1	= sabbia mediamente addensata
S2	= sabbia addensata o cementata
SG	= sabbie fossilifere - sabbie e ghiaie



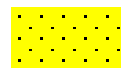
A



ASL



SAL

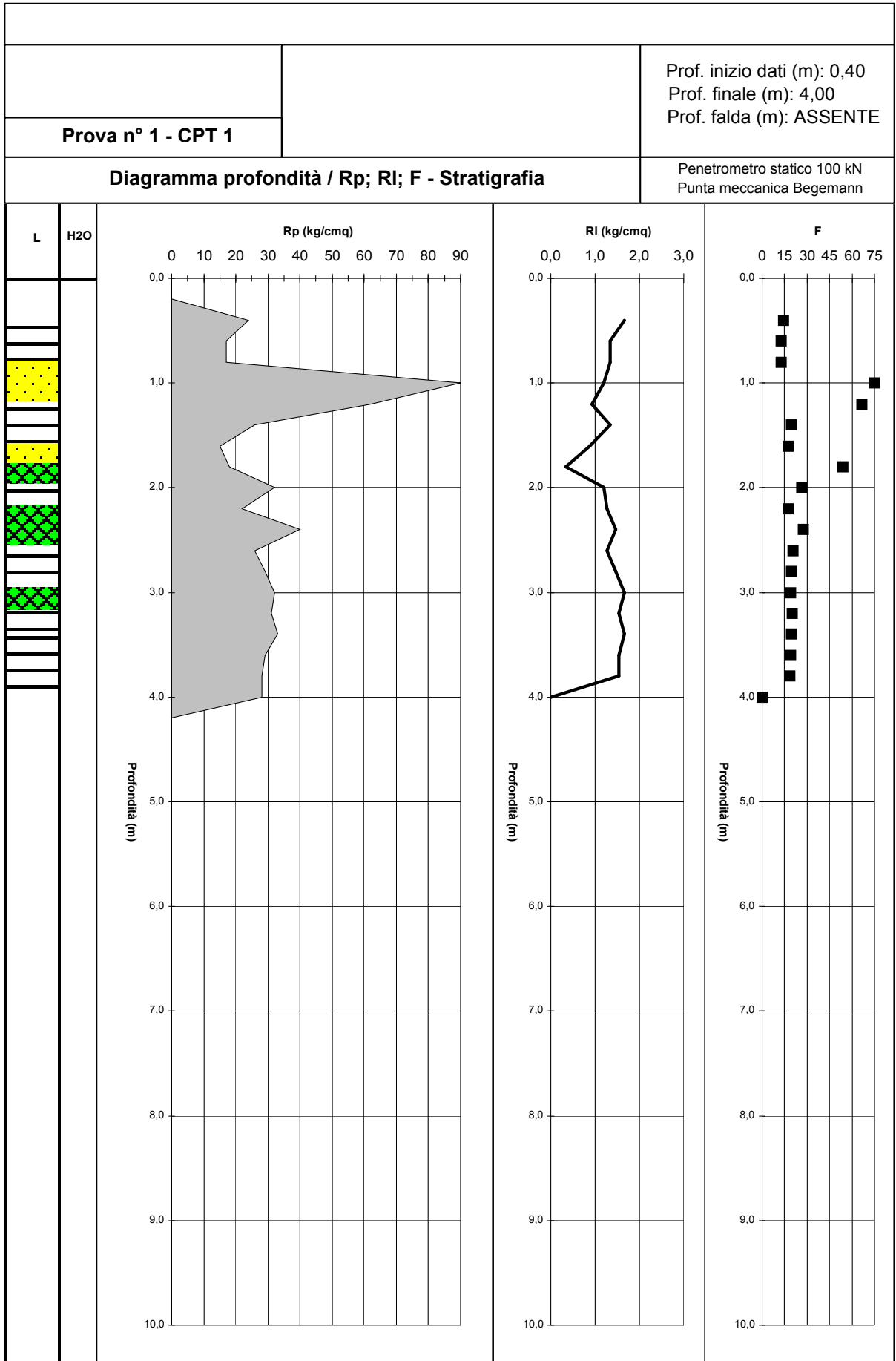


LS - S - SG

*Suddivisioni Litologia L Schmertmann riportata nei grafici*

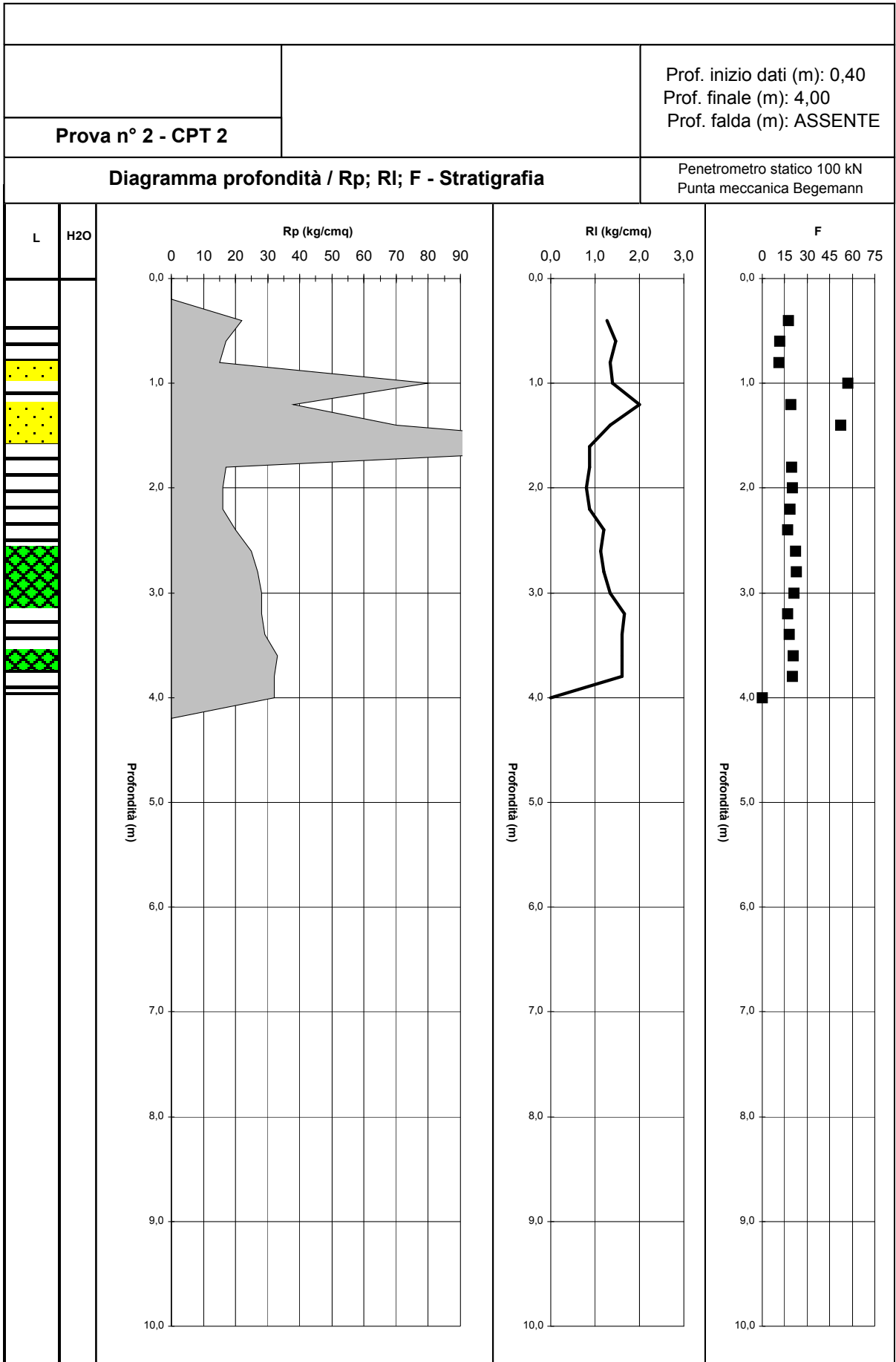
COMMITTENTE: IMMOBILIARE LUCIA S.N.C INDIRIZZO: P.U.A.VIA CASTELLO	LOC.: SAN PIETRO DI LAVAGNO (VR) DATA: 09 FEBBRAIO 2009	Prof. inizio dati (m) : 0,40 Prof. finale (m) : 4,00
<b>Prova n° 1 - CPT 1</b>	Penetrometro statico 100 kN Punta meccanica Begemann	Prof. falda (m): ASSENTE
<b>STIMA LITOLOGICA</b>		

