



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



**Ministero  
delle Infrastrutture  
e dei Trasporti**



**Italidomani**  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



**Regione  
Lombardia**



Finanziato dall'Unione Europea - Next Generation EU - Trasporto rapido di massa - Misura M2C2 - 4.2 del PNRR

SOGGETTO ATTUATORE DI PRIMO LIVELLO



**COMUNE DI BERGAMO**  
Piazza Giacomo Matteotti, 27 - 24122 Bergamo (BG)

SOGGETTO ATTUATORE DI SECONDO LIVELLO



**ATB Mobilità S.p.A.**  
Via Gleno, 13 - 24125 Bergamo (BG)

# **REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

CUP: H11B21006730001 - CIG: 9562909A25

APPALTATORE



**Vitali S.p.A.**  
via Lombardia 2/A  
20068 - Peschiera Borromeo (MI)

Mandanti:



**Artelia Sas**

Rue Simone Veil 16  
93400 Saint-Ouen-sur-Seine  
(France)



**Erregi Srl**

Piazza del Viminale 14  
00184 Roma (RM)



**Studio Carrara**

Via T. Tasso 89  
24121 - Bergamo (BG)



**pide**

Via Fosse 13  
36063 Marostica (VI)



**Pini**

Via Cavour 2  
22074 - Lomazzo (CO)

PROGETTISTI  
Capogruppo/mandataria



**Artelia Italia S.p.A.**  
Piazza G. Marconi 25  
00144 - Roma (RM)

IL PROGETTISTA

Arch. Antonio Nanu

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Ing. Marco Gonella

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. C. Rita Donato

C					
B					
A	Ottobre 2023	Emissione	M. Di Bella	A. Nanu	M. Gonella
REV	DATA	TIPO DI EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO/AUTORIZZATO

## **DOCUMENTI GENERALI**

### **RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

SCALA:

Comessa	B	2	3	D	Lotto	0	0	Fase	D	Tratto	0	0	Tipo doc.	R	G	Disciplina / WBS 1-2	M	D	0	0	0	0	Progressivo	0	0	Revi	A
---------	---	---	---	---	-------	---	---	------	---	--------	---	---	-----------	---	---	----------------------	---	---	---	---	---	---	-------------	---	---	------	---

DATA:

OTTOBRE 2023

# Indice

<b>COMMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALITÀ.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OGGETTO DELL'APPALTO.....</b>	<b>3</b>
2.1    Variazioni progettuali adottate in fase di Progettazione Definitiva .....	4
2.1.1    Deposito di Osio .....	4
2.1.2    Deposito di Bergamo.....	4
2.1.3    Capolinea di Bergamo e di Verdellino.....	5
2.1.4    Rilevamento e risoluzione di interferenze progettuali.....	5
2.1.5    Adeguamento della Roggia Colleonesca ai nuovi dati di portata.....	5
2.1.6    Idraulica di piattaforma .....	5
2.1.7    Valutazione del "rischio bellico" residuale .....	5
<b>3. STUDI E INDAGINI .....</b>	<b>6</b>
3.1    Studio geologico .....	6
3.2    Studio geotecnico.....	9
3.3    Studio idraulico.....	11
3.3.1    Studio idrologico.....	11
3.3.2    Studio idraulico .....	13
3.4    Analisi trasportistiche .....	14
3.5    Semaforizzazione .....	14
3.6    Segnaletica.....	16
3.7    Studio di fattibilità ambientale .....	16
3.8    Studio Archeologico .....	22
3.9    Rilievi topografici.....	24
3.10    Rilievi topografici della Roggia Colleonesca .....	26
<b>4. TRACCIAMENTO .....</b>	<b>27</b>
4.1    Tracciamento del nastro stradale .....	27
4.1.1    Asse principale .....	29
4.1.2    Asse Dalmine .....	30
4.1.3    Asse Chilometro Rosso-Stezzano .....	30
4.1.4    Bretella di collegamento stradale tra SP525 e la Via Roma, nel comune di Dalmine..	31
4.1.5    Rotatoria Promessi Sposi, Campi Spini e Nigarzola .....	32
4.1.6    Depositi E-BRT .....	35
4.1.7    Capolinea E-BRT.....	37
4.2    Intubamento Roggia Colleonesca .....	38
<b>5. STUDIO ARCHITETTONICO .....</b>	<b>39</b>
5.1    Fermate, capolinea e sottostazioni.....	39

Capogruppo/mandataria:       	Mandanti:  	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>2 di 52</b>

5.2	Opere a verde .....	42
<b>6. OPERE CIVILI .....</b>		<b>43</b>
6.1	Depositi di via Gleno e via Per Levate .....	43
<b>7. IMPIANTI MECCANICI .....</b>		<b>43</b>
7.1	Locale MT/BT .....	44
7.2	Locale ricarica opportunity charging .....	44
7.3	Locali ricariche notturne .....	45
<b>8. IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA .....</b>		<b>45</b>
8.1	Depositi .....	45
8.2	Capolinea .....	46
8.3	Fermate .....	46
8.4	Rotatorie e incroci esistenti .....	46
<b>9. SOTTOSERVIZI .....</b>		<b>47</b>
<b>10. PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIOS .....</b>		<b>48</b>
<b>11. GESTIONE DELLE TERRE.....</b>		<b>49</b>
<b>12. SICUREZZA, CANTIERIZZAZIONE, BONIFICA ORDIGNI BELLICI .....</b>		<b>49</b>

---

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INFORMATIVI SOCIETÀ DI ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	3 di 52

## 1. GENERALITÀ

Il presente Progetto Definitivo riguarda il nuovo sistema di trasporto E-BRT realizzato mediante l'utilizzo di veicoli elettrici, che collega il Polo Intermodale attuale presso la Stazione di Bergamo, con Dalmine (Università di Bergamo), Verdellino (stazione FS) e con il Polo Scientifico del Kilometro Rosso di Stezzano, prevedendo idonee fermate lungo il tracciato della nuova linea. In tale contesto è stata prevista la riqualificazione della SP 525, asta di connessione tra Dalmine ed il centro di Bergamo.

## 2. OGGETTO DELL'APPALTO

Nella Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica, la lunghezza complessiva del tracciato, tra Bergamo e Verdellino, è stata prevista pari a circa 30 km prevedendo n. 21 fermate sul tragitto tra Bergamo e Verdellino e n. 21 fermate sul tragitto tra Verdellino e Bergamo. I due capolinea sono stati localizzati uno a Bergamo, in corrispondenza della stazione FS in Piazza Marconi mentre l'altro a Verdellino, in Via Guglielmo Marconi, nei pressi del sottopassaggio della Stazione FS Verdellino-Dalmine. I due depositi sono stati previsti a Osio Sotto nell'area TBSO-Locatelli e a Bergamo, a via Gleno.

Nella Progettazione Definitiva, la lunghezza complessiva del tracciato tra Bergamo e Verdellino è pari a 28,5 km e prevede n. 15 fermate sul tragitto Bergamo – Verdellino e n. 14 fermate nel tragitto Verdellino – Bergamo, oltre che n. 3 fermate sull'Antenna Dalmine e n. 5 fermate sull'Antenna km Rosso, avendo una percentuale di corsia riservata al E-BRT pari a oltre il 73% su tutto il tracciato.



Figura 1 - Esempio tipologico di fermata

Nel tratto interessato dalla presenza della Roggia Colleonesca, lungo il lato ovest della carreggiata della SP525, è stato previsto l'intubamento della Roggia in analogia a quanto previsto nella Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica, permettendo l'estensione della carreggiata per il transito del E-BRT e permettere dunque la percorrenza in sede riservata.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>4 di 52</b>	

L'analisi trasportistica, attraverso la realizzazione di un modello di microsimulazione per il calcolo della velocità commerciale del nuovo sistema E-BRT, ha ottenuto un valore di 25 km/h circa. Tale velocità commerciale è stata utilizzata per il calcolo dei tempi di percorrenza delle linee del BRT, grazie al quale è stato predisposto il programma di esercizio della linea. Tale programma si divide in 3 tipologie:

- invernale Scolastico;
- estivo;
- festivo.

Attraverso la realizzazione del programma di esercizio è stato possibile valutare il totale dei chilometri che le nuove linee realizzeranno in un anno, pari a 839.529,7 km.

La linea del E-BRT avrà lungo il percorso un sistema di preferenziazione semaforica che permetterà ai mezzi di transitare attraverso le intersezioni semaforizzate con la precedenza sugli altri veicoli, grazie all'utilizzo di tecnologie intelligenti che, all'avvicinarsi del E-BRT all'intersezione, provocheranno l'attivazione automatica della fase prioritaria.

Le ricariche dei mezzi avverranno ai capolinea e nei depositi. Nei capolinea, la ricarica avverrà attraverso un sistema del tipo Opportunity Charging da 540 kW con pantografo, mentre nei depositi vi saranno:

- un sistema di ricarica del tipo Opportunity Charging da 540 kW con pantografo;
- un sistema per le ricariche notturne, composto da 12 moduli di ricarica da 120 kW ognuno con avvolgicavo del tipo "roll-up" posizionato a soffitto sulla copertura adibita al ricovero e ricarica dei mezzi di trasporto.

## 2.1 Variazioni progettuali adottate in fase di Progettazione Definitiva

### 2.1.1 Deposito di Osio

L'ubicazione del deposito di Osio, previsto dal Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica a Osio Sotto nell'area TBSO-Locatelli, è stata variata e collocata a Osio Sopra, a via Per Levate, secondo le indicazioni ricevute dalla Stazione Appaltante. Si rimanda al paragrafo 4.1.6 ed agli elaborati specialistici per maggiori dettagli.

