



Comune di Serravalle a Po  
Comune di Ostiglia  
Provincia di Mantova

**Lavori di adeguamento in quota e della  
sagoma dell'arginatura maestra del fiume Po  
nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)**

## RELAZIONE GEOLOGICA

I Geologi:

**Dott. Carlo Caleffi**  
**Dott. Francesco Cerutti**

Collaboratori:

**Dott. Geol. Andrea Conti**

**RG**



**EN GEO** S.r.l.  
ENGINEERING GEOLOGY  
[www.engeo.it](http://www.engeo.it)

Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma  
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181  
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN  
Tel-Fax 0376 467967  
email [info@engeo.it](mailto:info@engeo.it) - [www.engeo.it](http://www.engeo.it)


## PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



## INDICE

1	Premesse .....	2
1.1	Normativa di riferimento .....	3
2	Inquadramento geologico geomorfologico e idrogeologico .....	4
2.1	Inquadramento strutturale e neotettonica.....	4
2.2	Lineamenti geologici locali.....	7
2.3	Geomorfologia .....	9
2.4	Idrogeologia .....	10
2.5	Idrogeologia locale e rapporti fiume-falda .....	13
3	Indagini geognostiche.....	15
3.1	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) .....	15
3.2	Sondaggi a carotaggio continuo .....	17
3.3	Prelievo di campioni indisturbati e analisi di laboratorio.....	17
3.4	Prove geofisiche tipo Down-Hole.....	19
3.4.1	Categoria di sottosuolo.....	21
4	Caratteri litostratigrafici .....	23

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	1 di 26

## 1 PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio geologico realizzato per conto dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPo), Unità Operativa di Mantova, sulla base dell'incarico per "Assistenza geologica in cantiere con elaborazione dei risultati e redazione della relazione geologica", per l'intervento denominato: (MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN) (CUP B72H18000710002 - CIG ZF42C3EEE6).

L'intervento prevede la realizzazione di un sovrizzo arginale in due distinti tratti nei comuni di Serravalle a Po e Ostiglia. I tratti interessati dall'intervento sono evidenziati in Fig. 1.

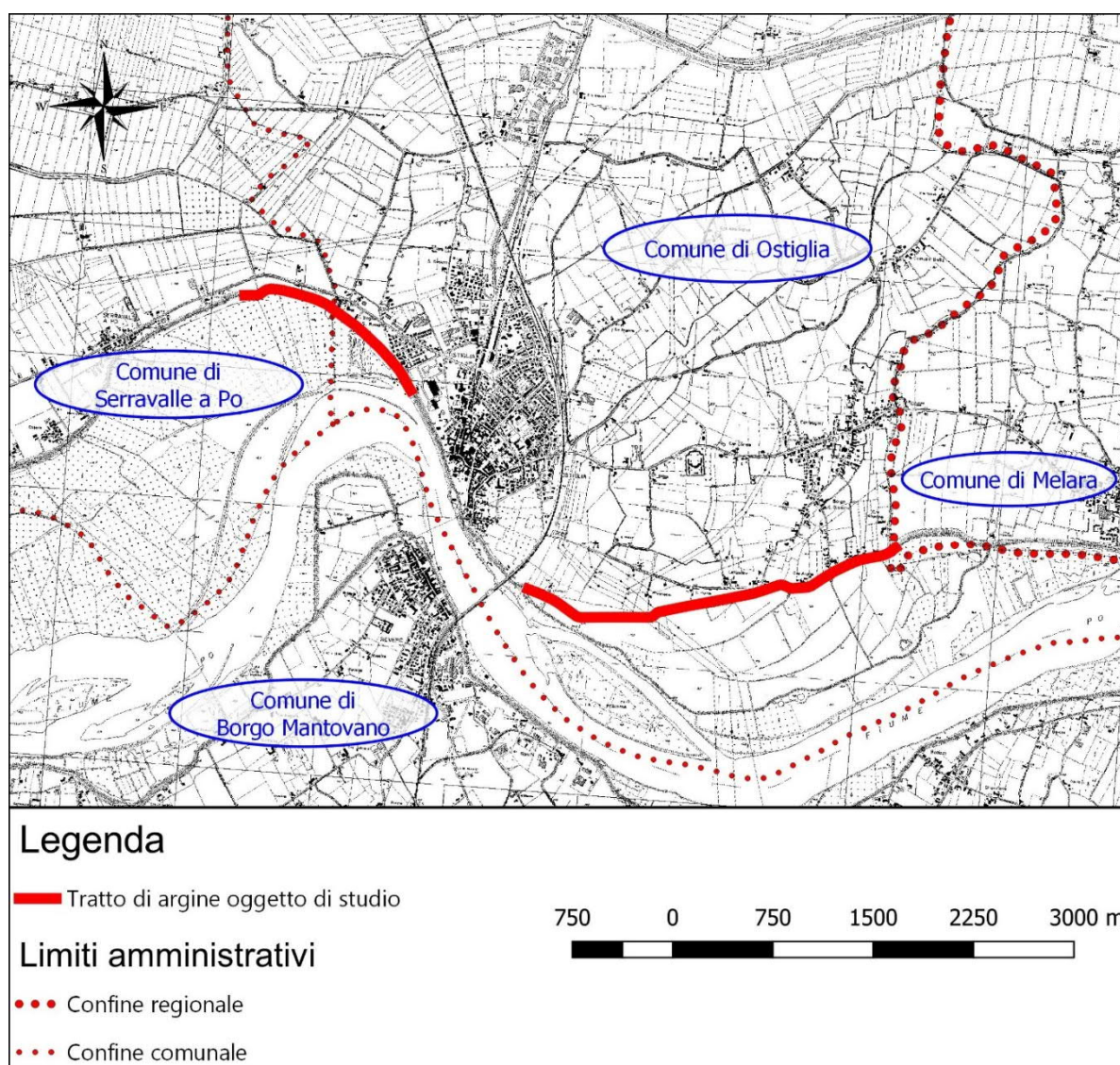



FIG. 1 – UBICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO NEI COMUNI DI OSTIGLIA E SERRAVALLE A PO (MN)

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	2 di 26

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel successivo paragrafo 1.1, e, in particolare del D.M. 17/01/2018, Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Esso ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

1. raccolta e analisi critica di tutta la documentazione esistente relativa all'area oggetto d'intervento (carte tematiche, dati stratigrafici, studi geologici precedenti, ecc.);
2. assistenza alla esecuzione delle indagini e delle analisi pianificate dalla Committenza;
3. definizione geolitologica e geomorfologica di un discreto intorno dell'area in esame;
4. definizione idrogeologica dell'area di studio mediante ricostruzione del modello acquifero della zona e delle dinamiche della falda;
5. ricostruzione dell'assetto litostratimetrico dei tratti soggiacenti gli argini mediante analisi ed elaborazione dei dati provenienti dalla campagna geognostica;

A corredo della presente relazione sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

- Tav. 1 – Corografia – scala 1:10.000
- Tav. 2 – Carta della litologia di superficie – scala 1:5.000
- Tav. 3 – Carta geomorfologica - scala 1:5.000
- Tav. 4 – Carta idrogeologica - scala 1:5.000
- Tav. 5 – Planimetria con ubicazione indagini e sezioni - scala 1:2.500
- Tav. 6 – Sezioni litostratimetriche longitudinali<sup>1</sup> - scala d 1:10.000 q 1.1000
- Tav. 7 – Sezioni litostratimetriche trasversali<sup>1</sup> - scala 1:500


e i seguenti allegati:

- All. 1 – Prove penetrometriche
- All. 2 – Sondaggi geognostici
- All. 3 – Analisi di laboratorio
- All. 4 – Prove Down-Hole

## 1.1 Normativa di riferimento

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17-01-2018, Circolare 11 febbraio 2019.
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni;

<sup>1</sup> Rispetto al profilo dell'argine

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	3 di 26

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

### 2.1 Inquadramento strutturale e neotettonica

Il territorio oggetto di studio appartiene al settore centro-orientale della Pianura Padana, un grande bacino subsidente pliocenico-quaternario, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo, la cui evoluzione geologica dell'area risulta connessa allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, costituendo l'avanfossa di entrambi i sistemi.


Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali.

Più in dettaglio, l'area di studio ricade sulla monoclinale pedealpina (*Pedealpine Homocline*) che si presenta limitata a nord dal fronte di sovrascorrimento sudalpino, il cui lembo esterno corrisponde alla struttura compressiva di Volta Mantovana, e a sud dal fronte di accavallamento esterno dell'Appennino sepolto (ETF) che, nel settore studiato, corrisponde alla zona di virgazione che l'arco occidentale delle Pieghe Ferraresi forma con il sistema delle Pieghe Emiliane (Fig. 2)

In particolare, nel Mantovano è stata individuata la cosiddetta "zona ostacolo" ritenuta responsabile di tale disallineamento dell'ETF e coincidente con una significativa anomalia aereo-magnetica positiva del Basamento Magnetico connessa alla presenza di intrusioni basiche.

Le Pieghe Ferraresi, intese come una complessa struttura geologica sepolta composta da una serie di pieghe associate a faglie che nell'insieme danno luogo ad una struttura positiva fortemente sollevata rispetto al substrato, rappresentano la prosecuzione delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura. A testimonianza di ciò, a sud del territorio comunale di Ostiglia, ad una distanza di circa 20÷30 km, nell'ambito territoriale della bassa provincia modenese (comuni di Mirandola e Concordia sulla Secchia), le strutture delle Pieghe Ferraresi mostrano le culminazioni raggiungendo profondità prossime a 100 metri dalla superficie del suolo.

