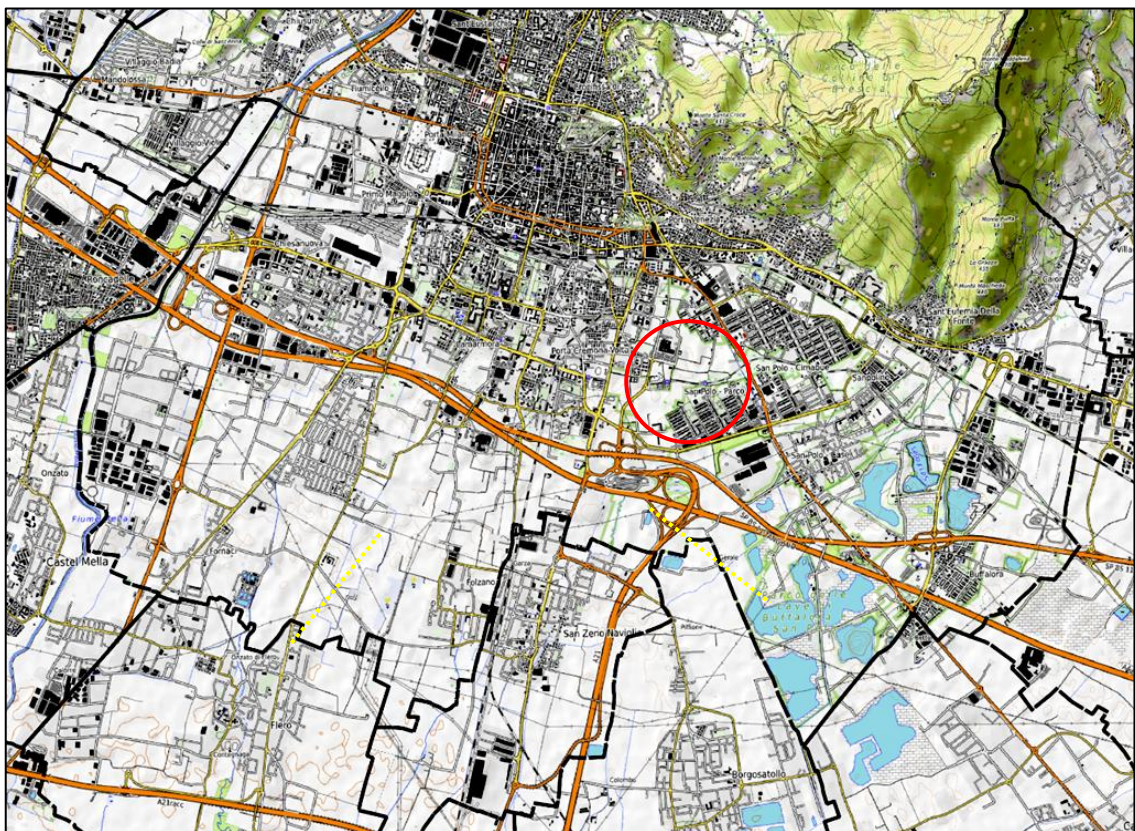


Geologo dott. Rinaldo Bussola



**RELAZIONE GEOLOGICA PER LA MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA  
DELLA METROPOLITANA DI BRESCIA NELL'AREA SUD DEL TORRENTE  
GARZA, IN LOCALITA' "SAN POLO" – COMUNE DI BRESCIA**



Trento, febbraio 2021

Il Relatore



Studio di Geologia Applicata  
38122 TRENTO - Via di Pietrastretta, 63

**SOMMARIO**

<b>1. Premessa.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Ubicazione dell'area di intervento.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Inquadramento rispetto agli strumenti urbanistici (PGT).....</b>	<b>6</b>
<b>4. Inquadramento geologico e geomorfologico.....</b>	<b>10</b>
<b>5. Inquadramento idrogeologico.....</b>	<b>14</b>
<b>6. Simicità e componente simica locale.....</b>	<b>17</b>
<b>7. Modello geologico e caratterizzazione geotecnica dei terreni.....</b>	<b>20</b>
<b>8. Analisi degli interventi in progetto ed indicazioni geologiche.....</b>	<b>23</b>
<b>9. Considerazioni finali.....</b>	<b>35</b>

**RELAZIONE GEOLOGICA PER LA MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA  
DELLA METROPOLITANA DI BRESCIA NELL'AREA SUD DEL TORRENTE  
GARZA, IN LOCALITA' "SAN POLO" – COMUNE DI BRESCIA**

**1. Premessa**

Il *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni* (PGRA) contiene, come noto, l'individuazione delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, e, all'interno di esse, classifica il grado di pericolosità in funzione della frequenza degli eventi alluvionali ed il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi ivi presenti.

La mappatura delle aree inondabili, contenuta nel PGRA, integra il quadro conoscitivo del Piano per l'Assetto idrogeologico di bacino (PAI), con lo scopo di applicare all'interno delle predette aree, in funzione dei vari scenari di pericolosità e del rischio, una idonea normativa d'uso del suolo.

Regione Lombardia, al fine di dare attuazione ai contenuti del PGRA ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del PAI, come integrate dalla predetta variante, ha approvato le Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, con Deliberazione della Giunta Regionale n. X/6738 in data 19 giugno 2017.

Il Comune di Brescia, ai sensi dell'art. 59 del nuovo Titolo V delle Norme di Attuazione del PAI e conformemente alle predette Direttive regionali, ha dato corso al procedimento di adeguamento della componente geologica del PGT al PAI coordinato con il PGRA.

Il Comune di Brescia, sulla base dei primi studi idrologici e idraulici di approfondimento locale, condotti all'interno di taluni ambiti del proprio territorio comunale interessati da possibili alluvioni, ha quindi approvato una variante idrogeologica al PGT, con deliberazione del Consiglio Comunale n. 110 del 30.11.2018, riguardante, nell'ambito del Reticolo Principale (RP), il fiume Mella e il torrente Garza limitatamente all'area a sud presso la località San Polo.

Al fine di individuare i possibili interventi di messa in sicurezza della Metropolitana, la Soc. Brescia Infrastrutture s.r.l. ha commissionato la redazione di un progetto degli interventi necessari, redatto a livello di studio di fattibilità in data 1 ottobre 2018.

**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

Nell'ambito territoriale del torrente Garza a sud del centro cittadino, le esondazioni delle possibili piene del predetto corso d'acqua interessano infatti i quartieri San Polo Case e San Polo Parco, ed in particolare la linea della Metropolitana e la Stazione "San Polo Parco".

In base agli studi idrologici e idraulici, condotti nell'ambito del torrente Garza sia a nord (località *Crocevia di Nave*) che a sud (località *San Polo*) del centro cittadino è stato sviluppato dall'ingegner Giuseppe Rossi un progetto preliminare che ha esaminato nel dettaglio entrambe le aree interessate dalle potenziali esondazione del T. Garza ed ha definito le sezioni tipologiche di intervento stabilendo anche un quadro economico di massima.

Il progetto definitivo per la messa in sicurezza della Metropolitana di Brescia nell'area sud del torrente Garza, in località San Polo, segue esattamente le scelte principali prese nel progetto preliminare, approfondendone gli aspetti costitutivi e realizzativi.

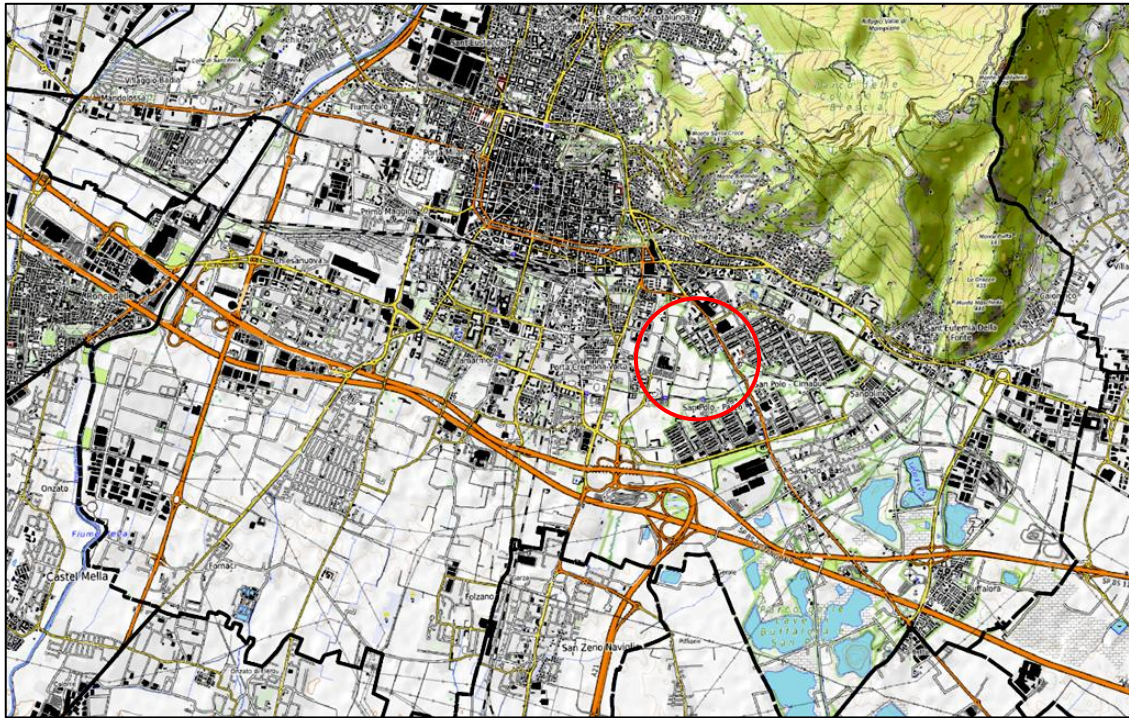
Tutto ciò premesso, su incarico di Brescia Infrastrutture S.r.l. ai sensi dell'art. 26, comma 1, d.P.R. 207/10 e del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018), si è redatta la relazione geologica relativa agli interventi previsti per la messa in sicurezza della Metropolitana di Brescia nell'area sud del torrente Garza, in località San Polo.

I dati di carattere geologico per l'area di intervento sono stati dedotti dall'ampia bibliografia geologica disponibile sia a livello regionale che comunale e, per quanto riguarda nello specifico la zona di interesse, direttamente dalle indagini e prove a suo tempo eseguite per la realizzazione stessa della Metropolitana. Non si sono invece realizzate specifiche indagini geognostiche sia per l'abbondanza e la qualità dei dati geologici a disposizione che per la tipologia stessa della maggior parte degli interventi previsti in questo settore.

Gli interventi in località San Polo riguarderanno infatti - principalmente - la realizzazione di ridotti tomi in terra e di canalizzazioni a cielo aperto per intercettare, deviare ed allontanare correttamente i flussi di piena del T. Garza dalla linea della Metropolitana e dalla Stazione "San Polo Parco" oltre che dai suoi accessi diretti, impedendone l'allagamento.

Di seguito dopo aver richiamato i dati geologici di carattere generale dell'area di intervento, verranno esaminate le eventuali problematiche di tipo geologico che gli interventi in progetto comporteranno per la loro realizzazione in sicurezza.

## 2. Ubicazione dell'area di intervento



Planimetria d'inquadramento dell'area di intervento in località "San Polo"

Il settore oggetto di intervento è localizzato nella porzione sud orientale del territorio comunale di Brescia, Zona Est – Quartiere San Polo Parco e risulta interessato dalle possibili esondazioni del torrente Garza lungo il tratto a cielo aperto, sub parallelo a via San Polo, che segue immediatamente il percorso in canale artificiale nel centro cittadino.

Nello specifico l'ampia area potenzialmente esondabile dal T. Garza in questo settore ricade principalmente ad ovest del Garza, fino all'altezza della Stazione "San Polo Parco" della Metropolitana (vedi per i dettagli la cartografia della Variante Idrogeologica 2020 del PGT successivamente riportata in relazione).

Il territorio interessato dalle opere in progetto è una vasta zona di terreno prevalentemente a destinazione agricola ed a verde pubblico, circondata dalle aree densamente urbanizzate del quartiere San Polo, ed in particolare, delimitata ad est dal corso del torrente Garza, canalizzato ed arginato, ed a sud dalla linea della Metropolitana che in questo settore presenta un percorso a giorno, con una sopraelevazione del piano rotabile della lunghezza di circa 240 m realizzata trasversalmente al corso del torrente per la salita al ponte di attraversamento aereo del torrente stesso (vedi viste aeree alla pagina successiva).



Vista aerea (da *Google Earth*) con zona d'intervento "San Polo" e stazione "San Polo Parco" della Metropolitana di Brescia



Vista aerea da nord con zona d'intervento "San Polo", stazione "San Polo Parco" e sovrappasso del piano rotabile della Metropolitana al torrente Garza

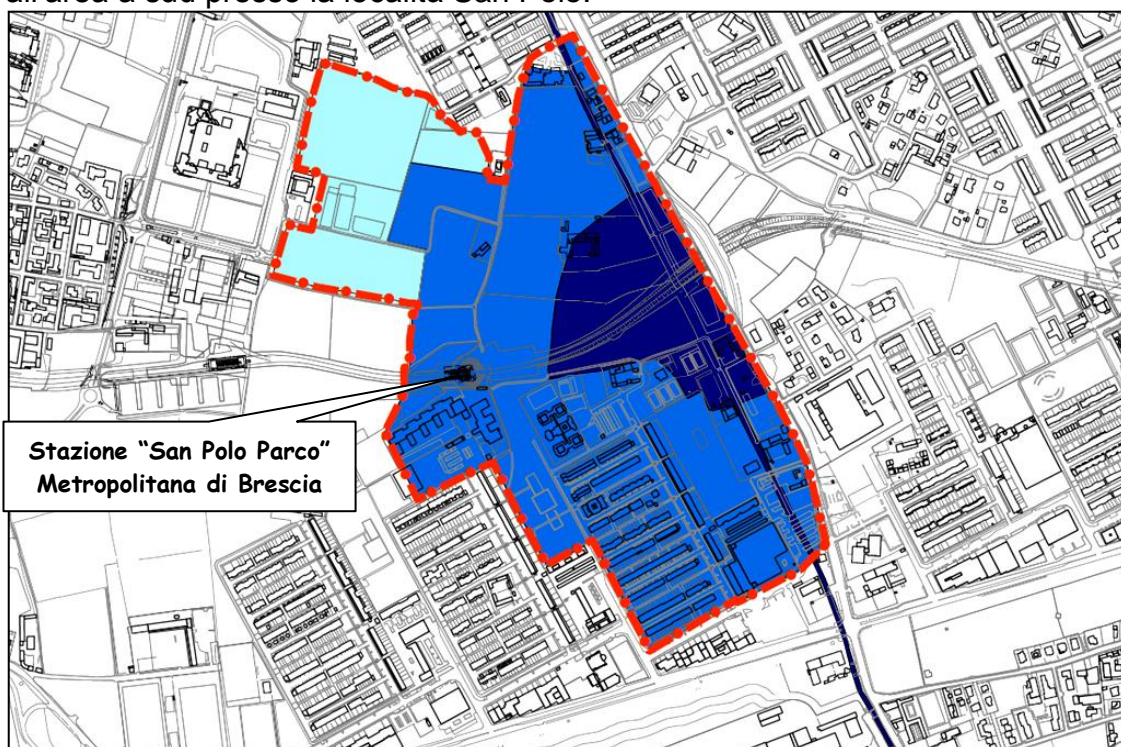
### **3. Inquadramento rispetto agli strumenti urbanistici (PGT)**

Gli interventi in esame riguardano dunque la messa in sicurezza idraulica della Metropolitana di Brescia e nello specifico della Stazioni "San Polo Parco" dalle possibili esondazioni del torrente Garza nel settore a cielo aperto che segue il percorso in canale artificiale nel centro cittadino.

