

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.

SBARRAMENTO MOBILE SUL FIUME ADDA IN COMUNE DI BERTONICO

STUDIO DELL' EFFETTO SULLA FALDA

RELAZIONE TECNICA

DATA PROGETTO Dicembre 2012	AGGIORNAMENTO Novembre 2013	SCALA	ELABORATO 4.2
---------------------------------------	---------------------------------------	-------	-------------------------

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



Sis.Co. In.
Dott. Ing. BARTOLOMEO DOMINICI
Via Bucci, 2
10022 CARMAGNOLA - (TO)
☎ 011/9711820
337-221887
✉ ing.dominici@virgilio.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

a & t consulting s.r.l.
suolo e sottosuolo

Geol. GABRIELE ANSELMINI
Via Piemonte, 19
27028 San Martino Siccomario (PV)
☎ 0382/559207
✉ aetconsultingv@libero.it

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

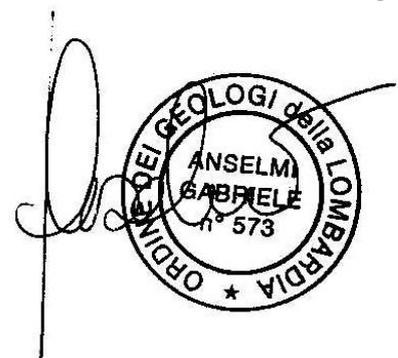


**SBARRAMENTO MOBILE SUL FIUME ADDA
IN COMUNE DI BERTONICO**

EFFETTO SULLA FALDA

Relazione tecnica

Gabriele Anselmi –Geologo



San Martino Siccomario 11.11.2013

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	7
5. ASPETTI LITOLOGICI DI SUPERFICIE	10
6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	11
7. IDRAULICA	12
8. IDROGEOLOGIA	14
9. INTERFERENZA FALDA.....	16
10. CONCLUSIONI.....	19

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito del progetto che prevede la costruzione di una traversa fluviale sul Fiume Adda, a valle della confluenza con il Serio, a servizio di una derivazione ad uso idroelettrico mediante un impianto ad acqua fluente che utilizzerà il salto idraulico indotto dallo sbarramento di tipo gonfiabile in prossimità dell'ansa a valle del ponte della Strada Statale Crema – Codogno.

Da un punto di vista geografico, l'opera in progetto è prevista in un settore di confine tra le province di Lodi e di Cremona nei comuni di Bertonico e Montodine .

L'opera prevede l'innalzamento del livello fluviale e un rigurgito totale pari a 5.292 m nella asta dell'Adda e pari a 4260 m nell'asta del Serio.

Al fine di valutare l'interferenza dovuta a tale innalzamento ,è stato condotto uno studio cha ha avuto come obiettivo la definizione di una fascia all'interno della quale ,in funzione della litologia e della permeabilità del suolo, si ritiene possibile un aumento del livello di falda.

Di seguito si descrivono le caratteristiche geologiche ,idrogeologiche e morfologiche dell'area di intervento .

Fa parte dello studio la tavola grafica esplicativa.

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- PGT Comune di Bertonico (LO)-Componente Geologica
- PGT Comune di Montodine (CR).Componente Geologica

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento ricade nella porzione cremonese della Pianura Padana che è il risultato del riempimento di sedimenti sciolti di età quaternaria, di origine prevalentemente fluviale.

L'individuazione del bacino padano si colloca nel periodo pre-quaternario.

La Pianura Padana rappresenta, dal punto di vista geologico, l'area bacinale settentrionale dell'avanfossa appenninica che inizia a svilupparsi dal Miocene superiore.

Il sollevamento della catena appenninica portò alla formazione di un vasto golfo marino, in posizione esterna rispetto alla catena appenninica in formazione, che iniziò a colmarsi di sedimenti.

L'evoluzione plio-quaternaria della pianura si può riassumere in tre fasi:

- 1) sedimentazione di depositi continentali, deltizi e di piana costiera (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)
- 2) sedimentazione sotto l'influenza delle glaciazioni (cosiddetti Gunz, Mindel, Riss e Würm) e degli interglaciali pleistocenici (Pleistocene)
- 3) fase post-glaciale con cicli di sedimentazione alluvionale ed erosione (Olocene)

L'ambiente attuale deriva essenzialmente dall'intensa opera di erosione, trasporto e deposizione operata dal sistema idrografico del Fiume Po, 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 alluvionali fluvioglaciali e fluviali di ambiente continentale risalenti al Quaternario e la cui potenza è dell'ordine di alcune centinaia di metri.