La monoclinale alpina, a causa del suo comportamento prevalentemente rigido, non sembra essere stata interessata dalle deformazioni legate alla fase parossistica terziaria sebbene alcuni ricercatori abbiano riconosciuto blandi fenomeni di compressione esercitati dal Fronte Appenninico.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	4 di 26



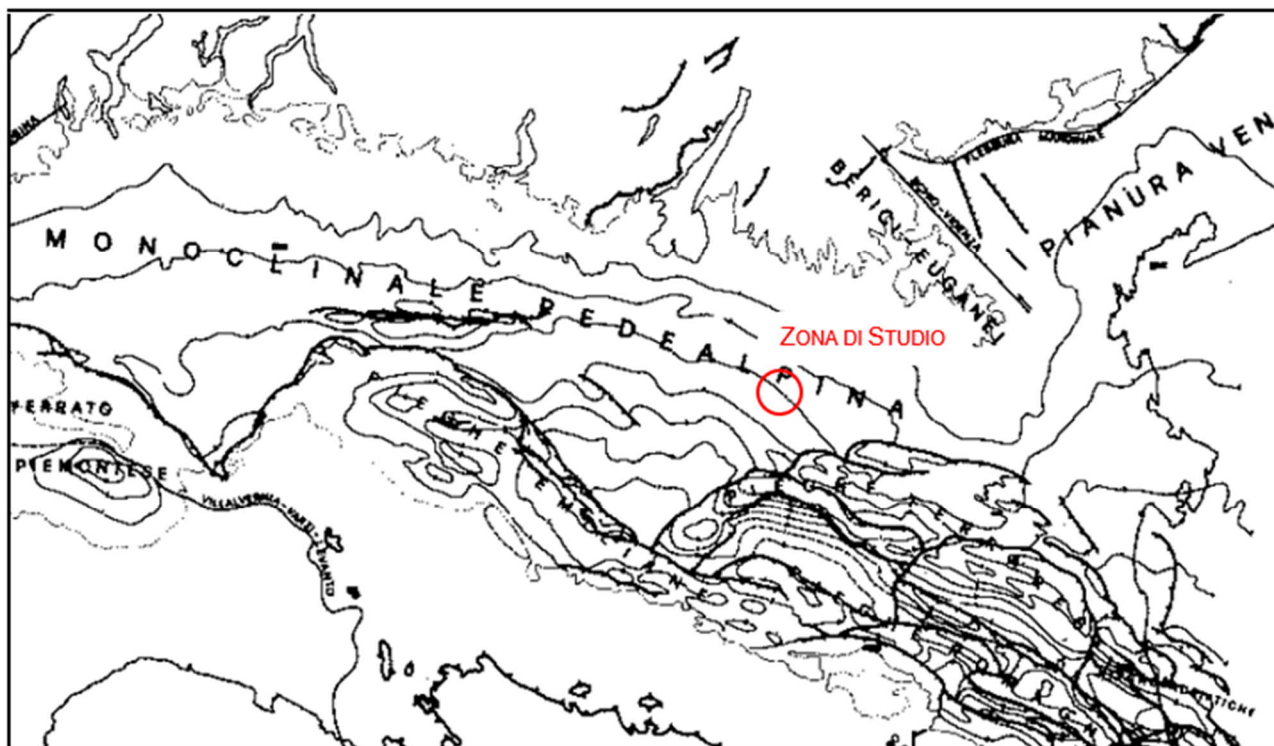



FIG. 2 – CARTA STRUTTURALE SEMPLIFICATA DELLA BASE DELLA SUCCESSIONE PLIOCENICA-QUATERNARIA NELLA PIANURA PADANA E VENETA  
(DA M. PIERI & G. GROPPi, 1981)

A partire dal Messiniano cessano quasi completamente i movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Allo stesso tempo si registra un sensibile spostamento verso Nord-Est del fronte dell'Appennino settentrionale. Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino padano sono strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde Nord Appenniniche e dai lunghi periodi di relativa calma e subsidenza isostatica dei bacini. Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente in modo consistente di tali movimenti. Il margine settentrionale risente, invece, in modo più blando di quanto succede nel bacino. I movimenti sono registrati da superfici di erosione arealmente anche molto estese, dalla riattivazione di strutture mioceniche sepolte e dalla deposizione di livelli detritici fini legati a movimenti eustatici. Gli studi della successione sedimentaria plio-pleistocenica padana ne hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo.

Infatti, i depositi torbiditici di mare profondo, presenti alla base, sono ricoperti da un prisma sedimentario all'interno del quale si distinguono le seguenti *facies*: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale.

I corpi sedimentari presentano due direzioni prevalenti di progradazione: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	5 di 26

Le principali classi di sistemi deposizionali possono essere raggruppate come segue:

- Piana alluvionale ad alimentazione assiale (paleo-Po)
- Conoide alluvionale e piana alluvionale ad alimentazione alpina e appenninica
- Delta ad alimentazione assiale (paleo Po) alpina ed appenninica
- Delta conoide alpino ed appenninico
- Piana costiera
- Piattaforma sommersa
- Scarpata sottomarina
- Piana bacinale

L'organizzazione verticale delle *facies* all'interno delle prime quattro classi di sistemi deposizionali, ed in particolare nei sistemi di piana alluvionale, di conoide alluvionale e nei sistemi deltizi, è invariabilmente costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana con corpi a granulometria fine. Molte volte è possibile distinguere una gerarchia di spessori, con insiemi di cicli di rango inferiore spessi alcuni metri che costituiscono cicli di rango superiore, spessi alcune decine metri.

Si può ipotizzare che tali unità cicliche rappresentino fasi sedimentarie di alta energia alternate a fasi di bassa energia dovute rispettivamente all'attivazione e alla disattivazione dei sistemi deposizionali.

Dati ottenuti dalle ricerche condotte da AGIP, rielaborati, successivamente, da Pieri e Groppi (1981), hanno evidenziato come dal Pliocene ad oggi la depressione Padana sia stata progressivamente colmata, denotando una accentuata subsidenza.


In particolare, nella zona di virgazione sopra citata si registra il maggiore spessore dei depositi plio-quadernari dell'avanfossa.

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica di questo settore della pianura a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione (Fig. 3 - Baraldi et alii, 1980).

Nell'intervallo successivo (fino a 18.000 anni fa) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area; tale movimento è stato dedotto dagli Autori in relazione al notevole spessore dei sedimenti continentali.

In particolare, il territorio analizzato nell'ultimo intervallo (18.000 anni – attuale), mostra fenomeni di subsidenza chiaramente accertati.

Allo stato attuale si può affermare che il territorio in esame è interessato da una debole subsidenza che per il suo carattere regionale, non influenza i manufatti già realizzato o da realizzarsi.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	6 di 26

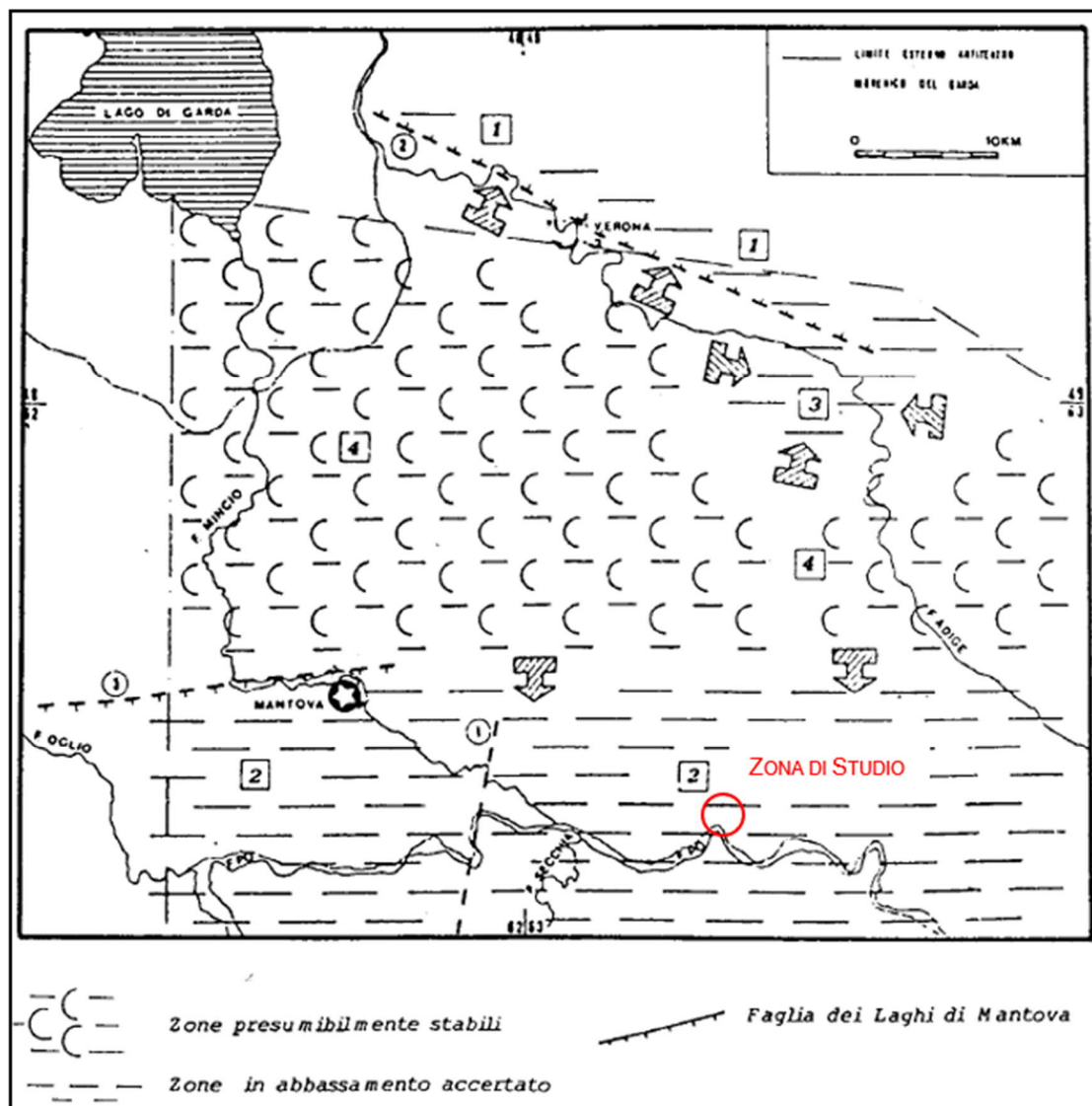



FIG. 3 – CARTA DELLA NEOTETTONICA (18.000-ATTUALE) – (DA BARALDI F., 1980)