Come anticipato, Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), contiene l'individuazione delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, e, all'interno di esse, classifica il grado di pericolosità in funzione della frequenza degli eventi alluvionali e del grado di rischio al quale sono esposti gli elementi ivi presenti.

La mappatura delle aree inondabili, contenuta nel PGRA, integra il quadro conoscitivo del Piano per l'Assetto idrogeologico di bacino (PAI), con lo scopo di applicare all'interno delle predette aree, in funzione dei vari scenari di pericolosità e del rischio, una idonea normativa d'uso del suolo.

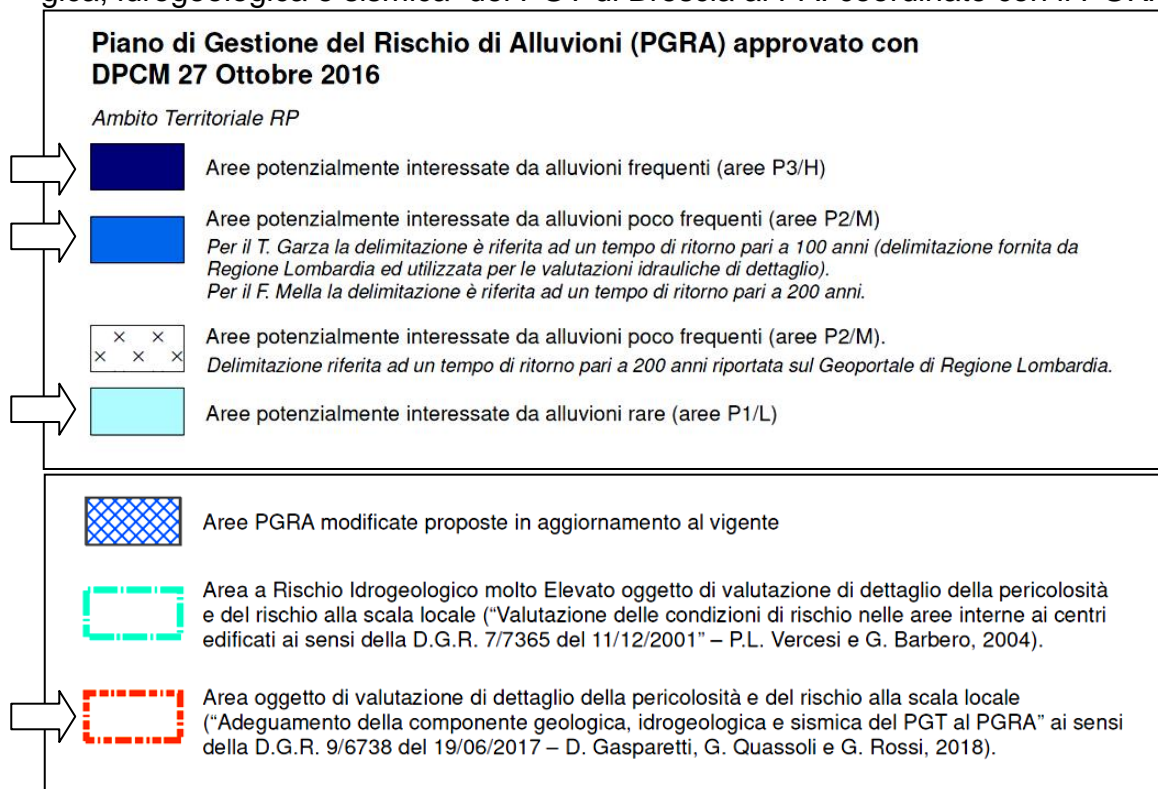
Il Comune di Brescia, sulla base dei primi studi idrologici e idraulici di approfondimento locale, ha approvato una variante idrogeologica al PGT, con deliberazione del Consiglio Comunale n. 110 del 30.11.2018, riguardante, nell'ambito del Reticolo Principale (RP), il fiume Mella ed il torrente Garza limitatamente all'area a sud presso la località San Polo.



Estratto Carta PAI - PGRA del PGT - Variante Idrogeologica (ottobre 2020)

**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

La situazione attuale di riferimento è quella risultante dai documenti del PGRA aggiornati con Revisione 2020 a seguito dello studio di approfondimento locale eseguito nel corso del procedimento di adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Brescia al PAI coordinato con il PGRA



Come immediatamente deducibile dall'estratto cartografico riportato alla pagina precedente, il settore oggetto di intervento sotteso ad est dal T. Garza ricade in "Area oggetto di valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio a scala locale" che racchiude - prevalentemente - "Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti" ma anche un'area potenzialmente interessata da alluvioni frequenti (a ridosso del torrente Garza e del rilevato della Metropolitana) ed un'area al margine nord ovest potenzialmente interessata da alluvioni rare.

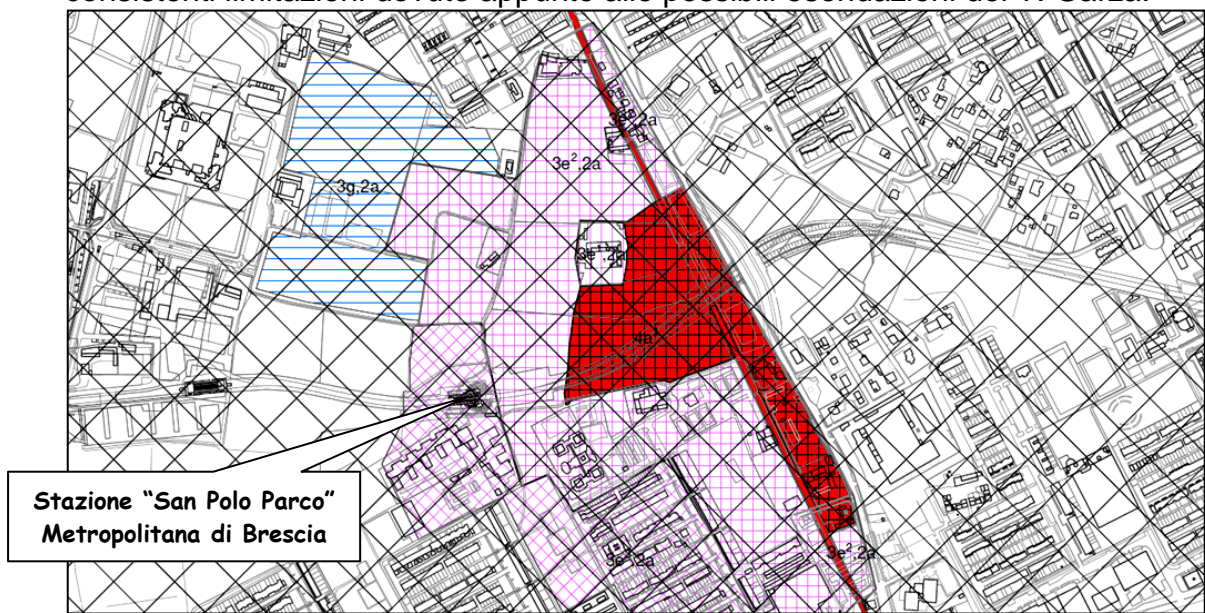
Proprio in base alla cartografia del rischio di alluvione ed agli studi idraulici che essa ha comportato è stato sviluppato dall'ingegner Giuseppe Rossi un progetto preliminare che ha considerato nel dettaglio le problematiche idrauliche della area in esame definendo le sezioni tipologiche di intervento. Il progetto definitivo in esame segue esattamente le scelte principali prese nel progetto preliminare, approfondendone gli aspetti costitutivi e realizzativi.

Per quanto riguarda specificamente gli aspetti idraulici, la Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano del PGT (sud) - di seguito riportata in estratto




per l'area di intervento - considera ovviamente la delimitazione delle aree esondabili in base alla potenziale frequenza di alluvionabilità riportata nella Carta PAI – PGRA del PGT, evidenziandone le conseguenze per le azioni di Piano.

L'alveo del T. Garza ricade così in area (l'alveo stesso) classificata in Classe di fattibilità 4a, classe di fattibilità con gravi limitazioni, come pure la contigua area ad ovest ed in parte anche ad est dell'alveo, che ricade invece in Classe di fattibilità 4a<sup>1</sup> (Area sottoposta a studio idraulico di dettaglio). Ancora per quanto riguarda gli aspetti idraulici, nel settore occidentale della zona potenzialmente esondabile sono presenti aree ricadenti in Classe di fattibilità 3e<sup>2</sup>, 3e<sup>3</sup> e 3g, con consistenti limitazioni dovute appunto alle possibili esondazioni del T. Garza.




Estratto Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano del PGT (ottobre 2020)


#### Classe di fattibilità 4 con gravi limitazioni


-  **Classe 4a**  
Fascia A del PAI, Aree RP-P3 del PGRA esterne a edificato esistente, Aree RP-P3/P2/P1 del PGRA interne o esterne all'edificato esistente valutate a pericolosità idraulica H4 e Aree RP-P3 del PGRA non valutate.


*Sottoclasse con indicazioni per gli studi di compatibilità idraulica*

-  **4a<sup>1</sup>** - Area sottoposta a studio idraulico di dettaglio.

#### Classe di fattibilità 3 con consistenti limitazioni

-  **3e<sup>2</sup>** - Area sottoposta a studio idraulico di dettaglio.


-  **3e<sup>3</sup>** - Area sottoposta a studio idraulico di dettaglio.

-  **Classe 3g**  
Aree RP/RSCM-P3/P2 del PGRA, Aree RP-P1 del PGRA sul T. Garza e aree periodicamente allagate valutate a pericolosità idraulica H2 e H1 e aree RSP-P3/P2 del PGRA.

**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**


Per gli aspetti più propriamente geologici e geotecnici, i terreni dell'immediato sottosuolo in corrispondenza dell'area di intervento ricadono uniformemente in Classe di fattibilità 2 *con modeste limitazioni* e nello specifico in Classe 2a, vale a dire che verranno interessati dagli interventi terreni in *area stabile, coincidente con zone di pianura ... caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche*, come vedremo meglio di seguito nel capitolo relativo alla geologia ed alla geomorfologia dell'area di intervento ed in quello relativo alla caratterizzazione geotecnica dei terreni.

**Classe di fattibilità 2 con modeste limitazioni**

 **Classe 2a**  
Area stabile, coincidente con zone di pianura e talora con la fascia marginale delle superfici di raccordo tra pianura e rilievi, caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche.

Per quel che riguarda poi gli aspetti legati alla sismicità del territorio, nella Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano del PGT (sud) l'area di intervento nel suo insieme ricade in *zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi* in classe Z4a, con categoria di sottosuolo identificata B.

Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi:

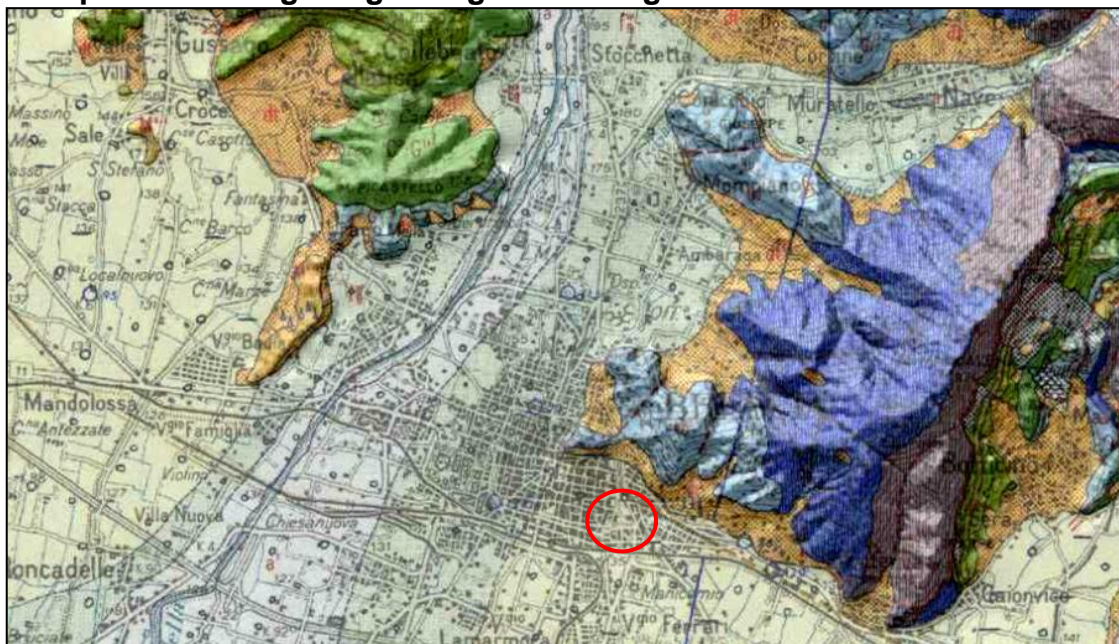
 **Z4a - Categoria di sottosuolo identificata B**: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo C (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Dalla Carta dei Vincoli del PGT non emergono infine delle specifiche limitazioni per l'area di intervento, non essendo presenti nell'area stessa ed immediati dintorni aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile o siti inquinati

A prescindere quindi dalle limitazioni di carattere idraulico per le aree di potenziale esondazione del T. Garza nel settore di intervento (oggetto di approfonditi studi idraulici volti a definire e perimetrare i potenziali fenomeni di esondazione - vedi estratto cartografico a pag. 6 - ed a stabilire gli interventi più opportuni per una riduzione sostanziale del rischio idraulico), non sussistono comunque particolari controindicazioni alla fattibilità geologica degli interventi in progetto.

Tali interventi riguarderanno d'altra parte - principalmente – la realizzazione di contenuti tomi in terra e canalizzazioni a cielo aperto per intercettare, deviare ed allontanare correttamente i flussi di piena del torrente Garza dalla linea della Metropolitana e dalla Stazione "San Polo Parco", oltre che dai suoi accessi diretti, impedendone l'allagamento da parte delle acque esondate dal T. Garza.

