

DERIVAZIONE IDROELETTRICA SUL FIUME ADDA a valle del nuovo ponte sulla SS591

"Piccola derivazione" ai sensi dell'art. 6 del R.D. 1775/1933

Valutazione di impatto ambientale artt. 23-24-25-26 D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii

CONTRODEDUZIONI

Relazione di monitoraggio della falda

DATA PROGETTO	CONTRODEDUZIONI	SCALA	ELABORATO
Dicembre 2012	Giugno 2014		02.2

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROPONENTE

Capellino
Studio di Ingegneria

STUDIO DI INGEGNERIA
Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO

Via Rosa Bianca, 18
12084 Mondovì - (CN)
☎ 0174/551247
335/6560172

✉ studiocapellino@alice.it

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A647 Dott. Ing. Antonio Capellino

Dott. Arch. DANIELE BORGNA

Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 339-3131477

✉ arch.borgna@virgilio.it

Geom. ALBERTO BALSAMO

S.S. 28 Nord, 6 - 12084 Mondovì (CN)

☎ 347-4097196

✉ alberto.balsamo@geopec.it

Dott. Ing. ALBERTO BONELLO

Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)

☎ 328-4541205

✉ alberto.bonello@ingpec.eu



Sis.Co. In.

Dott. Ing. BARTOLOMEO DOMINICI

Via Bucci, 2
10022 CARMAGNOLA - (TO)

☎ 011/9711820

337-221887

✉ ing.dominici@virgilio.it



Studio Sintesi
Ingegneria e Paesaggio

Dott. Agr. STEFANO ASSONE

Via Mongrando, 41/a - 10153 Torino

☎ 011/6598961

✉ stefano.assone@studio-sintesi.com

Dott. Geol. LUCA ARIONE

Via Principe Tommaso, 99 - 10125 Torino

☎ 011/6599131

✉ luca.arione@geopec.it



EDISON S.p.a.

Sede Legale:

Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano
Partita IVA 12921540154

☎ 02/6222.7534

02/6222.8480

www.edison.it

✉ PEC: asee@pec.edison.it

INDICE

1. Premessa.....	2
2. Inquadramento geografico del sito.....	2
3. Inquadramento geologico.....	3
4. Inquadramento idrogeologico	4
5. Rete di monitoraggio della falda libera.....	5
5.1 Reti di monitoraggio esistenti.....	7
5.2 Sistema di acquisizione dati.....	8
6. Letture piezometriche	9
7. Implementazione della rete di monitoraggio	10
8. Prime valutazioni idrogeologiche	10

APPENDICE A - monografie dei piezometri

APPENDICE B - stratigrafie dei piezometri

1. Premessa

La presente relazione tecnica illustra la rete di monitoraggio del livello piezometrico della falda nel territorio interessato dalla realizzazione della “Derivazione idroelettrica sul Fiume Adda a valle del nuovo ponte sulla SS591” nei Comuni di Bertonico (LO) e Ripalta Arpina (CR), Proponente Edison S.p.A..

L’attività di monitoraggio del livello piezometrico della falda libera è finalizzata al raggiungimento di seguenti obiettivi:

- integrazione dei dati piezometrici già disponibili;
- monitoraggio della falda “ante operam”, al fine di valutare le oscillazioni stagionali della falda;
- monitoraggio del livello piezometrico “post operam”.

La rete di monitoraggio, attualmente in fase di completamento, è stata progettata secondo i seguenti criteri:

1. acquisizione e revisione critica della documentazione idrogeologica disponibile per il territorio;
2. definizione di un primo schema della rete sulla base dei dati esistenti;
3. verifica delle condizioni dei punti di controllo scelti, sulla base di:
 - disponibilità delle aree
 - accessibilità dei siti;
4. ridefinizione dello schema della rete a seguito delle verifiche effettuate al punto 3;
5. definizione del metodo di acquisizione e archiviazione informatica dei dati piezometrici;
6. esecuzione dei piezometri di controllo;
7. implementazione ed ottimizzazione delle rete.

Sono stati quindi appositamente realizzati n. 7 piezometri a tubo aperto, con installazione di un trasduttore di pressione con datalogger per l’acquisizione in continuo dei dati di soggiacenza della falda.

2. Inquadramento geografico del sito

L’area di intervento è sita sul Fiume Adda, poco a valle della confluenza con il Fiume Serio, in un settore di confine tra i comuni di Bertonico, Ripalta Arpina, Gombito e Montodine.

Il tratto di Fiume Adda in questione appartiene al ramo sublacuale, emissario del Lago di Como e maggiore tributario sinistro del Fiume Po. In particolare l'intervento andrà ad interessare l'ansa di un ampio meandro, circa 500 m a valle del nuovo ponte realizzato sulla SS 591.

3. Inquadramento geologico

L'area ricade nella porzione cremonese della Pianura Padana, settore della pianura prodotto dal riempimento di sedimenti sciolti di età quaternaria, di origine prevalentemente fluviale.

L'ambiente attuale deriva essenzialmente dall'intensa opera di erosione, trasporto e deposizione operata dal sistema idrografico del Fiume Po e dei suoi affluenti, oltre alle glaciazioni ed ai fenomeni di subsidenza differenziali in corrispondenza di sinclinali e anticlinali sepolte.

L'intero territorio in esame è caratterizzato dall'affioramento di depositi fluviali di ambiente continentale risalenti al Quaternario, successivo alla glaciazione wurmiana.

Le formazioni geologiche quaternarie che affiorano nel territorio sono:

Fluvioglaciale e fluviale Wurm - Pleistocene sup.

Si tratta di alluvioni fluvioglaciali e fluviali costituiti da depositi continentali prevalentemente sabbiosi con sottili intercalazioni limoso-sabbiose e lenti sabbioso-ghiaiose, caratterizzate da uno strato di alterazione bruno, di debole spessore.

Alluvioni antiche - Olocene

Si tratta di alluvioni sabbioso-ghiaioso e argilloso limose, postglaciali, antiche.

Alluvioni medio recenti - Olocene.

Si tratta di sedimenti più recenti costituiti principalmente da depositi limosi, localmente sabbiosi e ghiaiosi. Si estendono all'interno della valle dell'Adda e del Serio Morto.

Alluvioni attuali - Olocene

Si tratta di depositi alluvionali collocati in prossimità ed all'interno dell'alveo dei fiumi, generalmente ghiaioso-sabbiosi e ghiaiosi con presenza di sedimenti più fini (limoso-argillosi) nelle zone maggiormente depresse e caratterizzate da ristagni d'acqua.

I terreni fluviali e fluvioglaciali poggiano su un substrato di depositi di origine fluvio-lacustre di età compresa tra il Pliocene medio-superiore ed il Pleistocene inferiore (Villafranchiano).

Sotto l'aspetto geologico l'area è dunque caratterizzata dalla sovrapposizione di una coltre di depositi fluviali e fluvioglaciali continentali su di un substrato di sedimenti villafranchiani fluvio-lacustri, con un assetto così schematizzabile:

Depositi fluviali e fluvioglaciali

I depositi fluviali e fluvioglaciali, corrispondenti a sabbia, sabbia con ghiaia e livelli limosi, presentano spessore dell'ordine di parecchie decine di metri.

Sedimenti villafranchiani di substrato

I sedimenti villafranchiani di substrato, intercettati dalle perforazioni eseguite per pozzi per acqua in profondità inferiormente ai depositi continentali, sono costituiti da un'alternanza di livelli di sedimenti a granulometria grossolana (ghiaia e sabbia) ed a granulometria fine (limi ed argille).

4. Inquadramento idrogeologico

In accordo con l'assetto geologico del territorio, descritto al Cap. 3, l'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato dalla sovrapposizione di due complessi idrogeologici distinti, riportati di seguito dall'alto verso il basso:

- **1° Complesso o Complesso Superficiale:** È formato dai depositi fluviali e fluvioglaciali, corrispondenti a sabbia, sabbia con ghiaia e livelli limosi, con spessore dell'ordine di parecchie decine di metri. Questo complesso è delimitato inferiormente da livelli argillosi che costituiscono un setto impermeabile di separazione dagli acquiferi profondi.