## 2.2 Lineamenti geologici locali

L'assetto geologico dell'area è il complesso risultato di eventi morfogenetici e deposizionali. Nel corso del Quaternario continentale il succedersi di situazioni di equilibrio climatico (cicli glaciali) ha dato origine alle corrispondenti serie di aggradazione/degradazione del livello marino, con una conseguente mutazione e evoluzione degli associati sistemi deposizionali.

Il territorio in esame si è formata in seguito allo scioglimento dei ghiacciai del Quaternario (Garda e Val d'Adige), le cui acque che alimentavano torrenti "scaricatori" epi e sub-glaciali, trasportavano a valle i depositi fluviali e fluvio-glaciali, originando, in questo modo, le vaste piane pro-glaciali.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	7 di 26



Anche se con qualche soluzione di continuità dovuta a processi successivi alla sua deposizione, la piana pro-glaciale si estende dal limite esterno dell'anfiteatro morenico del Garda sino a Gazzo Veronese, Cerea, Legnago, raggiungendo i territori più settentrionali di Ostiglia.

L'assetto morfologico complessivo dei corsi d'acqua che hanno originato la piana pro-glaciale è riconducibile a quello di alvei a canali intrecciati tipici di corsi d'acqua soggetti a continue divagazioni, caratterizzati da paleoalvei ad andamento N-S e/o NNO-SSE, piuttosto incassati e limitati da sponde sabbiose con scarpate relativamente continue, in cui si sono impostati i fiumi di risorgiva quali Tione, Tartaro e Menago.

Secondo le più recenti interpretazioni (Panizza, 1987), i depositi fluvioglaciali ascrivibili all'area studiata sono riferibili al post-glaciale (sub-boreale).


Nell'area studiata, i sedimenti fluvioglaciali sono stati ricoperti in epoca successiva, nella zona settentrionale del territorio comunale dalle alluvioni sub-boreali del Tione, Tartaro e dell'Adige, mentre nella parte meridionale è stato il Fiume Po, in tempi più recenti, a depositare alluvioni sopra il substrato fluviale e fluvioglaciale che non è più rinvenibile entro il profilo pedologico.

Nella Tav. 2 – Carta della litologia di superficie – scala 1:5.000 sono rappresentate le classi litologiche riscontrate nel territorio. La stesura di tale tavola è stata basata dai dati disponibili sul S.I.T. della Regione Lombardia ove sono riportate le risultanze di un progetto realizzato dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia (E.R.S.A.L.).

In tale progetto, il rilevamento dei dati pedologici è stato realizzato attraverso l'effettuazione di sondaggi e relative analisi e descrizioni dei profili sino alla profondità di 2 metri. I dati dei singoli profili sono stati rielaborati per definire le unità cartografiche della litologia di superficie.

Nell'area di indagine sono stati rilevati i seguenti litotipi:

- depositi prevalentemente sabbiosi: questo litotipo è legato sostanzialmente alla deposizione di piena della corrente del F.Po, e caratterizza prevalentemente la zona golenale e la zona dell'abitato di Correggioli.
- depositi prevalentemente limosi: si tratta dei depositi di transizione che caratterizzano le aree della piana alluvionale e sono caratterizzati da alternanze di granulometrie variabili dai limi ai limi sabbiosi, in lenti prevalentemente sottili. Rappresentano una modesta porzione del territorio studiato, in prevalenza ad Ovest dell'abitato di Ostiglia.
- depositi prevalentemente argillosi: si tratta dei depositi di della piana alluvionale più depressa, dove si accumulano le acque a bassa velocità, cariche di sedimenti finissimi. Caratterizzano la porzione più settentrionale del territorio studiato.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	8 di 26

## 2.3 Geomorfologia

Il territorio studiato ricade all'interno della bassa pianura mantovana, in un contesto territoriale in cui il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti, legate a processi di origine fluviale.

Come già segnalato in precedenza, detto settore di pianura si è formato dall'evoluzione della piana proglaciale, in cui i sedimenti di origine fluvioglaciale che la costituiscono sono stati ricoperti, nella parte settentrionale del territorio comunale, dalle alluvioni sub-boreali del Mincio, del Tartaro, dell'Adige e di altri corsi d'acqua minori; diversamente, nel settore meridionale, è stato il Po, in tempi più recenti, a depositare alluvioni sopra il sub-strato fluvioglaciale che non è più rinvenibile entro il profilo pedologico.

Ciò premesso, lo studio geomorfologico ha consentito di riportare analiticamente le forme di erosione e di accumulo presenti nel territorio comunale, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati, valutandone lo stato di attività.

Detto studio è stato svolto sulla base dei dati esistenti, desunti principalmente dal S.I.T. della Regione Lombardia e dalle informazioni raccolte nel corso dei rilevamenti eseguiti dall'E.R.S.A.L. per la realizzazione della "Carta pedologica", oltre che dalla documentazione biblio-cartografica riguardante i più recenti studi geologici per la pianificazione territoriale.

Dall'esame della **Tav. 3 – Carta geomorfologica - scala 1:5.000**, si evidenzia che l'area presenta un assetto morfologico pianeggiante fortemente determinato dalle dinamiche fluviali, con quote del piano campagna che oscillano tra i 13 e i 16 m s.l.m. che diminuiscono progressivamente nella parte orientale.


La carta evidenzia la presenza di morfologie tipiche dell'ambiente fluviale del Po, come barre fluviale (longitudinali, laterali e di meandro) e sponde erose, nonché una notevole quantità di paleoalvei, soprattutto nell'area golenale.

In merito alla presenza ed individuazione delle tracce di antichi percorsi (paleoalvei) seguiti dal Po nelle ultime fasi di formazione di questo settore di pianura, si segnala che dette strutture risultano colmate da sedimenti di varia natura, perlopiù rappresentati da spesse ed estese bancate di argille e limi, alternati con livelli sabbiosi.

L'effettiva delimitazione dei paleoalvei risulta abbastanza controversa poiché a causa della attività antropiche condotte nel corso degli anni si è avuto un parziale mascheramento in superficie di tali elementi.

Degno di nota è il ventaglio di esondazione venutosi a formare presso il limite est dell'area che interessa gli abitati di Correggioli e Borgo San Giovanni, originato in seguito alla rotta dell'argine da parte di un'alluvione.

Nella suddetta tavola sono indicate anche le opere antropiche quali argini (maestri e golenali) e opere di protezione fluviale sia longitudinali che trasversali.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	9 di 26

## 2.4 Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico il territorio oggetto di studio va inquadrato nel grande Bacino Padano (cfr. Fig. 4), colmato da depositi Pleistocenici, prima marini, e successivamente continentali descritti nel paragrafo 2.1.