#### 4. Inquadramento geologico e geomorfologico

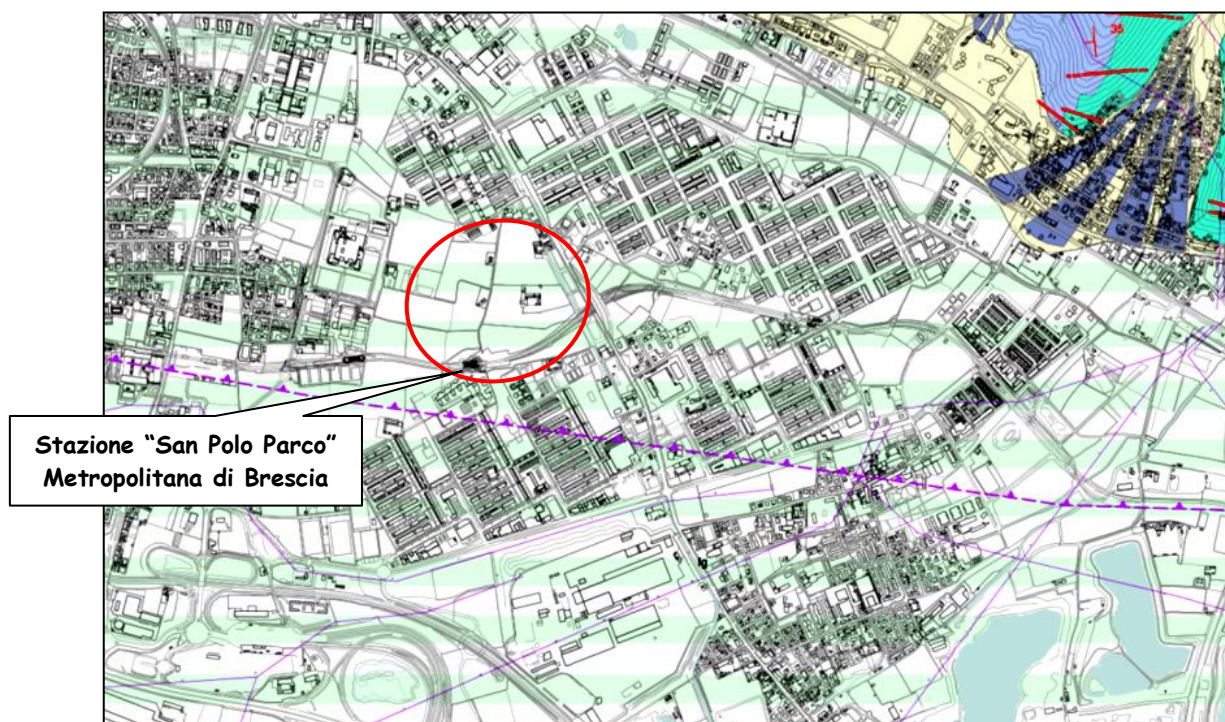


Foglio 47 "Brescia" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 del Servizio Geologico Nazionale

La zona urbana di Brescia sorge su un'area pedemontana, posta nel tratto terminale della Val Trompia coincidente con il conoide alluvionale del fiume Mella, in corrispondenza del suo sbocco nella pianura lombarda e presenta nel complesso una morfologia pianeggiante. I rilievi che bordano la piana bresciana sono costituiti da formazioni sedimentarie mesozoiche prevalentemente di natura calcareo - marnosa. Tali formazioni risultano dislocate da sovrascorrimenti a carattere regionale e localmente da faglie trasversali.

I processi morfogenetici che hanno profondamente modificato il settore in esame, possono essere schematizzati come espansione dei ghiacciai, che nelle formazioni mesozoiche ha causato intensi e vistosi processi di demolizione e trasporto solido, e l'opera dei corsi d'acqua che contribuendo allo smantellamento delle formazioni mesozoiche – mioceniche, hanno rimodellato le coltri deposizionali glaciali, conferendo loro complessi rapporti litostratigrafici.

In particolare, il fiume Mella, a partire dal Pleistocene Superiore, ha fortemente inciso i depositi fluvio-glaciali costituenti il livello fondamentale dell'alta pianura, rappresentati da depositi da molto grossolani a ghiaiosi (fg); il solco vallivo è stato poi gradualmente riempito dalle alluvioni prevalentemente sabbiose e limose del tardo Pleistocene (fwg) e da ulteriori, successive, fasi alluvionali.



Estratto Carta di inquadramento geologico- strutturale del PGT (2020)

## LEGENDA

### Depositi quaternari

- ⇒ fg **Alluvioni fluvioglaciali e fluviali (Olocene inf.?-Pleistocene sup.)**  
*Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi con strato di alterazione superficiale argilloso da brunastro a giallo-rossiccio di ridotto spessore, localmente ricoperti da una più o meno esigua coltre limosa.*

Nella cartografia del PGT sopra riportata in estratto, il settore di intervento interessato dalle potenziali esondazioni del T. Garza per tracimazione del colmo di piena dalla sponda destra, ricade su depositi alluvionali (fg) *ghiaiosi, sabbiosi e limosi con uno strato di alterazione superficiale argilloso ... di ridotto spessore.*

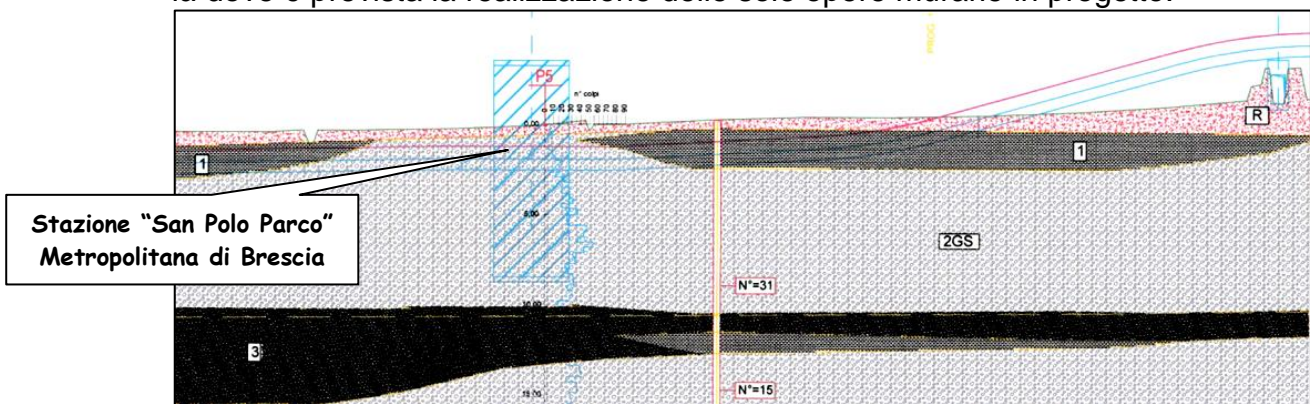
Con riferimento alla cartografia "storica", nel settore in esame (San Polo) prevarrebbero terreni perlopiù grossolani (fg) riferibili a depositi fluvioglaciali, antichi e recenti. *Litologicamente tali depositi sono formati da sabbie con ghiaia e ciottoli in matrice limo argillosa più o meno scarsa, a tratti più abbondante.*

Per gli aspetti più propriamente applicativi degli interventi previsti, è stato eseguito uno specifico approfondimento di carattere litostratigrafico sulla base dei dati dei sondaggi e pozzi disponibili dalla Banca dati geologici di sottosuolo della Regione Lombardia, e - soprattutto - dei dati immediatamente deducibili

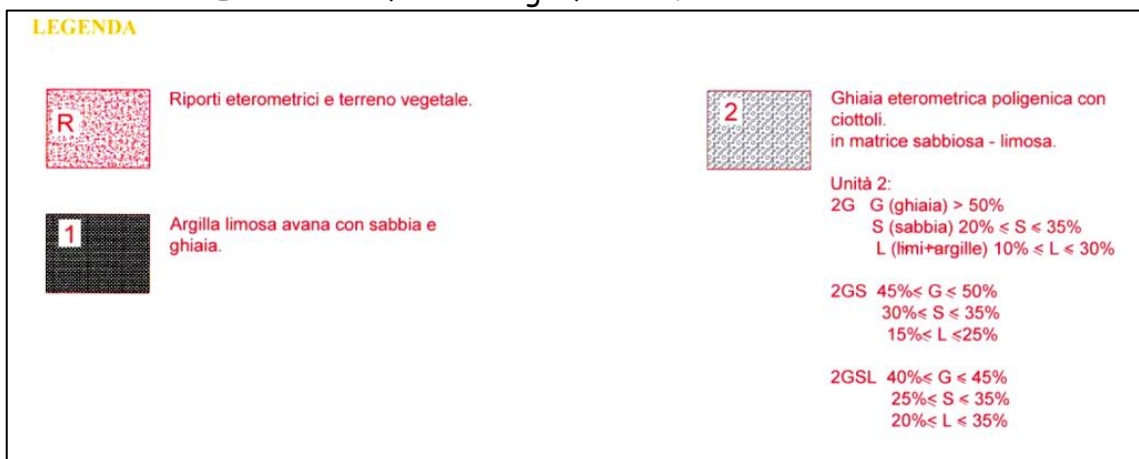
**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

dai *Profili stratigrafici* di progetto per la realizzazione della Metropolitana stessa, in corrispondenza del settore di intervento. Questi ultimi dati in particolare sono stati messi a disposizione dalla Committente "Brescia Infrastrutture SRL".

Per quanto di diretto interesse si è fatto riferimento al Profilo Stratigrafico Pk 9+000 – Pk 12+000 e nello specifico al tratto compreso tra l'area immediatamente ad ovest della Stazione "San Polo Parco" ed il sovrappasso del piano rotabile della Metropolitana al torrente Garza, ritenendo l'assetto litostratigrafico di questo settore rappresentativo anche della situazione presente nell'intorno del tracciato della Metropolitana, quantomeno in prossimità del tracciato stesso là dove è prevista la realizzazione delle sole opere murarie in progetto.



Estratto Profilo Stratigrafico Pk 9+000 - Pk 12+000

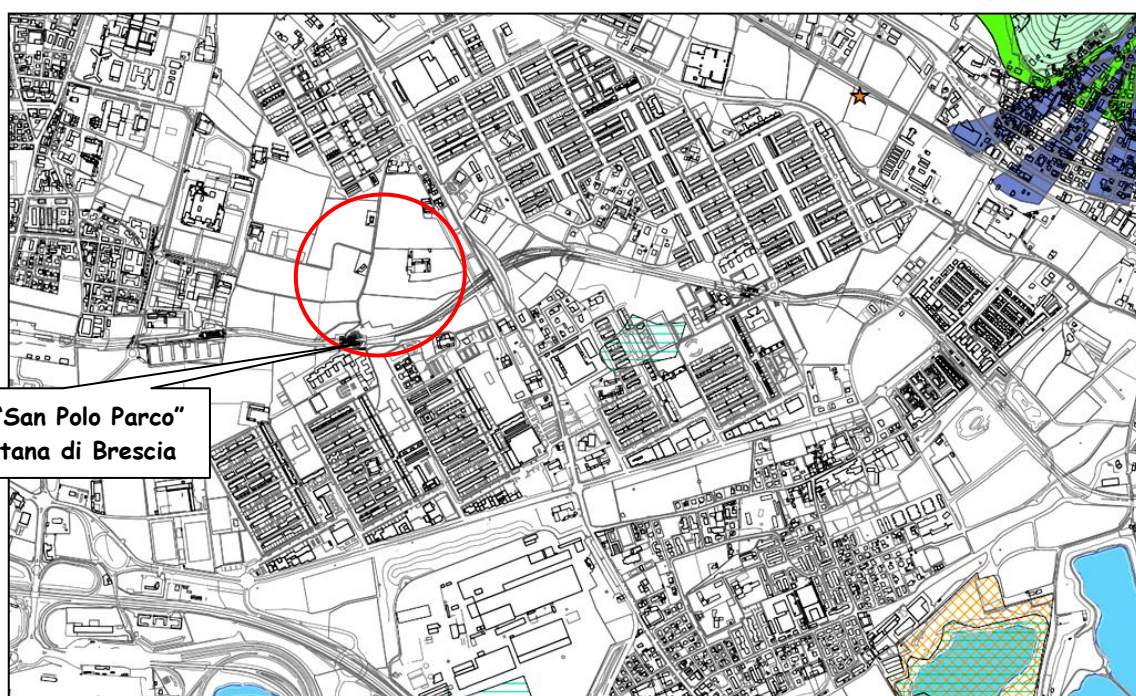


Il *Profilo stratigrafico* lungo il tracciato della Metropolitana ricostruito in base alle indagini e prove appositamente eseguite nel 2003 e considerando anche i dati geologici disponibili nella fascia di territorio interessata dalla realizzazione della Metropolitana stessa, evidenzia che nel settore di interesse precedentemente definito è presente un livello superficiale di riporti e/o terreno agrario per uno spessore variabile ma  $\leq 1$  m nell'intorno del sito della stazione .

**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

A questo primo livello segue poi un livello di terreni in sito argillo limosi con sabbia e ghiaia (Unità 1) fino ad un massimo di circa 3 m dall'originario p.c., sempre nell'intorno della Stazione. Seguono poi depositi ghiaio sabbiosi debolmente limosi (Unità 2) fino a circa 10 m di profondità dall'originario p.c. Al di sotto del livello ghiaio sabbioso è stato riscontrato un livello plurimetrico sabbio limoso, probabilmente attribuibile ad una fase deposizionale di bassa energia cui seguono ancora depositi ghiaio sabbiosi come quelli sovrastanti.

La situazione litostratigrafica individuata ricalca quindi - con maggior dettaglio - quella riportata dalla cartografia geologica del PGT per il settore di intervento, con la presenza di depositi alluvionali (**fg**) *ghiaiosi, sabbiosi e limosi ... localmente ricoperti da una più o meno esigua coltre limosa.*



Stazione "San Polo Parco"  
Metropolitana di Brescia

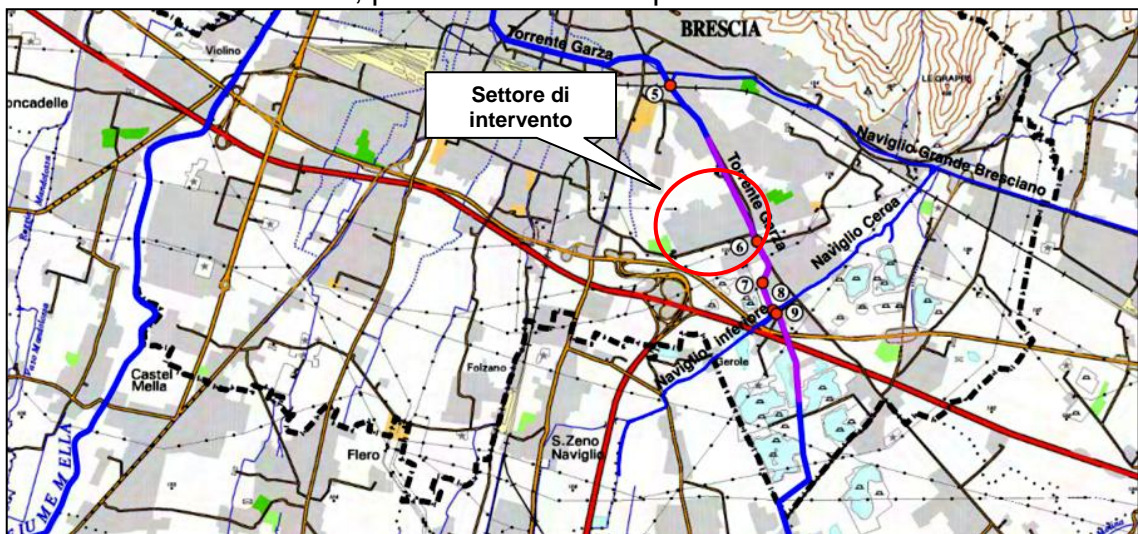
Estratto Carta geomorfologica del PGT (2019)

Area subpianeggiante o con blande ondulazioni del piano campagna, coincidente con i ripiani dei depositi alluvionali e fluvioglaciali in cui è modellato il settore di pianura del territorio comunale e, parzialmente, con la fascia esterna dei depositi eluviali-colluviali: STABILE.