Si tratta di depositi caratterizzati da valori di permeabilità elevati in funzione della granulometria sabbiosa e ghiaiosa (stimabili in $k = 10^{-4}$ m/s), che sono sede della falda libera in diretta connessione coi corsi d'acqua superficiali.

Secondo i dati di bibliografia, forniti dagli Studi Geologici allegati ai P.G.T. dei comuni circostanti, l'andamento della superficie piezometrica libera risente, oltreché della piovosità sul territorio e delle pratiche stagionali delle colture agricole, dell'azione drenante esercitata dal fiume Adda e dalla presenza di paleomeandri che modificano localmente la direzione di deflusso delle acque sotterranee.

Nella allegata tavola scala 1 : 10.000 è riportato l'andamento piezometrico della falda, come definito dai P.T.G. dei Comuni di Montodine e Bertinico

La superficie piezometrica individua un asse di drenaggio orientato SW-NE e direzioni di flusso SW-NE e NW-SE. Il gradiente idraulico è circa costante sul Livello Fondamentale della Pianura come nella Valle dell'Adda, con valore dell'ordine del 0,2%.

La soggiacenza della falda freatica è compresa tra 6 e 16 m sul Livello Fondamentale della Pianura mentre all'interno della Valle dell'Adda diminuisce approssimandosi ai due metri nel settore settentrionale e ai quattro - cinque metri in quello meridionale.

- **2° Complesso o Complesso Villafranchiano:** Corrisponde alla sequenza dei sedimenti del Villafranchiano dove la presenza di intercalazioni limoso-argillose determina locali confinamenti della falda contenuta nei livelli di ghiaia, ghiaietto e sabbia. Ne deriva un sistema multifalde di tipo confinato o semiconfinato nel quale i diversi orizzonti acquiferi sono in contatto idraulico tra loro formando un unico e potente acquifero. Il valore del coefficiente di permeabilità è medio-elevato in corrispondenza dei depositi grossolani, basso nei livelli fini. Il complesso è delimitato superiormente da livelli argillosi che lo separano dal Complesso Superficiale.

5. Rete di monitoraggio della falda libera

L'attività di monitoraggio del livello piezometrico della falda è finalizzata al raggiungimento di seguenti obiettivi:

- 1 - integrazione dei dati piezometrici già disponibili (sostanzialmente forniti dagli Studi Geologici allegati ai P.G.T. dei comuni circostanti);
- 2 - monitoraggio della falda "ante operam" per un periodo di almeno un anno solare, al fine di valutare le oscillazioni stagionali della falda;
- 3 - definizione dei rapporti fiume - falda;
- 4 - valutazione degli effetti indotti dallo sbarramento sulla falda sia a monte che a valle dell'opera;
- 5 - monitoraggio del livello piezometrico "post operam".

La progettazione delle rete di monitoraggio, attualmente in fase di completamento, è stata effettuata secondo i seguenti criteri:

1. acquisizione e revisione critica della documentazione idrogeologica disponibile per il territorio;
2. definizione di un primo schema della rete sulla base dei dati esistenti;
3. verifica delle condizioni dei punti di controllo scelti, sulla base di.
 - disponibilità delle aree
 - accessibilità dei siti;
4. ridefinizione dello schema della rete a seguito delle verifiche effettuate al punto 3;

5. definizione del metodo di acquisizione e archiviazione informatica dei dati piezometrici;
6. esecuzione dei piezometri di controllo;
7. implementazione ed ottimizzazione delle rete.

Al fine di raggiungere tali obiettivi è stata installata una rete di piezometri a tubo aperto, secondo la disposizione planimetrica illustrata nelle allegate tavole a scala 1:5.000 e 1:10.000, disposizione definita sulla base dei seguenti criteri:

- monitorare il livello della falda nella fascia lungo le sponde del corso d'acqua, dove gli effetti dell'interferenza con la nuova opera potrebbero essere più significativi;
- monitorare il territorio compreso nell'ansa di meandro a valle;
- monitorare l'area SIC "Morta di Bertónico".

Il progetto della rete prevedeva anche di monitorare il nucleo abitato più prossimo allo sbarramento (Bocca di Serio) e la sponda sinistra del fiume in quel tratto ma, al momento, non sono stati individuati terreni a cui sia stata data ad Edison S.p.A. la disponibilità all'accesso ed all'installazione dei piezometri.

Sono stati realizzati di n. 7 piezometri a tubo aperto, installati in fori di sondaggio realizzati a carotaggio continuo, al fine di conoscere la litologia locale dell'acquifero.

I piezometri a tubo aperto sono stati realizzati con le seguenti caratteristiche:

- Piezometro S1: profondità 30 m da p.c., diametro 3"
- Piezometro S4: profondità 20 m da p.c., diametro 3"
- Piezometro PD: profondità 10 m da p.c., diametro 2"
- Piezometro PE: profondità 10 m da p.c., diametro 2"
- Piezometro PG: profondità 10 m da p.c., diametro 2"
- Piezometro PH: profondità 10 m da p.c., diametro 2"
- Piezometro PI: profondità 10 m da p.c., diametro 2".

Il completamento dei piezometri è stato effettuato mediante la posa in opera nel foro di una tubazione in PVC di diametro 2" o 3", atossico ad uso alimentare, vergine ed esente da sali di piombo, con spessore di 5.50 mm.

Le tubazioni fessurate sono state poste in corrispondenza dei livelli di interesse, con fessure con apertura 0.50 mm, e tubazioni cieche nel restante tratto.

In corrispondenza del tratto fessurato è stato realizzato il dreno in ghiaietto siliceo lavato e calibrato (2.0 - 4.0 mm), posato a gravità in successivi step, con verifica mediante scandaglio e sollevamento della tubazione di rivestimento, avendo cura di non lasciare mai la perforazione scoperta oltre il limite del dreno. Al termine della formazione del dreno è stato messo in opera il tampone impermeabile della lunghezza di 1.0 m, in argilla bentonitica in pellets, fornita in sacchi del tipo Compactonite, solida cilindrica (8mm x 8mm) con sollevamento progressivo della tubazione di rivestimento. A rigonfiamento della bentonite (dopo circa 2 ore dalla posa) si è proceduto alla cementazione integrale del restante tratto cieco della tubazione mediante iniezione di miscela binaria acqua-cemento.

L'iniezione della miscela è stata eseguita in due fasi:

- La prima fase con iniezione della miscela dal basso verso l'alto, mediante canna di iniezione in polietilene posata al fondo della perforazione con risalita in superficie prima dell'acqua presente nel perforo e poi della miscela cementizia, a garanzia del completo riempimento dell'intercapedine.
- Terminata l'iniezione di prima fase si è proceduto al recupero delle tubazioni di rivestimento con l'estrazione della colonna provvisoria, per poi eseguire il rabbocco della cementazione con iniezione a gravità sino a boccaforo.

La testa piezometro è stata completata con la posa di un terminale di lamiera preverniciato rosso con lucchetto, ancorato al terreno mediante cementazione e basamento, e posa di una palina con targa di identificazione del piezometro a carattere permanente.

In Appendice A sono riportate le monografie descrittive della posizione di ogni piezometro mentre in Appendice B sono riportate le stratigrafie dei terreni e lo schema di completamento di ogni piezometro.

5.1 Reti di monitoraggio esistenti

Nel territorio è presente la rete di controllo del livello piezometrico della falda dell'area di cava della Rossini Fratelli snc, sulla sponda sinistra del fiume Adda immediatamente ad est del sito di intervento. La rete, attualmente in fase di riorganizzazione, consiste in due piezometri a tubo aperto ed un pozzo.

La possibilità di accedere ai dati forniti dai punti di misura di Cava Rossini Fratelli snc consente di estendere il monitoraggio della falda anche a questo settore, fornendo dunque una più completa visione d'insieme dell'andamento della falda nel territorio.