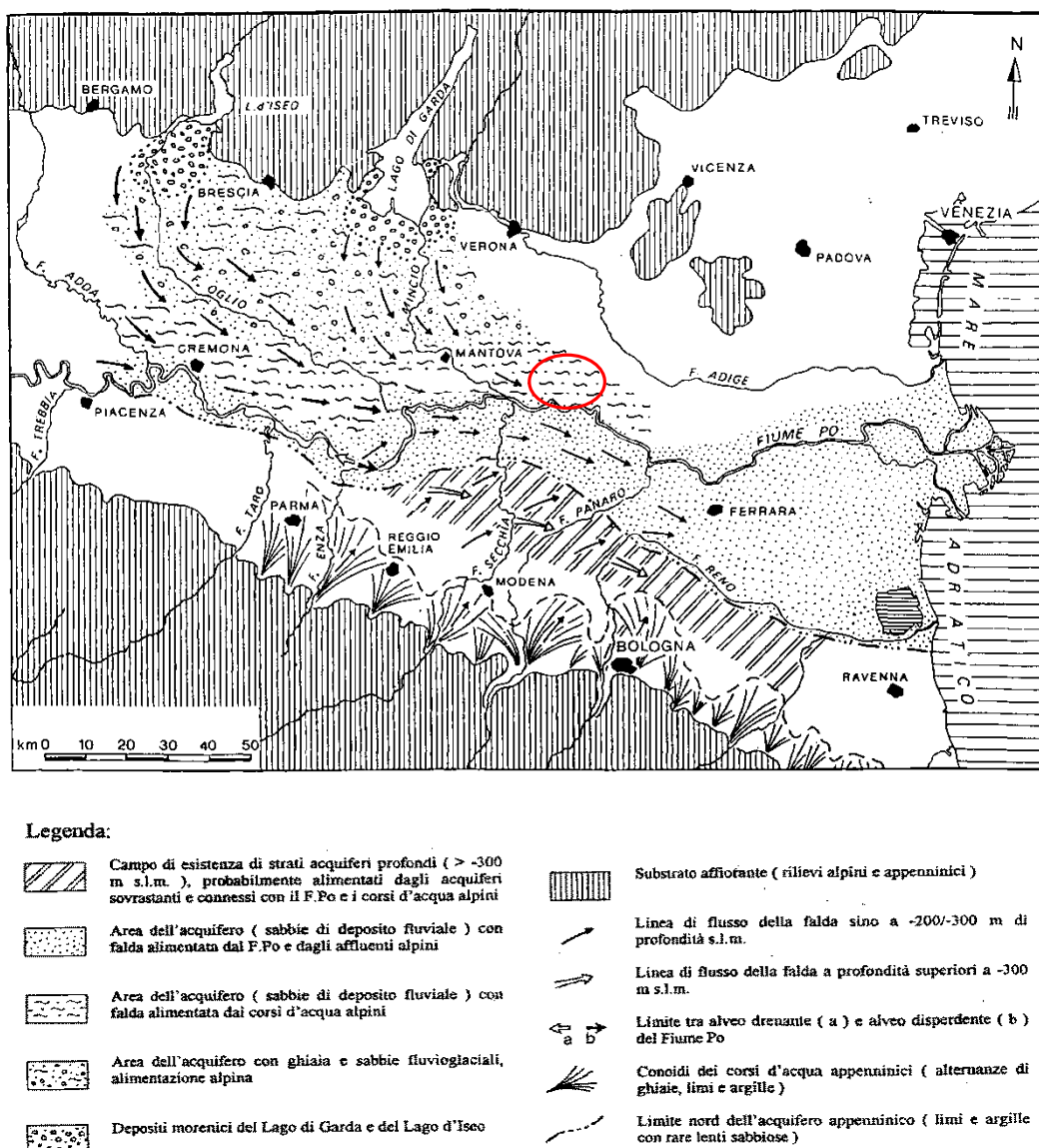



FIG. 4 – BACINO IDROGEOLOGICO PADANO

Il settore in esame, in particolare, sullo base dello studio redatto da Baraldi F. e Zavatti A. (1994), ricade nella porzione orientale dell'unità idrogeologica del Medio Mantovano (cfr. Fig. 5). In tale unità gli acquiferi hanno

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	10 di 26

sede in livelli di ghiaie eterometriche in matrice prevalentemente sabbiosa, parzialmente compartimentati per la presenza di lenti discontinue di limi e argille.

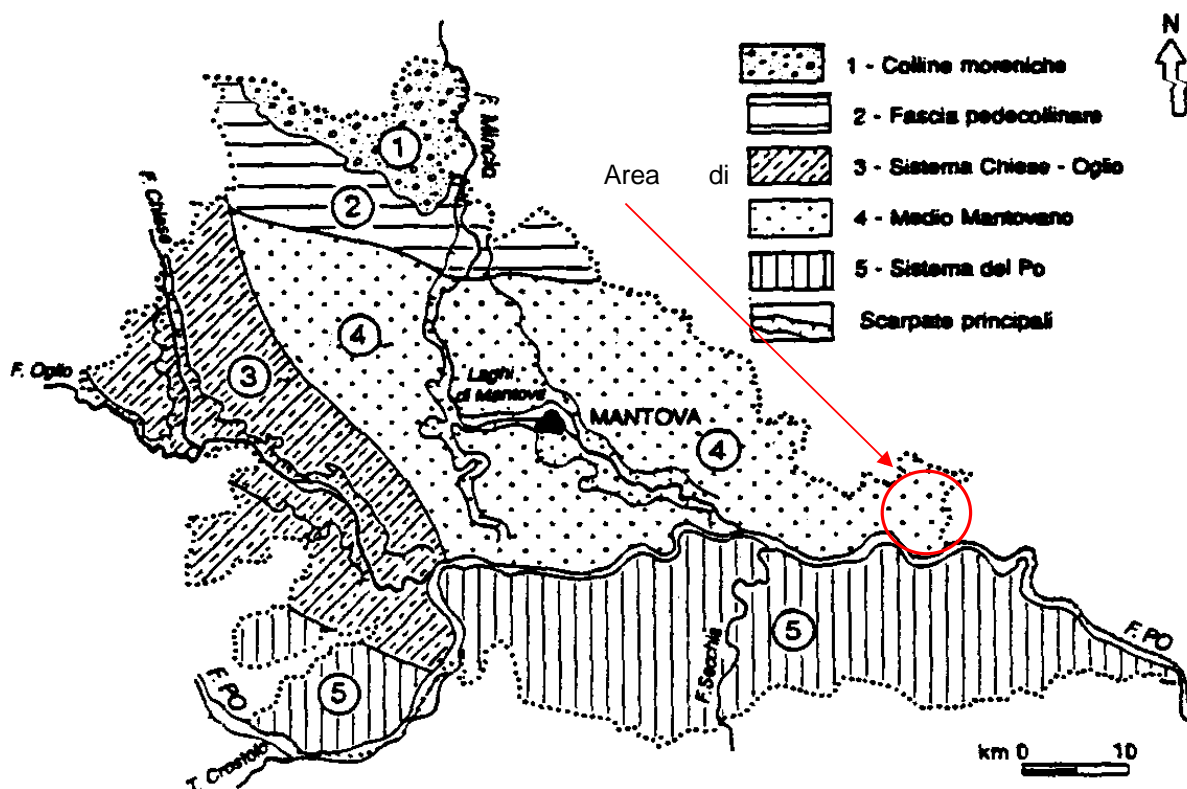



FIG. 5 – UNITÀ IDROGEOLOGICHE DELLA PROVINCIA DI MANTOVA (BARALDI E ZAVATTI, 1994)

Le caratteristiche idrogeologiche risultano strettamente dipendenti dalla natura dei depositi fluviali e fluvioglaciali, in quanto le caratteristiche granulometriche condizionano il grado di permeabilità e di conseguenza le modalità della circolazione idrica sotterranea.

La base degli acquiferi potabili è delimitata dall'interfaccia acque dolci-acque salate, che nella zona in questione è posto ad una profondità compresa tra i 250 e i 300 m da p.c..

Tuttavia, l'attribuzione dell'intera area comunale all'unità idrogeologica del medio mantovano appare eccessivamente semplificativa. In effetti dalle risultanze di uno studio condotto da Baraldi F. & Pellegrini M. (1976), curato da C.N.R. e I.R.S.A., si ritiene più attendibile che il territorio comunale di Ostiglia sia suddivisibile in due zone distinte, poste rispettivamente a N e a S rispetto all'alveo del Canalbianco.

La parte settentrionale del comune ricade nell'Unità idrogeologica del Medio Mantovano, le cui caratteristiche sono legate alle modalità di apporto dei fiumi Adige, Mincio, Tione e Tartaro e di altri scaricatori fluvioglaciali minori, mentre la parte a S, compresa tra il Po e il canale stesso (che comprendo, quindi, l'area di

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	11 di 26

## PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)

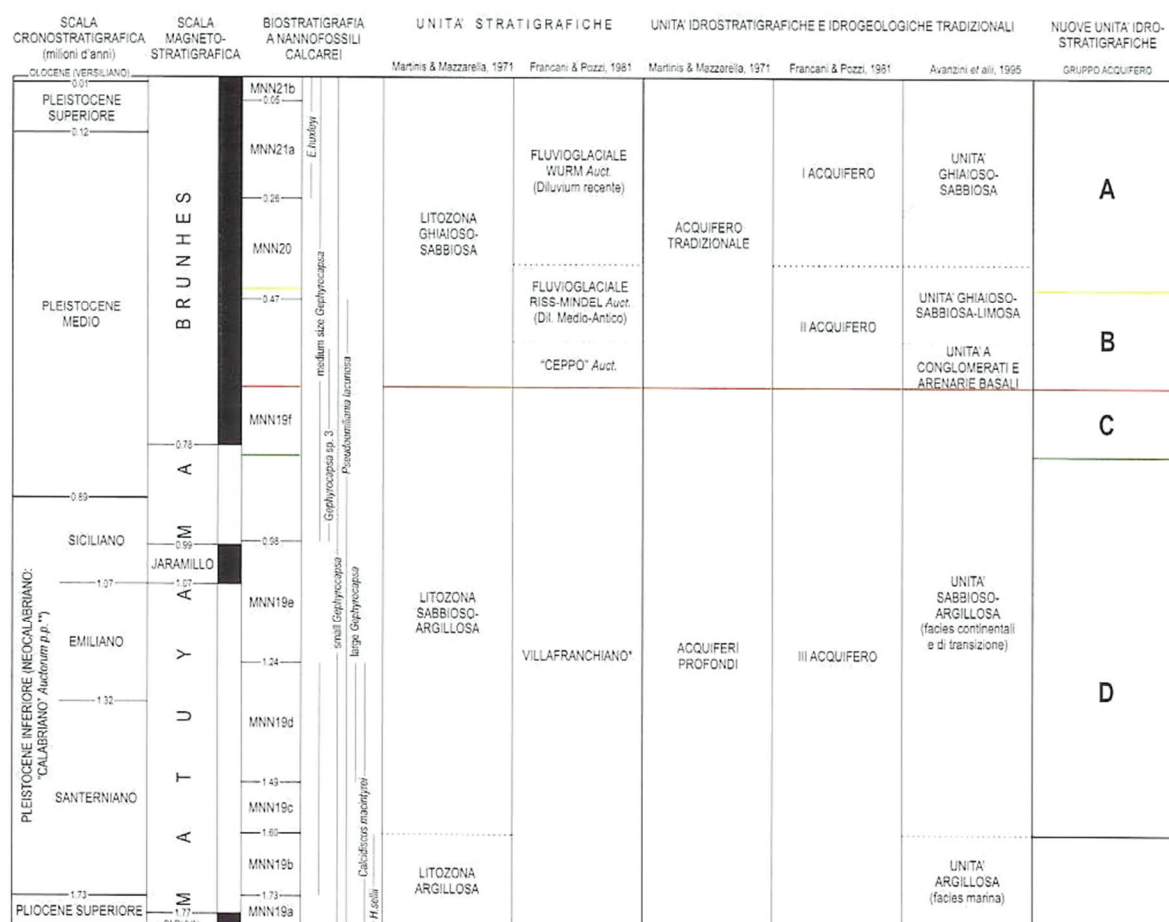


indagine), ricade nell'ambito dell'Unità idrogeologica del Sistema Po, interessata principalmente dall'acquifero in diretta relazione con le acque del Po.

