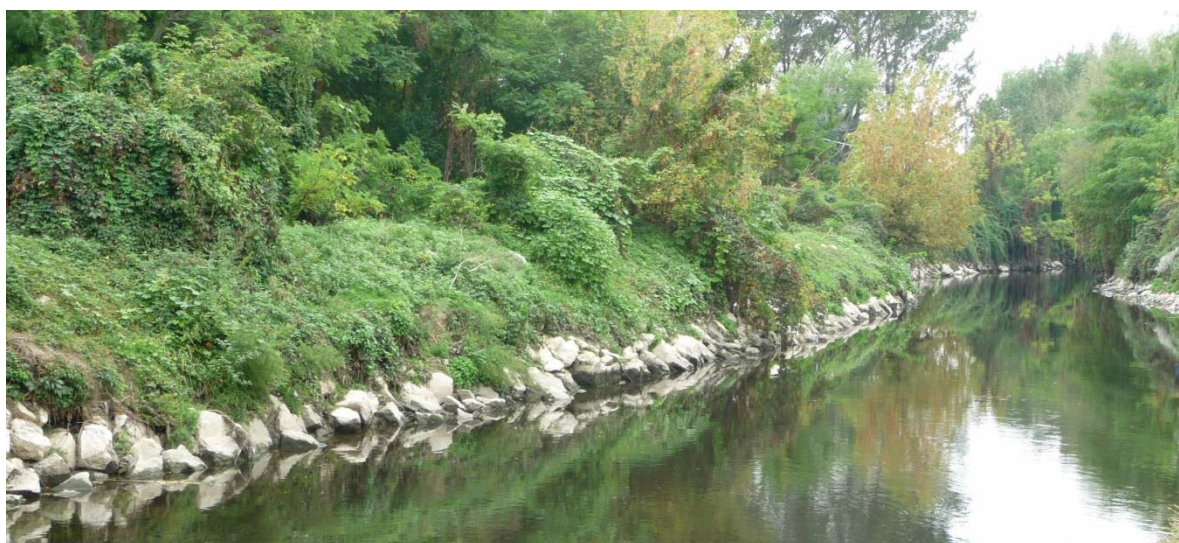


INTERVENTO DI COMPLETAMENTO ARGINATURA DEL FIUME  
LAMBRO IN COMUNE DI COLOGNO MONZESE.  
[MI-E.790]

CIG 4656420756

CUP B29H12000290001



Numero

**2.1**

Titolo

Relazione Geologica

Scala

-

Progettazione

Il progettista

Il responsabile del progetto



WATER AND NATURAL  
RESOURCES  
CONSULTANTS

Via Guido Rossa, 29/A  
35020 Ponte S. Nicolò  
Padova - Italia  
info@betastudio.it  
www.betastudio.it  
tel +390498961120  
fax +390498961090

**BETA Studio srl**  
Ing. Massimo COCCATO



2	Indagini integrative	16.10.2015	Dott.ssa M. SEGATO	ing. A. BOCCATO	ing. M. COCCATO
1	Istruttoria di verifica	05.12.2014	Dott.ssa M. SEGATO	ing. A. BOCCATO	ing. M. COCCATO
0	Prima emissione	10.11.2014	Dott.ssa M. SEGATO	ing. A. BOCCATO	ing. M. COCCATO
rev.	motivo	data	Redatto	verificato	approvato

cod. el. 0782PE0201

file 0782PE0201\_01.docm



# Indice

	Pag.
INTRODUZIONE.....	1
1. INQUADRAMENTO GENERALE.....	3
1.1 Caratteri morfologici generali .....	3
1.2 Ambito di intervento .....	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	5
2.1 Aspetti geologici .....	5
2.2 Caratterizzazione stratigrafica, geotecnica e sismica .....	6
3. ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	9
4. CONCLUSIONI .....	13
Riferimenti bibliografici .....	15



# INTRODUZIONE

BETA studio ha ricevuto da A.I.Po (Agenzia Interregionale per il fiume PO) l'incarico per la redazione del progetto dei *Lavori di realizzazione dell'intervento di completamento arginatura del fiume Lambro in comune di Cologno Monzese e altri (MI)*. [MI-E.790].

I lavori riguardano la sistemazione idraulica del fiume Lambro nel tratto in cui esso attraversa i territori comunali di Cologno Monzese, Sesto San Giovanni e Milano. In questo tratto, le analisi condotte in fase di redazione del *Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)* e dello *Studio di Fattibilità del bacino del Lambro Olona (SDF)*, entrambi redatti dall'Autorità di bacino del fiume Po, hanno individuato alcune criticità del sistema difensivo idraulico.