### 2.1.2 Deposito di Bergamo

Nel deposito esistente di via Gleno, Bergamo, si è resa necessaria una riconfigurazione dell'area e uno studio di viabilità di accesso in ingresso e in uscita degli stalli E-BRT a seguito di una riduzione dell'area di ingombro, in quanto nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica non è stata tenuta in conto la presenza della pista ciclo-pedonale.

Questa nuova configurazione ha comportato la necessità di effettuare attività proprie della fattibilità progettuale, tra cui rilievi topografici non previsti se la soluzione fosse rimasta coerente a quella prevista da Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica.

Seguendo quanto disposto dalla Stazione Appaltante, è stato effettuato il cambio di ubicazione degli stalli nell'area delle coperture esistenti del deposito ATB, utilizzando, per le nuove pensiline, un modello strutturale che fosse simile il più possibile a quello delle coperture esistenti.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI SERVIZI DI ARQUITETURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>5 di 52</b>					

Sono state altresì definite puntualmente le posizioni dei nuovi stalli così da permettere una manovra agevole agli autobus a metano da 18 m parcheggiati negli stalli adiacenti, non facenti parte del presente appalto.

Sono state effettuate anche attività di censimento dei sottoservizi dell'area del piazzale esistente, rese necessarie dal fatto che i cunicoli ed i pozzetti esistenti non sono stati rilevati in sede di Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica.

Si rimanda al paragrafo 4.1.6 ed agli elaborati specialistici per maggiori dettagli.

### 2.1.3 **Capolinea di Bergamo e di Verdellino**

L'approssimazione del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica ha comportato la necessità di variare le ubicazioni di entrambi i capolinea, con la conseguente variazione e riprogettazione del percorso del E-BRT in corrispondenza degli stessi.

Per maggiori dettagli sulle nuove configurazioni progettuali di Progetto Definitivo, si vedano il paragrafo 4.1.7 e gli elaborati specialistici.

### 2.1.4 **Rilevamento e risoluzione di interferenze progettuali**

L'approfondimento del livello di conoscenza acquisito nella Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica ha reso necessario individuare, richiedere e studiare le soluzioni preventive per la risoluzione delle innumerevoli ed articolate interferenze con i sottoservizi presenti lungo il tracciato.

Si rimanda ai capitoli della presente relazione per maggiori dettagli ed agli elaborati specialistici.

### 2.1.5 **Adeguamento della Roggia Colleonesca ai nuovi dati di portata**

Durante lo sviluppo del Progetto Definitivo, è stato necessario riprogettare parte rilevante delle opere della Roggia Colleonesca a causa delle variazioni dei dati di portata idraulica rispetto a quanto indicato nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, a seguito della comunicazione prot. 9685 del 07/08/2023 del Consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca.

Si rimanda ai capitoli della presente relazione per maggiori dettagli ed agli elaborati specialistici.

### 2.1.6 **Idraulica di piattaforma**

Rispetto alle previsioni del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, che aveva tenuto in conto solo il contributo di una porzione della sede stradale, l'idraulica di piattaforma ha subito notevoli variazioni nel corso della Progettazione Definitiva dove è stato necessario implementare una riprogettazione e un ripensamento complessivo dello smaltimento delle acque di piattaforma.

Si rimanda ai capitoli della presente relazione per maggiori dettagli ed agli elaborati specialistici.

### 2.1.7 **Valutazione del "rischio bellico" residuale**

Nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica si valutava il rischio bellico sulla base di "scavi sporadici e superficiali" senza approfondimenti storiografici e si stabiliva come non necessaria la BOB (Bonifica Ordigni Bellici). Poiché tali informazioni costituivano un dato non sufficiente, contrariamente a quanto stimato nel CME (Computo Metrico Estimativo) preliminare, il CSP (Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione) ha dovuto prevedere la valutazione del "rischio bellico" residuale provvedendo a coordinare e supervisionare il lavoro di una impresa specializzata su una ricerca storiografica (integrata anche tramite confronto delle aerofoto dell'area di intervento reperite dal

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		<b>COMMESSE</b> <b>B23D</b>	<b>LOTTO</b> <b>00 D 00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>6 di 52</b>

portale telematico della Regione Lombardia, foto dal 1954 ad oggi) e su una indagine strumentale in campo.

Entrambe le indagini (storica e strumentale) non sono state specificatamente previste né indicate nei costi riportati sul Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica.

Rispetto a quanto riportato sul Piano di Sicurezza e Coordinamento del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, il CSP, a valle della ricerca storiografica, ha constatato la necessità di distinguere le aree a rischio "basso" (Aree/comuni di Bergamo, Lallio, Osio Sopra, Osio Sotto, Stezzano e Verdellino) e le aree a rischio "medio" (Area/Comune di Dalmine).

Di concerto con la Stazione Appaltante si è proceduto, per le aree a rischio "medio" (Area/Comune di Dalmine), all'esecuzione di un'indagine strumentale ferromagnetica (superficie indagata pari a 4.500 mq), da parte di impresa specializzata.

Tenuto conto di tutto ciò, con riferimento agli scavi da eseguire (finora) previsti (in particolare con profondità di scavo rispetto al piano attuale di scorrimento della Roggia Colleonesca pari a circa 50 cm) e con riferimento allo sviluppo di adeguamento del Progetto Definitivo per la realizzazione della tombinatura della Roggia a seguito delle nuove portate (vedi par. 2.1.5), dovranno essere verificate con indagine strumentale ferromagnetica anche quelle aree ove si riterrà necessario demolire l'attuale sede stradale/marciapiede posta al di sopra della Roggia Colleonesca e, successivamente, si riterrà anche di dovere eseguire scavi "profondi" per la realizzazione della "nuova" struttura della Roggia.

Le - eventuali - aree da indagare sono riportate nelle planimetrie allegate alla "Relazione Valutazione del rischio ordigni bellici residuale" con retino di colore blu (trattasi, al momento, di circa 1.700 mq). Solo a seguito della redazione del Progetto Esecutivo (e della verifica delle profondità di scavo effettive) si potrà determinare la necessità di tali indagini strumentali ferromagnetiche integrative finora previste.

Si precisa, infine, che il CSP, per quanto finora valutato, ritiene che il rischio di rinvenimento di ordigni inesplosi nell'area oggetto di intervento sia "medio/basso - accettabile" e, pertanto, al momento, non si ritiene opportuno effettuare una preventiva bonifica bellica sistematica delle aree oggetto degli scavi, come invece risulta previsto nel PFTE per un'area di circa 4.500 mq (vedi n. 2 voci secondo il computo metrico estimativo, elaborato "EC01", artt n. 158 e 2282).

Tale valutazione non esclude comunque il rischio di un ritrovamento accidentale di eventuali ordigni inesplosi. Nel PSC è inoltre inserita la procedura da seguire in caso di ritrovamento "accidentale" (cd. Bonifica occasionale).

Per maggiori dettagli, si può fare riferimento al documento specialistico "Relazione Bonifica Ordigni Bellici (BOB) - B23D00D00RHSZBRC0006A".

### 3. STUDI E INDAGINI

#### 3.1 Studio geologico

L'area in esame è situata all'interno della fascia territoriale a cavallo tra la pianura Padana, a sud, ed i primi rilievi collinari prealpini della catena orobica bergamasca, a nord, facenti parte del settore strutturale delle Alpi meridionali.

L'area oggetto di studio ricade all'interno dei depositi quaternari di età Pleistocene Medio – Olocene (fino al XVI secolo) ed in particolare il tracciato si sviluppa interamente entro i depositi

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI INNOVATORI DI ARQUITECTURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>7 di 52</b>					

alluvionali e fluvioglaciali appartenenti al Supersistema della Morla (OR). Si tratta di terreni costituiti, sulla base di quanto riportato nella cartografia geologica, da "Ghiaie a ciottoli arrotondati con prevalenti clasti della successione cretacica e di poco subordinati silicoclasti con evidenze di alterazione, intercalazioni sabbiose (depositi alluvionali); argille, limi e sabbie (depositi lacustri). Profilo di alterazione di spessore variabile; morfologie conservate".

In corrispondenza dell'abitato di Osio Sotto il tracciato lambirà la parte marginale dell'Unità di Ponte San Pietro (BPO); si tratta di depositi di età Pleistocene medio-superiore descritti nella legenda della carta Geologica come "Ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso limosa, carbonatica; ciottoli arrotondati, spesso discoidali, in prevalenza carbonatici; limi di esondazione a tetto: depositi fluvioglaciali. Profili d'alterazione relativamente poco evoluti, che raggiungono spessori compresi tra 1,4 e 2 m".