La deposizione dei sedimenti fluviali è successiva alla glaciazione wurmiana.

La continua evoluzione del paesaggio è dovuta alla dinamica fluviale che domina il territorio, caratterizzato dal percorso attuale e dall'antico andamento dei fiumi Adda e Serio e dalla presenza di superfici terrazzate.

Depositi più antichi (Pleistocene) rappresentano il Livello Fondamentale della Pianura Padana, il quale è modellato dalle strutture vallive del Fiume Adda, più ampie, e del Fiume Serio, più ristrette (Olocene).

Le formazioni geologiche quaternarie che affiorano nell'area analizzata 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. Rappresentano il "Livello Fondamentale della Pianura" che si estende ad una quota superiore rispetto alle alluvioni antiche, recenti ed attuali dei corsi d'acqua principali ed è separato dalle più recenti alluvioni di Adda e Serio da evidenti scarpate morfologiche.

➤ Alluvioni antiche (a1) - Olocene

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

➤ Alluvioni medio recenti - Olocene med.

Si tratta di sedimenti più recenti costituiti principalmente da depositi limosi, localmente sabbiose e ghiaiose.

Si estendono all'interno della valle dell'Adda e del Serio Morto.

➤ Alluvioni attuali - Olocene

Si tratta di depositi alluvionali che sono individuati 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 (ai piedi delle scarpate morfologiche di raccordo con i più antichi ed elevati terrazzi alluvionali).