La zona compresa nel Sistema Po evidenzia una successione idrostratigrafica caratterizzata dalla presenza del tetto della prima falda, ospitata in sabbie da medio-fini a grossolane miste a ghiaietto e sovrastata da sedimenti argillosi, argilloso-sabbiosi e/o limosi, a partire da 5-15 metri di profondità; essa presenta spessori variabili tra 20 e 40 metri.

La circolazione idrica è variabile, da scarsa e relativamente abbondante in relazione alla granulometria dei depositi. Alla base si ha un banco, potente 20-25 metri, costituito da argille sabbiose, limi e sabbie finissime. La seconda falda, rinvenibile tra i 60-65 e 80 metri, è ospitata da sabbie medio-fini; la circolazione idrica è scarsa.

Secondo i più recenti studi (cfr. "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" redatto, nel 2002, dalla Regione Lombardia in collaborazione con l'Esplorazione Italia dell'Eni Divisione Agip), il bacino padano può essere suddiviso in quattro unità idrostratigrafiche (Gruppi Acquiferi A, B, C, D cfr. Fig. 6) separate da barriere impermeabili che si sviluppano a scala regionale.



Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	12 di 26



FIG. 6 – SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI (REGIONE LOMBARDIA-ENI, 2002)

All'interno di ogni Gruppo Acquifero vi è un'ulteriore compartimentazione in unità idrostratigrafiche di rango inferiore (Complessi Acquiferi), a loro volta separate da setti impermeabili caratterizzati da una più limitata continuità laterale.

Alla luce di tale quadro, risulta importante la conoscenza delle caratteristiche e dei rapporti tra i Gruppi Acquiferi: in particolare, i gruppi A e il B in quanto oggi sono i più sfruttati per l'approvvigionamento idrico con finalità varie.

Come evidenziato nello studio Regione Lombardia-Eni, nel territorio in esame, il Gruppo Acquifero A presenta una superficie basale impermeabile ad una profondità di circa 250 m da piano campagna con uno spessore cumulativo dei livelli poroso-permeabili compreso tra gli 80 e i 100 m.

Il Gruppo Acquifero B, che si trova al disotto della barriera di permeabilità regionale, come sopra indicato, non risulta ovunque saturo di acqua dolce per tutto il suo spessore, in quanto, alle maggiori profondità, sono presenti acque salmastre.

## 2.5 Idrogeologia locale e rapporti fiume-falda

Più in dettaglio, l'area in esame ricade all'interno dell'Unità idrogeologica del Po, in cui la falda ha sede nei depositi permeabili deposti dallo stesso corso d'acqua. Questi presentano spessori considerevoli vicino al fiume, mentre, più a nord, tendono ad approfondirsi e assottigliarsi, fino a formare lenti di limitato spessore senza continuità laterale.


La fascia golenale, delimitata dall'argine oggetto di studio, in cui le litologie sabbiose sono affioranti o sub-affioranti, risulta caratterizzata da un primo acquifero in cui i livelli della superficie della falda, il fatto che essa risulti a pelo libero o in pressione e le direzioni del flusso idrico sotterraneo, risentono fortemente della presenza del fiume.

Questi costituisce un limite laterale a potenziale imposto. Una variazione di quota idrometrica ingenera un movimento analogo nei livelli freatici anche se d'ampiezza minore e sfasato nel tempo a seconda della distanza e della permeabilità dei terreni interessati.

Pertanto, il fiume risulta alimentante in fase crescente (effetto che assume dimensioni significative durante le lunghe piene autunnali e primaverili) mentre drena la falda quando decresce.

Per ricostruire le caratteristiche della morfologia del tetto della falda dell'area oggetto di studio si è fatto riferimento allo studio idrogeologico effettuato nell'ambito del PTCP della Provincia di Mantova.

Le linee isopiezometriche indicate in **Tav. 4 – Carta idrogeologica - scala 1:5.000**, con equidistanza di 0.50 m s.l.m., si riferiscono a misure effettuate nel settembre 2014.


Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	13 di 26

## PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



Come si può osservare, presso l'area di studio si trova un asse di drenaggio preferenziale in corrispondenza del quale convergono i flussi della falda, e le linee di ugual soggiacenza cambiano direzione da nord sud a nord-est sud-ovest. La falda si attestava in questo periodo a circa 5 m da p.c.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	14 di 26

### 3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per ricostruire le caratteristiche litostratimetriche dei terreni dell'area oggetto di studio, è stata effettuata una campagna d'indagini geognostiche richiesta da AIPO e descritta nei paragrafi successivi. L'ubicazione delle indagini è raffigurata in Tav. 5.

L'ubicazione delle prove è stata curata dagli scriventi sulla base delle indicazioni di AIPO e dei Progettisti, tenendo conto della fattibilità (spazi di manovra e accessibilità) con la finalità di effettuare la ricostruzione dell'assetto litostratimetrico dei terreni interessati dagli interventi.

Le indagini sono state eseguite dalla ditta TECNOSTUDIO s.r.l. di Este (PD) nel settembre 2020.

#### 3.1 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)

Per determinare le caratteristiche litostratimetriche dei terreni, sono state realizzate n° 29 prove penetrometriche statiche con punta meccanica.


Le prove sono state eseguite dalla utilizzando un penetrometro PAGANI TG 63 da 200 kN. Esse consistono nella misurazione della resistenza alla punta e dell'attrito laterale (ogni 20 cm), durante l'infissione nel terreno, (a velocità costante pari a 2 cm/s), di una punta conica di dimensioni standardizzate, spinta tramite una serie di aste collegate fra loro; l'avanzamento è applicato staticamente mediante dispositivi meccanici o idraulici.

Questo tipo di prova fornisce due serie di dati. Una misura di resistenza alla punta e una di resistenza laterale. La prima,  $R_p$ , misurata in MPa, fornisce un'indicazione del grado di consolidazione dei terreni attraversati. La seconda,  $R_l$ , viene combinata con la prima definendo il rapporto di Begemann<sup>2</sup> ( $Br$ ) che è utile per poter stimare in maniera speditiva le litologie attraversate, basandosi sul fatto che i terreni a grana grossa presentano un'elevata resistenza alla punta e un basso attrito laterale, viceversa per i terreni a grana fine (cfr. Tab. 1).

Br	Litologia
$0 < Br < 15$	Argille di bassa plasticità e torbe
$15 < Br < 30$	Argille e limi
$30 < Br < 60$	Limi sabbiosi e sabbie limose
$Br > 60$	Sabbie e ghiaie

TAB. 1 – VALORI DEL RAPPORTO DI BEGEMANN

<sup>2</sup>  $Br = \frac{R_p}{R_l}$  con  $R_p$  resistenza alla punta e  $R_l$  attrito laterale

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	15 di 26

# PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



Nella seguente tabella sono indicate le prove penetrometriche eseguite corredate dai dati principali relativi a ubicazioni e profondità.