A partire dalle indicazioni riportate nello Studio di Fattibilità, sono state individuate le soluzioni tecniche da seguire nella realizzazione degli interventi, che hanno portato alla redazione del progetto preliminare. Gli studi condotti durante la redazione del progetto preliminare hanno consentito di dettagliare il quadro delle criticità e delle cause che lo hanno determinato. Sono state individuate situazioni di insufficiente quota dei rilevati arginali, situazioni di instabilità delle scarpate e delle strutture presenti a ridosso delle sponde, problematiche di degrado paesaggistico ed ecologico. Con successivo parere del 29.05.2013, la Regione Lombardia ha condiviso i criteri progettuali proposti fornendo tuttavia alcune importanti prescrizioni circa l'oggetto e la modalità esecutiva degli interventi.

In fase di redazione del Progetto Definitivo gli interventi proposti sono stati modificati al fine di seguire le prescrizioni della Regione e dimensionati dopo aver valutato la loro efficacia e le conseguenze sul sistema fluviale. Il Progetto Definitivo è stato inviato a tutti gli enti interessati durante e presentato durante Conferenza di Servizi del 13.10.2014, durante la quale sono emerse ulteriori osservazioni e prescrizioni.

Il presente Progetto Esecutivo, che recepisce le ulteriori prescrizioni e indicazioni ricevute, fornisce tutta la documentazione necessaria per consentire l'appalto dei lavori e loro realizzazione, includendo la quantificazione economica dei lavori, il capitolato Speciale di Appalto, il Piano di Sicurezza e di Coordinamento (PSC) e tutti gli elaborati indicati nel Codice Appalti, di cui il D.Lgs 163/2006, e nel relativo Regolamento, di cui il DPR 207/2010.

Nella presente relazione si intende fornire un inquadramento delle caratteristiche geologiche e geotecniche dell'ambito di intervento.



# 1. INQUADRAMENTO GENERALE

## 1.1 Caratteri morfologici generali

L'origine del fiume Lambro, che lungo l'intero tratto a monte di Milano viene detto anche Lambro settentrionale in quanto scorre a est del capoluogo regionale, viene individuata in Comune di Magreglio (CO) nella zona confinata tra i due rami del Lago di Como (Figura 1.1). In questa zona il fiume ha subito importanti interventi di bonifica idraulica che hanno portato alla sua rettifica e canalizzazione nonché alla deviazione del tracciato originale verso il lago di Pusiano nel quale si immette a quota di circa 255 m s.m.m. Subito a valle dello sbocco dal lago di Pusiano, il Lambro riceve, da destra, i contributi di un altro bacino idrografico i cui deflussi vengono intercettati dal Lago di Alserio.



Figura 1.1 - Sorgenti e percorso del fiume Lambro Settentrionale fino a Milano.

La presenza dei laghi di Pusiano e di Alserio influenza notevolmente il regime idrologico del fiume a causa dell'effetto di laminazione indotto. Le piene che si propagano lungo i torrenti che solcano il territorio una volta usciti dalla zona dei laghi vedono estremamente ridotti i colmi piena e allungata notevolmente la durata della piena, per effetto del rilascio, ritardato nel tempo, dei volumi invasati.

Dal lago di Pusiano il Lambro riprende la sua corsa in direzione Sud assumendo una conformazione a meandri e segnando il confine tra le provincie di Como e Lecco prima, e Como e Monza poi, fino a giungere alle porte di Giussano. Lungo questo tratto, e precisamente in località Baggero, il Lambro riceve da sinistra il torrente Bevera, che fornisce il primo contributo a carattere torrentizio.

Il fiume entra quindi in provincia di Monza riprendendo una conformazione di alveo confinato, a causa della conformazione del territorio circostante, che mantiene fino alla zona di Villasanta e del Parco di Monza. Da qui il fiume vede diminuire la pendenza longitudinale, circostanza che favorisce la formazione di meandri. La sezione di deflusso conserva ampie zone golenali dove le acque di piena possono espandersi liberamente. L'alveo è coronato da un terrazzamento continuo ed evidente soprattutto in sponda destra.

Giunto all'ingresso della città di Monza, il fiume perde la sua naturale conformazione a causa della forte pressione antropica che caratterizza il territorio. Le acque sono costrette a defluire all'interno di una sezione ristretta e a

tratti canalizzata, con protezione spondali verticali, se non addirittura con sezione a “U”, in calcestruzzo. Questo assetto produce una drastica riduzione della capacità laminazione e aumenta la velocità media della corrente.