Da un punto di vista litologico non si evidenziano differenze significative tra le due unità sopradescritte.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions  <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>8 di 52</b>

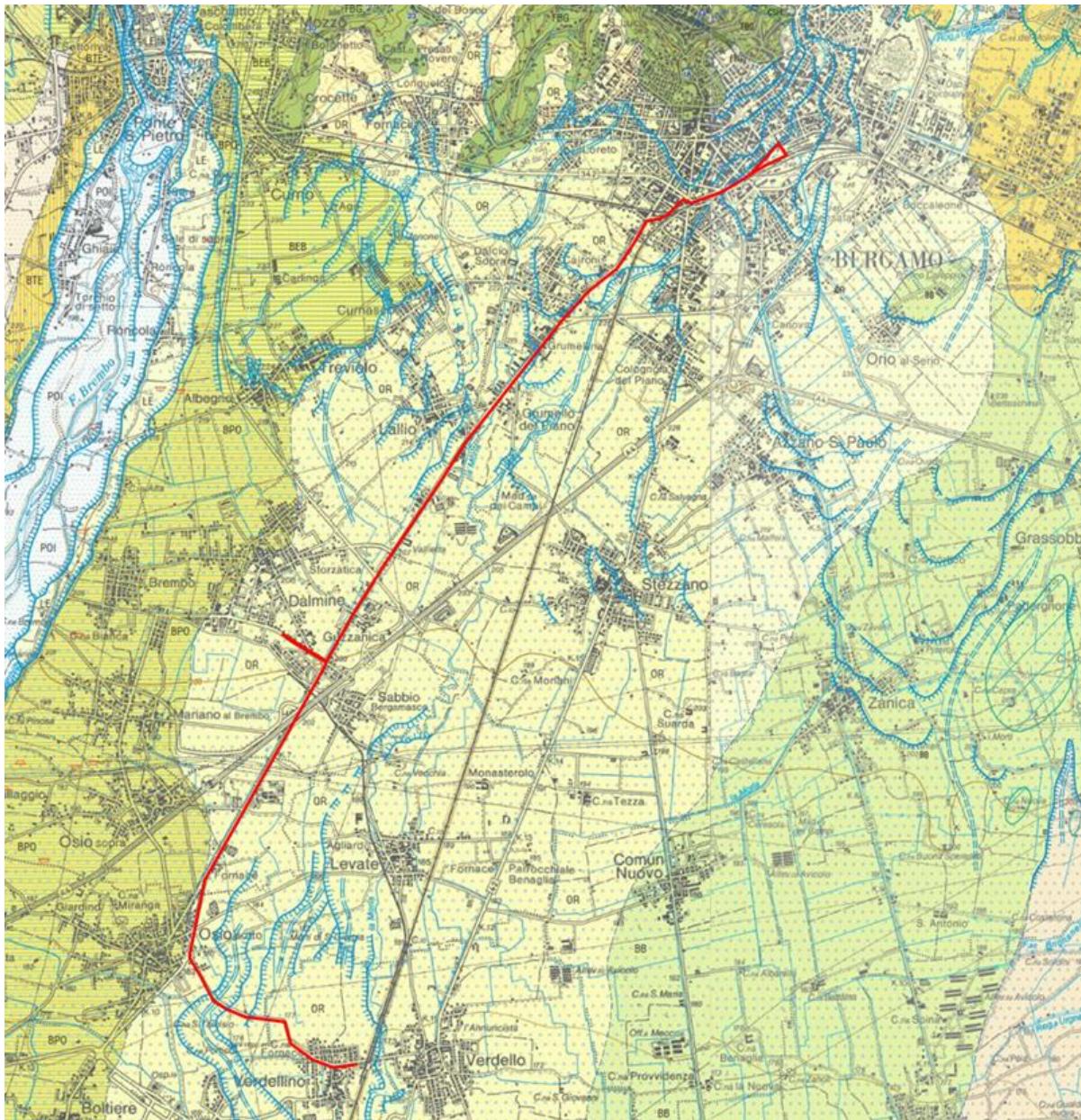


Figura 2– Estratto dei fogli 097 "Vimercate" e 098 "Bergamo" della Carta Geologica d'Italia (in rosso la rappresentazione schematica del tracciato della nuova linea E-BRT)

Dall'analisi dei dati attualmente disponibili emerge che la stratigrafia del sottosuolo lungo il tracciato della nuova linea E-BRT è generalmente caratterizzata dalla presenza di una coltre superficiale pedogenizzata e rimaneggiata al di sotto della quale si ritrova un livello di potenza variabile (localmente superiore ai 5 m) diffuso pressoché lungo tutto il tracciato, costituito da depositi fini limoso-argilosì contenenti clasti alterati.

La sequenza stratigrafica prosegue con dei depositi ghiaiosi prevalenti al cui interno, a profondità generalmente superiori ai 10 m, sono presenti livelli e lenti di conglomerati fluvioglaciali da poco cementati ed alterati a semi-litoidi. I conglomerati costituiscono delle lenti di limitata dimensione entro

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>9 di 52</b>

il livello ghiaioso, oppure costituiscono la base dello stesso. Proseguendo in profondità, il conglomerato diventa prevalente con intercalazioni di livelli argilloso-limosi.

### 3.2 Studio geotecnico

In base alle unità litostratigrafiche principali descritte nel Capitolo precedente, in base ai risultati delle indagini geognostiche disponibili, con particolare attenzione alle descrizioni delle litologie presenti riportate nelle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzi, è stato possibile riconoscere nell'area di studio quattro unità geotecniche fondamentali:

- **unità geotecnica A:** depositi superficiali prevalentemente limoso-argillosi derivati dalla pedogenizzazione dei terreni sottostanti e terreni di riporto a granulometria prevalentemente fine;
- **unità geotecnica B:** limi argillosi e argilloso-sabbiosi con ciottoli generalmente alterati e disgregati;
- **unità geotecnica C:** ghiae con ciottoli in matrice limoso-argillosa prevalente e subordinatamente sabbiosa;
- **unità geotecnica D:** conglomerati da poco cementati a semi-litificati alterati e fratturati.

Va sottolineato che tale classificazione geotecnica rappresenta, comunque, una semplificazione dell'assetto litostratigrafico presente nell'area in esame, viste le numerose intercalazioni reciproche delle diverse facies. Pertanto, all'interno dell'unità geotecnica rappresentata dalle ghiae, ad esempio, è possibile la presenza di orizzonti sabbiosi e/o limoso-sabbiosi. Le unità geotecniche vanno pertanto intese come unità le cui caratteristiche geotecniche sono definite prevalentemente dalla facies dominante; locali variazioni di granulometria e quindi di caratteristiche geotecniche vanno comunque prese in considerazione.

Per la caratterizzazione geotecnica delle unità sopradescritte sono stati utilizzati i risultati delle indagini disponibili.

Alla data attuale gli unici risultati che possono essere utilizzati per la determinazione dei principali parametri geotecnici sono i risultati delle prove penetrometriche dinamiche interpretate tramite correlazioni empiriche disponibili in letteratura; per il dettaglio delle correlazioni utilizzate si rimanda alla Relazione Geotecnica (B23D00D00GEGE0006001A). La maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi NSPT ottenuto con la specifica prova standard; pertanto, è stato necessario rapportare il numero di colpi di una prova penetrometrica dinamica continua con NSPT.

Alla luce di quanto sopradescritto, nel seguito si riporta la tabella di sintesi dei principali parametri geotecnici, definiti sulla base dei dati attualmente disponibili, per ciascuna delle unità geotecniche identificate lungo il tracciato della nuova linea E-BRT.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INFORMATIVI SISTEMI DI INFORMATICA ARCHITETTURA INFORMATICA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>10 di 52</b>

Descrizione litologica	Unità geotecnica	Peso specifico naturale γ	Valori statistici	Densità Relativa, Dr	Angolo d'attrito		Modulo di elasticità		Coesione non drenata
					Bazaar (1967)	Road Bridge Specification	Schmertmann, 1977	Bowles, 1995;	
ID	UG	kg/m <sup>3</sup>	%	ϕ' (°)	ϕ' (°)	E (MPa)	E (MPa)	cu (kPa)	
Depositi superficiali prevalentemente limoso-argillosi derivati dalla pedogenizzazione e terreni di riporto fini	A	1600 - 1800	n° valori	255	255		255	255	
			DEV. STD.	21	4		2	38	
			MINIMO	12	19		5	6	
			MAX	113	35		14	166	
			MEDIA	49	26		8	52	
			Val. caratter.	47	25		7	48	
Limì argilosì con ciottoli alterati e disaggregati	B	1700 - 1900	n° valori	1994	1994		1994	1994	
			DEV. STD.	13	4		2	44	
			MINIMO	11	19		5	7	
			MAX	96	36		20	288	
			MEDIA	37	27		8	65	
			Val. caratter.	37	27		8	63	
Ghiaie con ciottoli in matrice limoso-argillosa prevalente e subordinatamente sabbiosa	C	2000 - 2200	n° valori	1283		1283		1283	
			DEV. STD.	19		2		68	
			MINIMO	11		36		1	
			MAX	106		45		386	
			MEDIA	46		39		64	
			Val. caratter.	45		39		61	
Conglomerati da poco cementati a semi-litificati alterati e fratturati	D	2200 - 2400	n° valori	32		32		32	
			DEV. STD.	15		1		28	
			MINIMO	13		36		2	
			MAX	65		41		110	
			MEDIA	28		37		22	
			Val. caratter.	24		37		14	

Tabella 1- Sintesi dei principali parametri geotecnici delle unità identificate lungo la nuova linea E-BRT

Nell'ambito della fase di progettazione definitiva è stata progettata una campagna di indagini integrative per la definizione del modello geologico e geotecnico di riferimento a supporto della progettazione esecutiva delle opere in progetto.

Tale campagna indagini è attualmente in corso d'esecuzione e si compone di sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 12 e 30m, con realizzazione sistematica di prove SPT in foro, realizzazione di prove di permeabilità Lefranc e prelievo di campioni rimaneggiati ed indisturbati per le prove di laboratorio ai fini della determinazione dei principali parametri geotecnici dei terreni (analisi granulometriche, prove di taglio diretto, prove triassiali UU e prove edometriche). All'interno di alcuni dei sondaggi carotati è prevista l'installazione di piezometri a tubo aperto per il monitoraggio della falda.