Codice	Data	Posizione	Quota (m s.l.m.)	Profondità raggiunta (m da p.c.)	X <sup>3</sup>	Y <sup>3</sup>
CPT 177	07/09/2020	Sommità argine	21.11	-28.00	198785.1	4996812.6
CPT 178	07/09/2020	Lato campagna	14.41	-8.00	198766.0	4996836.9
CPT 179	07/09/2020	Lato fiume	13.34	-8.00	198805.6	4996775.0
CPT 180	07/09/2020	Lato fiume	12.50	-8.00	198500.3	4996682.8
CPT 181	08/09/2020	Sommità argine	20.32	-36.00	198215.4	4996560.4
CPT 182	08/09/2020	Lato fiume	12.88	-8.00	198213.7	4996532.0
CPT 183	08/09/2020	Lato campagna	13.48	-8.00	198192.7	4996573.4
CPT 184	09/09/2020	Sommità argine	21.13	-9.00	197782.4	4996485.7
CPT 185	09/09/2020	Lato fiume	18.81	-8.00	197786.5	4996462.1
CPT 186	09/09/2020	Lato campagna	12.71	-9.00	197351.3	4996373.0
CPT 187	09/09/2020	Lato fiume	14.87	-32.60	196225.9	4996422.1
CPT 188	09/09/2020	Lato fiume	17.21	-8.00	196437.6	4996283.4
CPT 190	10/09/2020	Lato fiume	12.90	-10.00	196840.5	4996274.3
CPT 191	10/09/2020	Lato campagna	13.22	-9.00	196272.8	4996460.3
CPT 192	10/09/2020	Lato campagna	13.14	-9.00	196857.6	4996336.4
CPT 193	11/09/2020	Lato campagna	14.41	-38.00	197241.8	4996395.0
CPT 194	11/09/2020	Lato campagna	13.54	-38.00	196470.7	4996332.6
CPT 198	15/09/2020	Sommità argine	21.22	-8.60	197332.4	4996393.7
CPT 199	15/09/2020	Sommità argine	21.15	-10.00	197556.0	4996442.1
CPT 200	15/09/2020	Sommità argine	20.99	-12.00	196091.7	4996507.1
CPT 201	16/09/2020	Lato campagna	15.60	-22.00	195197.7	4998021.0
CPT 202	16/09/2020	Lato campagna	19.00	-9.00	195110.9	4998148.5
CPT 203	16/09/2020	Lato fiume	17.50	-9.40	194997.8	4998245.5
CPT 204	17/09/2020	Lato campagna	18.59	-19.00	194681.9	4998568.8
CPT 205	17/09/2020	Sommità argine	21.70	-16.00	194893.1	4998365.2
CPT 208	17/09/2020	Sommità argine	21.98	-16.00	194671.6	4998555.3
CPT 209	18/09/2020	Sommità argine	22.05	-27.20	194261.5	4998739.5
CPT 210	18/09/2020	Lato fiume	15.15	-10.00	194257.3	4998723.0
CPT 211	18/09/2020	Lato campagna	18.47	-12.00	194263.4	4998752.7

TAB. 2 – RIEPILOGO DELLE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE

I risultati di dettaglio delle indagini e i report grafici forniti dalla ditta esecutrice sono riportati in All. 1 – Prove penetrometriche.

<sup>3</sup> Coordinate chilometriche espresse nel sistema WGS84 / UTM zona 33N

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	16 di 26

## PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



### 3.2 Sondaggi a carotaggio continuo

Nel corso della campagna geognostica sono stati effettuati n°3 sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con tubo in PVC per prova sismica di tipo Down-Hole, tutti realizzati sulla sommità arginale fino alla profondità di -38.00 m da p.c.. Nella seguente Tab. 3 si riportano le posizioni e le profondità delle indagini. In All. 2 – Sondaggi geognostici sono riportate le stratigrafie di dettaglio e le foto delle cassette.

Codice	Data	Posizione	Quota (m s.l.m.)	Profondità raggiunta (m da p.c.)	Lat. <sup>3</sup>	Long. <sup>3</sup>
S1	10-14/09/2020	Sommità argine	20.97	-38.00	4996817.0	198791.1
S2	15-18/09/2020	Sommità argine	21.70	-38.00	4996500.7	196081.2
S3	24-26/09/2020	Sommità argine	21.99	-38.00	4998704.9	193952.6

TAB. 3 - RIEPILOGO DEI SONDAGGI ESEGUITI

### 3.3 Prelievo di campioni indisturbati e analisi di laboratorio

La campagna geognostica ha comportato il prelievo di campioni indisturbati, poi sottoposti a prove di laboratorio. Il campionamento è stato effettuato tramite campionatori a tubo aperto a parete sottile, tipo *Shelby*. Complessivamente sono stati prelevati n° 10 campioni (cfr.All. 2 – Sondaggi geognostici).

Su tutti i campioni eccetto il campione S1C4, di cui è stata fatta solo la descrizione, sono state effettuate le analisi di peso di volume e contenuto d'acqua, di classificazione delle terre e la prova di compressione edometrica. Su n°4 campioni sono state eseguite inoltre le prove di compressione trassiale sia in tensioni totali che in tensioni efficaci. I risultati delle analisi sono riportati in All. 3 e, più sinteticamente, in Tab. 5.

Campione	Profondità		Quota assoluta		
	da m da p.c.	da m da p.c.	da m s.l.m.	a m s.l.m.	
S1 C1	4.50	5.00	16.47	15.97	Limo sabbioso-argilloso
S1 C2	12.00	12.50	8.97	8.47	Sabbia limosa / Limo argilloso / Limo sabbioso
S1 C3	18.00	18.50	2.97	2.47	Sabbia / Argilla limosa / Torba
S1 C4	28.50	29.00	-7.53	-8.03	Limo con argilla e sabbia
S2 C1	7.50	8.00	14.20	13.70	Limo sabbioso debolmente argilloso
S2 C2	8.50	9.00	13.20	12.70	Limo sabbioso debolmente argilloso
S2 C3	9.50	10.00	12.20	11.70	Limo argilloso-sabbioso
S3 C1	6.00	6.50	15.99	15.49	Limo sabbioso
S3 C2	9.00	9.50	12.99	12.49	Argilla limoso-sabbiosa
S3 C3	27.00	27.50	-5.01	-5.51	Limo sabbioso debolmente argilloso

TAB. 4 – CAMPIONI PRELEVATI IN FORO DI SONDAGGIO

Campione	Peso di volume e contenuto d'acqua	Classificazione terre	Prova di compressione
----------	------------------------------------	-----------------------	-----------------------

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	17 di 26



# PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



													TX-C		TX-UU		Ed
	W	$\gamma_{nat}$	$\gamma_{sec}$	$\gamma_{sat}$	$\gamma_{spec}$	e	n	Sat	LL	LP	IP	IC	c'	$\phi'$	c	$\phi'$	E <sub>ed</sub>
	%	kN/m3					%		%	%	%		kPa	°	kPa	°	kPa
S1 C1	24.4	19.2	15.4	19.5	26.3	0.7	41.2	93.3	52.7	23.6	29.1	1.0					2841.0
S1 C2	27.0	19.5	15.3	19.5	26.5	0.7	42.2	99.8	37.6	24.9	12.7	0.8	8.8	30.3	15.8	24.4	6154.0
S1 C3	36.8	16.7	12.2	17.4	26.4	1.1	53.3	85.8	57.0	28.6	28.4	0.7					4255.0
S1 C4																	
S2 C1	23.4	18.8	15.2	19.4	26.3	0.7	42.1	86.3	42.2	29.3	12.9	1.5					3704.0
S2 C2	30.4	18.0	13.8	18.6	26.9	0.9	48.6	88.3	45.1	25.2	19.9	0.7	13.2	28.3	25.3	20.9	3704.0
S2 C3	31.5	16.4	12.5	17.7	26.6	1.1	53.1	75.5	49.5	29.7	19.8	0.9	4.2	33.6	4.7	33.3	3175.0
S3 C1	21.3	18.7	15.4	19.6	26.7	0.7	42.3	79.0	38.1	21.3	16.8	1.0					3333.0
S3 C2	24.5	19.5	15.6	19.7	26.6	0.7	41.2	95.0	45.9	30.1	15.8	1.4	3.1	29.6	32.2	19.1	3448.0
S3 C3	18.6	19.8	16.7	20.4	26.6	0.6	34.2	85.1	48.1	30.1	18.0	1.6					12672.0

TAB. 5 – RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO

L'analisi di classificazione delle terre ha consentito inoltre di redigere la carta della plasticità di Casagrande per i campioni analizzati, di Fig. 7.