## 1.2 Ambito di intervento

Gli interventi da realizzare con il presente progetto, sono localizzati nel tratto del fiume Lambro Settentrionale, all'altezza di Milano e precisamente tra i centri comunali di Cologno Monzese e Sesto San Giovanni, dopo che il fiume ha attraversato la città di Monza. L'ambito può essere suddiviso in due zone. In un primo tratto, per circa 2 km, il fiume scorre entro la fascia delimitata, sulla sinistra, dalla strada comunale di Via Spagna mentre, sulla destra, dal rilevato dell'autostrada A52. Mentre lo spazio tra la A52 e la sponda destra del fiume, nel territorio di Sesto San Giovanni, è rimasto prevalentemente “zona a verde”, lo spazio tra la sponda sinistra e Via Spagna è stato quasi interamente occupato dalla Zona Industriale. Si tratta di una zona densamente abitata, con strutture industriali edificate a ridosso della sponda.

In questa zona il fiume scorre con una pendenza pari a 0.2%, incidendo il materiale di origine alluvionale, con granulometria ben distribuita in fazioni di natura ghiaiosa, sabbiosa e limosa.

In un primo tratto, dove il fiume costeggia la Zona Industriale di Cologno Monzese, l'alveo mantiene il suo andamento planimetrico meandriforme. Tuttavia, la presenza di insediamenti urbani spinti fino a ridosso delle sponde, e la forte densità di difese spondali, rigide e talvolta verticali, hanno ridotto drasticamente la possibilità di sviluppo di una dinamica fluviale naturale.

A valle il fiume dispone di spazi leggermente più ampi, anche se mantiene una conformazione monocursale e confinata da opere di difesa. Le arginature sono realizzate in terra e presentano, saltuariamente, protezioni al piede costruite in massicciate sciolte.

Una volta superato il ponte stradale di via Di Vittorio, il fiume è stato parzialmente rettificato dal punto di vista planimetrico, e canalizzato entro sponde inclinate e rivestite con lastre di cemento armato. Il fiume procede in questo modo per circa 1 Km superando l'area dell'impianto di depurazione e l'impianto di incenerimento di Sesto San Giovanni, fino a incrociare il Naviglio Martesana.

Le maggiori problematiche che interessano il corso d'acqua sono di carattere idraulico (insufficienza arginale), ambientale e di stabilità geotecnica. Le scarpate presentano acclività talvolta spinte fino al limite della stabilità del pendio e la tendenza all'erosione che il Lambro assume in alcuni tratti, anche se modesta entità in termini di perdita di quota, aggrava questa situazione.

Una seconda causa di instabilità è dovuta alla vegetazione di carattere arboreo di medio - alto fusto. Se, da un lato, l'apparato radicale produce un aumento della coesione del terreno, dall'altro il peso delle piante aumenta la spinta destabilizzante del terreno su cui poggia, favorendo il scivolamento o il ribaltamento della pianta stessa. L'azione combinata di instabilità della scarpata e delle azioni erosive localizzate da parte della corrente, può dar luogo alla destabilizzazione del fusto, al ribaltamento della pianta e a pericolose situazioni di sbarramento della sezione di deflusso.



## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1 Aspetti geologici

L'area oggetto di indagine si colloca all'interno della Pianura Lombarda Occidentale, caratterizzata da un assetto territoriale tabulare e monotono con pendenze variabili nel campo di 1÷4 per mille.

La geologia di questa pianura è strettamente legata all'evoluzione della Pianura Padana di cui ne fa parte, risultando quindi molto articolata e complessa a causa della genesi della sua formazione. In particolare l'evoluzione della Pianura Padana si può di fatto sintetizzare in tre fasi principali:

- fase del ritiro del mare e della sedimentazione di depositi continentali fluvio-lacustri, deltizi e di pianura costiera su parte della pianura (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore);
- fase glaciale, comprende le diverse fasi di crisi glaciale susseguitesi nel Pleistocene;
- fase postglaciale di sedimentazione alluvionale e di erosione (Olocene).

In particolare, per quanto riguarda la Pianura Lombarda Occidentale, compresa tra i terrazzi alluvionali del fiume Ticino ad ovest e del fiume Adda ad est, tra cui ricade la parte di pianura del bacino del Lambro, le litologie che la costituiscono appartengono al cosiddetto "Livello fondamentale della Pianura".

Tale livello rappresenta un importante limite cronologico, in quanto marca la transizione tra i periodi glaciali (Pleistocene) e i cicli erosivi di età post-glaciale (Olocene), ovvero dalla fine dell'ultima glaciazione ai giorni nostri (Figura 2.1), ed è formato da depositi fluvio-glaciali e alluvionali di età wurmiana, costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limosa con lenti di argilla. A mano a mano che si procede dall'alta alla bassa pianura i depositi diminuiscono la loro granulometria.

Lungo il fiume Lambro sono, invece, presenti depositi alluvionali antichi e recenti. Si tratta dei depositi che occupano le valli degli attuali corsi d'acqua in posizione più bassa rispetto al piano fondamentale della pianura e risultano costituiti da ghiaie, sabbie, con livelli limoso-argillosi.