Per quanto riguarda infine l'assetto morfologico dell'area di intervento, essa ricade interamente in zona subpianeggiante di fondovalle. In base a quanto sopra la cartografia del PGT classifica l'intera area interessata dagli interventi tra le aree stabili (in bianco) essendo le uniche emergenze morfologiche presenti di chiara origine antropica: canalizzazione agraria e rilevati della viabilità minore. Nell'area oggetto di intervento non è stata in ogni caso rilevata la presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

## 5. Inquadramento idrogeologico

Il torrente Garza, diretta causa delle problematiche idrauliche a cui si vuole porre rimedio con gli interventi in progetto, nasce in Comune di Lumezzane, dal versante sud del monte Prealpa, alla quota massima di 1270 m slm. Percorre la Valle Bertone fino a Caino e, successivamente, solca l'omonima valle, attraversando i territori e gli abitati di Nave, Caino e Bovezzo, fino alla località Crocevia di Nave del Comune di Brescia, ove sbocca in pianura. A Crocevia Nave, una importante opera idraulica, completata nel 1963, consente lo scarico delle piene del T. Garza nel F. Mella, per mezzo di un ampio canale sotterraneo.



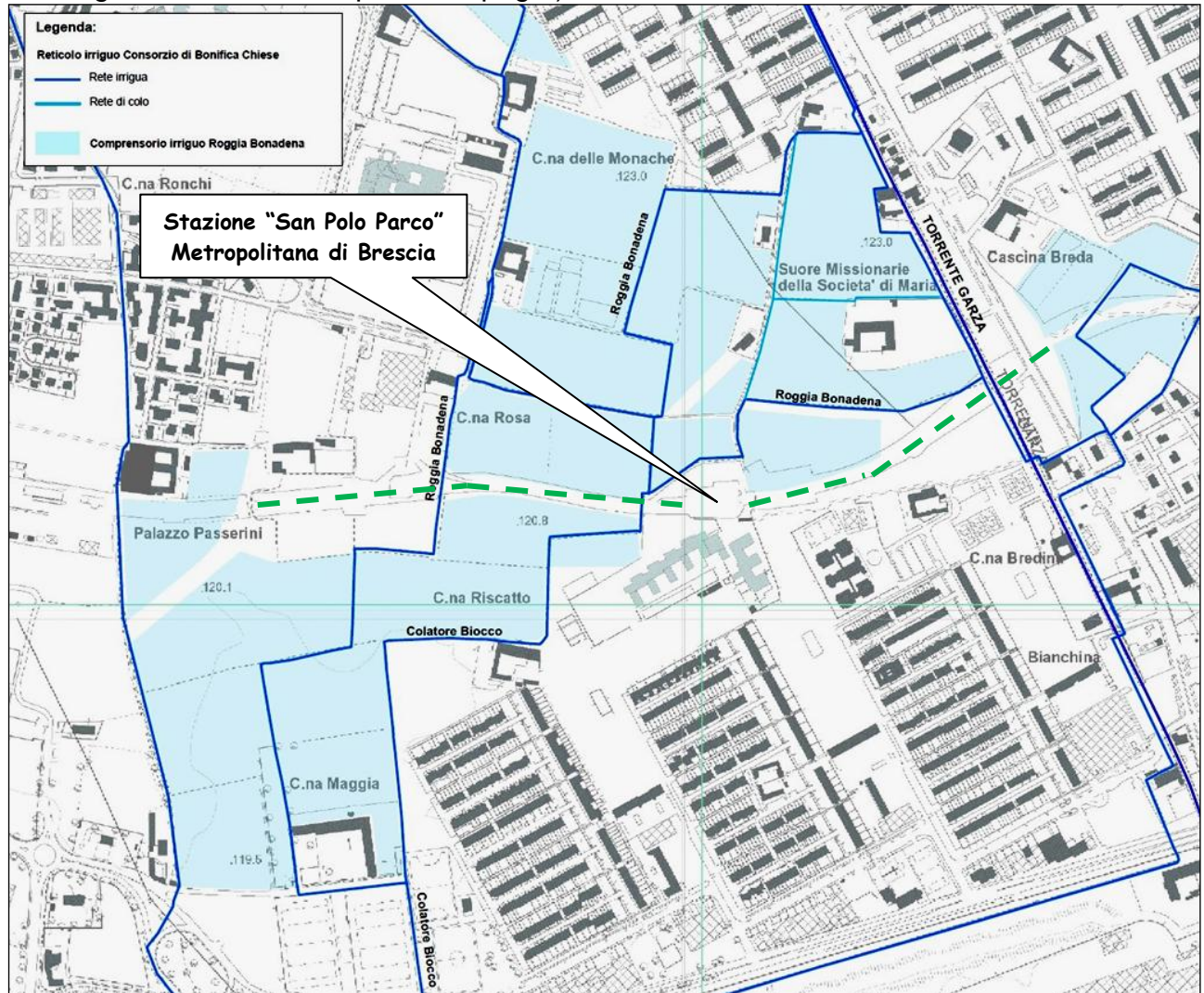
Estratto Carta della rete idrografica e dei bacini del PGT (T. Garza, settore sud)

Da Crocevia di Nave in poi, il Garza scorre entro un canale artificiale, attraversa il territorio urbano di Brescia, circondando il Centro Storico e si dirige poi verso il quartiere San Polo alla periferia sud-est del Capoluogo.

Da San Polo procede poi in aperta campagna, nei territori dei Comuni di Borgosatollo, Montirone e Ghedi, ove attualmente termina in località Belvedere, all'interno di una zona urbanizzata, in prevalenza a destinazione produttiva, al limite di una vasta cava d'inerti. In questo luogo, fino ad una quindicina di anni fa, il Garza sfociava in un'area di "spaglio", a ridosso della zona urbanizzata, dell'estensione di oltre 5 ettari, con scarico dell'emissario, dopo la laminazione e la deposizione delle torbide e del materiale solido trasportato dalla corrente.

Per quel che riguarda le problematiche che il T. Garza crea in corrispondenza dell'area di intervento con riferimento alle strutture della Metropolitana, si è rilevata - in base agli studi idraulici eseguiti - la possibilità di inondazione della stazione "San Polo Parco" da parte delle acque esondate dal torrente Garza per

tracimazione del colmo della piena dalla sponda in destra idrografica. In corrispondenza di tale stazione, si allaga il piano rotabile, situato oltre un metro sotto il piano di campagna e l'ampia zona del sottopasso pedonale infossata all'aperto, per tracimazione dei muri longitudinali continui di sostegno perimetrale della trincea e della fossa (*aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti*, vedi Estratto Carta PAI – PGRA del PGT - Variante Idrogeologica ottobre 2020, riportato a pag.6).



Schema della rete irrigua e di colò all'altezza di San Polo

Come anticipato, Il territorio interessato dalle opere in progetto è una vasta zona di terreno prevalentemente a destinazione agricola ed a verde pubblico, circondata dalle aree densamente urbanizzate del quartiere San Polo, Lo schema idraulico ritenuto attuabile e proposto in progetto prevede l'individuazione ed il confinamento dei terreni agricoli ed a verde interessati dal naturale spaglio e



**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

ruscellamento delle acque esondate mediante la realizzazione di argini in terra di limitata altezza ed altre opere complementari, attuandosi in tal modo la riduzione delle piene a valori di portata compatibili con la capacità della rete idrografica del drenaggio superficiale esistente (vedi rete irrigua e di colo riportata alla pagina precedente) e la difesa passiva delle strutture della Metropolitana.

Oltre alla difesa passiva delle strutture della Metropolitana ed il risezionamento del colatore Biocco, si prevede anche il sopralzo degli argini del Garza lungo il primo tratto immediatamente successivo al tratto tombato, con lo scopo di porre in sicurezza l'area edificata in destra e sinistra Garza, e di limitare l'espansione dell'allagamento dell'area a nord, in destra Garza, oltre la sede stradale di via Brunelleschi, per aumentare il volume di laminazione in quest'area e di mantenere completamente agibile la via di collegamento fra la Stazione "San Polo Parco" e via San Polo, anche in caso di esondazione del T. Garza.

Rispetto alla situazione attuale, nella parte a nord, le aree di allagamento si riducono in destra e sinistra del Garza, per effetto del sopralzo degli argini del torrente e ad ovest della via F. Brunelleschi per effetto del nuovo argine previsto lungo la strada. Nella restante parte della regione fluviale destra del Garza, le aree di allagamento si ampliano verso ovest, in direzione della stazione "Poliambulanza", e si riducono nella zona edificata a sud della Metropolitana, con aumento del battente nell'area compresa fra il corso del Garza ad est, la strada comunale via F. Brunelleschi a ovest ed il rilevato della Metropolitana a sud, e riduzione nella restante zona allagata.

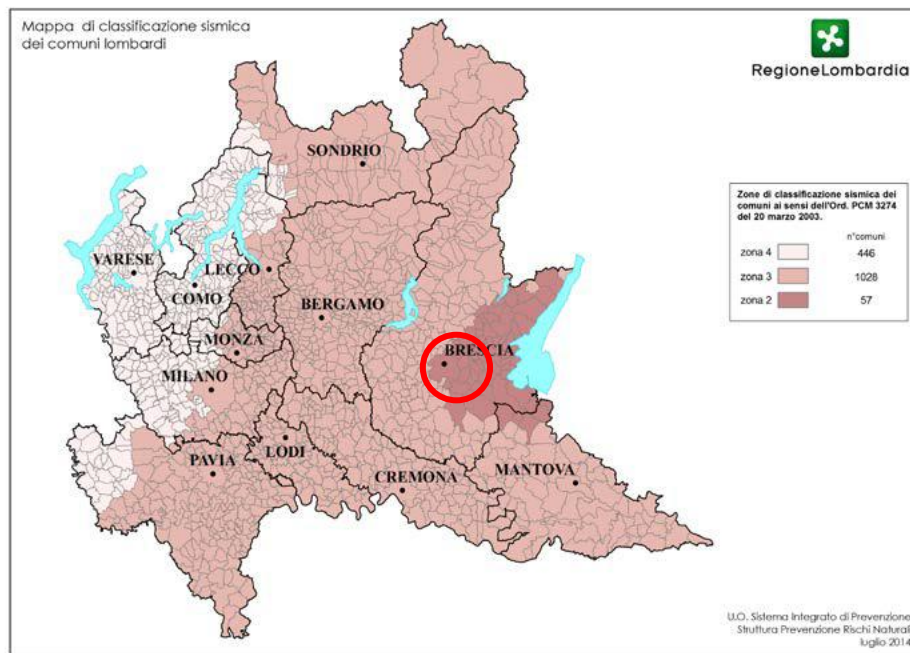
Per gli aspetti più propriamente idrologici ed idraulici relativi agli interventi in progetto si rimanda agli specifici studi eseguiti nel tempo. La situazione attuale di riferimento è quella risultante dai documenti del PGRA aggiornati con Revisione 2020 a seguito dello studio di approfondimento locale, eseguito nel corso del procedimento di adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Brescia al PAI coordinato con il PGRA.

Per concludere questo paragrafo, ricordiamo che i lavori previsti non andranno in ogni caso ad interferire con la falda idrica locale. Dal profilo dell'andamento della falda ricostruito dai dati dei piezometri lungo il tracciato della Metropolitana risulta infatti che all'altezza della Stazione "San Polo Parco" ad una quota di campagna media di  $\approx 122$  m slm corrisponde una falda idrica ubicata a  $\approx 113$  m slm ed un approfondimento massimo delle attuali e future strutture a  $\approx 121$  m slm in corrispondenza del sottopasso alla Metropolitana ad est della stazione, con una quota locale del p.c. di 124 m slm. In sintesi la falda idrica nell'intorno della stazione "San Polo Parco" è mediamente ubicata a  $-8 \div 9$  m di profondità

## 6. Sismicità e componente sismica territoriale

La classificazione sismica attualmente in vigore in Regione Lombardia è basata sui valori di accelerazione orizzontale attesa su suolo rigido e pianeggiante con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Tr 475 anni) riportati nella mappa di pericolosità sismica nazionale (Gruppo di LavoroMS4) e pubblicati ufficialmente, insieme ai criteri di classificazione, nell'Allegato 1b all'OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006.

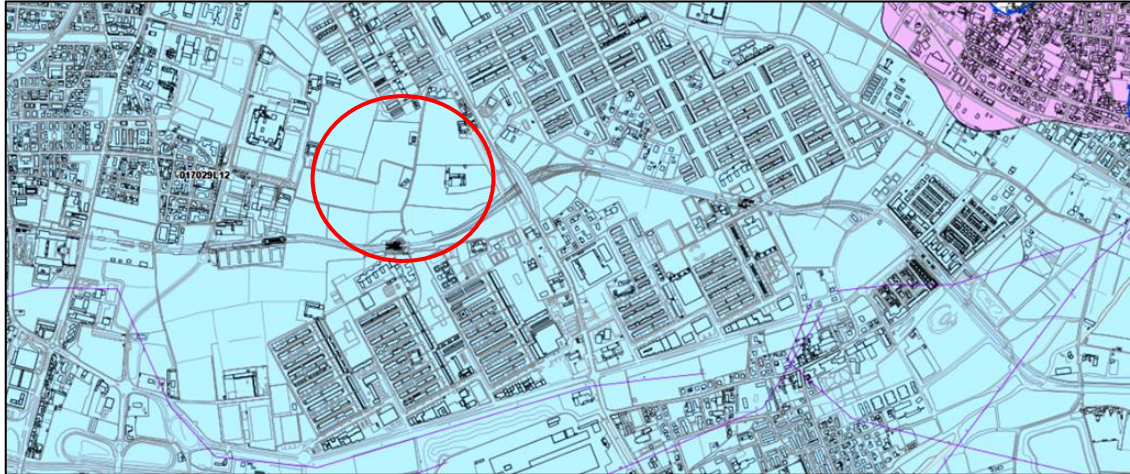
Con la D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. D)" viene proposta la revisione delle zone sismiche con lo scopo principale di armonizzare le stesse mediante l'utilizzo dei parametri fisici di riferimento derivanti dalle NTC 2008 per la progettazione antisismica. Tale aggiornamento, sulla base di valori di **ag** desumibili dalla carta della pericolosità sismica di cui alla OPCM 3519 del 27/04/06, modifica la classificazione del comune di Brescia che viene classificato in **Zona 2** con un valore di riferimento di  $ag_{max}$  pari a 0.154219. Di seguito si riporta la carta di classificazione sismica regionale in vigore.



In occasione di eventi sismici le particolari condizioni litologiche e geomorfologiche di una zona possono produrre effetti di amplificazione locale o effetti di instabilità. La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. n.9/2616 del 30 novembre 2011, prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica individuati sul territorio. Il 1° livello di appro-


**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

fondimento consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base delle osservazioni di tipo geologico e/o bibliografico.

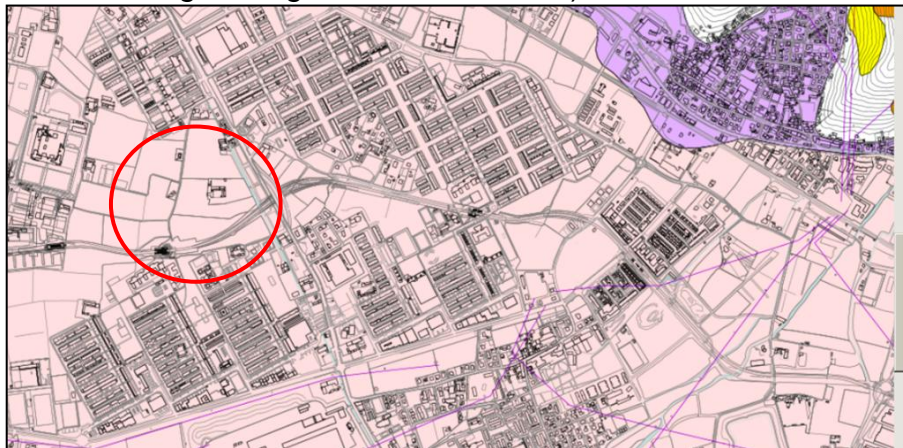


Estratto Carta della pericolosità sismica locale 1° Livello del PGT ( settore sud)


**Amplificazioni litologiche**


 Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

Le Carte della pericolosità sismica locale di 1° e 2° livello del PGT evidenziano per l'area oggetto di intervento uno scenario di pericolosità sismica corrispondente alla zona Z4a (*zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*).