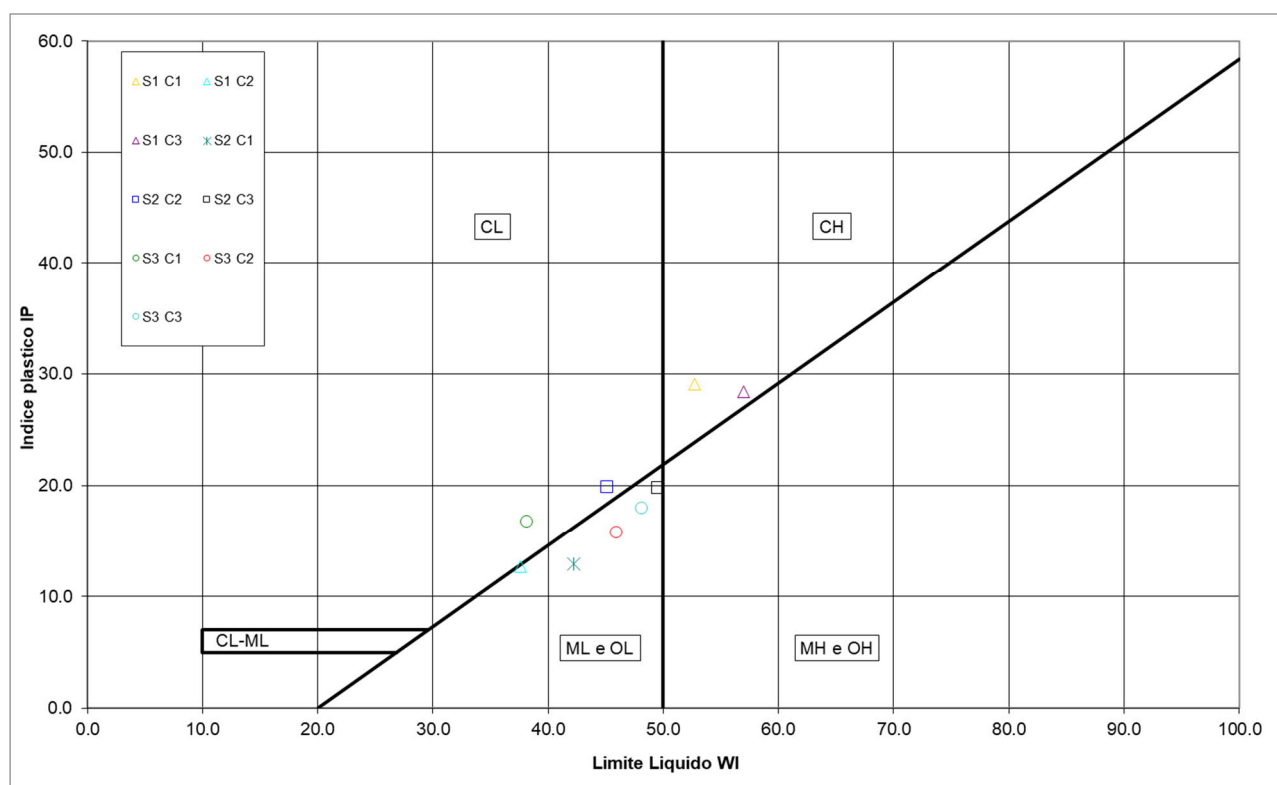


FIG. 7 – CARTA DELLA PLASTICITÀ DI CASAGRANDE

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	18 di 26

### 3.4 Prove geofisiche tipo Down-Hole

Per verificare le caratteristiche sismiche dei terreni d'imposta, sono state eseguite n°3 indagini geofisiche tipo Down-Hole. A tale scopo i sondaggi geognostici di cui al paragrafo 3.2, al termine della perforazione, sono stati attrezzati con un tubo in PVC del diametro di 3 pollici. Tale tubo è stato reso solidale con il terreno mediante cementazione con boiacca di cemento, iniettata mediante pompa a bassa pressione da fondo foro mediante tubo in PVC.

Una volta che il cemento ha fatto presa, si è proceduto all'esecuzione della prova sismica del tipo Down-Hole.

La prova Down-Hole è stata eseguita con cadenza delle misure pari ad un metro, dal p.c. fino a fondo sondaggio, ad una profondità di 38 metri, utilizzando un sismografo collegato ad un geofono da foro tridimensionale con almeno una terna di geofoni orientati secondo gli assi  $x - y - z$ .

Gli impulsi sismici sono stati originati con procedure specifiche in modo da generare, oltre alle onde di compressione (Onde P), anche onde a componente di taglio orizzontale (onde SH), essendo queste utilizzabili per la determinazione del Modulo dinamico  $G_0$  e del Modulo di Young E.

Le prove sismiche Down-Hole sono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette, che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità, energizzando il terreno in direzione verticale e in direzione trasversale (parallelamente al suolo).

Nel primo caso sono generate prevalentemente onde di compressione (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z).


Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y).

Il sistema di ricezione, costituito da un geofono tridimensionale da foro ad ancoraggio elettromeccanico, viene calato nel foro, sino alla profondità massima di investigazione e progressivamente sollevato dell'interdistanza propria di ciascuna indagine (nel caso in esame 1 m).

Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle di compressione e quindi raggiungono il geofono triassiale quando il primo fronte d'onda di compressione è già transitato. Questo passaggio purtroppo costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali, in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda trasversale o di taglio. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda di compressione e l'energia dell'onda trasversale (di taglio) a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto.

L'analisi interpretativa dei dati prevede un sismogramma per le forme d'onda relative al geofono verticale (asse z) e in un altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali (assi x e y).

L'interpretazione dei dati così acquisiti consente di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde sia di pressione che di taglio in funzione della profondità.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	19 di 26

L'interpretazione, effettuata a cura della ditta esecutrice delle indagini, il cui dettaglio è riportato in All. 4, è stata effettuata con il software Doremi, utilizzando il metodo diretto, che consiste nel correlare la velocità delle onde sismiche a strati omogenei di terreno. In ogni caso i due metodi di interpretazione hanno fornito risultati molto simili dal punto di vista della  $V_{s,eq}$ .

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio, sotto il piano di posa della fondazione e fino al substrato, corrispondente alla formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. ( $V_{s,eq}$ ), è definita come:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  sono lo spessore e la velocità delle onde dello strato  $i$ -esimo fondazione,  $N$  il numero degli strati e  $H$  la profondità del substrato.

Quando, come nel presente caso, nei primi 30 m dal piano di posa della fondazione non è presente il substrato rigido la  $V_{s,eq}$  viene definita come  $V_{s,30}$ :

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  sono lo spessore e la velocità delle onde dello strato  $i$ -esimo entro i 30 m dalla fondazione.

Il calcolo effettuato da Tecnostudio con il metodo diretto ha fornito le  $V_{s,30}$  indicate nella seguente Tab. 6:


Codice	$V_{s,30}$ (m/s)
S1	210.63
S2	226.75
S3	220.14

TAB. 6 –  $V_{s,30}$  CALCOLATE DA TECNOSTUDIO DALL'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DOWN-HOLE A PARTIRE DALLA SOMMITÀ ARGINALE

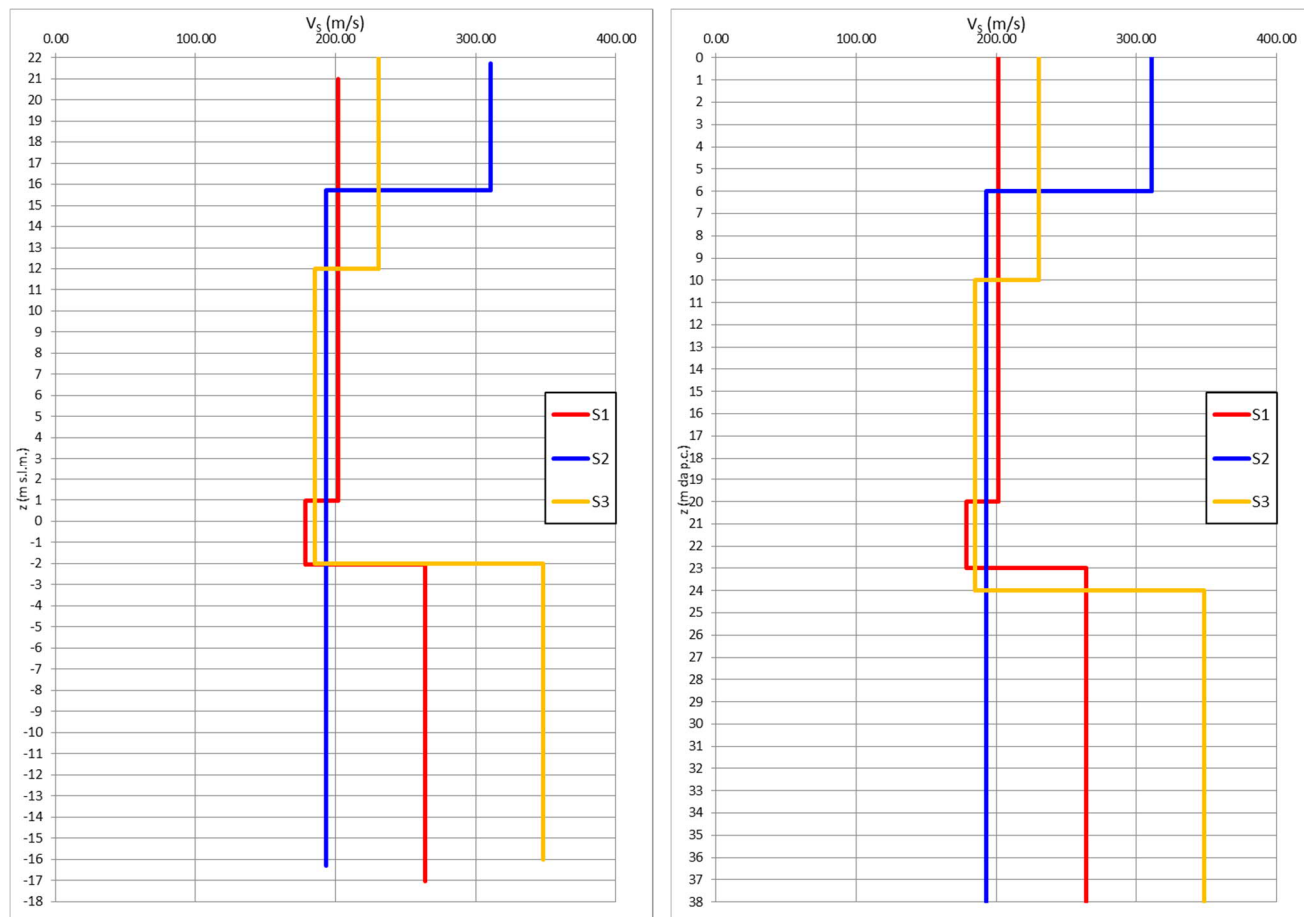
Tale calcolo, tuttavia, è stato effettuato partendo dalla sommità arginale e quindi non rappresenta un dato significativo rispetto al piano di fondazione del rilevato arginale. I valori ricalcolati a partire dalla profondità di 8 m dalla sommità arginale, risultano i seguenti:

Codice	$V_{s,30}$ (m/s)
S1	225.43
S2	270.75
S3	240.89

TAB. 7 –  $V_{s,30}$  CALCOLATE DALL'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DOWN-HOLE A PARTIRE DALLA BASE ARGINALE

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	20 di 26


In Fig. 8 vengono riportati i grafici delle velocità delle onde S in funzione della profondità (sia da piano campagna che in quota assoluta) derivate dall'elaborazione della prova effettuata.