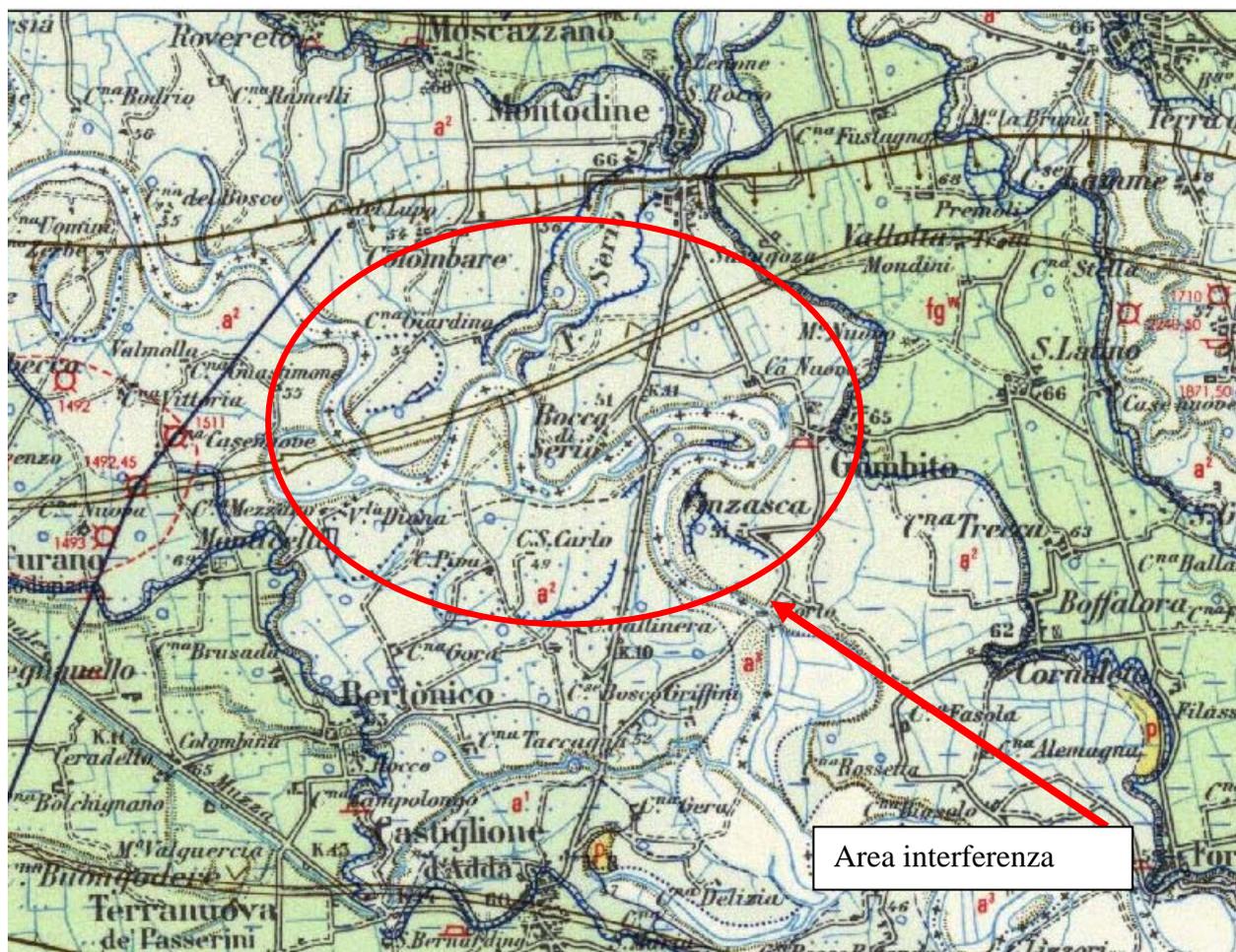


Figura 1: Stralci della Carta Geologica D'Italia, Foglio 60 Piacenza.

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nell'area oggetto di intervento si distinguono quattro unità fisiografiche principali:

- il “Livello Fondamentale della Pianura”
- il “Terrazzo superiore”
- il “Terrazzo inferiore”
- i Paleomeandri del Fiume Adda.

❖ Livello fondamentale della Pianura

La formazione del Livello Fondamentale della Pianura è dovuta a processi di dinamica alluvionale avvenuti nel tardo Pleistocene superiore e, per l'area considerata, nell'ambito di un sistema fluviale oggi scomparso.

Dal punto di vista tessiturale il Livello Fondamentale della Pianura, è formato da sabbie e sabbie limose debolmente argillose con intercalazioni di ghiaie.

L'origine fluviale e fluvioglaciale si esprime in una maggiore variabilità tessiturale e laterale dei corpi sedimentari.

❖ Terrazzo Superiore del Fiume Adda

Una piccola parte nel territorio di Bertinico ricade sul Terrazzo Fluviale Superiore del Fiume Adda. Si tratta di una fascia di ampiezza limitata, ubicata nel settore occidentale, delimitata verso nord da un orlo di terrazzo fluviale alto poco meno di 5 metri discretamente conservato e verso sud dalla scarpata che la distingue dal Livello Fondamentale della Pianura.

❖ Terrazzo inferiore del Fiume Adda

L'unità fisiografica è compresa tra il Fiume Adda, la scarpata che delimita il Terrazzo Superiore (alta meno cinque metri) e la scarpata che individua il Livello Fondamentale della Pianura (alta circa dieci metri).

E' costituita da sabbie e ghiaie organizzate in corpi sedimentari ben distinti e caratterizzati da una buona selezione granulometrica.

Le caratteristiche morfologiche principali dell'area in esame, sono rappresentate dalle forme evolutive erosive dei fiumi Adda e Serio, ben testimoniate dalla presenza di scarpate morfologiche che ne delimitano l'ambito di divagazione passato ed attuale.

Nell'area di nostro interesse, il livello fondamentale si compone di depositi ghiaiosi e sabbiosi appartenenti al "Fluvioglaciale e fluviale würmiano" al cui tetto si rilevano suoli profondi e ben evoluti. La posizione morfologica e i caratteri dei sedimenti che ne costituiscono l'ossatura permettono di datare questa unità al Pleistocene superiore.

I depositi pleistocenici sono stati intagliati dalla consistente azione erosiva prodotta dalle acque del fiume Adda, il cui tracciato divaga con ampie forme a meandri liberi a nord-est rispetto a quello attuale, in corrispondenza dell'attuale scarpata morfologica principale di separazione tra le alluvioni medio-recenti e le alluvioni wurmiane, che per tutta la sua estensione presenta rigetti verticali superiori ai 3 m.