Si aggiunge inoltre la possibilità di effettuare misure del livello piezometrico del pozzo dell'Impianto della Ditta Rossini Fratelli snc situato presso il concentrico di Gombito, sulla sponda sinistra del fiume a poche decine di metri dalla sponda.

5.2 Sistema di acquisizione dati

Il monitoraggio dei livelli di falda nei piezometri è realizzato mediante datalogger per l'acquisizione in continuo dei dati di soggiacenza.

Il sistema si basa su:

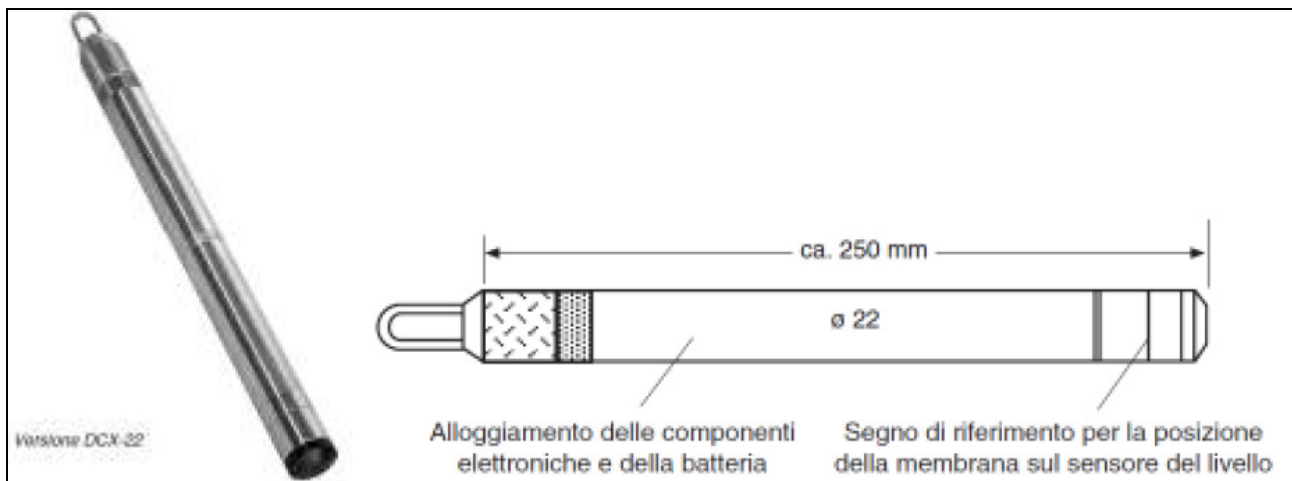
- installazione, in corrispondenza della rete di piezometri oggetto di monitoraggio, di un sistema di acquisizione dati fisso, composto da un trasduttore di pressione con datalogger;
- immagazzinamento dei dati acquisiti secondo la frequenza impostata;
- trasferimento dei dati e loro processamento.

L'acquisizione dei dati di campagna, il loro processamento, la conseguente elaborazione e le eventuali correlazioni, sono quindi impostati a seconda della esigenze.

Il trasduttore di pressione è tarato a seconda della profondità del piezometro e della potenziale escursione della falda freatica secondo un range di pressioni e ne registra la variazione trasmettendo il segnale al datalogger che la acquisisce secondo una frequenza impostata da progetto.

Per il monitoraggio in questione è utilizzato un trasduttore KELLER DCX-22, sensore in cui i circuiti elettronici e la batteria sono alloggiati in un tubo sigillato in acciaio inossidabile per l'utilizzo in immersione. Nelle acque poco profonde la pressione atmosferica può influenzare le misure, ed è quindi necessario compensare i dati acquisiti con i valori di pressione atmosferica del sito e dunque tali valori sono stati acquisiti, mediante un secondo sensore di tipo barometrico.

In dettaglio la capacità di memoria del datalogger associato al trasduttore di pressione è di circa 500.000 valori, con 18 mesi di autonomia di carica con acquisizioni orarie.



Schema trasduttore KELLER DCX-22

Il progetto della rete di monitoraggio prevede l'acquisizione dei dati con una lettura giornaliera e scarico trimestrale degli stessi.

Nella fase di elaborazione dei dati, sono inseriti i dati relativi alle precipitazioni delle stazioni pluviometriche significative nell'area d'interesse.

Sulla base della correlazione tra dati relativi alle precipitazioni ed escursione della falda freatica potranno essere ricavate significative relazioni per la definizione di parametri idrogeologico-idraulici dell'acquifero oggetto di monitoraggio.

Il sistema è integrato dai dati forniti da n. 3 idrometri ad immersione, in corso di installazione nell'alveo del fiume Adda, finalizzati al monitoraggio del tirante d'acqua del fiume ed anch'essi equipaggiati con acquirente in continuo dei dati. I punti di misura in alveo sono collocati presso la traversa, la restituzione, ed un terzo a monte in corrispondenza del tratto di alveo all'altezza del SIC "Morta di Bertónico". L'abbinamento dei dati rilevati in continuo nei piezometri e negli idrometri consentirà la definizione precisa dei rapporti fiume - falda nel corso delle diverse stagioni dell'anno.

6. Letture piezometriche

Terminata la realizzazione dei piezometri, in data 5 giugno 2014 è stato eseguito un primo controllo del livello piezometrico tramite misure manuali con sondino piezometrico. Tale campagna di misure rappresenta un primo dato, essendo prevista nel mese di giugno 2014 la messa in opera del sistema di misura e acquisizione automatico, come illustrato al Cap. 5.2.

Nella tabella seguente sono riepilogati i risultati delle prime misure:

Piezometro	quota (m s.l.m.)	soggiacenza da p.c. (m)	livello piezometrico (m s.l.m.)
S1	49,60	4,50	45,10
S4	50,30	4,84	45,46
PD	48,30	2,94	45,36
PE	48,55	3,79	44,76
PG	51,00	2,09	48,91
PH	50,20	3,50	46,70
PI	50,60	4,72	45,88

7. Implementazione della rete di monitoraggio

Il progetto iniziale della rete prevedeva di monitorare il nucleo abitato più prossimo allo sbarramento (Bocca di Serio) e la sponda sinistra del fiume in quel tratto ma, come già detto, non sono stati individuati terreni a cui sia stata data ad Edison S.p.A. la disponibilità all'accesso ed all'installazione dei piezometri.

Edison S.p.A. ha attualmente in corso ulteriori ricerche e contatti per individuare siti di interesse per posizionare ulteriori piezometri in questo settore.

Qualora vi sia la disponibilità di siti significativi per la collocazione di nuovi punti di misura è prevista l'estensione della rete di monitoraggio all'area di Bocca di Serio e della confluenza del fiume Serio, come inizialmente previsto dal progetto della rete, con la realizzazione di nuovi piezometri con caratteristiche analoghe a quelli già installati.

8. Prime valutazioni idrogeologiche

Le prime misure piezometriche effettuate nella rete di monitoraggio della falda consentono di trarre alcune considerazioni idrogeologiche preliminari basate sui dati ad oggi disponibili (valutazioni che saranno approfondite e riverificate sulla base dei dati forniti dal monitoraggio nel tempo), relative all'andamento della superficie piezometrica (in particolare nel territorio in sponda destra del fiume, dove è stato possibile installare i piezometri), ai rapporti falda - fiume ed agli effetti indotti dalla realizzazione dello sbarramento.