**FIG. 8 – PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE S MISURATA DALLE PROVE DOWN-HOLE IN FUNZIONE DELLA QUOTA ASSOLUTA (A) E PROFONDITÀ DA PIANO CAMPAGNA (B)**

### 3.4.1 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 17-01-2018 definisce 5 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità delle onde sismiche trasversali fino al substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, come nel caso in questione, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	21 di 26

PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

TAB. 8 - CATEGORIE SISMICHE DEI TERRENI

Sulla base dei risultati di tali prove illustrate nel paragrafo precedente si constata che i terreni presentano **categoria sismica C**.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	22 di 26




Le quote delle sezioni sono state ricavate dal DTM ufficiale di AlPo<sup>4</sup> mediante il programma Topko 15.4 della Sierrasoft.



**FIG. 9 - TRATTO OVEST – TRACCIA PROFILO, SEZIONI E UBICAZIONE INDAGINI**

<sup>4</sup> <http://geoportale.agenziapo.it/web/index.php/it/dati-disponibili>

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	23 di 26

## PROGETTO

(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



FIG. 10 - TRATTO EST – TRACCIA PROFILO, SEZIONI E UBICAZIONE INDAGINI

Nei profili e nelle sezioni sono state riportate le indagini realizzate (sondaggi e prove CPT). Le litologie sono state discriminate grazie ai valori del rapporto di Begemann ricavato dalle prove CPT, integrandole con l'osservazione dai sondaggi a carotaggio continuo nei tre punti disponibili.

La caratterizzazione litostratigrafica ha consentito di individuare solo tre classi granulometriche:

- argille e limi prevalenti,
- sabbie limose prevalenti
- sabbie prevalenti

Le tre classi sono state distinte per il rilevato arginale e per i terreni sottostanti l'argine. L'individuazione della probabile quota di imposta del rilevato arginale è stata effettuata su base topografica dalle sezioni trasversali.

Nelle sezioni è stato rappresentato con linea continua il livello della falda derivato dalla Carta idrogeologica di Tav. 4.

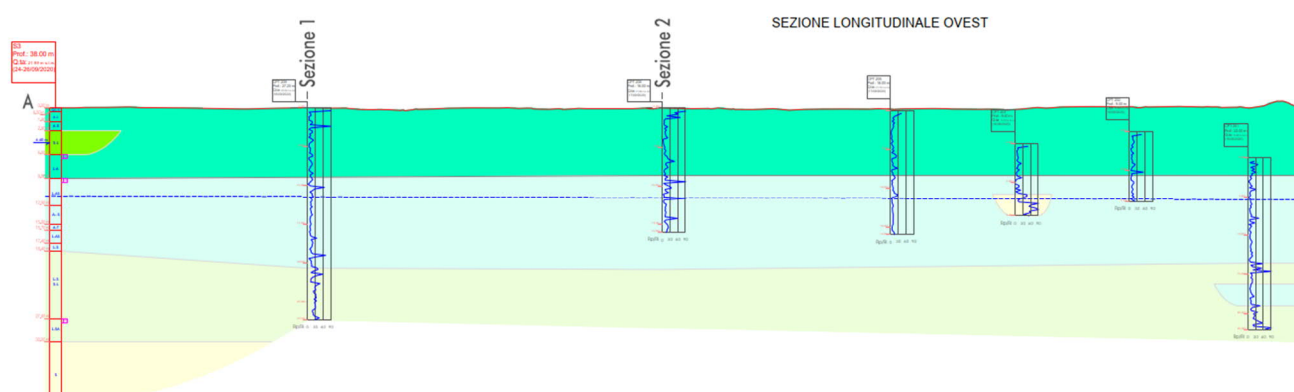


FIG. 11 – ESEMPIO DI RAPPRESENTAZIONE DEL PROFILO LONGITUDINALE OVEST

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	24 di 26

Sezione 10

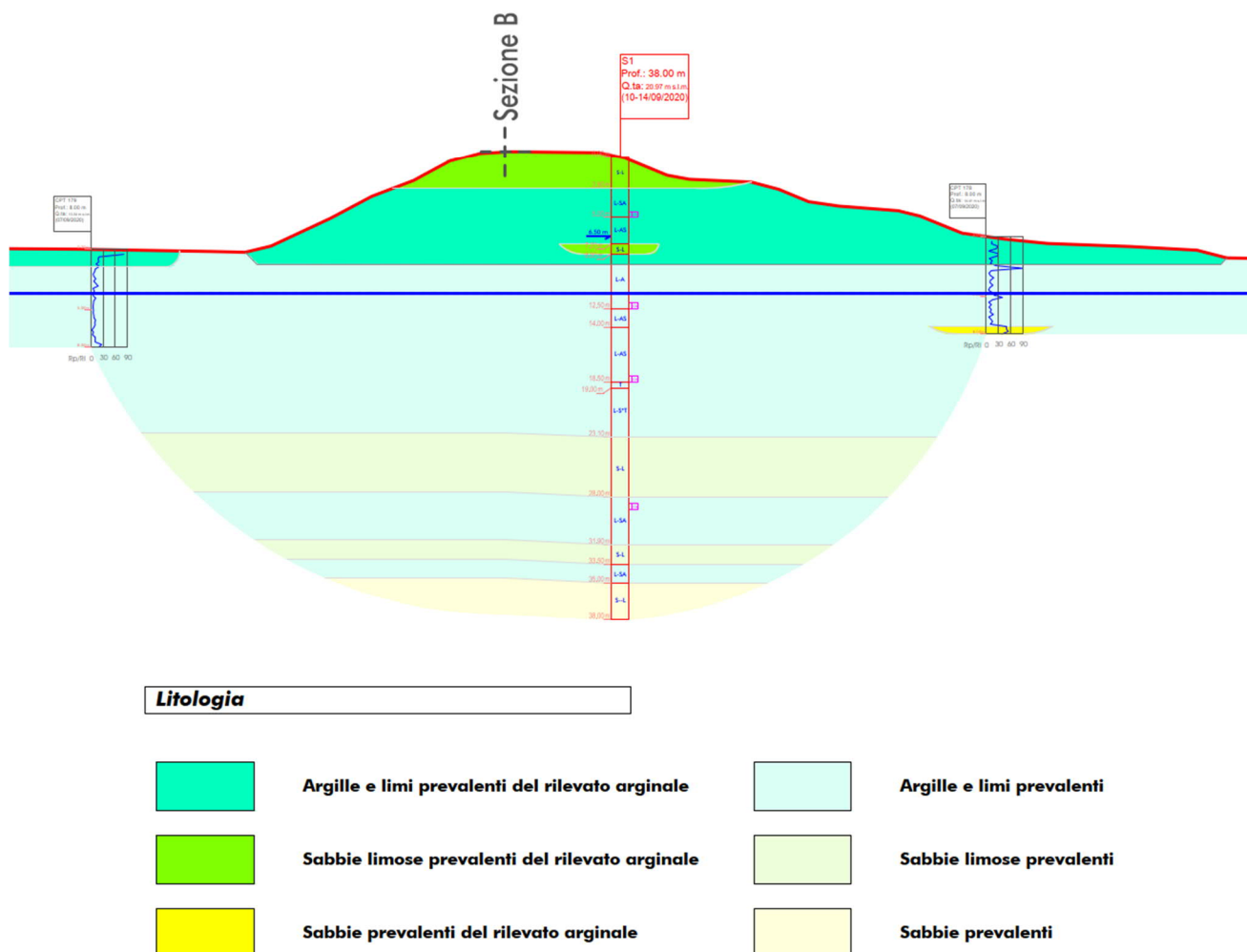



FIG. 12 – ESEMPIO DI RAPPRESENTAZIONE DI UNA SEZIONE TRASVERSALE

Il rilevato arginale è costituito quasi interamente da argille e limi. Fanno eccezione alcune lenti di sabbia limosa. Una dello spessore di 3.10 m è stata rilevata dal sondaggio S3 presso il limite ovest del profilo ovest. Discorso analogo per il limite est del profilo Est dove il sondaggio S1 ha rilevato una lente dello spessore di circa 2.60 m sulla sommità dell'argine. Infine il sondaggio S2 nella parte ovest della sezione B-B' ha rilevato una lente sabbioso-limosa che, sulla base delle interpretazioni fornite dalle prove CPT 187 e CPT 194, con uno spessore massimo di 5 m circa, passa progressivamente a una composizione maggiormente sabbiosa e meno limosa spostandosi a est.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 <b>ENGEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	25 di 26

## PROGETTO


(MN-E-1200) Lavori di adeguamento in quota e della sagoma dall'arginatura maestra del fiume Po nei comuni di Serravalle a Po ed Ostiglia (MN)



Per quanto riguarda i terreni non appartenenti al rilevato arginale, le variazioni litostrametriche sono più significative.

Il profilo Ovest, al di sotto del rilevato arginale, presenta uno spesso banco costituito da argille e limi in percentuali variabili dello spessore che va da circa 9 a 12 m. Al di sotto di esso si trova un deposito di sabbia limosa circa del medesimo spessore che contiene una lente di quasi 3 m di spessore di argille e limi nella parte est (rilevata dalla prova CPT 201). Ancora al di sotto, si trovano sabbie prevalenti che sono state indicate solo nell'intorno del sondaggio S3 mancando di dati così profondi spostandosi verso est.

Il profilo Est presenta anch'esso un banco costituito da limi e argille ma dello spessore più irregolare, che aumenta nella parte est dove si alterna con lenti più spesse di sabbia limosa (max 5 m), con al di sotto uno spesso banco prevalentemente sabbioso che raggiunge una profondità di almeno -25 m s.l.m. circa.

Geologia	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
 ENGEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Relazione geologica	Ottobre 2020	0	26 di 26