L'alternanza di fasi di erosione e deposizione ha determinato la formazione di una valle alluvionale la cui ampiezza è dell'ordine di 3-4 km.

All'interno di questa originaria situazione si è sviluppata successivamente la valle del Serio, la cui limitata ampiezza, variabile tra i 180 m ed i 1.100 m, fa presupporre un'evoluzione in tempi recenti ed un regime di portate decisamente inferiore a quello dell'Adda anche nel passato. La sua depressione valliva rappresenta nella porzione settentrionale un'evidente incisione all'interno delle alluvioni pleistoceniche, con scarpate

che presentano altezze di 3-8 m, mentre nella restante parte del territorio comunale essa è delimitata da scarpate per lunghi tratti di altezza inferiore ai 3 m, via via meno evidenti in prossimità della confluenza in Adda, che la separano dalle alluvioni medio-recenti oloceniche.

5. ASPETTI LITOLOGICI DI SUPERFICIE

I litotipi prevalenti presenti nella zona interessata dallo studio sono:

- **Alluvioni pleistocene wurmiane** ovvero il ripiano terrazzato del “Livello Fondamentale della Pianura”, caratterizzato da un orizzonte superficiale alterato di circa 1.20m costituito da depositi sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi, al di sotto dei quali si sviluppa il corpo principale della successione wurmiana con caratteristiche prevalentemente sabbiose (Nella zona settentrionale e nord-orientale del comune di Montodine)
- **Alluvioni Oloceniche dei Fiumi Adda e Serio**, altimetricamente ribassate rispetto ai depositi Pleistocenici e sottoposte ai recenti ed attuali processi di divagazione e rimaneggiamento fluviale. Si individuano pertanto zone a granulometria grossolana in corrispondenza dell’attuale tracciato dei due corsi d’acqua in prevalenza ghiaiose o sabbioso-ghiaiose ,sedimenti prevalentemente sabbiosi deposti a partire dall’Olocene medio dal Fiume Adda, che ha inciso profondamente gli antichi depositi wurmiani ed ha progressivamente traslato il suo percorso verso S-SW

6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio in esame è attraversato da un fitto reticolo idrografico composto da corsi d'acqua naturali e da canali artificiali di grandi e piccole dimensioni.

Il fiume Adda nasce dal Monte Cassa del Ferro (Alpi Retiche) in provincia di Sondrio e dopo un percorso di circa 313 km, confluisce in sinistra idrografica del fiume Po, in prossimità dell'abitato di Castelnuovo Bocca d'Adda (LO).

Nella pianura cremonese e fino alla confluenza in Po, l'andamento del fiume passa da sinuoso a meandriforme, incassato nella ampia valle alluvionale delimitata da scarpate morfologiche di altezza variabile (circa 3 m nel tratto più a monte e oltre 10 m in quello più a valle).

Scorrendo in direzione NW-SE, l'Adda segna il confine tra la provincia di Lodi e la provincia di Cremona.

Variazione del tracciato dell'asta principale e tagli di meandro, hanno portato alla presenza di anse fluviali abbandonate.

Il regime pluviometrico è di tipo continentale con massimi estivi e minimi invernali.

Il fiume Serio ha origine da diverse sorgenti nelle Prealpi Orobiche, in provincia di Bergamo e dopo un percorso di circa 124 km, si immette in sponda sinistra del fiume Adda, nelle vicinanze dell'abitato di Boccassero, in comune di Montodine (CR).

Il suo corso, intermedio e parallelo a quello dell'Adda e dell'Oglio, ha una direzione N-S.

Nella pianura cremasca scorre su lievi pendenze e fino alla confluenza in Adda ha un aspetto monocursale e un tipico andamento a meandri, incassato nella valle ben delimitata da evidenti scarpate morfologiche e caratterizzata da diverse lanche abbandonate.

Il regime idrografico presenta caratteristiche torrentizie, dato che l'alimentazione estiva ed invernale deriva dalle sole sorgenti e dai nevai, mentre nella stagione primaverile ed autunnale le portate di pianura raggiungono entità di 40 volte superiori a quelle di magra (e fino a 100 volte nel corso di eventi eccezionali).

7. IDRAULICA

Negli ultimi anni il bacino idrografico del Po è stato interessato da eventi alluvionali di notevole intensità.