La campagna di indagini integrative comprende anche la realizzazione di prove penetrometriche dinamiche associate ai sondaggi carotati, spinte sino a rifiuto strumentale.

Per le due aree di deposito di via Gleno e via per Levate sono state programmate inoltre anche due indagini geofisiche di tipo MASW per la definizione della categoria sismica di sottosuolo.

La campagna di indagini integrative è stata suddivisa in tre differenti programmi riferiti ai settori del deposito di Via Gleno (Bergamo), del deposito di Via per Levate (Osio Sopra) e dei settori Roggia Colleonesca, capolinea e tracciato.

Per la descrizione dettagliata delle indagini previste nei differenti settori di progetto si rimanda agli specifici elaborati prodotti in fase di progettazione definitiva:

- B23D00D00SGGEBRC0005A\_Report piano indagini Roggia Colleonesca, capolinea e tracciato;
- B23D00D00P7GETRR0003A\_Planimetria - indagini Roggia Colleonesca, capolinea e tracciato;

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>PASSION &amp; SOLUTIONS</small> <small>Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>PASSION &amp; SOLUTIONS</small> <small>France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZIO INFORMATICO</small> <small>INDUSTRIALE ED ARCHITETTURALE</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>11 di 52</b>					

- B23D00D00SGGED000004A\_Report piano indagini deposito via Gleno e via per Levate;
- B23D00D00P7GEDB00001A\_Planimetria-Piano indagini deposito via Gleno;
- B23D00D00P7GEDO00002A\_Planimetria - Piano indagini deposito Via per Levate.

### 3.3 Studio idraulico

È stato svolto lo studio idrologico e idraulico della roggia Colleonesca, interferente con buona parte del tracciato delle nuove opere in progetto. Adottando la previsione progettuale già sviluppata in sede di Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica, per ricavare lo spazio necessario alla realizzazione dell'allargamento della attuale sede stradale per la corsia riservata al E-BRT, lungo il lato ovest della carreggiata della SP525, si è previsto di intubare la Roggia Colleonesca.

Data l'estensione dell'intervento, lo studio è stato condotto in ambito sovracomunale fra i territori dei comuni di: Bergamo, Lallio, Dalmine, Osio Sopra, Osio Sotto, rispettivamente scendendo da nord – est verso sud - ovest.

Lo studio è stato svolto secondo le seguenti fasi di lavoro:

- I. analisi e validazione dei dati esistenti;
- II. rilievi di dettaglio delle sezioni della roggia nei tratti interessati dall'intervento accompagnati da più rilievi tridimensionali mediante laser scanner associati a rilievi delle quote di scorrimento del corso d'acqua e del piano campagna circostante, mediante strumentazione GPS;
- III. analisi idrologica della roggia Colleonesca con determinazione delle portate al colmo di piena per vari tempi di ritorno;
- IV. analisi idrologica e idraulica delle reti di acque bianche e degli scaricatori di piena delle diverse reti fognarie afferenti alla roggia;
- V. studio idraulico della roggia Colleonesca suddiviso in diverse tratte di analisi.

#### 3.3.1 Studio idrologico

Avendo analizzato i vari contributi che si susseguono lungo lo sviluppo della Roggia Colleonesca, a partire dall'area urbana della città di Bergamo sino al confine con Osio sotto, si sono ricavati i diversi contributi (in ingresso e in uscita) derivanti dal bilancio ai nodi svolto nelle singole sezioni di calcolo in cui è stata suddivisa la roggia nella tratta interferente con le opere delle nuove infrastrutture di viabilità.

In particolare, si evidenziano:

- le portate meteoriche cumulate che afferiscono nelle successive sezioni di calcolo;
- le portate irrigue;
- le portate derivate, all'altezza dello scolmatore in via Grumello a Bergamo e della rotatoria di Corso Italia a Osio Sopra;
- le portate globali derivanti dal bilancio ai nodi, al netto delle derivazioni

Schematicamente, quindi, per ogni sezione di calcolo si è determinata una portata globale, derivante da un bilancio ai nodi, così composta:

$$Q_{globale} = Q_{idrologica\ propria} + Q_{sfiori+ bianche} + Q_{irrigua}$$

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions  <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI STUDIO CARRARA ARCHITETTURA IN CLOUD <i>Green builder</i>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSE	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	12 di 52

Si riporta, inoltre, uno schema riepilogativo del bilancio ai nodi con riportati i valori delle portate massime che sollecitano la Roggia Colleonesca (in ingresso) e di quelle in uscita (indicate in colore rosso).

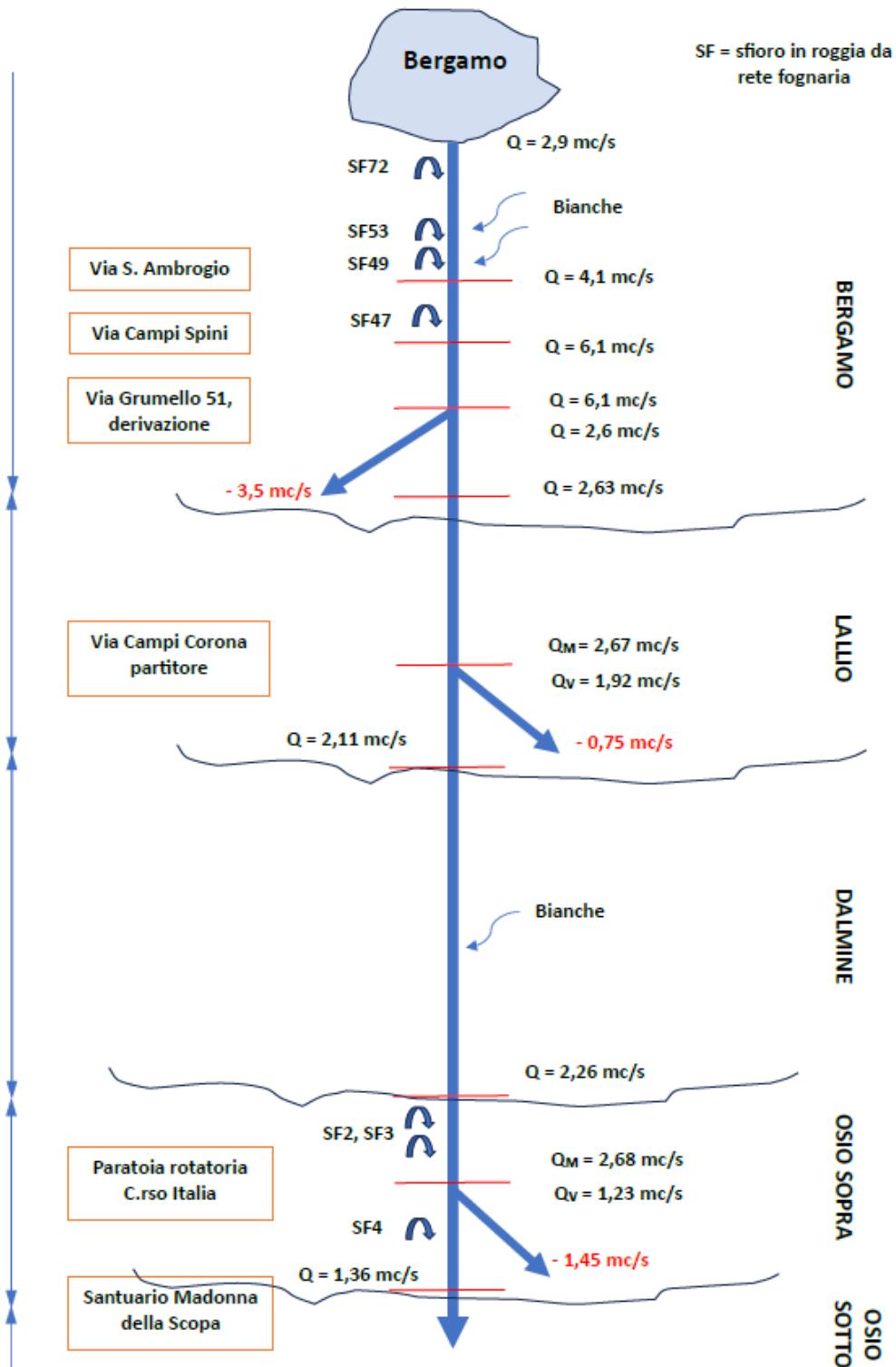


Figura 3 - schema riepilogativo del bilancio ai nodi

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZIO INFORMATICO DI INGENIERIA ED ARCHITETTURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b>  <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		<b>COMMESSA</b> <b>B23D</b>	<b>LOTTO</b> <b>00 D 00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>13 di 52</b>

### 3.3.2 Studio idraulico

La verifica di compatibilità idraulica si fonda sul calcolo dei livelli idrici che si instaurano con le massime portate di piena ricavate nello studio idrologico e nel successivo confronto con le caratteristiche geometriche della roggia.

La modellazione dell'onda di piena lungo la roggia è stata eseguita mediante il codice di calcolo monodimensionale HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System).

Il tracciato della roggia Colleonesca è stato suddiviso in quattro tratti:

1. primo tratto dall'intersezione di via Luigi Calvetti e via Moroni in comune di Bergamo fino alla paratoia posta in via Grumello n. 51 in corrispondenza della ditta Zanoletti;
2. secondo tratto dalla paratoia in via Grumello n. 51 alle paratoie in via Provinciale n. 18 in prossimità di via Campi Corona in comune di Lallio;
3. terzo tratto dalle paratoie in via Provinciale n. 18 alle paratoie poste lungo la SP 525 in corrispondenza della rotatoria di Corso Italia in comune di Osio Sotto;
4. quarto tratto dalle paratoie in rotatoria con il Corso Italia alla rotatoria in SP 525 con via dei Dossi in comune di Osio Sopra.