Andamento generale del deflusso sotterraneo

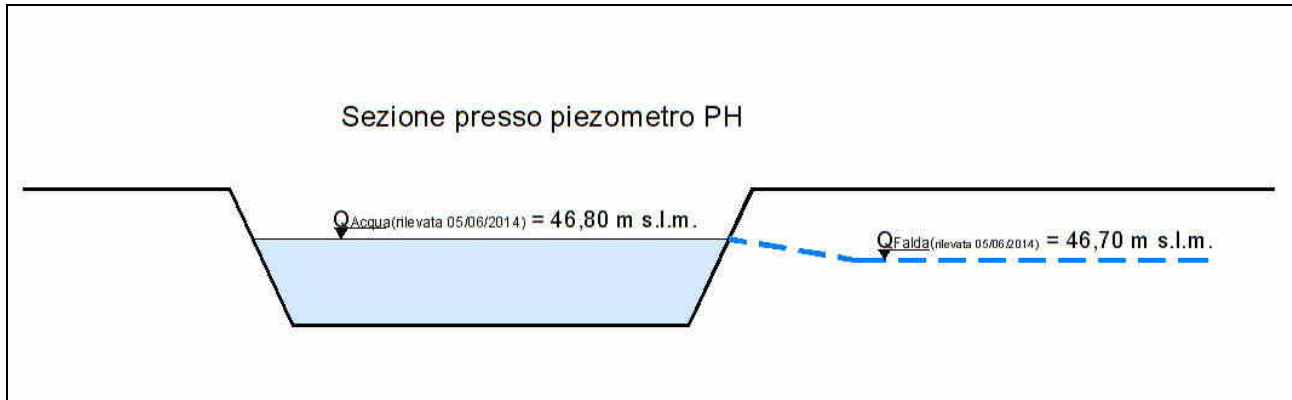
I dati misurati confermano che in sponda destra del fiume l'andamento generale del deflusso idrico sotterraneo è da ovest verso est, in accordo con i dati bibliografici già disponibili.

In sponda sinistra, ove come già scritto non è stato possibile installare piezometri di controllo, si ritiene corretto l'andamento generale della falda riportato in bibliografia, che indica un'azione drenante esercitata sulla falda dai fiumi Adda e Serio, con andamento complessivo approssimativamente da NE verso SW.

Non appena vi sia la disponibilità di siti significativi per la collocazione di nuovi piezometri di misura in sponda sinistra è prevista l'estensione della rete di monitoraggio a tale territorio, con dunque possibilità di verifica e controllo dei dati piezometrici di bibliografia.

Piezometria e soggiacenza - territorio a monte sbarramento

Il livello piezometrico della falda nel territorio in sponda destra a monte dello sbarramento risulta inferiore al livello delle acque del fiume, con dunque azione alimentante del corso d'acqua verso la falda, come schematizzato nella figura seguente, riferita al piezometro PH.



Schema rapporti falda fiume (piezometro PH)

Nel territorio la soggiacenza della falda da p.c. è mediamente elevata, essendo compresa fra circa 3 m e 5 m. Questo dato risulta di fondamentale importanza per quanto riguarda i potenziali effetti della realizzazione dello sbarramento sulla falda a monte dello stesso, in quanto permette di escludere le problematiche relative alle conseguenze sulle coltivazioni in atto del potenziale innalzamento del livello piezometrico. Anche nell'ipotesi cautelativa (e assolutamente non realistica sotto l'aspetto idrogeologico) che all'innalzamento delle acque del fiume possa corrispondere un uguale innalzamento della falda su di un areale esteso, la soggiacenza minima della falda risulterebbe dell'ordine di 2 m da p.c., con conseguente franco di sicurezza a garanzia della non interferenza con

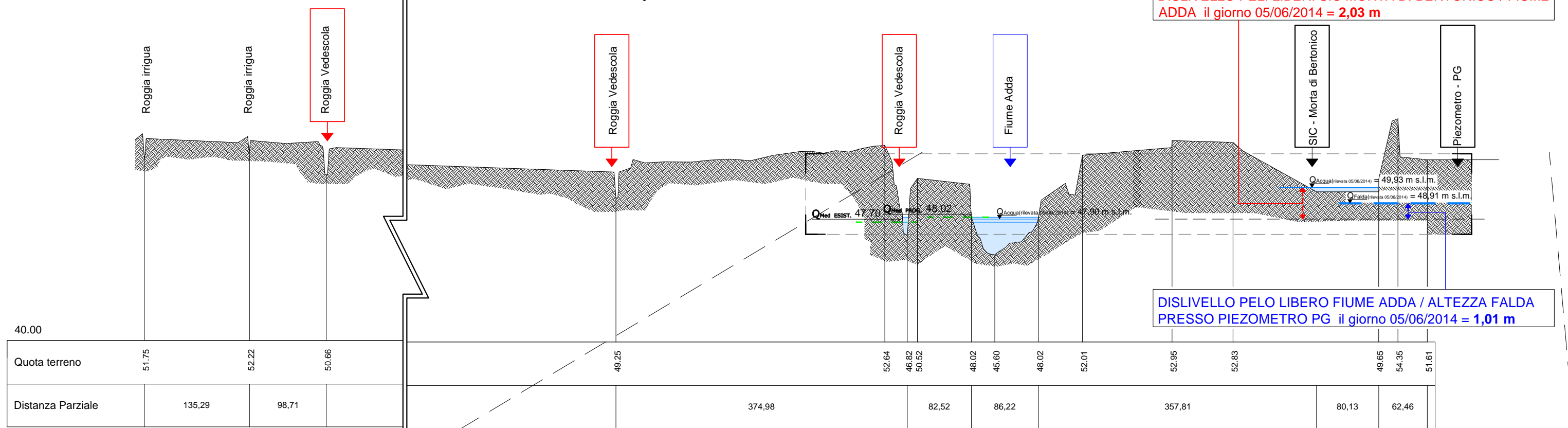
la vegetazione rispetto alle condizioni naturali. Analogamente vi è un adeguato franco di sicurezza nei confronti del rischio di imbibizione delle fondazioni e strutture arginali, anche nelle condizioni più cautelative a sbarramento realizzato.

Alla luce di questi dati è anzi possibile valutare che il potenziale effetto di ricarica artificiale della falda prodotto dallo sbarramento abbia un impatto ambientale positivo, in particolare nel periodo estivo grazie all'aumento della potenzialità del corpo idrico sotterraneo ed al recupero del suo livello piezometrico stressato dai prelievi irrigui, come testimoniato dai numerosi progetti in tal senso in atto nelle regioni della Pianura Padana.

Piezometria e soggiacenza - SIC "Morta di Bertonicò"

L'area del SIC "Morta di Bertonicò" risulta sotto l'aspetto idrogeologico una zona a parte rispetto al complesso del territorio in sponda destra. Nell'area infatti vi è la presenza di lanche depresse con formazioni di aree umide, la cui origine è legata all'alimentazione idrica originata dalla rete di canali provenienti dal territorio a NW. Il livello dell'acqua nelle aree umide non è dunque naturale, ma il risultato dell'alimentazione artificiale legata all'antropizzazione del territorio, con conseguente anomala infiltrazione nel terreno e alimentazione localizzata alla falda. Alla luce di questi dati ben si inquadra il valore di soggiacenza della falda riscontrato nel piezometro PG (circa 2 m), decisamente minore rispetto a quanto misurato nel restante territorio ed imputabile agli effetti della locale ricarica della falda prodotta dal livello delle acque superficiali artificialmente elevato (i locali livelli idrici sono schematizzati nella sezione allegata). La quota piezometrica locale della falda è dunque controllata dalla anomala ricarica ed è già elevata per cause non naturali, e pertanto sono da escludersi locali effetti di innalzamento piezometrico prodotti dallo sbarramento.

Sezione presso SIC Morta di Bertonico - 1:5000-1:250



Quota livello acqua rilevata presso SIC Morta di Bertonico in data 05/06/2014 = 49,93 m s.l.m.