Estratto Carta della pericolosità sismica locale 2° Livello del PGT ( settore sud)

 Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

 Z4a - Categoria di sottosuolo identificata B: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo C (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Si sottolinea inoltre che nel territorio di Brescia - e nell'area di intervento nello specifico - non sono presenti terreni dotati di caratteristiche granulometriche tali da essere soggetti a fenomeni di liquefazione in occasione di eventi sismici.

**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

Dalle indagini geofisiche appositamente eseguite per l'adeguamento della componente sismica dello Studio Geologico del PGT, per gli scenari inerenti gli effetti litologici Z4a e Z4b individuati, la procedura di 2° livello ha evidenziato che su tutto il territorio di pianura e di raccordo con i versanti montuosi, il fattore di amplificazione *Fa* stimato è risultato superiore rispetto al valore di soglia comunale, come definito dalla D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011, per le diverse categorie di sottosuolo. Da cui come riportato anche nella Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano del PGT (2020):

**Scenari per i quali risulta un *Fa* maggiore del valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo individuata** e al cui interno, in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi:



**Z4a - Categoria di sottosuolo identificata B**: in fase di progettazione per tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5 s, è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione degli effetti di amplificazione litologica (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.3.3) o l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo C (D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616 - All. 5, § 2.2.2).

Gli intervalli di periodo considerati per l'azione sismica sono quelli compresi tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide ed a strutture alte e flessibili.

Nel caso specifico gli unici interventi in progetto che hanno valenza di "struttura" sono quelli prossimi alla Stazione "San Polo Parco" della Metropolitana, relativi ad un ponticello con struttura scatolare ed a contenute murature di sopralzo addossate alle esistenti (strutture quindi *relativamente basse, regolari e piuttosto rigide*). Per il resto - la parte preponderante degli interventi - sono infatti previsti contenuti tomi in terra e canalizzazioni a cielo aperto per intercettare, deviare ed allontanare i flussi di piena del T. Garza dalla Stazione e dalla linea della Metropolitana, oltre che dai suoi accessi diretti, impedendone l'allagamento.

Tutto ciò premesso, nel settore in esame per i dimensionamenti delle opere in progetto verrà dunque adottata una categoria di sottosuolo **C** mentre la categoria topografica da adottare sarà la **T1** (*superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°*) cui corrisponde un valore di coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.

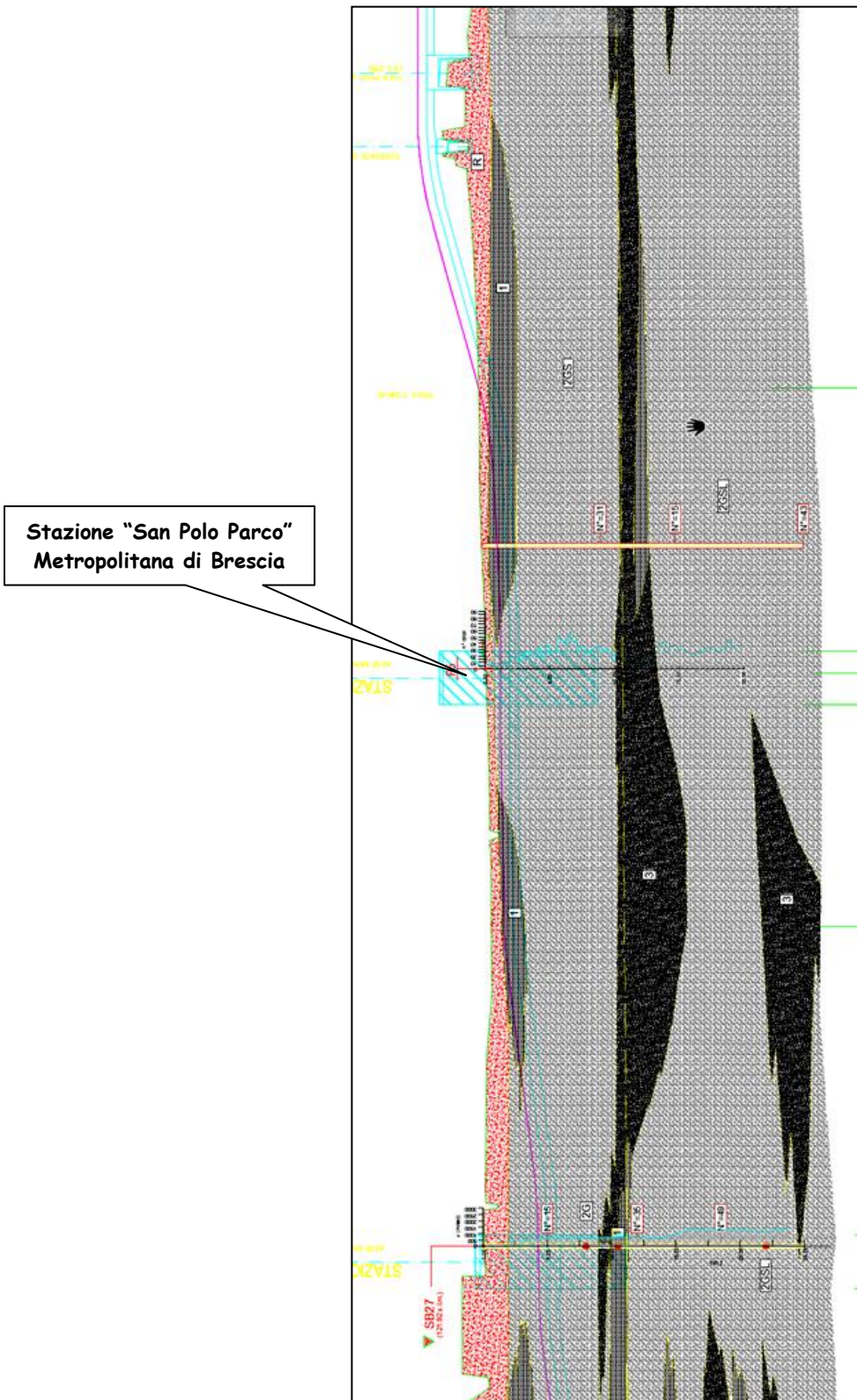
## **7. Modello geologico e caratterizzazione geomeccanica dei terreni**

Ai fini della completezza della documentazione progettuale è necessario predisporre il modello geologico del sito oggetto dell'intervento ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti (definita "relazione geologica R1" ai sensi della DGR 5001/2016) e definire la fattibilità geologica dell'intervento ai sensi dei criteri geologici regionali di cui alla DGR 2616/2011 (definita "relazione geologica R3" ai sensi della DGR 5001/2016).

Sulla base della normativa nazionale e regionale vigente, in considerazione delle caratteristiche geologiche generali dell'area di intervento esposte nei precedenti capitoli ed in relazione alla tipologia stessa degli interventi in progetto, il modello geologico del sito permette di verificare:

- la compatibilità della situazione litostratigrafica locale con gli interventi previsti (vedi capitolo successivo dedicato all'analisi puntuale degli aspetti geologici e delle eventuali problematiche relative alla realizzazione in sicurezza degli interventi in progetto);
- l'assenza di problematiche legate alla possibile interferenza delle opere con la falda idrica (soggiacenza dell'ordine dei - 8-9 m dal p.c.);
- la presenza delle condizioni sismo-stratigrafiche necessarie per l'applicabilità sia della procedura di analisi sismica di 2° livello proposta dai criteri regionali sia della procedura semplificata basata sulle categorie di sottosuolo proposta dalla normativa nazionale;
- l'assenza dei fattori predisponenti al fenomeno della liquefazione;
- l'adeguatezza delle caratteristiche geomeccaniche delle unità litostratigrafiche presenti in corrispondenza dell'area di intervento con la tipologia degli interventi previsti in progetto.

In estrema sintesi, e con riferimento alla cartografia del PGT (Variante idrogeologica 2020) il sito oggetto d'intervento ricade interamente in zona subpianeggiante stabile, caratterizzata da depositi alluvionali *ghiaiosi, sabbiosi e limosi ... localmente ricoperti da una più o meno esigua coltre limosa* e con una soggiacenza della falda tale da non interferire con gli interventi previsti. Dal punto di vista della normativa di Piano il sito risulta in classe di fattibilità geologica **2a**, vale a dire che verranno interessati dagli interventi terreni in *area stabile, coincidente con zone di pianura ...* risultando le sole penalizzazioni quelle relative all'alluvionabili dell'area da parte del T. Garza cui si intende porre rimedio proprio con gli interventi in progetto. Per gli aspetti sismici, considerando il fattore di amplificazione  $F_a$  superiore rispetto al valore di soglia comunale ed attribuendo alle ridotte strutture in progetto periodi compresi tra 0.1-0.5 s, ne deriva una categoria di sottosuolo **C** con una categoria topografica **T1**.



Estratto Profilo Stratigrafico Pk 9+000 - Pk 12+000

**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti nel settore di intervento non sono state eseguite specifiche indagini e prove sia per la tipologia stessa della maggior parte degli interventi in progetto (ridotti tomi in terra e canalizzazioni a cielo aperto) sia perché nei dintorni della Stazione “San Polo Parco” della Metropolitana – dove si concentreranno di fatto i lavori con una qualche valenza geotecnica (un ponticello con struttura scatolare e contenute murature di sopralzo) – sono disponibili i dati di caratterizzazione dei terreni riportati nella Relazione geotecnica allegata al progetto di realizzazione della tratta di metropolitana Prealpino-S.Eufemia (Documento BS1 00 70 46 6 L0034).

Come anticipato nel capitolo 4, il *Profilo stratigrafico* Pk 9+000 – Pk 12+000 lungo il tracciato della Metropolitana nel settore di interesse evidenzia che nello intorno della Stazione “San Polo Parco” è presente un livello superficiale di riporti e/o terreno agrario di spessore variabile ma  $\leq 1$  m. A questo primo livello segue poi un livello di terreni in sito argillo limosi con sabbia e ghiaia (**Unità 1**) fino ad un massimo di circa 3 m dall’originario p.c., sempre nell’intorno della Stazione. Seguono poi depositi ghiaio sabbiosi debolmente limosi (**Unità 2**) fino a circa 10 m di profondità dall’originario p.c.

La base fondazionale delle opere in progetto (ponticello e murature di sopralzo) andranno quindi a ricadere nell’ambito dell’**Unità 1** sopra definita e caratterizzata da terreni argillo limosi con sabbia e ghiaia e quindi di caratteristiche geomeccaniche da scadenti a discrete. A tali depositi in base alle prove in sito e di laboratorio eseguite sono stati attribuiti i seguenti parametri medi e cautelativi:

Tabella 4-8: Caratteristiche fisico – meccaniche: valori di progetto UNITA' 1

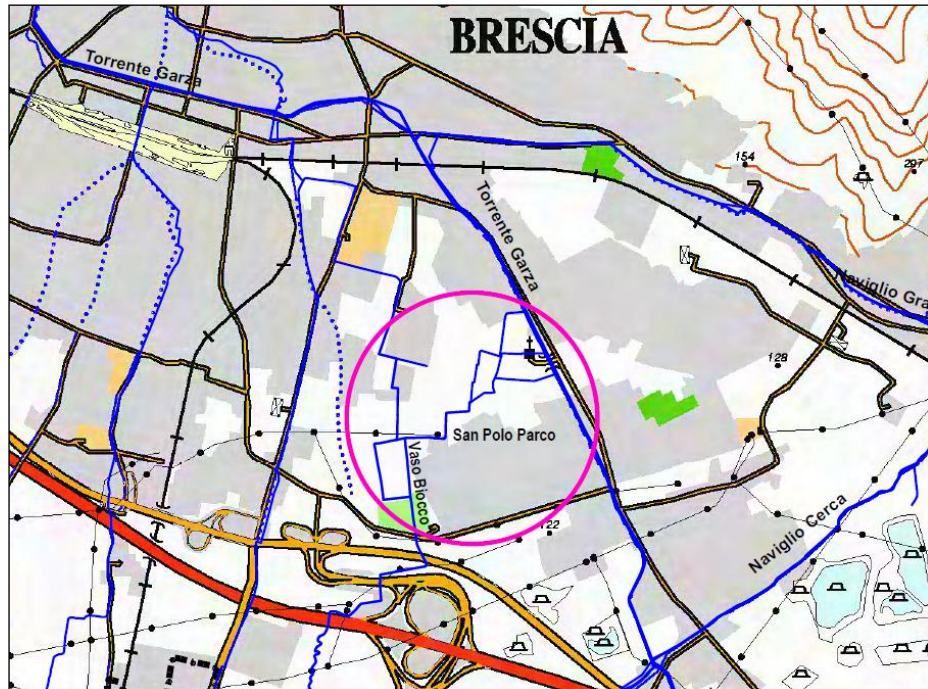
Peso di unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi'$ (°)	C'(kN/m <sup>2</sup> )	Cu (kN/m <sup>2</sup> )	E <sub>ed</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	K (cm/sec)
20.0	26÷28	10÷20	100÷120	17512	6.0 x 10 <sup>-7</sup>

Alla sottostante Unità 2, non interessata dagli interventi in progetto e costituita principalmente da depositi ghiaio sabbiosi debolmente limosi attribuibili localmente alla sub-Unità 2GS (vedi estratto a pag.12), in base alle indagini svolte sono stati attribuiti i seguenti parametri:

Tabella 4-9: Caratteristiche fisico – meccaniche: valori di progetto UNITA' 2

Sub-Unità	Peso di unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi'$ (°)	C'(kN/m <sup>2</sup> )
2GS	21.00	37÷40	0

## 8. Analisi degli interventi in progetto ed indicazioni geologiche



Ubicazione dell'area di intervento

In corrispondenza dell'area di intervento è stata evidenziata la possibilità di inondazione della Stazione "San Polo Parco" della Metropolitana da parte delle acque esondate dal torrente Garza per tracimazione del colmo della piena dalla sponda in destra idrografica. In corrispondenza di tale stazione si allaga infatti il piano rotabile, situato oltre un metro sotto il piano campagna, e l'ampia zona del sottopasso pedonale infossata all'aperto, per tracimazione dei muri longitudinali continui di sostegno perimetrale della trincea e della fossa.

Al fine di individuare i possibili interventi di messa in sicurezza della Metropolitana, la Soc. Brescia Infrastrutture, ha commissionato la redazione di un progetto degli interventi necessari, a livello di studio di fattibilità, in data 1 ottobre 2018

Le proposte d'intervento del progetto di fattibilità sono state poi sviluppate a livello definitivo con nuove e più approfondite indagini ed elaborazioni, che hanno confermato la validità delle scelte e delle indicazioni fornite con gli studi preliminari. In particolare si è sviluppata la parte relativa agli aspetti legati alla viabilità ciclopedonale ed all'uso agricolo dei terreni, al fine di conseguire, oltre che la difesa idraulica delle infrastrutture della Metropolitana e delle aree urbane, anche la valorizzazione e la fruibilità naturalistica del territorio. L'area interessata dai lavori in progetto è infatti una vasta zona di terreno prevalentemente a destinazione agricola ed a verde pubblico, circondata dalle aree densamente urbanizzate del quartiere San Polo.