I tiranti idrici derivanti dalla modellazione idraulica della Roggia Colleonesca sono stati confrontati con le caratteristiche geometriche ed idrauliche della roggia per verificare il rischio di allagamenti e tracimazioni dell'area circostante e da ciò si sono dedotti i seguenti risultati:

- il tratto 1, suddiviso in 1A e 1B, è in grado di veicolare una portata maggiore rispetto alla portata di piena afferente ad esso;
- il tratto 2 è caratterizzato da esondazioni nella porzione di monte per una portata di 2,63 mc/s, mentre a valle è in grado di captare e far defluire senza tracimazioni la portata di 2,67 mc/s;
- il tratto 3 è soggetto ad allagamenti tranne che con la portata di 2,11 mc/s;
- il tratto 4 è caratterizzato da fallanza idraulica per la portata di 1,36 mc/s.

Nella seguente Tabella vengono riassunti i risultati appena descritti.

TRATTO	PORTATA Q (mc/s)	COMPATIBILITA' IDRAULICA
1A	2.9	SI
	3.3	SI
	4.1	SI
1B	6.1	SI
2	2.63	NO
	2.67	SI
3	2.11	SI
	2.26	NO
	2.68	NO
4	1.36	NO

Tabella 2 - Tiranti idrici

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI SERVIZIO INFORMATICO INDUSTRIALE DI ARQUITETURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>14 di 52</b>					

Per tutti i dettagli si rimanda alla specifica Relazione Idrologico-Idraulica.

In funzione dei risultati ottenuti è stata effettuata l'intera riprogettazione idraulica e strutturale del tombamento della Roggia Colleonesca con una drastica revisione delle previsioni di intervento previste nel Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica.

### 3.4 Analisi trasportistiche

Gli studi e le condotte analisi trasportistiche realizzate all'interno del progetto legato alla realizzazione del nuovo sistema E-BRT che attraverserà i comuni di Bergamo, Lallio, Dalmine, Osio Sopra, Osio Sotto e Verdellino hanno portato alla realizzazione del nuovo piano di esercizio della linea.

Per fare ciò, è inizialmente stata predisposta una microsimulazione della rete per verificare l'effettiva velocità commerciale che viene raggiunta dal E-BRT. Il sistema di trasporto, grazie alla presenza di semafori intelligenti che garantiscono il passaggio prioritario nelle intersezioni e alla realizzazione di una nuova infrastruttura con una buona parte del percorso in sede riservata, si pone l'obiettivo di creare un collegamento rapido e ad elevata capacità di tutta l'area a Sud-Ovest della città di Bergamo con il centro del capoluogo.

Dopo avere verificato la velocità commerciale del servizio, sono stati calcolati i tempi di percorrenza tra le diverse fermate e si è proceduto con la realizzazione del programma di esercizio.

Le linee e le fermate sono state disegnate coinvolgendo il committente ATB Spa che ne ha sancito la posizione definitiva.

Al contempo, è stato effettuato uno studio per valutare la modifica alla rete di trasporto pubblico locale che seguirà la realizzazione del BRT. Attualmente, sono presenti diverse linee urbane che transitano per i comuni coinvolti e che in futuro verranno sostituite proprio dal BRT e da una serie di linee secondarie, dette di adduzione, che garantiranno il collegamento con alcuni comuni esterni non direttamente toccati dal percorso del BRT (Levate, Treviolo, ecc).

Lo studio si è svolto operando il calcolo di confronto tra lo sviluppo chilometrico della rete attuale e quello della rete futura, per valutare se il numero di km percorsi dalla nuova rete è sufficiente a garantire un trasporto pubblico di qualità per la cittadinanza. Per maggiori dettagli, si veda il documento "B23D00D00RGTSBRC0001A\_Relazione tecnica trasportistica".

### 3.5 Semaforizzazione

Lungo tutto il percorso della futura linea di E-BRT sono presenti una serie di intersezioni semaforizzate che hanno richiesto una revisione del proprio ciclo semaforico al fine di inserire al suo interno la nuova fase dedicata al passaggio del sistema E-BRT in sicurezza.

Attraverso l'utilizzo di tecnologie intelligenti, l'avvicinarsi del E-BRT all'intersezione provocherà l'attivazione automatica di una "chiamata" della fase prioritaria.

Pertanto, senza che nulla debba essere attivato dall'autista o da agenti esterni, il E-BRT avrà la possibilità di transitare nell'intersezione "libera" dal restante flusso veicolare in quanto la sua corsia sarà l'unica ad avere il "verde". Questo garantisce l'assenza di conflitti con gli altri veicoli che si immettono nell'intersezione e l'incremento della velocità commerciale del servizio pubblico, che così facendo non dovrà mai arrestarsi completamente ai semafori.

Le seguenti immagini rappresentano un estratto della relazione di dettaglio che è stata predisposta nell'ambito del Progetto Definitivo e nelle figure di esempio è presentato il nuovo schema rappresentativo del ciclo semaforico.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions  <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>15 di 52</b>

Per la realizzazione del nuovo ciclo, sono stati richiesti ai comuni coinvolti sul percorso i cicli attualmente utilizzati e, partendo da quelli, si è realizzata la nuova versione che include il passaggio "a chiamata" del BRT.

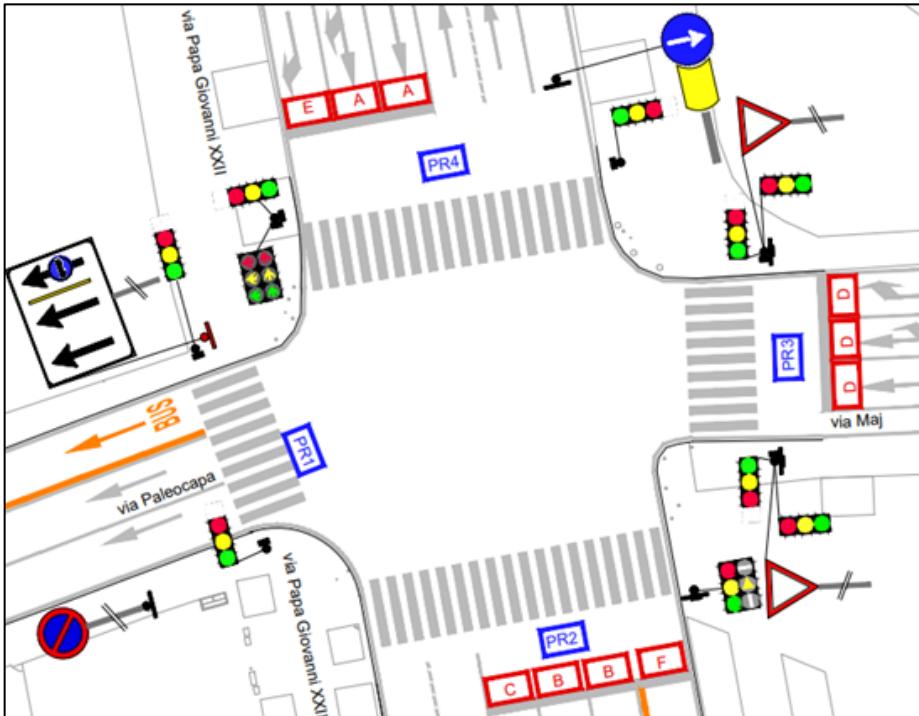


Figura 4 – Estratto n.1 Schema semaforico (esempio)

BERGAMO																																			
impianto semaforico n°94 intersezione via Papa Giovanni - Maj - Paleocapa																																			
GRUPPI	passi																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																	
viale Papa Giovanni verso stazione A	1																																		
viale Papa Giovanni verso centro città B	2																																		
svolta a sinistra di viale Papa Giovanni verso via Paleocapa C	3																																		
via Maj D	4																																		
svolta a destra di viale Papa Giovanni verso via Paleocapa E	5																																		
Corsia Bus / Preferenziale BRT F	6																																		
attraversamento pedonale su via Paleocapa P1	7																																		
attraversamento pedonale su via Papa Giovanni lato stazione P2	8																																		
attraversamento pedonale su via Maj P3	9																																		
attraversamento pedonale su via Papa Giovanni lato centro città P4																																			
programma tempi 1	PR1	9	12	2	11	4	2	1	10	4	3	9	18	11	4	4	20	4																	
programma tempi 2	PR2	9	12	2	11	4	2	1	10	4	3	9	18	6	4	4	20	4																	
programma tempi 3	PR3	9	12	2	13	4	2	1	10	4	3	9	18	9	4	4	20	4																	
programma tempi 4	PR4	9	12	2	5	4	2	1	6	4	3	9	14	1	4	4	20	4																	
programma tempi 1		da lunedì a venerdì dalle 06.30 alle 10.00																																	
programma tempi 2		da lunedì a venerdì dalle 10.00 alle 16.00 e dalle 20.30 alle 23.00 + sabato e domenica dalle 6.30 alle 23.00																																	
programma tempi 3		da lunedì a venerdì dalle 16.00 alle 20.30																																	
programma tempi 4 (notturno)		tutti i giorni dalle 23.00 alle 06.30																																	
sfasamento prog1= 55 sfasamento prog2= 50 sfasamento prog3= 72 sfasamento prog4= 42																																			
TOT senza BRT																																			
104																																			
99																																			
104																																			
80																																			

Figura 5 - Estratto n. 2 Ciclo semaforico (esempio)

Per maggiori dettagli si chiede di fare riferimento agli elaborati specialistici.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI SERVIZIO INFORMATIVO INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSE	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	16 di 52

### 3.6 Segnaletica

Il percorso del E-BRT è caratterizzato da corsie preferenziali, intersezioni semaforizzate e diverse modifiche alla viabilità attuale. Pertanto, è risultato necessario realizzare un piano di intervento per ridefinire lungo tutto il percorso la nuova segnaletica, sia verticale che orizzontale.