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	RI (kg/cmq)	Rf (%)	F	L		Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	RI (kg/cmq)	Rf (%)	F	L	
					Schmertmann '78	A.G.I.77						Schmertmann '78	A.G.I.77
0,20							10,20						
0,40	24	1,667	6,9	14			10,40						
0,60	17	1,333	7,8	13	Ao	T - Ao	10,60						
0,80	17	1,333	7,8	13	Ao	T - Ao	10,80						
1,00	90	1,200	1,3	75	S1	S - SG	11,00						
1,20	62	0,933	1,5	66	S1	S - SG	11,20						
1,40	26	1,333	5,1	20	A5	L - A	11,40						
1,60	15	0,867	5,8	17	A4	L - A	11,60						
1,80	18	0,333	1,9	54	S0	LS - SL	11,80						
2,00	32	1,200	3,8	27	ASL	L - A	12,00						
2,20	22	1,267	5,8	17	A5	L - A	12,20						
2,40	40	1,467	3,7	27	ASL	L - A	12,40						
2,60	26	1,267	4,9	21	ASL	L - A	12,60						
2,80	29	1,467	5,1	20	A5	L - A	12,80						
3,00	32	1,667	5,2	19	A5	L - A	13,00						
3,20	31	1,533	4,9	20	ASL	L - A	13,20						
3,40	33	1,667	5,1	20	A5	L - A	13,40						
3,60	29	1,533	5,3	19	A5	L - A	13,60						
3,80	28	1,533	5,5	18	A5	L - A	13,80						
4,00	28	1,533	5,5	18	A5	L - A	14,00						
4,20							14,20						
4,40							14,40						
4,60							14,60						
4,80							14,80						
5,00							15,00						
5,20							15,20						
5,40							15,40						
5,60							15,60						
5,80							15,80						
6,00							16,00						
6,20							16,20						
6,40							16,40						
6,60							16,60						
6,80							16,80						
7,00							17,00						
7,20							17,20						
7,40							17,40						
7,60							17,60						
7,80							17,80						
8,00							18,00						
8,20							18,20						
8,40							18,40						
8,60							18,60						
8,80							18,80						
9,00							19,00						
9,20							19,20						
9,40							19,40						
9,60							19,60						
9,80							19,80						
10,00							20,00						



COMMITTENTE: IMMOBILIARE LUCIA S.N.C	LOC.: SAN PIETRO DI LAVAGNO (VR)	Prof. inizio dati (m) : 0,40
INDIRIZZO: P.U.A.VIA CASTELLO	DATA: 09 FEBBRAIO 2009	Prof. finale (m) : 4,00
<b>Prova n° 2 - CPT 2</b>	Penetrometro statico 100 kN	Prof. falda (m): ASSENTE
	Punta meccanica Begemann	
<b>STIMA LITOLOGICA</b>		

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	RI (kg/cmq)	Rf (%)	F	L		Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	RI (kg/cmq)	Rf (%)	F	L	
					Schmertmann '78	A.G.I.77						Schmertmann '78	A.G.I.77
0,20							10,20						
0,40	22	1,267	5,8	17			10,40						
0,60	17	1,467	8,6	12	Ao	T - Ao	10,60						
0,80	15	1,333	8,9	11	Ao	T - Ao	10,80						
1,00	80	1,400	1,8	57	S1	LS - SL	11,00						
1,20	38	2,000	5,3	19	A5	L - A	11,20						
1,40	70	1,333	1,9	53	S1	LS - SL	11,40						
1,60	150	0,867	0,6	173	SG	S - SG	11,60						
1,80	17	0,867	5,1	20	A4	L - A	11,80						
2,00	16	0,800	5,0	20	A4	L - A	12,00						
2,20	16	0,867	5,4	18	A4	L - A	12,20						
2,40	20	1,200	6,0	17	A5	L - A	12,40						
2,60	25	1,133	4,5	22	A5	L - A	12,60						
2,80	27	1,200	4,4	23	ASL	L - A	12,80						
3,00	28	1,333	4,8	21	ASL	L - A	13,00						
3,20	28	1,667	6,0	17	ASL	L - A	13,20						
3,40	29	1,600	5,5	18	A5	L - A	13,40						
3,60	33	1,600	4,8	21	A5	L - A	13,60						
3,80	32	1,600	5,0	20	ASL	L - A	13,80						
4,00	33	1,600	4,8	21	A5	L - A	14,00						
4,20							14,20						
4,40							14,40						
4,60							14,60						
4,80							14,80						
5,00							15,00						
5,20							15,20						
5,40							15,40						
5,60							15,60						
5,80							15,80						
6,00							16,00						
6,20							16,20						
6,40							16,40						
6,60							16,60						
6,80							16,80						
7,00							17,00						
7,20							17,20						
7,40							17,40						
7,60							17,60						
7,80							17,80						
8,00							18,00						
8,20							18,20						
8,40							18,40						
8,60							18,60						
8,80							18,80						
9,00							19,00						
9,20							19,20						
9,40							19,40						
9,60							19,60						
9,80							19,80						
10,00							20,00						