La litologia prevalente è rappresentata da depositi ghiaioso-sabbiosi in matrice limoso-argillosa localmente interrotti da orizzonti di modesto spessore di natura limoso-argilloso-sabbiosa.

L'orizzonte di riporto risulta presente in tutta l'area con spessori molto variabili in funzione del rimaneggiamento subito nel corso degli anni.

Per quanto riguarda l'assetto morfologico, si evidenzia che nell'area oggetto di studio appare di difficile valutazione la presenza di paleoalvei e strutture morfologiche relitte che risultano obliterate dall'azione antropica di livellamento delle superfici e dalla crescente urbanizzazione.

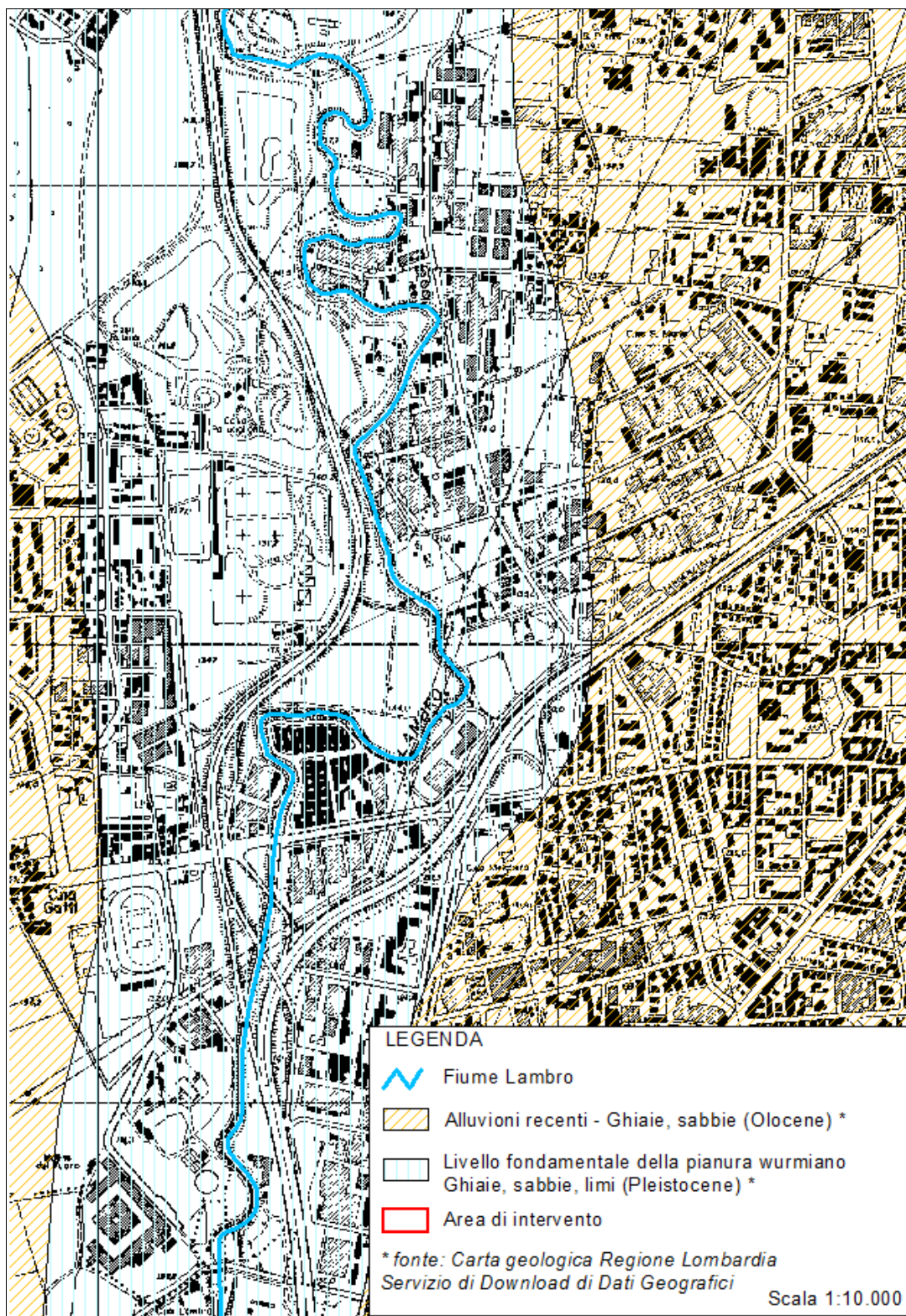


Figura 2.1 - Carta geologica dell'area d'intervento.