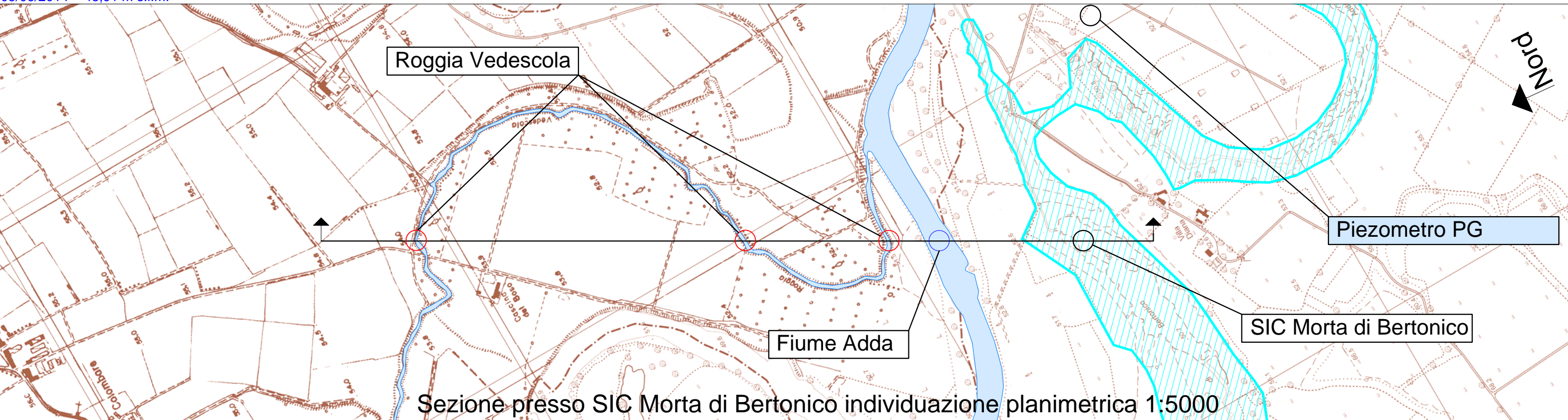
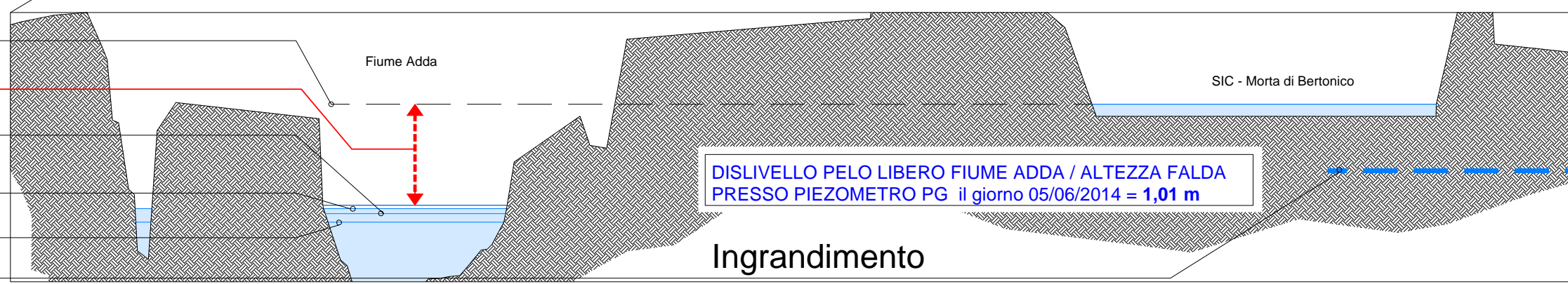
DISLIVELLO PELI LIBERI SIC MORTA DI BERTONICO / FIUME ADDA il 05/06/2014 = 2,03 m

Quota livello acqua rilevata nel Fiume Adda in data 05/06/2014 = 47,90 m s.l.m.

Quota livello acqua in condizioni di portata media situazione in progetto = 48,02 m s.l.m.

Quota livello acqua in condizioni di portata media situazione esistente = 47,70 m s.l.m.

Quota livello falda misurata da piezometro PG il 05/06/2014 = 48,91 m s.l.m.



Piezometria e soggiacenza - area impianto

I due piezometri realizzati nel sito dell'impianto hanno consentito l'accurata ricostruzione del livello piezometrico locale, che è risultato a quota di 45,10 m (S1) e 45,46 (S4) m s.l.m.. La soggiacenza da p.c. è di 4,50 - 4,80 m con direzione di deflusso sotterraneo all'incirca da ovest verso est (dall'ansa superiore del meandro all'inferiore) con gradiente idraulico $i = 0,002$, come schematizzato nella figura seguente.



Schema rapporti falda fiume area impianto

Tali dati garantiscono la presenza di adeguati franchi di sicurezza sia per quanto riguarda gli effetti del potenziale innalzamento del livello piezometrico prodotto dalla realizzazione dello sbarramento che di un eventuale aumento del gradiente idraulico della falda, che risulterebbe comunque in un range di valori tipici in condizioni naturali delle aree di pianura.

Piezometria e soggiacenza - territorio a valle sbarramento

I piezometri realizzati nel territorio a valle dello sbarramento all'interno del meandro (piezometri PD e PE) evidenziano che l'assetto idrogeologico complessivo attuale dell'area presenta caratteristiche analoghe a quanto già evidenziato nel sito dell'impianto:

- come riportato in bibliografia, il fiume drena la falda in sponda sinistra dell'ansa superiore del meandro, con alimentazione legata all'ampia pianura alluvionale a nord e nord-est del fiume;
- all'interno del meandro la direzione di deflusso sotterraneo è dall'ansa superiore all'inferiore, e dunque approssimativamente da nord verso sud, con in sponda destra alimentazione dal fiume alla falda nel tratto dell'ansa di monte e drenaggio della falda da parte del corso d'acqua nel tratto dell'ansa di valle. I dati piezometrici, comparati con i tiranti idrici del fiume nel giorno delle misure, evidenziano infatti che il livello della falda è inferiore al pelo libero dell'acqua nella prima ansa del meandro mentre è superiore nella seconda ansa (tratto di fiume di valle);

- il gradiente medio della falda all'interno del meandro, nel giorno delle misure (5 giugno 2014) è dell'ordine di $i = 0,001$;
- la soggiacenza da p.c. della falda varia fra 2,94 m (piezometro PD) e 3,79 m (PE).

Sulla base di queste prime misure sono effettuate valutazioni sugli effetti indotti dalla realizzazione dello sbarramento sulla falda a valle dell'impianto, in condizioni di rilascio del solo DMV. In tali condizioni, benché l'altezza del pelo libero dell'acqua in alveo risulti sensibilmente minore rispetto alla situazione verificata nel corso delle misure piezometriche del 5 giugno 2014, non sono da attendersi conseguenze significative in quanto:

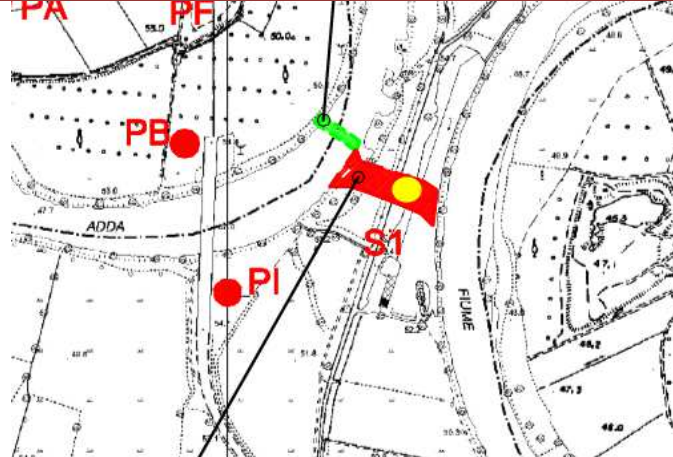
- in sponda sinistra, dove la falda già alimenta il corso d'acqua, si verifica un incremento del gradiente idraulico sotterraneo, con conseguente aumento della portata di deflusso dalla falda al fiume. In considerazione dell'ampia estensione dell'acquifero in sponda sinistra, è corretto valutare che l'aumento di gradiente della falda si smorzi rapidamente raccordandosi al naturale gradiente della falda libera e dunque tale effetto sia limitato alle immediate vicinanze del corso d'acqua, nell'ambito di una distanza di poche decine di metri dalla sponda, con assenza di conseguenze significative sull'assetto della falda stessa. In considerazione dell'attuale gradiente naturale, esso nella fascia circostante il fiume pur se incrementato risulterebbe comunque in un range di valori tipici in condizioni naturali delle aree di pianura;
- nel territorio all'interno del meandro si verifica un modesto aumento della soggiacenza legato al contemporaneo abbassamento del battente idrico nel tratto di alveo dell'ansa di monte (dove il fiume alimenta la falda) e di valle (dove il fiume drena la falda). Ciò comporta un abbassamento medio della falda inferiore al metro (tenuto conto che rispetto alle condizioni attuali il tirante medio del fiume con la sola portata di DMV è minore di tale valore), con dunque valori di soggiacenza da p.c. che dai 3 - 4 m attuali risulterebbero di circa 4 - 5 m, valori che non influiscono sulle coltivazioni in superficie o sull'assetto della falda, considerando che lo spessore dell'acquifero è dell'ordine di molte decine di metri;
- l'infiltrazione di subalveo in condizioni di sola portata del DMV risulta modesta, in considerazione della litologia dei terreni in alveo caratterizzati da matrice sabbiosa, e nelle zone a minore velocità della corrente, limosa, con conseguente riduzione del coefficiente di permeabilità. Essa è inoltre completamente compensata da un analogo aumento della portata drenata dalla falda in sponda sinistra ed è quindi da escludere che si possano verificare condizioni di prosciugamento in alveo.