Tale piano consiste in una serie di tavole di dettaglio che mostrano lungo tutta la rete coinvolta quali sono le novità introdotte con il sistema E-BRT (esempio in figura). Tali modifiche sono propedeutiche alla messa in servizio della nuova linea.

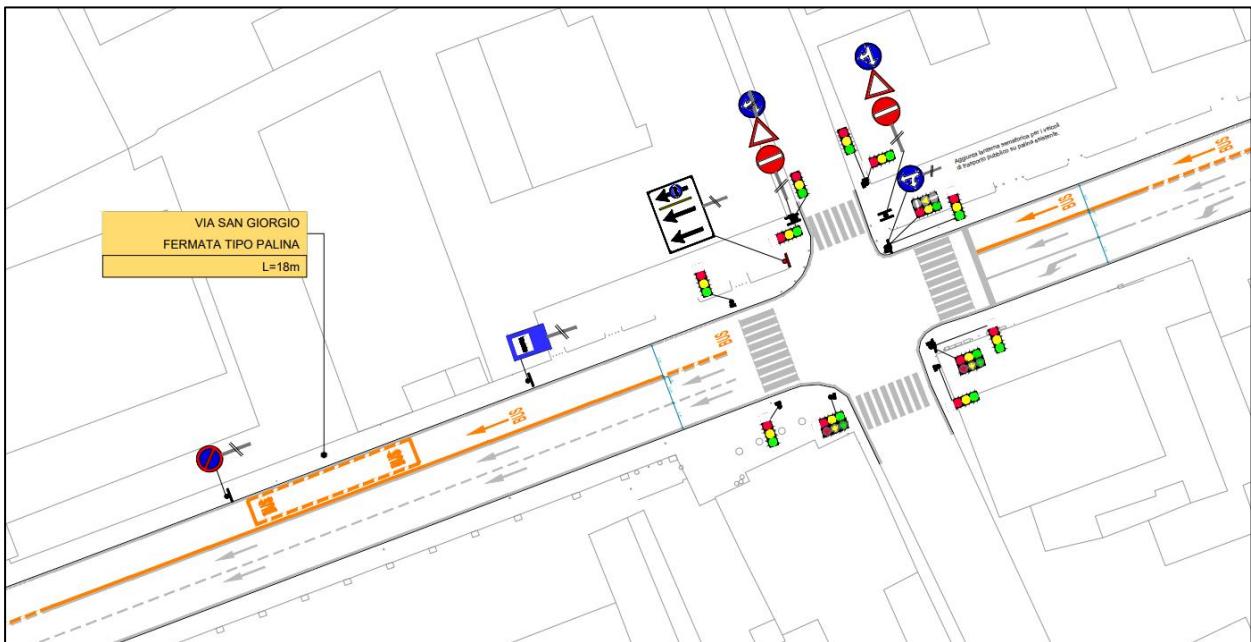


Figura 6 – Esempio di piano della segnaletica

Per maggiori dettagli si veda l'elaborato "B23D00D00P8TSBRC0001A - Piano della segnaletica\_tipologico".

### 3.7 Studio di fattibilità ambientale

Le variazioni al progetto non hanno comportato impatti oltre quanto previsto nel PFTE. È stato redatto uno studio fattibilità ambientale al fine di verificare la compatibilità dei lavori con le prescrizioni, la pianificazione ed il regime vincolistico esistente ed analizzare i prevedibili effetti che l'intervento potrà avere sull'ambiente.

Il progetto ha già avuto una fase di studio di fattibilità tecnica ed economica, con esclusione alla procedura Valutazione Assoggettabilità a VIA ai sensi dell'art. 6 comma 6 del D.Lgs 156/2006 come da Determinazione dirigenziale della Provincia di Bergamo numero 2979 Reg. Determinazioni registrato in data 15/12/2022.

Lo studio ha analizzato e determinato le misure atte a ridurre o compensare gli effetti dell'intervento sull'ambiente e sulla salute, e a riqualificare e migliorare la qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale riguardo agli esiti delle indagini tecniche, alle caratteristiche dell'ambiente interessato dall'intervento in fase di cantiere e di esercizio, alla natura delle attività e lavorazioni necessarie all'esecuzione dell'intervento e all'esistenza di vincoli sulle aree interessate.

Capogruppo/mandataria:       	Mandanti:   	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>17 di 52</b>

Esso ha altresì lo scopo di riportare tutte le informazioni necessarie al rilascio delle prescritte o opportune, autorizzazioni e approvazioni in materia ambientale.

Gli elementi conoscitivi sulle relazioni fra l'opera in progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale hanno fornito informazioni in merito alle specificità del territorio attraversato dalla futura opera, agli obiettivi e agli indirizzi posti alla base degli interventi di trasformazione e gestione territoriale, nonché circa la sussistenza di elementi di attenzione, condizionamento e/o vincolo, che in parte dettano le condizioni di fattibilità dell'intervento e in parte ne costituiscono il contesto di inserimento.

A tal fine sono stati verificati elementi di attenzione per i vincoli paesaggistici presenti e per le attività da realizzare. Nel caso specifico sono stati individuati i vincoli di natura paesaggistica (D. Lgs 42/2004 e ss. mm. e ii.), non avendo come già evidenziato nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica intersezioni e/o vicinanza con vincoli di natura ambientale - siti Rete Natura 2000.

Relativamente ai vincoli paesaggistici, dalla consultazione degli allegati cartografici del Geoportale della Regione Lombardia e sul Sitap (Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico del Ministero per i Beni e le Attività Culturali) della Provincia di Bergamo si evince che l'area è limitrofa al vincolo paesaggistico - Vincolo art. 142 del D.Lgs 42/2004 ss. mm. ii.: Tutela, salvaguardia e valorizzazione della fascia di rispetto dei fiumi (150 metri): RIO MORLA.

Nell'immagine seguente si evidenzia l'interferenza con l'area di rispetto.

L'area si trova nei pressi della Stazione di Bergamo, l'unica trasformazione vede il rifacimento del marciapiede per la disposizione della fermata del bus elettrico e l'espiantazione di n. 11 alberi esistenti nelle aiuole, con successiva riqualificazione delle due rotonde.

Nella disamina dei vincoli paesaggistici è stata verificata anche l'interferenza con il Parco regionale dei colli di Bergamo, assoggettato a tutela paesaggistica ai sensi dell'art. 142, lett. f) del D.lgs 42/04.

Il comune di Bergamo ha approvato la richiesta di aggregazione del PLIS Parco Agricolo Ecologico Madonna dei Campi al Parco regionale dei Colli di Bergamo, limitatamente alle aree ricadenti all'interno del territorio comunale di Bergamo.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>			COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
			B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	18 di 52