## 2.2 Caratterizzazione stratigrafica, geotecnica e sismica

Per quanto riguarda la caratterizzazione di dettaglio dell'area oggetto di intervento, ovvero la definizione dell'assetto stratigrafico e delle caratteristiche geotecniche dei depositi presenti, sono stati reperiti dati riferiti a porzioni di fiume poste a nord dell'area di intervento (Gerosa, 2010). Tali dati evidenziano la presenza di 5 unità litologiche aventi spessori e profondità variabili nell'area investigata. Si passa dal terreno vegetale e/o di riporto nella porzione superficiale (unità I) per arrivare alla profondità di 30 m sotto il p.c. dove sono presenti ghiaie e

sabbie ciottolose-limose (unità V). Le unità intermedie sono costituite da sedimenti limosi (unità II) che si arricchiscono di ghiaie e sabbie scendendo più in profondità (unità III e IV).

Ai fini della caratterizzazione geotecnica dei terreni, si può ancora fare riferimento alla campagna di indagini geognostiche effettuate nell'ambito del progetto esecutivo inerente "LAVORI DI REALIZZAZIONE DI ARGINATURA SUL FIUME LAMBRO SETTENTRIONALE NECESSARI PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'ABITATO DI SAN MAURIZIO AL LAMBRO IN COMUNE DI COLOGNO MONZESE (MI)", in particolare all'elaborato "Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica" (Gerosa, 2010).

Anche in assenza d'indagini specifiche condotte nei siti d'intervento è possibile affermare che i terreni di fondazione delle opere in progetto, risultano essere di natura incoerente o di natura coesiva limosa. La presenza di eventuali strati argillosi di spessore elevato, posti a modeste profondità è da escludersi. E' pertanto possibile escludere la presenza di strati soggetti a fenomeni di consolidamento ritardato nel tempo che possano dare origine a cedimenti per effetto del peso delle strutture.

Su incarico si A.I.Po lo Studio di geologia associato AB & C, ha eseguito un'indagine geologica, sismica ed ambientale, per il dettaglio si rimanda alla medesima relazione, per brevità si riportano i risultati dell'indagine geologica. Le indagini hanno compreso:

- N.° 2 indagini sismiche di tipo MASW;
- N.° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- N.° 5 prove penetrometriche SPT in corrispondenza di ciascun sondaggio geognostico.

#### Caratterizzazione geotecnica

Sulla base delle stratigrafie derivanti dai 3 sondaggi eseguiti spinti sino alla profondità di 15.00 m dal piano campagna, il modello geologico dell'area risulta caratterizzato dalla presenza dei seguenti orizzonti:

- ORRIZZONTE 1: Da piano campagna a 4.20 m – 7.20 m; materiale di riporto di vario genere costituito da terreni rimaneggiati di natura limosa (prevalente) o sabbiosa, di colore prevalentemente marrone o marrone chiaro, talvolta con ghiaia e ciottoli. Presenza frequente di frammenti di laterizio e inerte e sporadica di rifiuti (scorie di acciaieria, plastica, ferro, ecc.; il grado di addensamento è molto variabile (da soffice a molto addensato  $5 < N_{spt} < 46$ )
- ORRIZZONTE 2: da 4.20m – 7.20 m a 15.00; Terreno naturale costituito da ghiaia, talvolta limosa o debolmente limosa, talvolta con livelli di sabbia ghiaiosa e di sabbia con ghiaia e ciottoli, da addensata a molto addensata ( $N_{spt} > 20$ )

Nella seguente Tabella 1 sono riportate le stime dei valori medi dei parametri geotecnici degli orizzonti ottenuti con le elaborazioni

Tabella 1 Parametri geotecnici medi

ORIZZONTE	Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Angolo di attrito (gradi)	Coesione (Kg/cm <sup>2</sup> )	Densità relativa (%)	Modulo di Young (MPa)
1	1.75 – 1.85	29-41	0 – 0.5	28 – 75	20 – 34
2	1.80 – 1.90	33-42	0	35 - 53	22 - 28

### Caratterizzazione sismica

Secondo la classificazione sismica del territorio stabilita con DGR 11 luglio 2014 - n. X/2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*" (LR 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)" con la quale è stata redatta la nuova classificazione sismica del territorio lombardo, tutti i territori comunali interessati dal progetto (Sesto San Giovanni Cologno Monzese e Milano) rientrano nella Zona 3 (bassa sismicità).

Si tratta pertanto di terreni per i quali l'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, espressa come rapporto  $[a_g/g]$  risulta compresa nel campo di valori  $0.05 \div 0.15$  e l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico risulta pari a 0.15 espressa come rapporto  $[a_g/g]$ .