Si riassumono alcune informazioni circa l'evento del 1979 che interessa principalmente il Serio, e quello del 2002 che si riferisce invece all'Adda.

❖ EVENTO ALLUVIONALE DEL 22 SETTEMBRE 1979

Tra il 21 e il 22 settembre del 1979 intense precipitazioni temporalesche hanno interessato il territorio montano della provincia di Bergamo, con valori cumulati che hanno raggiunto i 200mm in Val Seriana.

I dati pluviometrici ed idrometrici della parte alta del Bacino del Serio (stazione di Ponte Cene) consentono di individuare un'onda di piena transitata da detta stazione nell'arco di dieci ore, con una portata di colmo di circa 350 m³/s. Nello stesso intervallo di tempo l'intero bacino di pianura del Serio fece registrare valori complessivi di circa 139 mm.

Dai dati idrometrici rilevati in differenti stazioni ubicate nel territorio cremasco si sono ottenuti valori di portata di colmo di 500-600 m³/s.

In territorio cremasco, a fronte di una capacità dell'alveo di contenere una portata defluente dell'ordine di 150-200 m³/s, le portate defluite hanno provocato vaste esondazioni ed allagamenti in aree agricole ed urbane lungo tutto il corso del fiume fino a Montodine.

La superficie del comune di Montodine interessata dall'esondazione del Serio corrisponde al territorio rurale che si sviluppa in prossimità delle zone di divagazione dell'alveo e, lievemente, alla zona urbana di Bocca di Serio, lambito nella sua parte meridionale.

❖ EVENTO ALLUVIONALE DEL 26 NOVEMBRE 2002

In occasione dell'evento del 2002 si assistito all'inondazione di diverse città lombarde e di tutti i territori rivieraschi dei fiumi Lambro, Brembo, Adda e Serio.

Le piogge che hanno dato origine alle piene di questi corsi d'acqua sono cadute tra il 12 e il 27 novembre 2002. In una prima fase le abbondanti precipitazioni hanno contribuito alla saturazione del suolo e all'aumento delle portate dei corsi d'acqua (12-22 novembre). In una secondo momento, essendo diminuita la capacità di ritenzione del terreno e il contenimento degli alvei, le abbondanti piogge hanno favorito onde di piena lungo il corso di Adda, Brembo e Lambro.

L'evento ha interessato le zone golenali prossime all'alveo e ha dato origine ad allagamenti in corrispondenza degli abitati di Rivolta d'Adda per il collasso di un rilevato arginale, di Lodi e di tutta la fascia di migrazione dei meandri fino a Pizzighettone e del tratto finale arginato fino alla confluenza in Po.

Anche il territorio comunale di Montodine è stato interessato dall'esondazione dei fiumi Adda e Serio; quest'ultimo, pur non presentando una portata eccezionale, ha subito un fenomeno di rigurgito nella zona di confluenza con la conseguente tracimazione in punti che non hanno retto l'impeto delle acque, provocando allagamenti nelle aree più prossime all'alveo.

L'unica area abitata interessata dall'evento è stato il centro edificato di Bocca di Serio, a causa dell'insufficiente difesa opposta dal rilevato arginale posto poco a sud e che rappresenta una criticità idraulica elevata e di urgente sistemazione.

8. IDROGEOLOGIA

Dall'analisi dei dati esistenti è possibile assegnare ai terreni sabbiosi che costituiscono il Livello fondamentale della Pianura una permeabilità media compresa tra 10^{-4} - 10^{-2} cm/sec., mentre valori più bassi 10^{-6} - 10^{-4} cm/sec sono associati a terreni che costituiscono i Paleomeandri dell'Adda, caratterizzati da una tessitura superficiale limosa e limoso-argillosa.

L'andamento del livello piezometrico è dettato oltreche dalla piovosità sul territorio e dalla permeabilità dei terreni anche dalle pratiche stagionali delle colture agricole.

L'andamento della superficie piezometrica risente dell'azione drenante esercitata dal fiume Adda e della presenza di paleomeandri che modificano localmente la direzione di deflusso delle acque sotterranee.

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, circa 0,2%. In corrispondenza della scarpata che separa le due unità fisiografiche raggiunge lo 0,5%.