**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

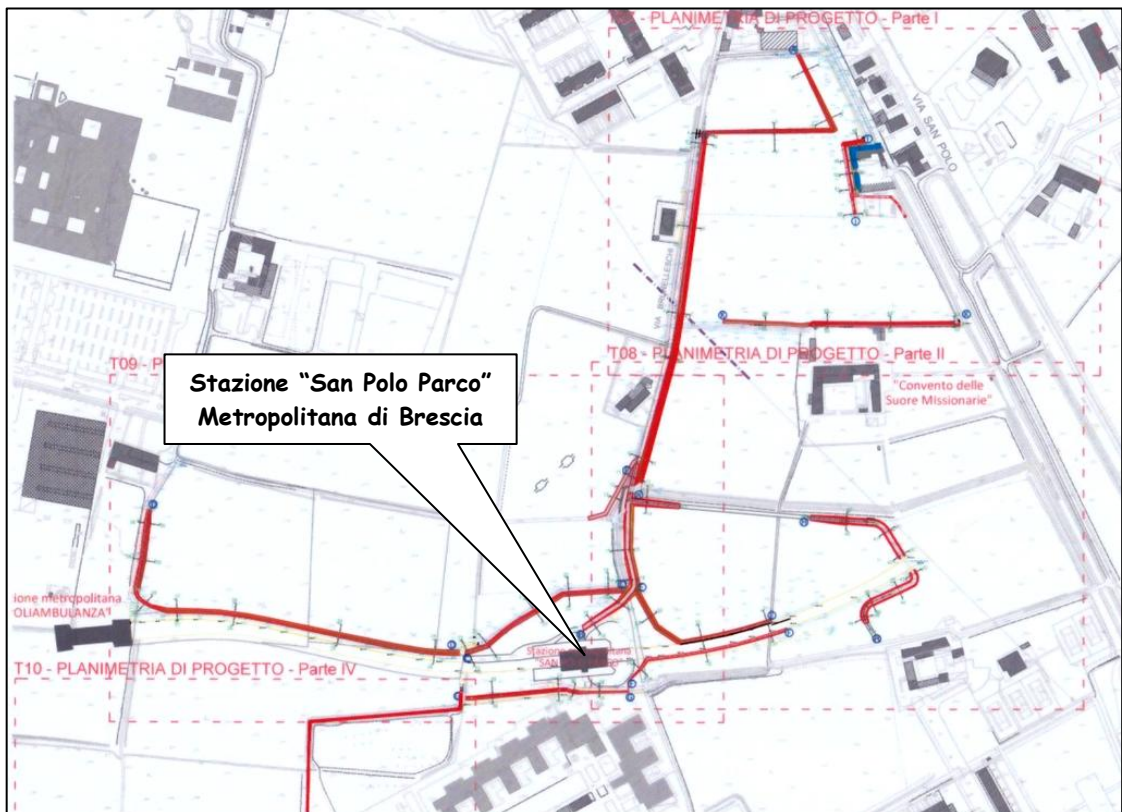
Lo schema idraulico ritenuto attuabile e proposto in progetto prevede l'individuazione e il confinamento dei terreni agricoli ed a verde interessati dal naturale spaglio e ruscellamento delle acque esondate, mediante la realizzazione di argini in terra di limitata altezza, ed altre opere complementari, attuandosi in tal modo la riduzione delle piene a valori di portata compatibili con la capacità della rete idrografica del drenaggio superficiale esistente (vedi pag. 15) e la difesa passiva delle strutture della Metropolitana.

Oltre alla difesa passiva delle strutture della Metropolitana ed al risezionamento del colatore Biocco, si prevede anche il sopralzo degli argini del Garza lungo il primo tratto immediatamente successivo al tratto tombato, con lo scopo di porre in sicurezza l'area edificata in destra e sinistra Garza, e di limitare l'espansione dell'allagamento dell'area a nord, in destra Garza, oltre la sede stradale di via Brunelleschi, per aumentare il volume di laminazione in quest'area e di mantenere completamente agibile la via di collegamento fra la stazione "San Polo Parco" e via San Polo, anche in caso di esondazione del T. Garza.

Per quanto riguarda il sopralzo degli argini del T. Garza, si precisa che queste opere sono state inserite nel progetto esecutivo "BS-E-586 Intervento di manutenzione diffusa per la messa in sicurezza del torrente Garza in comune di Brescia", redatto per incarico dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po in data maggio 2020, già appaltato e di prossima esecuzione. Dette opere, pertanto, non vengono inserite in questo progetto, rimanendo comunque funzionali allo schema della sistemazione idraulica proposto. Le opere del progetto in esame sono dunque tutte quelle previste all'interno del territorio allagabile, per l'attuazione dello schema idraulico prescelto, ad esclusione di quelle da realizzare direttamente sull'alveo del torrente Garza.

Rispetto alla situazione attuale, nella parte a nord le aree di allagamento si riducono in destra e sinistra del Garza, per effetto del sopralzo degli argini del torrente e ad ovest della via F. Brunelleschi per effetto del nuovo argine previsto lungo la strada. Nella restante parte della regione fluviale destra del Garza, le aree di allagamento si ampliano verso ovest, in direzione della stazione "Poliambulanza", e si riducono nella zona edificata a sud della Metropolitana, con aumento del battente nell'area compresa fra il corso del Garza ad est, la strada comunale via F. Brunelleschi a ovest ed il rilevato della Metropolitana a sud, e riduzione nella restante zona allagata.

Ciò premesso, gli interventi in questo settore saranno costituiti prevalentemente da ridotte arginature e canalizzazioni per intercettare ed opportunamente convogliare le acque di esondazione dal torrente Garza in caso di piena, oltre che di salvaguardia idraulica della stazione "San Polo Parco" e dei suoi accessi, e del tracciato a cielo aperto della Metropolitana nell'intorno di detta stazione.



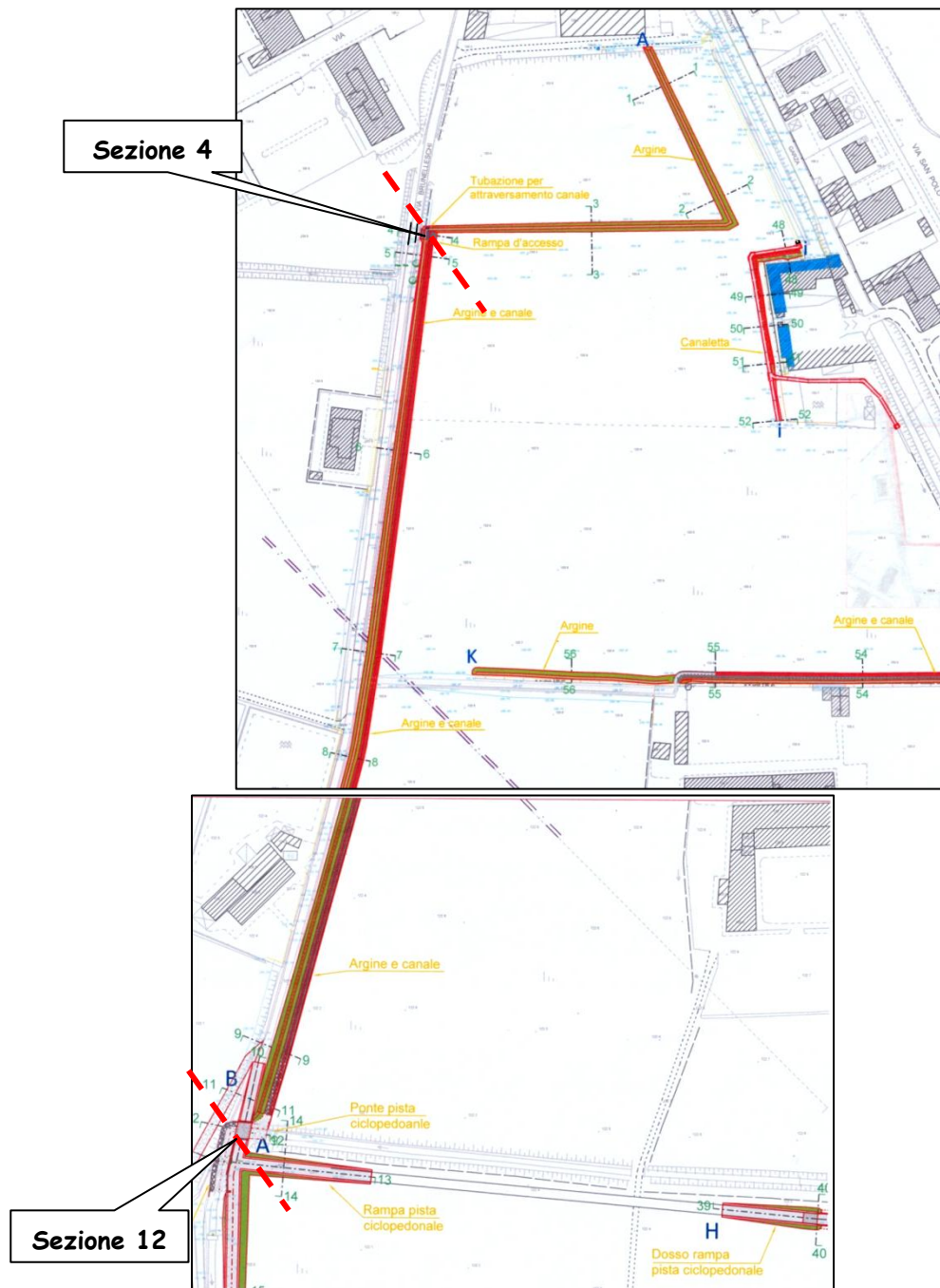
Planimetria dell'area di intervento con ubicazione delle tratte di progetto

I lavori in questo settore risultano suddivisi in dieci tratte che andremo ad analizzare separatamente e con riferimento puntuale alle sezioni ed alle planimetrie di progetto. Avremo dunque:

- **Tratta A – A Sezz. 1 - 12**

Per questa tratta a nord è prevista la costruzione di un argine in terra attorno all'area del P.L. AT-D.4 ed, in continuazione verso sud, lungo il lato est di via Brunelleschi, fino all'intersezione con il vaso Bonadena, per il contenimento dell'allagamento nella fascia di terreno compresa fra il corso del T. Garza e la predetta via. La tratta in esame ha una lunghezza complessiva di 491 ml.

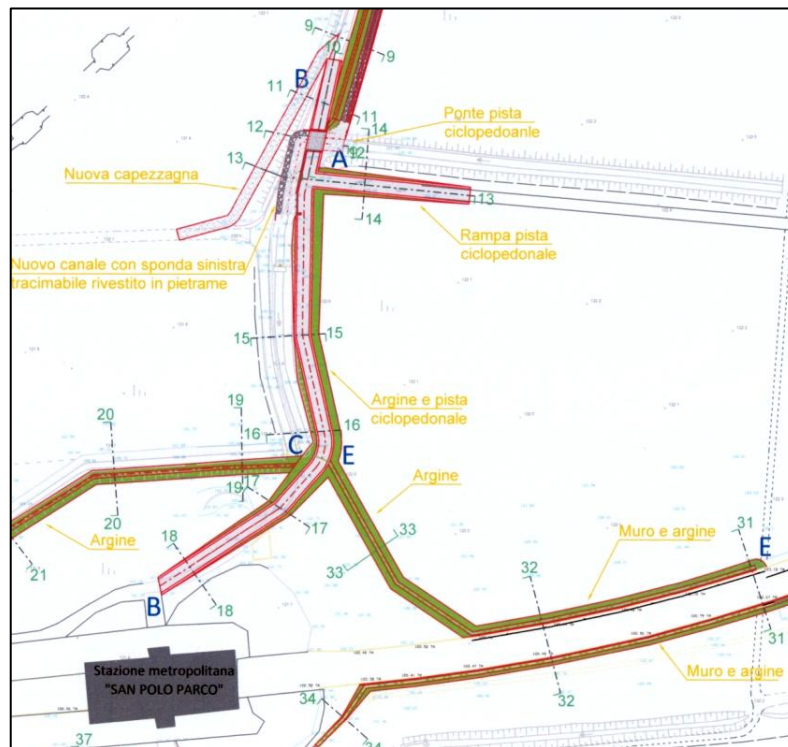
Nella prima parte, a nord (tra le sezioni di progetto Sez.1 e Sez.4 (fino a via Brunelleschi) è dunque prevista la realizzazione di un argine in terra di altezza sul p.c.  $\leq 1,02$  m, sufficiente comunque a contenere l'altezza massima di piena prevista. L'incastro fondazionale rispetto al p.c. è mediamente di 30 cm e le rampe dell'argine verranno modellate 2 : 3 e quindi in tutta sicurezza considerata la tipologia di terreni che verranno prevedibilmente utilizzati (i depositi alluvionali ghiaioso sabbioso limosi presenti ubiquamente nell'area di intervento).



All'altezza della Sez.4 di progetto è prevista la formazione di un nuova rampa di accesso ai terreni da via Brunelleschi e dalla Sez.4 alla Sez.12 (alla fine del tratto A – A, a sud) oltre al proseguimento dell'argine di protezione al margine orientale di via Brunelleschi - di altezza analoga a quella nel tratto precedente - è previsto lo spostamento del canale irriguo e di colo a lato dell'argine verso la campagna, con rivestimento in pietrame.

Data la tipologia degli interventi previsti, l'assetto litostratigrafico e l'andamento subpianeggiante dei luoghi - il tutto inserito in un contesto semi rurale - non sono prevedibili particolari problemi realizzativi di tipo geologico e/o geotecnico

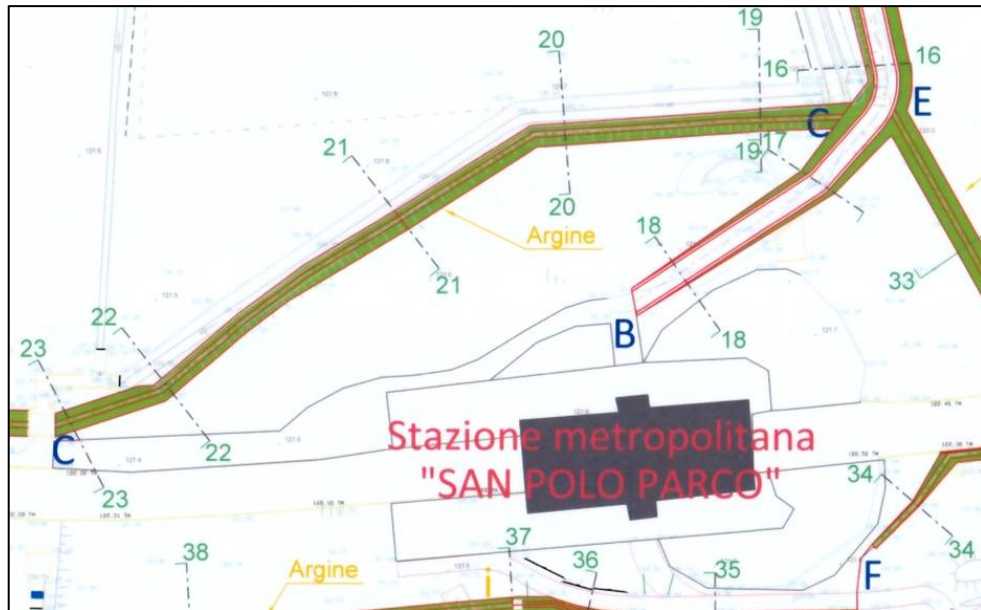
• **Tratta B – B Sezz. 12 - 18**



In questa tratta della lunghezza 163 ml, continuazione verso la Stazione "San Polo Parco" della tratta precedente, in corrispondenza della Sez.12 è prevista la costruzione di un ponticello carraio in scatolare per carichi fino a 20 t (mezzi di soccorso) di attraversamento della roggia Bonadena. La base fondazionale si approfondirà di circa 1 m dall'attuale p.c. andando a poggiare sulla porzione più superficiale dei depositi alluvionali che caratterizzano l'intera area di intervento. E' inoltre prevista la realizzazione di un tratto di strada in rilevato tra le Sezz. 13 e 18 per il collegamento viabile alla stazione metro "San Polo Parco" e, alla altezza della Sez.14, di una rampa di collegamento della pista ciclopedonale.