Dal punto di vista della risposta sismica dei suoli, il sottosuolo

Caratterizzato dai sondaggi geognostici e dalle due prove MASW, è risultato essere di tipo B, secondo l'ordinanza n. 3274 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003, ovvero appartenente alla categoria delle *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)*

### 3. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Il territorio attraversato dal fiume Lambro è stato ampiamente indagato negli ultimi anni per scopi connessi all'uso idropotabile delle acque. L'area nella quale saranno ubicati gli interventi si colloca nell'ambito della struttura idrogeologica della Provincia di Milano. Lo schema classico di tale struttura prevede la suddivisione in tre distinte unità idrogeologiche (Avanzini et al. 1995), che sono (Figura 3.1):

- **litozona sabbioso-ghiaiosa:** sede dell'acquifero tradizionale, suddiviso in una parte superficiale a falda libera – I° acquifero corrispondente ai depositi alluvionali e fluvioglaciali wurmiani (vedi Capitolo 2) e una parte più profonda (falda semi-confinata) – II° acquifero avente spessore variabile e corrispondente ai depositi fluvioglaciali più antichi. Queste due parti risultano separate da modesti spessori di depositi fini semi-permeabili o impermeabili, mentre un potente livello di argilla e limo separa l'intera litozona da quella sottostante;
- **litozona sabbiosa-argillosa:** sede di falde multistrato semi-confinato o confinato (III° acquifero) e costituita da intercalazioni variabili di limi e sabbie;
- **litozona argillosa profonda:** costituita da depositi impermeabili con presenza di acque salmastre.

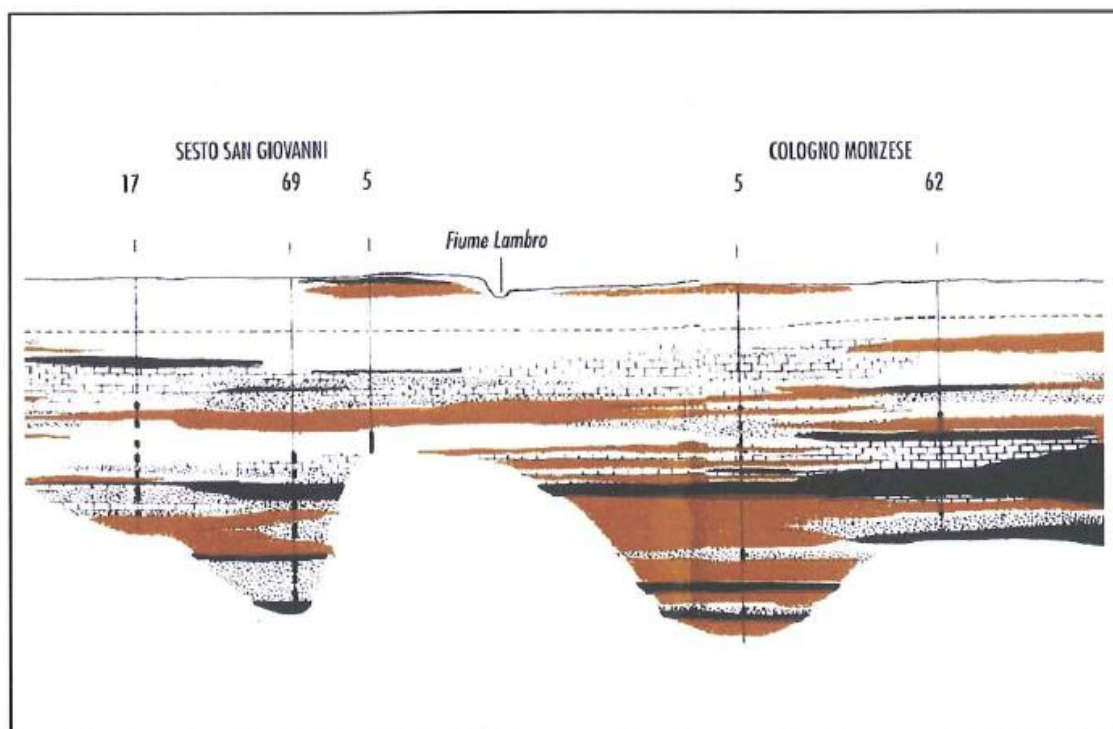


Figura 3.1 - Sezione idrogeologica tipo del territorio attraversato dal fiume Lambro tra i comuni di Sesto S. Giovanni e Cologno Monzese.  
 Legenda: nero=argilla; nocciola= limo; bianco=sabbie e ghiaie; retino grigio=conglomerati.  
 (Fonte Gerosa, 2010).

Sulla base del modello idrogeologico generale (Figura 3.2) si può, quindi, affermare che la falda freatica si sviluppa all'interno della litozona più superficiale la quale si estende ad una profondità di circa 30÷40 m. Tale litozona è, quindi, sede del primo acquifero della pianura in quanto in superficie presenta livelli sabbioso-argillosi molto permeabili che consentono l'infiltrazione di grandi quantità d'acqua proveniente sia dalle precipitazioni sia dai corsi d'acqua.