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

Il sottosuolo della pianura lodigiana-cremasca può essere suddiviso in tre litozone principali:

- ghiaioso-sabbiosa superficiale: ghiaie, sabbie prevalenti e conglomerati, è sede dell'acquifero superficiale, libero, caratterizzato da trasmissività elevate.
- sabbioso-argillosa: suddivisa in due serie, la prima costituita da argille, limi e sabbie di colore grigio-azzurro, verde, giallo, nero con frequenti livelli torbosi; la seconda

rappresentata da alternanze di ghiaie e sabbie con argille e limi grigio azzurri o neri. E' sede di acquiferi di tipo confinato nei livelli ghiaiosi e sabbiosi.

- argillosa: depositi costituiti da depositi fini argillosi il cui il limite superiore può essere considerato la base delle strutture idriche significative, in quanto la bassa permeabilità generale dei depositi non fa prevedere la presenza di significativi strati sabbioso-ghiaiosi.

9. INTERFERENZA FALDA

L'opera prevede la posa di un manufatto gonfiabile che dovrà indurre un innalzamento del livello fluviale in modo da deviare il flusso delle acque nella zona ove verrà costruita la vasca di alloggiamento delle centraline.

Questo fenomeno darà atto ad una ricarica laterale della falda la quale andrà ad incrementare il livello statico attuale della tavola d'acqua presente all'interno del livello fondamentale della pianura padana.

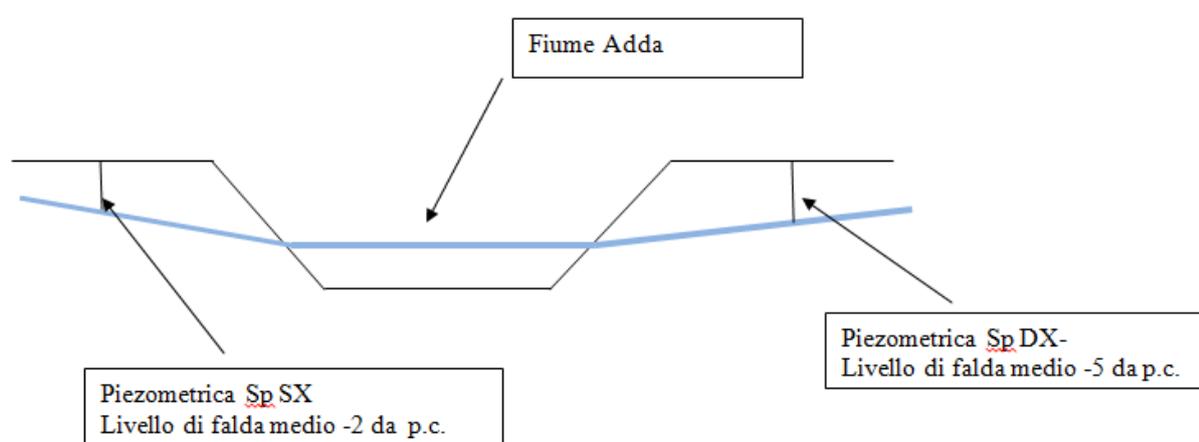


Figura 2: Schema stato attuale livello di falda ante operam.