Rilevati e scavi, comunque di altezza e profondità contenute ( $\leq 1,5$  m) rispetto all'attuale profilo topografico, andranno a interessare la porzione più superficiale dei depositi alluvionali presenti nell'area di intervento, depositi che quantomeno in prossimità della stazione della Metropolitana presentano un livello superficiale ad elevato contenuto di limo fino a circa 3 m di profondità dall'originario p.c. (vedi caratterizzazione dei terreni nell'intorno della stazione a pag.12).

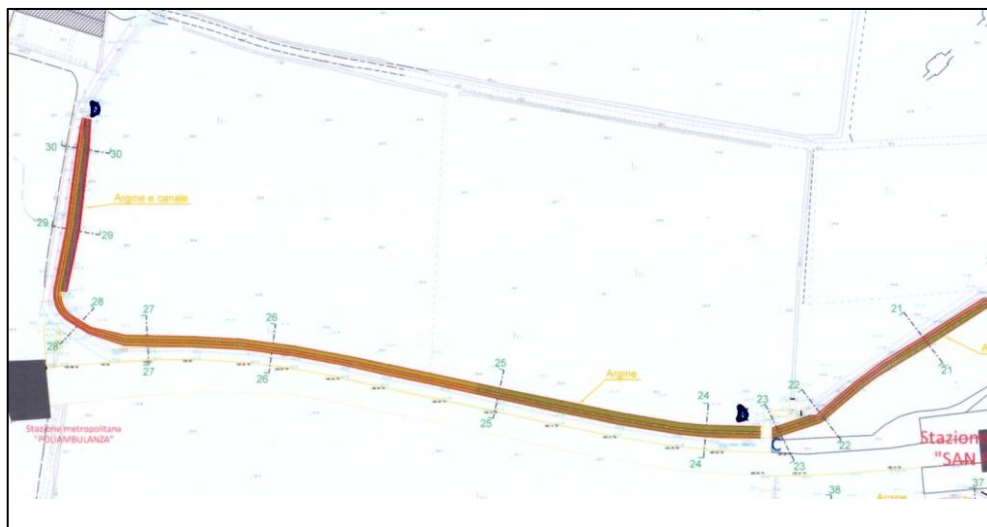
- **Tratta C – C Sezz. 19 – 23**



In questa tratta, della lunghezza di 152 ml, è previsto il soprizzo dell'argine in terra esistente a margine (in Sx) della roggia Bonadena dall'accesso all'area esterna della stazione metro "San Polo Parco" al manufatto botte a sifone della roggia verso il colatore Biocco, a difesa dell'area esterna di detta stazione.

Data la tipologia dei lavori in progetto ed il contesto in cui verranno realizzati non sono ovviamente prevedibili problemi di carattere geologico e/o geotecnico per la fase esecutiva: l'argine avrà infatti un'altezza complessiva dell'ordine del metro o poco più e le rampe verranno modellate 2 : 3.

- **Tratta D – D Sezz. 24 – 30**

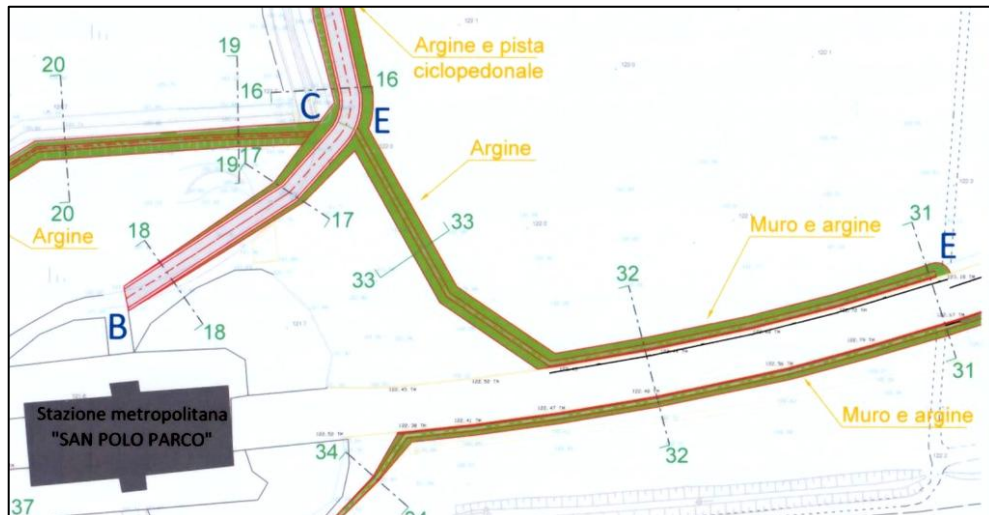


**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

Tratta di 353 ml in cui è prevista la costruzione di un argine in terra dal sifone della roggia Bonadena verso ovest, fino alla stazione metro "Poliambulanza", a lato nord della strada di collegamento fra le due stazioni, per il contenimento nei terreni agricoli delle acque esondate a nord, a difesa della linea della Metropolitana. Dalla Sez. 28 alla Sez.30 (tratto verso nord) oltre alla costruzione dello argine è previsto anche lo spostamento del canale irriguo e di colo esistente a lato (est) dell'argine verso la campagna, con rivestimento in pietrame.

Anche per questa tratta, data la tipologia dei lavori in progetto ed il contesto in cui verranno realizzati non sono prevedibili problemi di carattere geologico e/o geotecnico per la fase esecutiva: l'argine avrà infatti un'altezza complessiva dell'ordine del metro o poco più e le rampe verranno modellate 2 : 3.

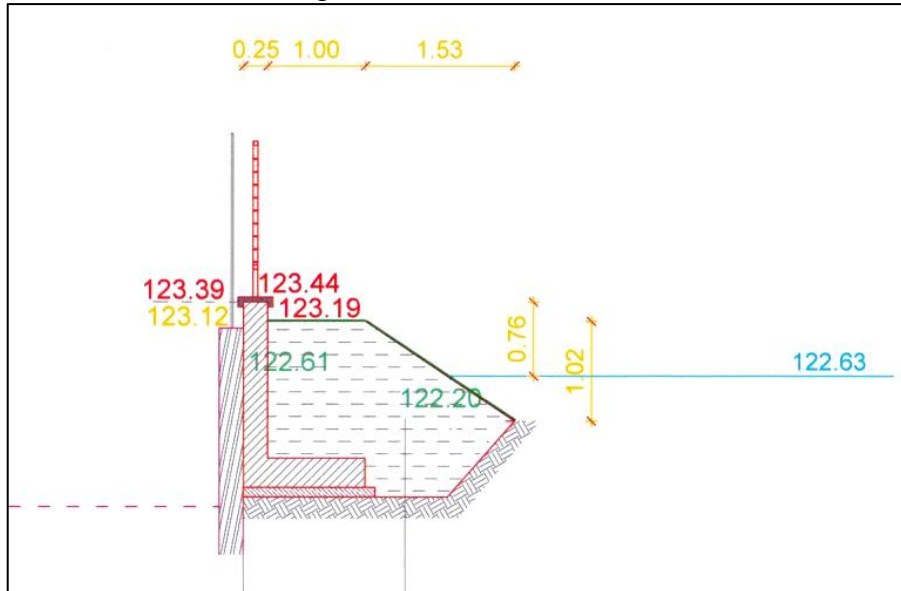
• **Tratta E – E Sezz. 31 – 33**



In questa tratta della lunghezza complessiva di 155 ml è prevista la costruzione di un argine in terra dalla strada di accesso all'area esterna della stazione metro "San Polo Parco" fino alla trincea della linea metropolitana ad est (vedi Sez.33) ed il sopralzo del muro in c.a. lato nord della predetta trincea, (Sezz. 31 e 32) per la difesa idraulica passiva dell'area esterna della stazione "San Polo Parco" e della linea ferroviaria in trincea all'aperto.

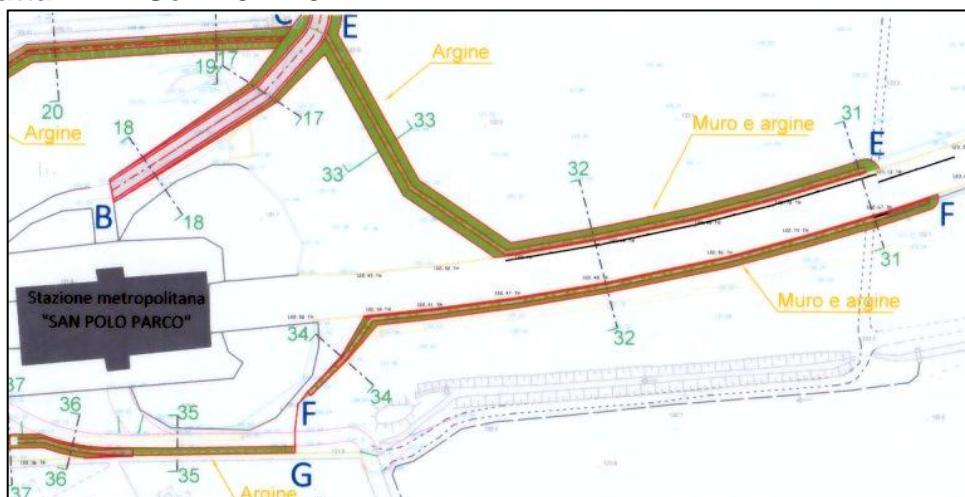
Per la costruzione dell'argine in terra nessun particolare problema realizzativo, così come per le tratte precedenti, considerata la ridotta altezza e la geometria dell'argine stesso. Per quanto riguarda invece il sopralzo del muro in c.a. lato nord della trincea della linea della metropolitana, tale sopralzo verrà conseguito con la realizzazione di un contromuro esterno addossato all'esistente, la cui scarpa di fondazione verrà poi ricoperta da un modesto rilevato raccordato ai terreni a tergo (vedi schema realizzativo di seguito riportato): il tutto per garan-

tire la difesa idraulica passiva della linea della metropolitana in trincea all'aperto nel tratto considerato e conseguentemente dell'area della stazione.



Neanche per questa tipologia di intervento sono prevedibili particolari problemi realizzativi date le dimensioni e la geometria del contromuro di sopralz, pur considerando che a livello fondazionale verrà interessata la porzione più superficiale dei depositi alluvionali che caratterizzano l'intera area di intervento, depositi che lungo linea, a partire dalla Stazione "San Polo Parco", (verso est), presentano un livello superficiale ad elevato contenuto di limo fino a ca. 3 m di profondità (vedi caratterizzazione dei terreni nell'intorno della stazione a pag.12).

- **Tratta F – F Sezz. 31 – 34**



Tale tratta, della lunghezza di 148 ml, prevede invece la realizzazione del soprizzo del muro in c.a. sul lato sud della trincea della linea della metropolitana,

con le stesse modalità realizzative già viste per la tratta precedente, andandosi poi a raccordare con la stradina esistente in prossimità della Stazione (Sez. 34)  
Gli interventi complementari previsti in questa tratta prevedono lo smontaggio e ed il riposizionamento della recinzione lungo i muri perimetrali della trincea della linea metropolitana.

Considerazioni per la fase esecutiva del tutto analoghe a quelle riportate per la tratta precedente.

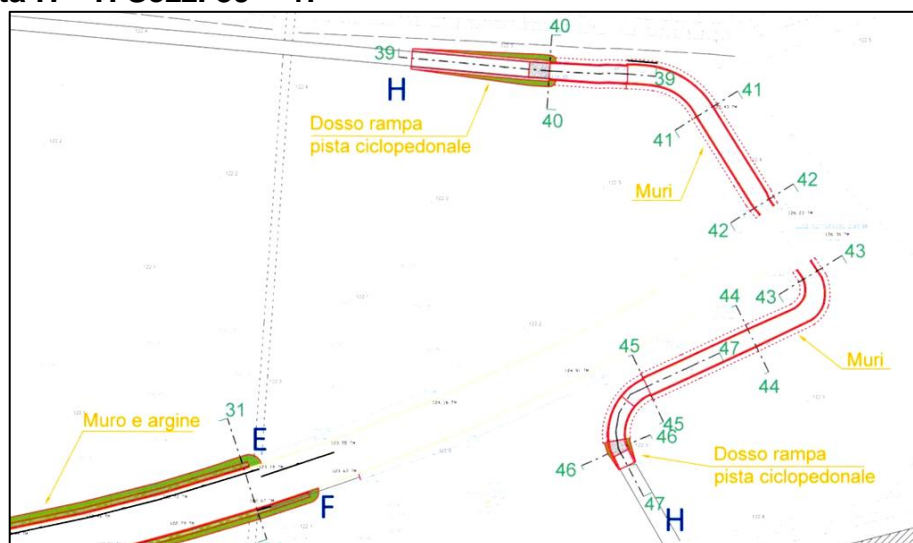
- **Tratta G – G SEZZ. 35 – 38**



In questa tratta di 141 ml è prevista la costruzione di un argine in terra per la difesa idraulica passiva della stazione metro "San Polo Parco" sul lato sud.

L'opera di arginatura, del tutto analoga a quelle previste nelle tratte precedenti, avrà un'altezza  $\leq 1$  m per cui anche in questo caso non sono previste problematiche realizzative di carattere geologico e/o geotecnico.