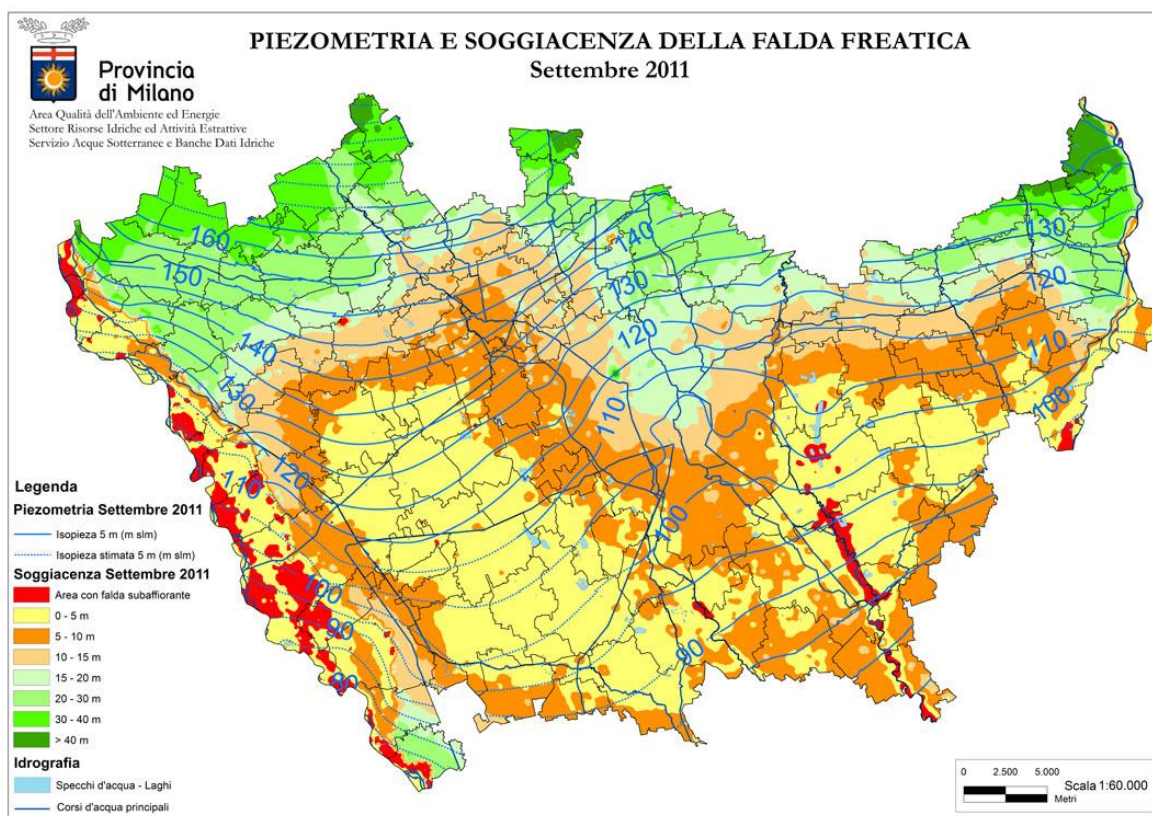


Figura 3.2 - Carta delle soggiacenza della falda freatica. Il rettangolo rosso indica l'area oggetto di intervento.

Il livello della falda è ubicato tra i 15 e i 20 m.

(fonte: [http://www.provincia.milano.it/ambiente/acqua/acque\\_sotterranee/info\\_tecniche/livello\\_falda/](http://www.provincia.milano.it/ambiente/acqua/acque_sotterranee/info_tecniche/livello_falda/))