APPENDICE A
MONOGRAFIE DEI PIEZOMETRI

SCHEDA LOCALIZZAZIONE PIEZOMETRO S1

Coordinate Piezometro S1	Latitudine	45° 15' 19" N
	Longitudine	9° 42' 20" E

Piezometro S1 in area di proprietà



Stralcio cartografico



Vista satellitare



Dettaglio posizione

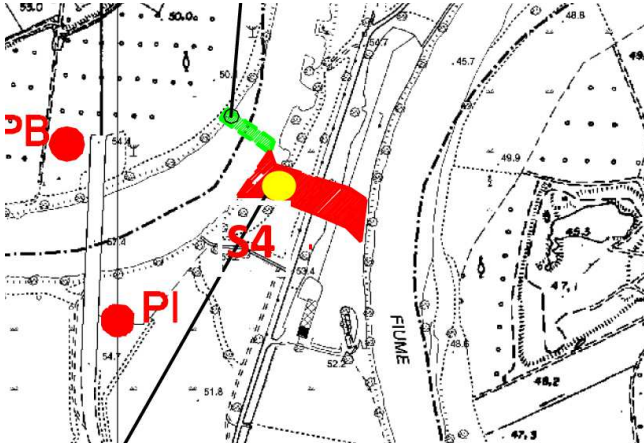






Dettaglio posizione



Particolare

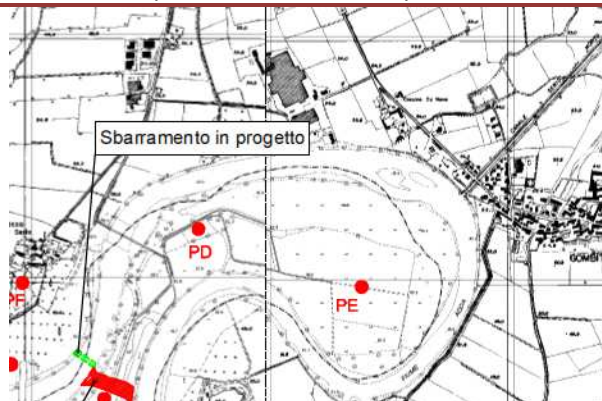
SCHEDA LOCALIZZAZIONE PIEZOMETRO S4

Coordinate Piezometro S4	Latitudine	45° 15' 20" N
	Longitudine	9° 42' 17" E
		
Stralcio cartografico	Vista satellitare	
		
Dettaglio posizione	Particolare	
		

SCHEDA LOCALIZZAZIONE PIEZOMETRO PD

Coordinate Piezometro PD	Latitudine	45° 15' 39" N
	Longitudine	9° 42' 31" E

Piezometro posto in area incolta posto in adiacenza del piede della scarpata di una pista secondaria



Stralcio cartografico



Vista satellitare



Dettaglio posizione



Dettaglio posizione



Particolare

SCHEDA LOCALIZZAZIONE PIEZOMETRO PE

Coordinate Piezometro PE	Latitudine	45° 15' 32" N
	Longitudine	9° 43' 3" E

Piezometro posto al centro della strada interpodereale protetto da chiusino in ghisa, riferimento fisico circa 2,00 mt. dopo il secondo albero in centro carreggiata



Stralcio cartografico



Vista satellitare



Dettaglio posizione



Dettaglio posizione



Particolare

SCHEDA LOCALIZZAZIONE PIEZOMETRO PG

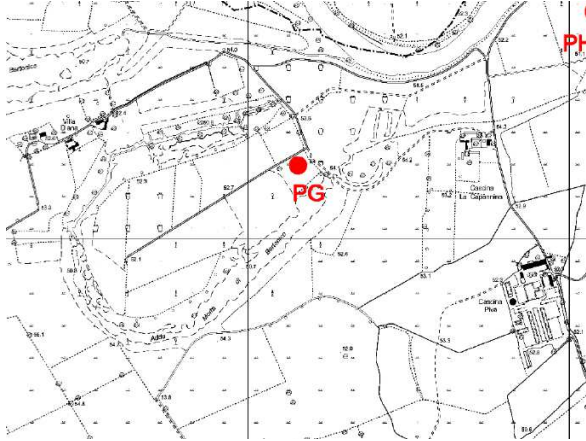
Coordinate Piezometro PG

Latitudine

45° 15' 10" N

Longitudine

9° 40' 39" E



Stralcio cartografico

Vista satellitare



Dettaglio posizione



Dettaglio posizione

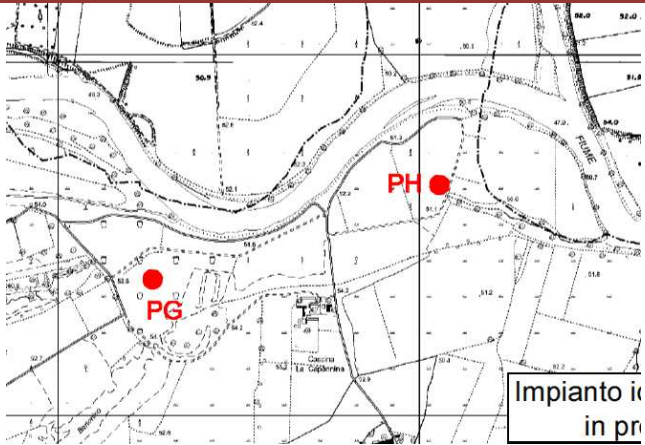


Particolare

SCHEDA LOCALIZZAZIONE PIEZOMETRO PH

Coordinate Piezometro PH	Latitudine	45° 15' 21" N
	Longitudine	9° 41' 21" E

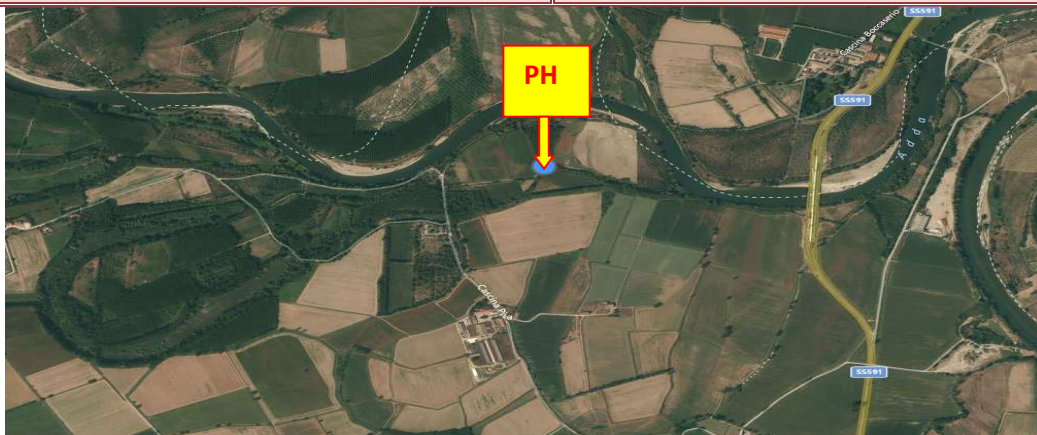
Piezometro posto in area boschivo in adiacenza della strada interpoderales