- **Tratta H – H Sezz. 39 – 47**

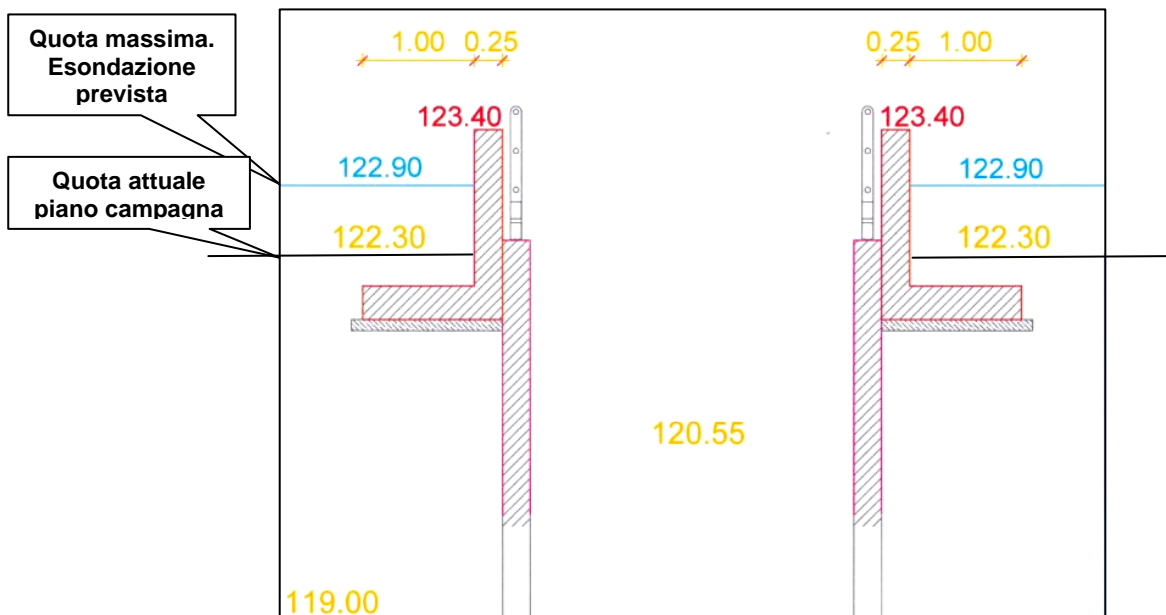




**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

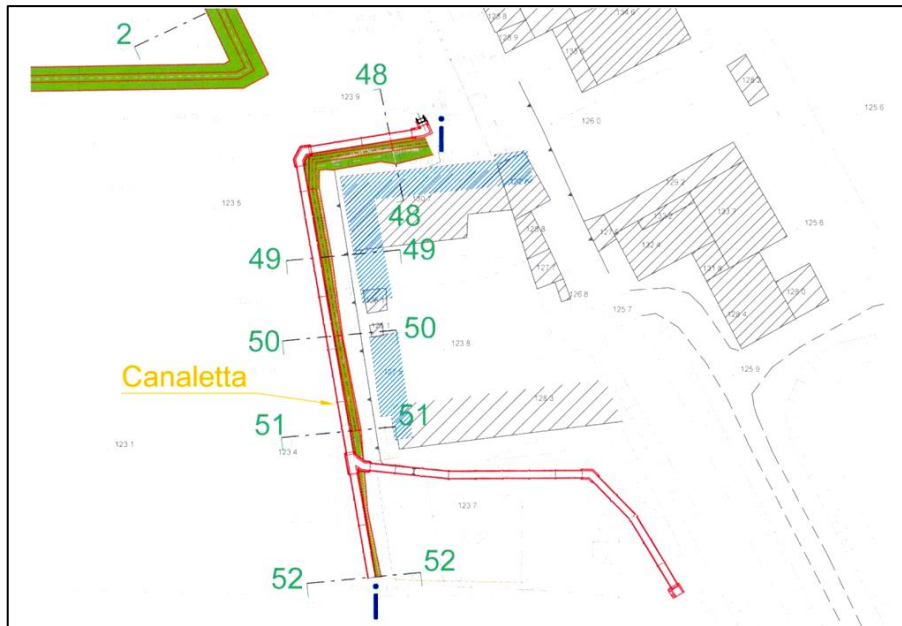
Per questa tratta della lunghezza complessiva di 89 ml., che corrisponde al sottopasso ciclopedonale della linea metropolitana ad est della Stazione “San Polo Parco”, sono previsti opere di protezione idraulica passiva che consisteranno nella realizzazione di due dossi agli accessi nord e sud, con un sopralzo della pista di 86 cm a nord e di 50 cm a sud, e di muri d’argine in c.a. addossati ai muri esistenti della trincea del sottopasso per il sopralzo delle difese idrauliche (muri) esistenti. Sono anche previste lavori di completamento per l’impianto di illuminazione pubblica e la messa in opera di parapetti alla sommità dei muri.

Le modalità di intervento per la realizzazione dei nuovi muri per il sopralzo delle difese idrauliche (muri) esistenti sono del tutto analoghe a quanto già visto, con le stesse finalità, nelle tratte E – E ed F – F per i muri sul lato nord e lato sud della linea metropolitana in trincea all’aperto, poco ad ovest del sottopasso, verso la Stazione “San Polo Parco” (vedi Sez. 42 di seguito riportata in estratto)

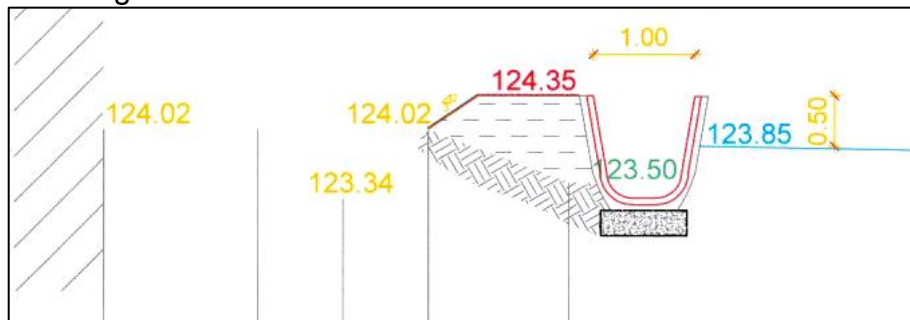


Come per i precedenti interventi, del tutto analoghi, anche per i muri di sopralzo in questa tratta non sono prevedibili particolari problemi realizzativi considerate le dimensioni e la geometria del contromuro di sopralzo (vedi sezione 42 sopra riportata). Andrà tuttavia preso nella debita considerazione il fatto che a livello fondazionale sarà interessata la porzione più superficiale dei depositi alluvionali presenti nell’area di intervento, depositi che lungo linea a partire dalla stazione “San Polo Parco”, e quindi anche in corrispondenza del sottopasso ciclopedonale in esame, presentano un livello superficiale ad elevato contenuto di limo fino a circa 3 m di profondità (vedi profilo stratigrafico lungo tracciato a pag.12).

- **Tratta I – I Sezz. 48 – 52**

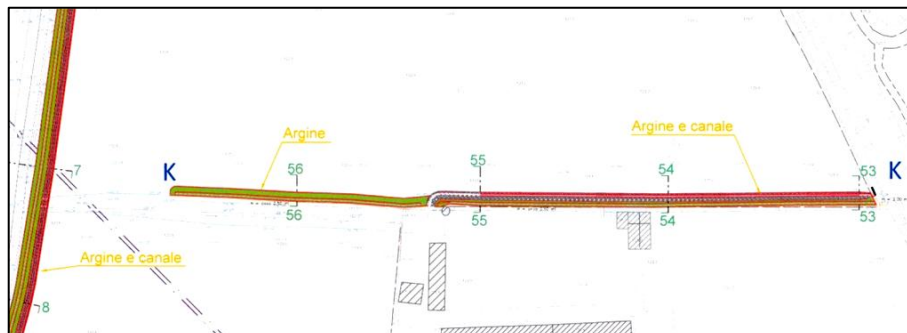


Questa tratta, della lunghezza complessiva di 116 ml., prevede la realizzazione di un canale irriguo con canalette in c.a.v. attorno alla cascina ex mulino.



Non è prevedibile alcuna problematica di carattere geologico e/o geotecnico per gli interventi previsti in questa tratta.

- **Tratta K– K Sezz. 53 – 56**



**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

Per quest'ultima tratta in progetto, della lunghezza di 116 ml., è prevista la ristrutturazione del canale irriguo esistente con canalette in c.a.v. poste nel sedime del fosso esistente sul lato nord del muro di recinzione dell'area del Convento delle Suore Missionarie.

Anche per i lavori previsti in questa tratta non sono ovviamente previsti problemi di carattere geologico e/o geotecnico per la fase realizzativa.

In sintesi, la maggior parte degli interventi in progetto prevede la realizzazione o il rialzo di argini in terra con altezze ridotte rispetto ai terreni circostanti (un metro o poco più e comunque < 1,5 m) e con rampe modellate 2 : 3, in tutta sicurezza quindi considerate le caratteristiche dei terreni che verranno prevedibilmente utilizzati (i depositi alluvionali presenti in sito). Parte degli interventi prevede anche la realizzazioni o il ripristino di tratti di canalizzazione idrica. Gli interventi descritti riguarderanno nello specifico le seguenti tratte:

- A – A ; D – D e G – G : realizzazione argini in terra;
- C – C : sopralzo d'argine;
- I – I : realizzazione canale irriguo;
- K – K : ristrutturazione canale esistente.

I lavori previsti in corrispondenza delle tratte di cui sopra non presentano particolari problematiche realizzative di carattere geologico a motivo della tipologia e geometria delle opere in progetto e dell'assetto litostratigrafico e geomorfologico dei luoghi interessati dai lavori, in un contesto semi rurale al contorno.

Nell'intorno della Stazione "San Polo Parco" della Metropolitana sono invece previsti interventi di sopralzo delle opere murarie esistenti, con la realizzazione di un contromuro addossato all'esistente, al fine di garantire la difesa idraulica passiva dell'area della stazione e della linea ferroviaria in trincea all'aperto. Tale tipologia di intervento riguarderà in tutto o in parte le seguenti tratte:

- E – E ; F – F e H – H : sopralzo muri.
- Discorso a parte merita il ponticello con struttura scatolare previsto all'altezza della Sez.12 della tratta B – B.

Per gli interventi previsti nelle tratte sopra indicate, la base fondazionale dei contromuri e dello scatolare del ponticello carraio, andranno ad interessare la porzione più superficiale dei depositi alluvionali che caratterizzano l'intera area di intervento, depositi che lungo linea nell'intorno della Stazione "San Polo Parco" presentano un livello superficiale ad elevato contenuto di limo fino a ca. 3 m di profondità (vedi litostratigrafia dei terreni lungo linea nell'intorno della Stazione "San Polo Parco" e caratterizzazione geotecnica degli stessi in base ai risultati delle indagini e prove eseguite per la realizzazione della Metropolitana).

## **9. Considerazioni finali**

Nella presente relazione redatta su incarico di Brescia Infrastrutture S.r.l. ai sensi dell'art. 26, comma 1, d.P.R. 207/10 e del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018), si è definito il contesto geologico, idrogeologico e geotecnico nell'ambito del quale sono previsti gli interventi di messa in sicurezza idraulica della Metropolitana di Brescia nell'area sud del torrente Garza, in località San Polo.

La maggior parte degli interventi in progetto prevede la realizzazione od il rialzo di argini in terra per altezze ridotte rispetto ai terreni circostanti (un metro o poco più e comunque < 1,5 m), con rampe modellate 2 : 3. Parte degli interventi prevede anche la realizzazione od il ripristino di tratti di canalizzazione idrica. Solo nell'intorno della Stazione "San Polo Parco" della Metropolitana è prevista la realizzazione di un ponticello con struttura scatolare ed interventi di sopralzo con contromuro delle opere murarie esistenti, al fine di garantire la difesa idraulica passiva dell'area della stazione e della linea ferroviaria in trincea all'aperto.

Nel settore di intervento non sussistono particolari limitazioni geologiche e/o normative (PGT), tali da subordinare il progetto a specifici studi geologici di approfondimento oltre a quelli rappresentati dalla presente relazione, grazie alla quale si è pervenuti alle seguenti considerazioni:

1. Il sottosuolo in corrispondenza dell'area di intervento ricade interamente in zona subpianeggiante, stabile e caratterizzata da depositi alluvionali *ghiaiosi, sabbiosi e limosi .. localmente ricoperti da una più o meno esigua coltre limosa;*
2. gli interventi previsti non interferiscono con la falda idrica localizzata a - 8÷9 metri di profondità dal locale p.c. né verranno interessate aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile o siti inquinati;
3. per gli aspetti sismici, considerando il fattore di amplificazione  $F_a$  superiore rispetto al valore di soglia comunale ed attribuendo alle ridotte strutture in progetto periodi compresi tra 0.1-0.5 s, ne deriva una categoria di sottosuolo **C** con una categoria topografica **T1**;
4. il volume geologico significativo è rappresentato dai primi 10 m di profondità dal locale p.c. considerato che le fondazioni delle opere in progetto (ponticello carraio e muri di sopralzo) si intersteranno nei primi 2 metri. La caratterizzazione litostratigrafica e geomeccanica dei terreni per le profondità di interesse è stata eseguita sulla base della caratterizzazione dei terreni riportata nella Relazione geotecnica allegata al progetto di realizzazione della tratta di metropolitana Prealpino-S.Eufemia (Documento BS1 00 70 46 6 L0034). Il *Profilo stratigrafico* Pk 9+000 – Pk 12+000 lungo il tracciato della Metropolitana nel settore di interesse evidenzia che nell'intorno della Stazione "San Polo Parco" è presente un

**Dott. Rinaldo Bussola**  
**Geologo**

livello superficiale di riporti e/o terreno agrario di spessore variabile ma  $\leq 1$  m. A questo primo livello segue poi un livello di terreni in sito argillo limosi con sabbia e ghiaia (**Unità 1**) fino ad un massimo di circa 3 m dall'originario p.c., sempre nell'intorno della Stazione. Seguono poi depositi ghiaio sabbiosi debolmente limosi (**Unità 2**) fino a circa 10 m di profondità dall'originario p.c.;

**5.** sempre dalla documentazione menzionata è stato possibile dedurre la caratterizzazione geotecnica media dei terreni per le profondità di interesse e per le unità litostratigrafiche individuate;

**6.** l'analisi di dettaglio degli interventi previsti (capitolo 8) ha evidenziato che la maggior parte dei lavori (ridotti rilevati in terra e canalizzazioni a cielo aperto) non presenta particolari problematiche realizzative di carattere geologico a motivo della tipologia stessa e della geometria delle opere in progetto e dell'assetto litostratigrafico e geomorfologico dei luoghi interessati dai lavori, in un contesto semi rurale al contorno. Per la realizzazione delle opere nell'areale della Stazione (contromuri di sopralzo addossato all'esistente e scatolare del ponticello carraio – gli unici interventi con valenza geotecnica) si evidenzia invece che le loro fondazioni, previste nell'ambito dei 2 m di profondità, andranno a interessare la porzione più superficiale dei depositi alluvionali che caratterizzano l'intera area di intervento, depositi che lungo linea nell'intorno della Stazione presentano un livello superficiale ad elevato contenuto di limo fino a ca. 3 m di profondità (vedi litostratigrafia dei terreni lungo linea nell'intorno della Stazione "San Polo Parco" e caratterizzazione geotecnica degli stessi in base ai risultati delle indagini e prove eseguite per la realizzazione della Metropolitana).

In estrema sintesi, e con riferimento alla cartografia del PGT (Variante idrogeologica 2020) il sito oggetto d'intervento ricade interamente in zona subpianeggiante, stabile, caratterizzata da depositi alluvionali *ghiaiosi, sabbiosi e limosi ... localmente ricoperti da una più o meno esigua coltre limosa* e con una soggiacenza della falda tale da non interferire con gli interventi previsti. Dal punto di vista della normativa di Piano il sito risulta in classe di fattibilità geologica **2a**, con modeste limitazioni, dato che verranno interessati dagli interventi terreni in *area stabile, coincidente con zone di pianura ...* risultando le sole penalizzazioni quelle relative all'alluvionabili dell'area - e della Metropolitana - da parte del T. Garza, aspetto cui si intende porre rimedio proprio con gli interventi in progetto.

Trento, febbraio 2021

Rinaldo Bussola