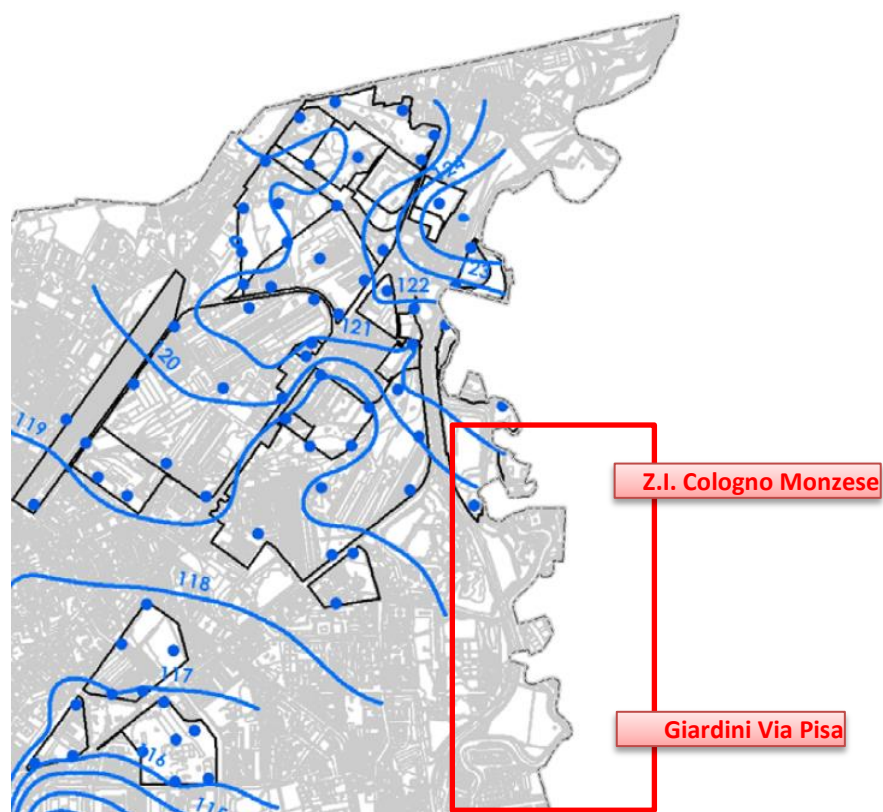


Figura 3.3 - Progetto di Bonifica delle aree di interesse nazionale – Comune di Sesto San Giovanni

L'acquifero è localmente suddiviso in falde separate dalla presenza di un banco di limi argillosi avente spessore di circa 5 m, non sempre continuo. La quota della falda si aggira sui 120 m s.m. e la profondità rispetto al piano campagna varia da 15 a 20 m.

Nell'ambito degli studi finalizzati alla redazione del progetto di bonifica per la messa in sicurezza d'emergenza della falda nelle aree contaminate ex Falck, predisposto dal comune di Sesto San Giovanni sono state eseguite indagini di dettaglio nell'area con installazione di piezometri di monitoraggio che hanno consentito di ricostruire l'andamento della falda freatica riportata in Figura 3.3. I risultati confermano il quadro riportato nell'inquadramento generale, con falda che si mantiene a profondità elevate rispetto al piano campagna e rispetto anche al fondo alveo.

A riprova di quanto sopra descritto, durante i sondaggi eseguiti su incarico di A.I.PO dallo Studio di geologia associato AB & C, come riportato al capitolo precedente, per quanto riguarda la soggiacenza della falda freatica, avendo eseguito i sondaggi fino ad una profondità di 15 m dal piano campagna questa non è stata mai intercettata. Si conferma pertanto che la profondità della falda è superiore ai 15 m.





## 4. CONCLUSIONI

L'inquadramento geologico e geotecnico riportato in questa relazione, con riferimento anche alle ulteriori indagini specifiche realizzate su incarico di A.I.PO dallo Studio di geologia associato AB & C nei punti di intervento, ha consentito di fornire una caratterizzazione della natura dei terreni sui quali saranno realizzate le opere.

Le strutture in progetto sono costituite da rinforzi o da nuovi rilevati arginali, che inducono sollecitazioni sul terreno di fondazione dovute esclusivamente al peso proprio. Le pressioni scaricate sul terreno sono molto basse in rapporto alla capacità portante del terreno e l'assenza di strati argillosi di elevato spessore consente di escludere cedimenti ritardati nel tempo dovuti a fenomeni di consolidazione indotti dall'aumento dei carichi dovuti alla presenza dei rilevati.

E' possibile escludere che gli interventi in progetto siano in grado di gravare in maniera significativa sul terreno di fondazione, nemmeno in considerazione delle sollecitazioni derivanti dall'azione sismica.

Con riferimento all'inquadramento idrogeologico riportato, è possibile escludere che le opere siano in grado di interferire con la circolazione idrica sotterranea.

Si segnala la presenza, nelle vicinanze dei luoghi di cantiere, di strutture edificate a ridosso delle sponde fluviali e in evidente stato di destabilizzazione, per effetto di fenomeni di scalzamento delle fondazioni. Il progetto è stato realizzato in modo da non interferire con queste situazioni, che saranno demandate ad altri interventi.



## Riferimenti bibliografici

AVANZINI M., BERETTA G.P., FRANCANI V., NESPOLI A. (1995): *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano*. C.A.P., Consorzio per l'Acqua Potabile, Milano.

GEROSA D. (2010): *Lavori di arginatura sul fiume Lambro Settentrionale necessario per la messa in sicurezza dell'abitato di San Maurizio al Lambro in Comune di Cologno Monzese*. AIPO.