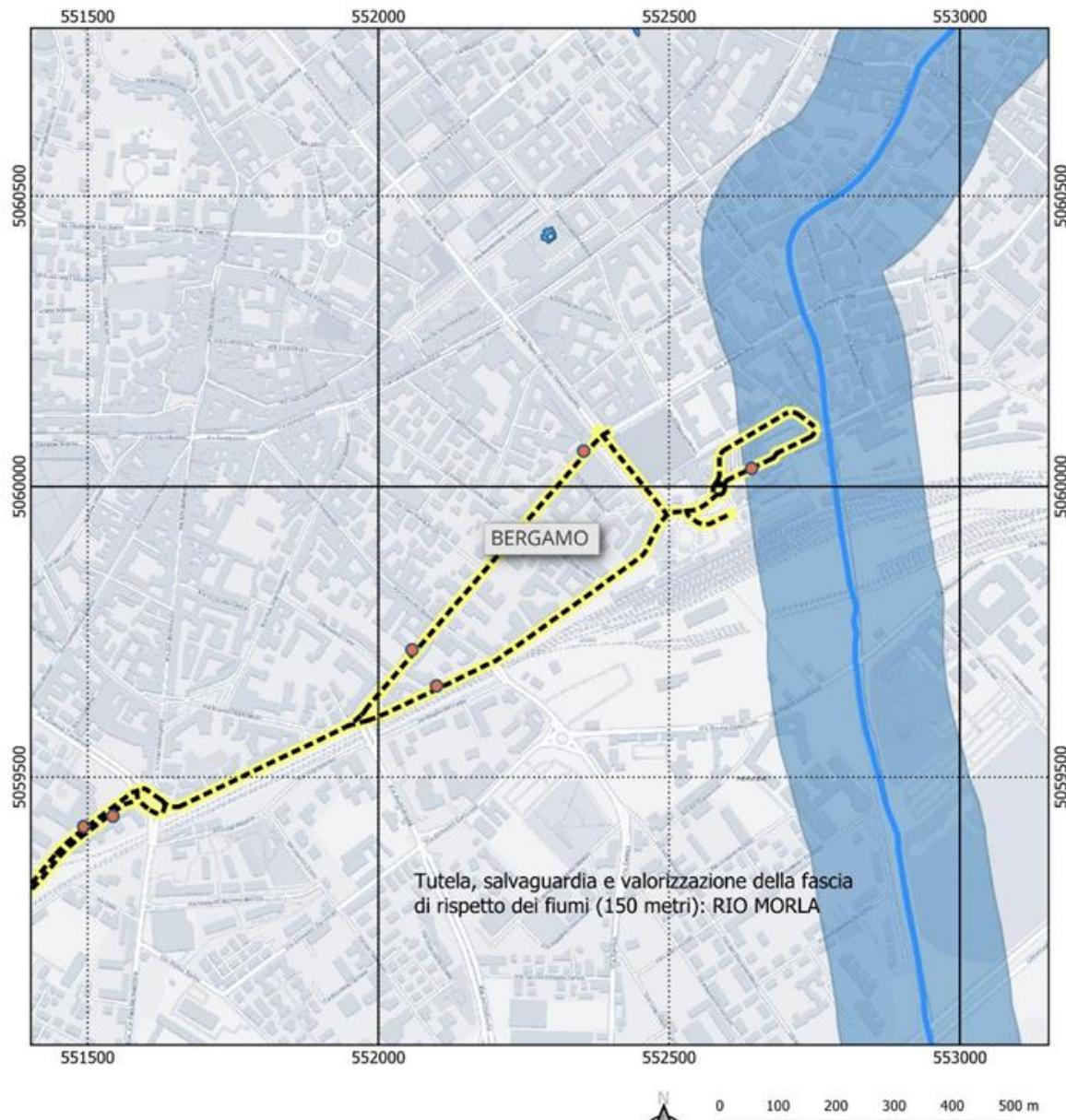
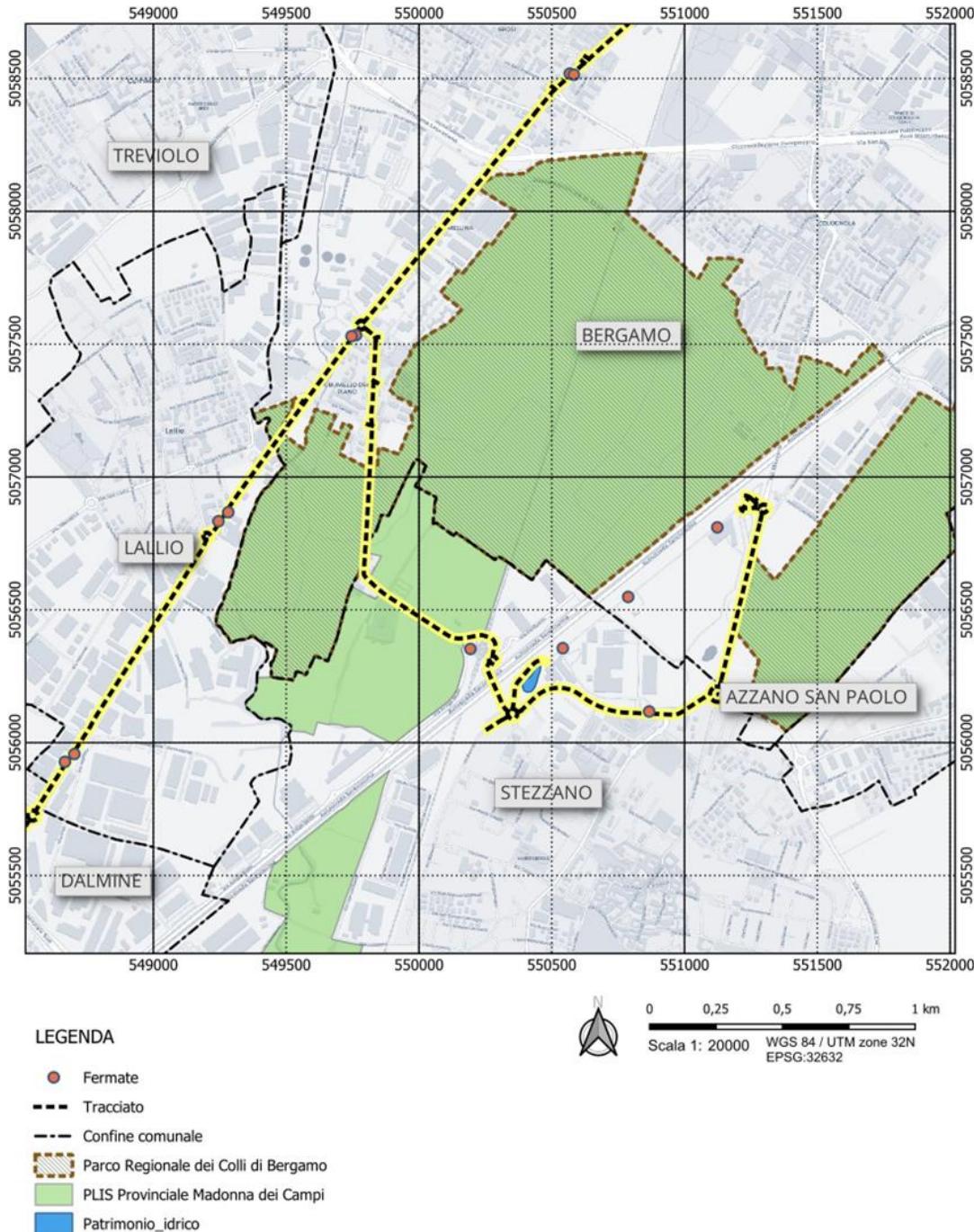


Figura 7 – Vincolo di tutela salvaguardia e valorizzazione della fascia di rispetto dei fiumi.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>19 di 52</b>						



*Figura 8 – Intervento e aree vincolate.*

La diversa ubicazione del deposito di Osio indicata dalla Stazione Appaltante è collocata a Osio Sopra in via Per Levate.

Capogruppo/mandataria:       	Mandanti:   	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>20 di 52</b>	



Figura 9 – Destinazione urbanistica del nuovo deposito in via Per Levate.

Le opere in progetto risultano ammesse dagli strumenti vigenti, previa acquisizione dei pareri favorevoli rispetto all'autorizzazione paesaggistica e alla verifica del cambio di destinazione urbanistica per il deposito di via Per Levate.

Per ciascuna componente ambientale di possibile impatto, è stata effettuata la descrizione dello stato di fatto, l'analisi dei potenziali impatti generati dalle lavorazioni previste in fase di cantierizzazione, l'individuazione degli eventuali impatti residui in fase di esercizio e la descrizione dei relativi interventi mitigativi.

Le seguenti componenti ambientali elencate sono state affrontate sia nella relazione sul clima acustico e sia nello studio agroforestale, oltre che nella relazione di fattibilità ambientale e riguardano i temi:

- clima ed atmosfera;
- rumore;
- vegetazione, fauna ed ecosistemi;
- suolo e sottosuolo e ambiente idrico;
- paesaggio e patrimonio storico-culturale;
- archeologia;

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INFORMATIVI SOCIETÀ DI ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>21 di 52</b>	

- salute pubblica.

Lo studio agroforestale è stato affrontato con il supporto delle relazioni specialistiche di un agronomo per la componente vegetazionale e di un esperto acustico per quanto riguarda la relazione sul clima acustico, a conferma della verifica di fattibilità.

In relazione alla tipologia di sito, al contesto in cui ricade la proposta oggetto di studio ed alle indicazioni progettuali, dalle analisi condotte i potenziali effetti generati sulle principali componenti ambientali e di salute pubblica risultano prevalentemente concentrati nel periodo di costruzione dell'opera e sono legati soprattutto alle attività di cantiere.

Si tratta perciò generalmente di disturbi in gran parte temporanei e mitigabili, mediante l'adozione di idonee procedure operative e costruttive.

Dall'analisi degli impatti che il progetto avrà sulle componenti paesaggistiche più significative dell'area, grazie anche agli accorgimenti adottati per mitigare l'impatto visivo delle opere, è emerso che gli interventi in progetto non alterano la percezione del paesaggio, che caratterizza l'area d'intervento, ricalcando il sedime dell'infrastruttura esistente.

L'approccio progettuale, nonostante le opere non cambino l'assetto paesaggistico del territorio, segue quanto indicato dalle *"Linee guida per la progettazione paesaggistica delle Infrastrutture della mobilità"*, di sviluppo del progetto infrastrutturale come *"progetto integrato"* (*infrastruttura + spazi aperti*).

La progettazione di un insieme organico di interventi di inserimento paesaggistico – ambientale da correlare alla realizzazione di un sistema E-BRT, quale quello in oggetto, si pone quale momento fondamentale per procedere alla riqualificazione dei caratteri dell'ambito nel quale si interviene. Tali sistemazioni ambientali si fondano prevalentemente su interventi di restauro, che consentono contemporaneamente il recupero delle aree direttamente interessate dalla realizzazione del progetto e la valorizzazione degli elementi, che ad esso si relazionano percettivamente e funzionalmente.

L'utilizzo degli impianti a verde, in particolare con realizzazione di verde lineare in siepi campestri con piante autoctone, ha, infatti, non solo il fine di offrire una riqualificazione di tipo estetico - percettiva, ma ha anche il compito di operare la ricostruzione degli elementi a valenza naturale in un contesto che, come si è osservato nel corso delle analisi, si caratterizza per l'elevata valenza antropica.

Per l'inserimento delle opere "architettoniche", fermate, sottostazioni ecc., è stato costruito un quadro conoscitivo riguardo gli elementi caratterizzanti il paesaggio, che ha permesso di definire le scelte progettuali relative ai materiali di finitura e alle loro caratteristiche cromatiche e di superficie, con la finalità di garantire una forte integrazione dell'infrastruttura con il paesaggio circostante.