<b>Committente:</b> IMMOBILIARE LUCIA S.N.C.	<b>Data:</b>	Trincea esplorativa	<b>A</b>
<b>Cantiere:</b> P.U.A. VIA CASTELLO - S. PIETRO DI LAVAGNO	21/02/09		

PROF. DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PP	VT	L.S.
0,0 – 0,8	Terreno vegetale limoso argilloso e terreno rimaneggiato	-	-	-
0,8 – 1,2	Ripporto di ghiaie e ciottoli con matrice argilloso sabbiosa	-	-	
1,2 – 1,5	Ripporto di argille grigiastre con resti vegetali ed elementi calcarei inclusi	-	-	
1,5 – 4,5	Argille e argille limose con inclusi calcarei di piccole dimensioni (ghiaietto / sabbia grossa). Rari ciottoli calcarei. La percentuale di elementi calcarei inclusi aumenta con la profondità	200 - 250	120 – 140	

P.C. piano campagna attuale PP Prova Pocket Penetrometer (kPa) VT Prova con scissometro tascabile (kPa) L.S. Livello statico falda da p.c. (m)

#### NOTE

- Verticalità dello scavo mantenuta a breve termine
- Non si sono verificate venute d'acqua di alcun tipo

#### TRINCEA ESPLORATIVA



#### UBICAZIONE TRINCEA



#### CUMULO DI SCAVO



<b>Committente:</b> IMMOBILIARE LUCIA S.N.C.	<b>Data:</b>	Trincea esplorativa	<b>B</b>
<b>Cantiere:</b> P.U.A. VIA CASTELLO - S. PIETRO DI LAVAGNO	21/02/09		

PROF. DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PP	VT	L.S.
0,0 – 0,4	Terreno vegetale limoso argilloso, terreno rimaneggiato e riporto di ghiaie e ciottoli	-	-	-
0,4 – 0,6	Riporto di argille grigiastre con resti vegetali ed elementi calcarei inclusi	-	-	
0,6 – 4,5	Argille e argille limose con pochi inclusi calcarei di piccole dimensioni (ghiaietto / sabbia grossa). Livello a maggior percentuale di elementi calcarei tra 0,8 m ed 1,5 m	200 - 250	120 – 140	

P.C. piano campagna attuale PP Prova Pocket Penetrometer (kPa) VT Prova con scissometro tascabile (kPa) L.S. Livello statico falda da p.c. (m)

#### NOTE

- Verticalità dello scavo mantenuta a breve termine
- Non si sono verificate venute d'acqua di alcun tipo

#### TRINCEA ESPLORATIVA



#### UBICAZIONE TRINCEA



#### CUMULO DI SCAVO



<b>Committente:</b> IMMOBILIARE LUCIA S.N.C.	<b>Data:</b>	<b>Trincea esplorativa</b>	<b>C</b>
<b>Cantiere:</b> P.U.A. VIA CASTELLO - S. PIETRO DI LAVAGNO	21/02/09		

PROF. DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PP	VT	L.S.
0,0 – 0,3	Terreno vegetale limoso argilloso	-	-	-
0,3 – 1,9	Argille e argille limose con pochi inclusi calcarei di piccole dimensioni (ghiaietto / sabbia grossa) e rari ciottoli calcarei. Livello a maggior percentuale di elementi calcarei tra 0,8 m ed 1,5 m, come in TB	-	-	
1,9 – 3,6	Argille e argille limose con sporadici inclusi calcarei di piccole dimensioni (ghiaietto / sabbia grossa)	300	140 – 160	
3,6 – 4,8	Limi argillosi e, verso fondo scavo (da circa 4,6 m), limi sabbiosi	200 - 250 (fino a 4,6 m)	120 – 140 (fino a 4,6 m)	

P.C. piano campagna attuale PP Prova Pocket Penetrometer (kPa) VT Prova con scissometro tascabile (kPa) L.S. Livello statico falda da p.c. (m)

#### NOTE

- Verticalità dello scavo mantenuta a breve termine
- Non si sono verificate venute d'acqua di alcun tipo

#### TRINCEA ESPLORATIVA



#### UBICAZIONE TRINCEA



#### CUMULI DI SCAVO



da 0,3 m a  
3,6 m



da 3,6 m a  
4,8 m