Stralcio cartografico



Vista satellitare



Dettaglio posizione



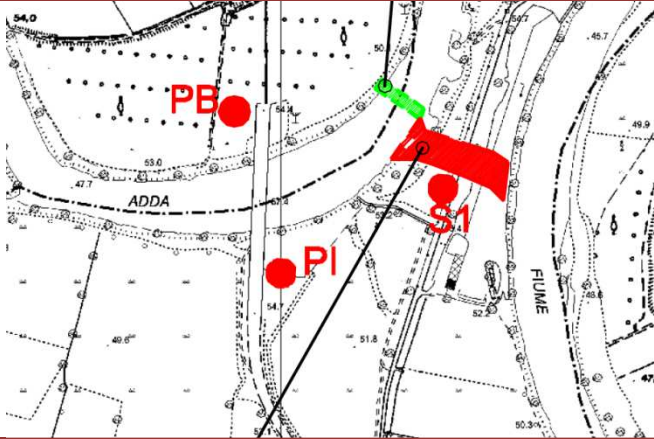
Dettaglio posizione



Particolare

SCHEDA LOCALIZZAZIONE PIEZOMETRO **PI**

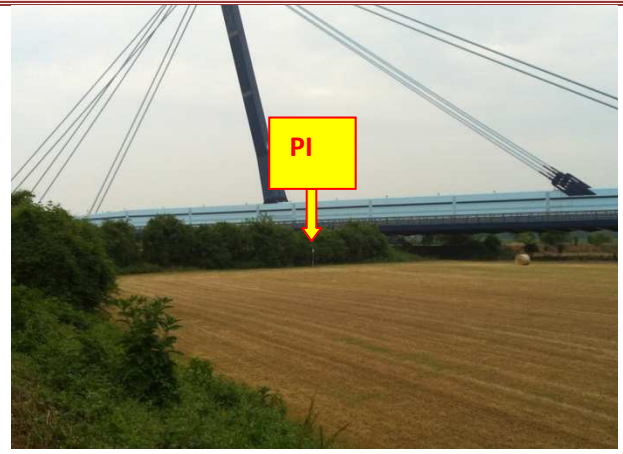
Coordinate Piezometro PI	Latitudine	45° 15' 13" N
	Longitudine	9° 42' 3" E



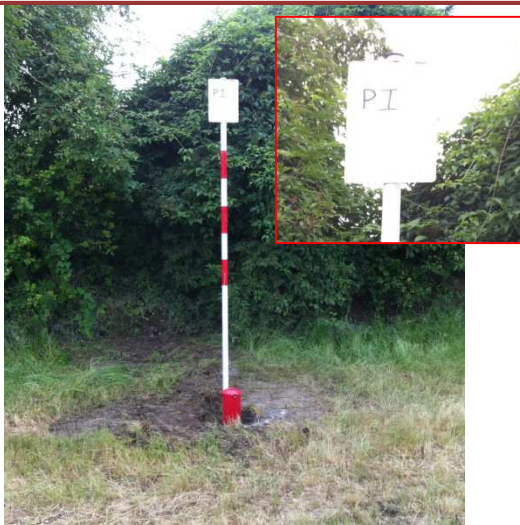
Stralcio cartografico



Vista satellitare



Dettaglio posizione



Dettaglio posizione



Particolare

APPENDICE B
STRATIGRAFIE DEI PIEZOMETRI

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON SpA	Sondaggio: S1
Riferimento: Cantiere di Bertonico (LO)	Data: 26-29/05/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/2

Ø mm	R v	APz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
			1		Ghiaia grossa, di colore grigio-marrone chiaro, con sabbia e sabbiosa.						1) Rim < 0.01 1.00
			2		Limo sabbioso, di colore da marrone a grigio, con punti di ossidazione rossicci, poco plastico, mediamente consistente.						
			3		Ghiaia con sabbia, debolmente ciottolosa, di colore da grigio a localmente marrone chiaro. Clasti poligenici (metamorfici/silicei), subarrotondati, Ømax=9-10 cm, Ømed=4-6 cm.			3.0	32-34-42	76	
			4								
			5								
			6					6.0	9-10-11	21	2) Rim < 5.50 6.50
			7								
			8		Sabbia media, da giallognola a grigia, localmente debolmente limosa, con rari clasti ghiaiosi, silicei, Ø<3 cm.						
			9					9.0	8-13-15	28	
			10		Ghiaia grossa, sabbiosa e con sabbia, debolmente limosa, di colore grigio e giallo-marrone chiaro. Presenza di rari ciottoli Ø<10 cm.						
			11								3) Rim < 11.00 11.50
			12					12.0	4-6-5	11	4) Rim < 12.50 13.50
			13								
			14		Sabbia fine e media, debolmente limosa, localmente limosa, di colore grigio, con rari clasti di ghiaia Ø<3 cm, silicei, e rarissimi ciottoli Ø<10 cm.						
			15					15.0	14-18-22	40	
			16								
			17		Sabbia media e fine, di colore nero con passaggi sul grigio da -18,50 m, debolmente limosa.						
			18					18.0	13-23-22	45	
			19								
			20		Limo con sabbia e intercalazioni centimetriche di ghiaia fine, di colore grigio.						






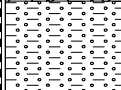
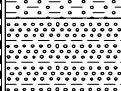
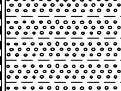
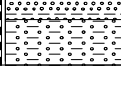

 Il Responsabile di sito
 Dott. Giancarlo Poli

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON SpA	Sondaggio: S1
Riferimento: Cantiere di Bertonico (LO)	Data: 26-29/05/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 2/2

Ø mm	R v	A Pz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
			21		Ghiaia sabbiosa, di colore grigio scuro, debolmente limosa, localmente limosa.			21.0	12-21-21	42	5) Rim < 21.00 21.50
			22		Sabbia media, localmente fine, da debolmente limosa a localmente limosa, di colore grigio-verde scuro. Presenza di rari clasti ghiaiosi, subarrotondati, silicei, Ø<4 cm.						
			23								
			24					24.0	11-16-23	39	
			25								
			26		Sabbia da media a fine, da debolmente limosa a limosa, di colore grigio e verdognolo.						
			27					27.0	10-14-18	32	
			28								
			29								
			30		Sabbia fine, da debolmente limosa a limosa, di colore grigio.			29.6	12-13-16	29	
131											











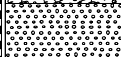









 Il Responsabile di sito
 Dott. Giancarlo Poli

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON Spa	Sondaggio: S4
Riferimento: Cantiere di Bertinico (LO)	Data: 26-29/05/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - S4