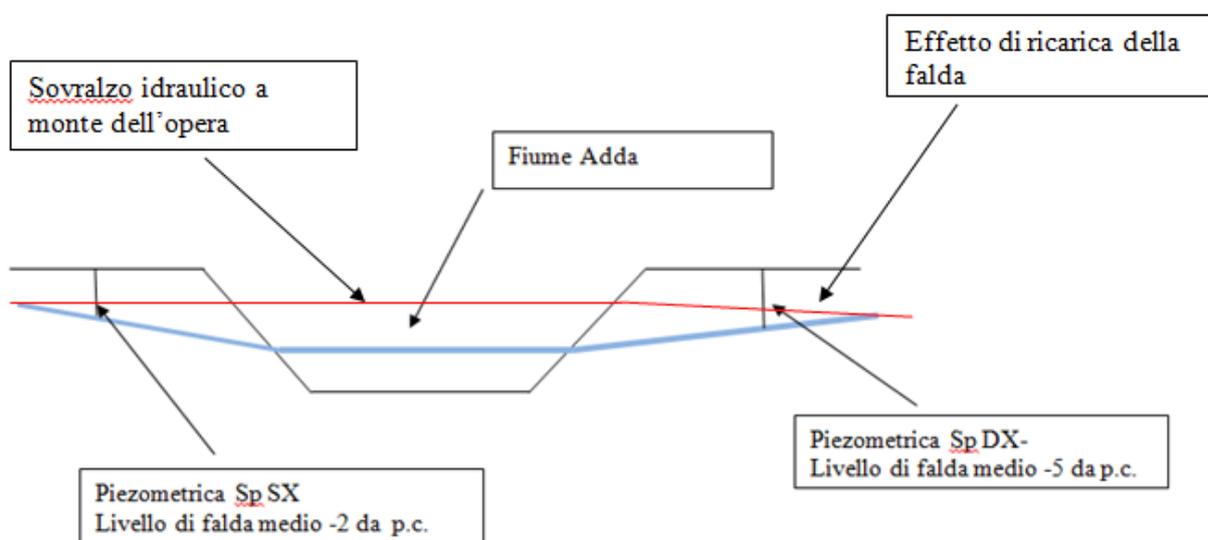


Figura 3: Schema livello di falda post-operam

L'andamento delle piezometriche ,dedotto dai dati provenienti da studi precedenti, indica un diverso livello piezometrico ,da monte verso valle ,indotto dalla diversa morfologia e litologia dei terreni in sito.

Va inoltre tenuto in debito conto anche la direzione dell'asta fluviale ,obliqua rispetto al territorio di pianura che funge da asse drenante con un maggiore effetto verso monte ed un rilascio lento verso valle.

Nel caso specifico essendo in presenza di terreni ad elevata permeabilità, a volte in contatto con terreni a granulometria più fine (zone meandriiformi) e quindi a permeabilità minore avverrà un fenomeno di ricarica con tempi non sempre omogenei.

Utilizzando la formulazione di Bouwer (1969) e considerando :

I = velocità di infiltrazione dell'acqua

Q = portata unitaria di infiltrazione

C = larghezza dell'asta fluviale

Si hanno questi dati pratici:

argilla sabbiosa $\Rightarrow I = 0,2 - 0,4 \text{ m/gg}$

Sabbia $\Rightarrow I = 0,5 - 1 \text{ m/gg}$

Sabbia e ghiaia $\Rightarrow I = 1 - 2 \text{ m/gg}$

Ghiaia $\Rightarrow I = 2 - 3 \text{ m/gg}$

Utilizzando invece il valore di trasmissività previsto per questo tipo di materiale con un valore medio compreso tra 10^{-2} e 10^{-3} mq/s.

Si ha una velocità di infiltrazione pari a circa 10 m/gg.

Questi dati vanno comunque considerati in modo qualitativo e non omogeneo data l'eterogeneità dei materiali attraversati.

In particolare va tenuto in conto che il valore di ricarica non sarà omogeneo e sicuramente con diverse tempistiche in quanto la zona di valle avrà un flusso “libero”, mentre su quella di onte si avrà una sorta di flusso “forzato” in quanto in contropendenza.

10. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto sopra descritto si conclude quanto segue:

- ❖ L'opera previste induce un innalzamento del livello del fiume Adda per 5.292 m e del fiume Serio per 4.260 m.
- ❖ Data la permeabilità medio – alta dei terreni ghiaioso sabbiosi ,risulta verosimile la possibilità di un innalzamento del livello di falda nelle aree adiacenti alle sponde fluviali.
- ❖ L'effetto di ricarica è stato considerato utilizzando lo stesso gradiente attualmente presente nel livello fondamentale della pianura ed universalmente accettato pari a circa 0,2%.
- ❖ La velocità di ricarica è stata stimata con una velocità pari a 3-10 m/gg.
- ❖ L'area di ricarica non è stata considerata della stessa estensione sulle due sponde in quanto la disposizione morfologica dell'asse fa sì che verso monte si avrà una ricarica "forzosa" in contropendenza mentre verso valle si avrà un flusso "libero"

L'effetto indotto sarà di modesta entità e del tutto compatibile con le attuali oscillazioni piezometriche naturali senza alcun tipo di interferenza con opere o pratiche colturali attualmente attive.