Pagina 1/1

Ø mm	R v	APz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
			1		Terreno vegetale sabbioso, debolmente limoso, con ghiaia, di colore marrone.						CA1) Rim 0.01 1.00
			2		Sabbia asciutta, di colore grigio-marrone chiaro, ghiaiosa.						
			3		Sabbia debolmente ghiaiosa, di colore grigio.						
			4		Sabbia debolmente ghiaiosa, di colore grigio.			3.0	16-19-25	44	CA2) Rim 3.00 4.00
			5		Ghiaia media con sabbia, asciutta.						
			6		Ghiaia media con sabbia, asciutta.			6.0	11-11-8	19	CA3) Rim 6.00 7.00
			7		Ghiaia grossa con ciottoli, di colore marrone giallastra, disuniforme, limosa e localmente con limo.						
			8		Sabbia medio-grossa, di colore grigio, passante a sabbia fine di colore grigio scuro.						
			9		Limo con sabbia fine, di colore grigio, e limo sabbioso, di colore marrone chiaro-grigio.			9.0	9-6-8	14	CR1) Rim 9.00 9.50
			10		Ghiaia con sabbia, di colore giallognolo e grigio, localmente ciottolosa. Clasti Ø<10 cm, subarrotondati, metamorfici o silicei, di colore localmente grigio più scuro.						
			11		Ghiaia con sabbia, di colore giallognolo e grigio, localmente ciottolosa. Clasti Ø<10 cm, subarrotondati, metamorfici o silicei, di colore localmente grigio più scuro.						
			12		Ghiaia con sabbia, di colore giallognolo e grigio, localmente ciottolosa. Clasti Ø<10 cm, subarrotondati, metamorfici o silicei, di colore localmente grigio più scuro.			12.0	5-10-11	21	CR2) Rim 12.00 12.50
			13		Ghiaia con sabbia, di colore giallognolo e grigio, localmente ciottolosa. Clasti Ø<10 cm, subarrotondati, metamorfici o silicei, di colore localmente grigio più scuro.						
			14		Ghiaia con sabbia, di colore giallognolo e grigio, localmente ciottolosa. Clasti Ø<10 cm, subarrotondati, metamorfici o silicei, di colore localmente grigio più scuro.						
			15		Ghiaia con sabbia, di colore giallognolo e grigio, localmente ciottolosa. Clasti Ø<10 cm, subarrotondati, metamorfici o silicei, di colore localmente grigio più scuro.			15.0	13-18-22	40	
			16		Ghiaia con sabbia, di colore giallognolo e grigio, localmente ciottolosa. Clasti Ø<10 cm, subarrotondati, metamorfici o silicei, di colore localmente grigio più scuro.						
			17		Sabbia media, localmente limosa ma prevalentemente debolmente limosa, di colore grigio.						
			18		Sabbia media, localmente limosa ma prevalentemente debolmente limosa, di colore grigio.			18.0	8-23-47	70	
			19		Ghiaia di colore grigio, con sabbia e sabbiosa, da debolmente limosa a localmente limosa.						
			20		Ghiaia di colore grigio, con sabbia e sabbiosa, da debolmente limosa a localmente limosa.						

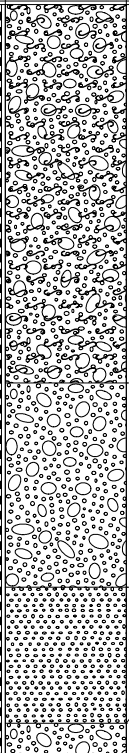
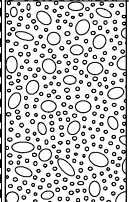
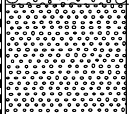

 Il Responsabile di sito
 Dott. Giancarlo Poli

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON SpA	Sondaggio: PD
Riferimento: Cantiere di Bertonico (LO)	Data: 03/06/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - PD

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A Pz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
			1		Ghiaia grossa, da sabbiosa a con sabbia, di colore marrone chiaro. Clasti da subarrotondati ad arrotondati, Ø<7 cm, silicei e metamorfici. Ghiaia con sabbia da debolmente limosa a localmente limosa, di colore da grigio a marrone chiaro.						
			2								
			3								
			4								
			5								
			6		Ghiaia grosso-fine, sabbiosa e debolmente sabbiosa. Clasti Ømax<7 cm, da subarrotondati ad arrotondati, silicei e metamorfici.						
			7								
			8		Sabbia media, localmente fine, di colore grigio, con rari clasti ghiaiosi.						
			9								
131			10		Ghiaia fine e media, sabbiosa e debolmente sabbiosa, di colore grigio scuro.						

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON SpA	Sondaggio: PE
Riferimento: Cantiere di Bertinico (LO)	Data: 29-30/05/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - PE

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A Pz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test		Campioni
								m	S.P.T.	
					Coltre vegetale con radici e suolo limoso.					
			1		Ghiaia sabbiosa, debolmente limosa, di colore marrone chiaro.					
					Limo sabbioso-ghiaioso, di colore marrone.					
			2		Ghiaia sabbiosa e debolmente limosa, di colore marrone chiaro. Clasti Ømax<4 cm, arrotondati, silicei e metamorfici.					
					Limo sabbioso di colore marrone.					
			3		Sabbia ghiaiosa, asciutta, di colore marrone chiaro.					
			4							
			5		Sabbia medio-grossa con ghiaia, localmente debolmente limosa e limosa, di colore da marrone chiaro a beige.					
			6		Ghiaia sabbiosa e con sabbia, di colore marrone chiaro-beige, con clasti Ømax=6 cm, arrotondati, silicei.					
			7							
			8							
			9		Sabbia media localmente fine, di colore grigio, localmente debolmente limosa.					
			10							

 Il Responsabile di sito
 Dott. Giancarlo Poli

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON SpA	Sondaggio: PG
Riferimento: Cantiere di Bertinico (LO)	Data: 04/06/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - PG

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A Pz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
								m	S.P.T.	N	
					Coltre erbosa ed apparati radicali.						
			1		Sabbia con limo, debolmente ghiaioso, di colore bruno.						
			2		Sabbia limosa e sabbia debolmente limosa, di colore da beige-giallastro a grigio-marrone chiaro, da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa. Clasti arrotondati, prevalentemente silicei e metamorfici, Ø<4 cm.						
			3								
			4		Ghiaia grossa-fine con sabbia, di colore grigio. Clasti Ø<7 cm, arrotondati, silicei e metamorfici.						
			5								
			6		Ghiaia media con sabbia, di colore grigio localmente beige.						
			7								
			8		Sabbia da limosa a con limo, di colore grigio, da ghiaiosa a con ghiaia e rari ciottoli. Clasti Ømax>8 cm, arrotondati, silicei.						
			9								
131			10								

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON SpA	Sondaggio: PH
Riferimento: Cantiere di Bertonico (LO)	Data: 04-05/06/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - PH

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A Pz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test		Campioni
								m	S.P.T.	
			1		Limo sabbioso e con sabbia, di colore bruno-marrone, con rari clasti ghiaiosi e ciottolosi.					
			2		Sabbia media, localmente fine, debolmente limosa, di colore grigio-marrone chiaro, con rari clasti ghiaiosi Ø<2 cm, asciutta.					
			3							
			4		Ghiaia grossa, da con sabbia a sabbiosa, localmente limosa, di colore grigio chiaro, satura.					
			5		Presenza di clasti arrotondati, silicei e metamorfici, di granulometria raramente anche dei ciottoli, prevalentemente ghiaiosa, Ømax<7 cm.					
			6							
			7							
			8							
			9		Sabbia da grossa a media, di colore grigio.					
131			10							

 Il Responsabile di sito
 Dott. Giancarlo Poli

Certificato n° del	Commessa: G.053.2014
Committente: EDISON SpA	Sondaggio: PI
Riferimento: Cantiere di Bertinico (LO)	Data: 03-04/06/2014
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - PI

Pagina 1/1

m	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test			Campioni
									m	S.P.T.	N	
						Terreno vegetale di natura limosa e sabbiosa, di colore marrone (suolo).						
				1		Sabbia ghiaiosa e con ghiaia, di colore marrone chiaro, asciutta.						
				2		Sabbia debolmente ghiaiosa e localmente ghiaiosa, sciolta, da asciutta ad umida, di colore marrone chiaro. Clasti arrotondati, prevalentemente silicei e metamorfici, Ø<5 cm.						
				3								
				4								
				5		Ghiaia grossa, di colore da marrone chiaro a localmente giallastro, da sabbiosa a con sabbia, localmente ciottolosa. Clasti subarrotondati-arrotondati, Ømax<8 cm, silicei e metamorfici.						
				6								
				7								
				8		Sabbia media, di colore da grigio a marrone chiaro, localmente debolmente limosa.						
				9								
131				10								