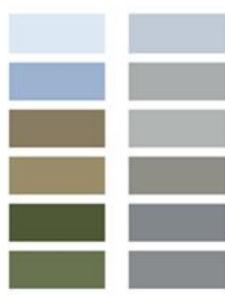
Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>22 di 52</b>



Ambito Urbano



Ambito Agricolo



Ambito Produttivo e Commerciali

Figura 10 – Esiti dello studio cromatico.

### 3.8 Studio Archeologico

La normativa vigente stabilisce che le opere pubbliche sono soggette alla procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico (VPIA).

Questa procedura, prevista dall'art. 28 c. 4 del d.lgs. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio che recepisce le indicazioni della Convenzione europea per la protezione del patrimonio archeologico, firmata alla Valletta il 16 gennaio 1992 e ratificata dall'Italia ai sensi della L. 29/57/2019, è attualmente normata dall'art. 41, c. 4 del d.lgs. 36/2023, Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici.

L'iter applicativo della procedura è descritto nell'allegato I-8 del d.lgs. 36/2023 in conformità con le Linee Guida per la procedura di verifica dell'interesse archeologico approvate con D.P.C.M. del 14 febbraio 2022, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n.88 del 14 aprile 2022.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI SERVIZIO INFORMATIVO INNOVATORE DI ARCHEOLOGIA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		<b>COMMESSE</b> <b>B23D</b>	<b>LOTTO</b> <b>00 D 00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>23 di 52</b>

Gli aspetti relativi alla verifica preventiva dell'interesse archeologico sono stati affrontati in sede di PFTE nello studio archeologico redatto da un gruppo di lavoro afferente al CST - Centro studi sul Territorio dell'Università di Bergamo. Tale documento, attraverso l'analisi dei dati di archivio e bibliografici, dei dati cartografici, della lettura della geomorfologia del territorio e dell'interpretazione delle foto aeree e satellitari, ha delineato un quadro generale delle presenze archeologiche nell'area interessate dal progetto fornendo una valutazione generale del cosiddetto potenziale archeologico, ovvero la possibilità che un'area conservi strutture o livelli stratigrafici archeologici.

Sulla base di tale studio, il Ministero della cultura, si è espresso in ambito di conferenza dei servizi con nota della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Bergamo e Brescia del 21/10/2022, prot. n. 20880, esprimendo un parere favorevole con prescrizioni. È stata richiesta, infatti, l'assistenza archeologica continuativa a tutte le operazioni di scavo, anche di minima entità, effettuate "nelle aree a maggior rischio archeologico" e "in generale nelle zone non urbanizzate" rimandando in fase di progetto definitivo la possibilità di circoscrivere le zone con assistenza archeologica in corso d'opera ed eventualmente di effettuare sondaggi archeologici preliminari nei punti a maggior rischio archeologico.

Contestualmente alla Progettazione Definitiva, è stato sviluppato quindi uno studio archeologico integrativo di aggiornamento del rischio archeologico che ha comportato la valutazione puntuale delle interferenze tra le opere così come previste dal progetto definitivo e il patrimonio archeologico, noto o presunto, dell'area. Questa analisi ha comportato:

- l'aggiornamento, l'integrazione dei dati disponibili per la definizione del rischio potenziale e loro implementazione in ambiente GIS;
- il controllo sistematico lungo il tracciato del progetto finalizzato alla verifica dello stato di conservazione delle evidenze archeologiche già censite nel corso dello studio archeologico redatto per il PFTE e all'individuazione e alla localizzazione puntuale di eventuali altre tracce di frequentazione antica;
- lo svolgimento di sopralluoghi mirati alla verifica dello stato dei luoghi, in particolare le conseguenze di attività antropiche anche recenti, con particolare attenzione ad interventi di apporto/asporto che abbiano determinato modifiche sensibili del piano di campagna e pertanto possano avere inciso sulla conservazione dei depositi archeologici e più in generale del deposito stratigrafico;
- l'analisi degli interventi e delle azioni progettuali e la valutazione del rischio archeologico connesso alla loro realizzazione.

I dati raccolti nel documento redatto dall'Università di Bergamo sono stati aggiornati e integrati nel rispetto degli standard ministeriali per la redazione degli elaborati previsti dalle già citate Linee Guida. Tale normativa, "finalizzata ad assicurare speditezza, efficienza ed efficacia alla procedura", individua le specifiche tecniche relative alle fasi della procedura, ai criteri di assoggettabilità, alle modalità di redazione degli elaborati, ai formati di consegna dei documenti necessari allo svolgimento delle singole fasi della procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico.

Tutti gli adempimenti descritti trovano la loro formalizzazione in un applicativo GIS, denominato template, appositamente predisposto e messo a disposizione dall'ICA - Istituto Centrale per l'Archeologia del Ministero della cultura, anche ai fini della pubblicazione dei dati minimi in modalità open access sul Geoportale Nazionale per l'Archeologia (GNA) <https://gna.cultura.gov.it/mappa.html>). Tale applicativo permette l'inserimento dei dati relativi al

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INFORMATIVI SOGNO ARCHEOLOGICO
<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b>		
<b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>24 di 52</b>

progetto e alle aree di interesse archeologico (dati desunti da ricerche bibliografiche e archivistiche, integrati con quelli emersi nelle attività di ricognizione) direttamente tramite mappa, attraverso gli standard di inserimento layer MOPR, che descrive le caratteristiche del progetto, e MOSI, che riguarda le evidenze archeologiche, e di archiviare i dati necessari per l'elaborazione della Carta del Potenziale archeologico (layer VRP) e della Carta del Rischio archeologico (layer VRD).

Per garantire un'analisi ottimale dell'impatto del progetto sul patrimonio archeologico, la zona interessata è stata pertanto suddivisa in macroaree individuate anche in relazione alle caratteristiche delle diverse lavorazioni previste, anche sulla base di presenza e profondità degli scavi, tipologia degli interventi da eseguire, ecc. Gli elaborati completi utilizzati per la valutazione puntuale del rischio archeologico nell'ambito del progetto sono contenuti nel template allegato alla documentazione progettuale e rispondono alle prescrizioni della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Bergamo e Brescia. Il rischio archeologico è valutato secondo gradi progressivi (nullo, basso, medio e alto), motivato e descritto da una serie di elaborati cartografici di dettaglio con perimetrazione specifica delle aree.

Tenendo conto delle valutazioni relative al potenziale archeologico e al rischio archeologico connesso al progetto è stato redatto infine un piano delle indagini archeologiche da sottoporre alla competente Soprintendenza nell'ambito dell'iter di approvazione del progetto definitivo-esecutivo.

Nel piano delle indagini archeologiche vengono individuate e delimitate le aree interessate dal progetto in cui:

- è proposta l'esclusione dalle prescrizioni archeologiche;
- è proposta l'assistenza archeologica in corso d'opera;
- è indicata la realizzazione di sondaggi archeologici preliminari per appurare la reale presenza di evidenze archeologiche interferenti con il progetto e provvedere all'eventuale scavo e documentazione prima dell'avvio delle attività di cantiere, in modo da ridurre possibili rallentamenti e fermo-cantiere.

### 3.9 Rilievi topografici

I rilievi topografici sono stati eseguiti mediante affidamento di incarico ad una ditta specializzata dotata di strumentazione mobile Leica Pegasus Backpack VLP-30 Long Range che ha operato lungo tutto il tracciato dell'E-BRT, con sviluppo dalla stazione centrale di Bergamo fino al comune di Verdellino, nella zona antistante la Stazione FFSS di Verdello.

Tale rilievo è stato eseguito i giorni 26, 27 e 28 di luglio 2023 restituendo su file dwg la planimetria con polilinee 3D e rispettivo piano quotato dell'area in oggetto.

In una seconda fase sono stati eseguiti ulteriori rilievi mediante Laserscanner Leica BLK360 al fine di approfondire ed estendere alcune aree di maggior rilevanza, come ad esempio quella in corrispondenza del capolinea di Bergamo (in considerazione del fatto che è stato anche variato il percorso e spostato il capolinea), del capolinea di Verdellino (anche in questo caso è stato variato il percorso), di alcuni manufatti idraulici posti lungo il percorso ed insistenti sulla roggia Colleonesca, il deposito dell'E-BRT di via Gleno.

Tali ulteriori scansioni sono state restituite in dwg con planimetria con polilinee 3D e rispettivo piano quotato dell'area in oggetto.

Il sistema di coordinate utilizzato è stato in continuità a quello del PFTE, RDN2008-UTM32N, con quota geoidica calcolata sul geoide ITALGEO2005.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		<b>COMMESSA</b> <b>B23D</b>	<b>LOTTO</b> <b>00 D 00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>25 di 52</b>

La verifica e ottimizzazione della traiettoria finale è stata eseguita con i punti di controllo rilevati con l'ausilio di ricevitore GNSS Leica GS18i (RTK SPIN3), n.123 punti di controllo distribuiti su tutto il tracciato

La restituzione della planimetria vettoriale della nuvola di punti è stata eseguita con software Autodesk e Leica cloudworks. La planimetria è stata vettorializzata con polilinee 3d e punti di piano quotato, in particolare sono stati restituiti la parte visibile della Roggia Colleonesca, passaggi carrabili visibili sopra la roggia, sede stradale, marciapiedi, elementi di confine a ridosso della sede stradale come muretti, profili in pianta di edifici a ridosso, cartellonistica.



Figura 11 - Immagine nuvola di punti Leica Pegasus Backpack.

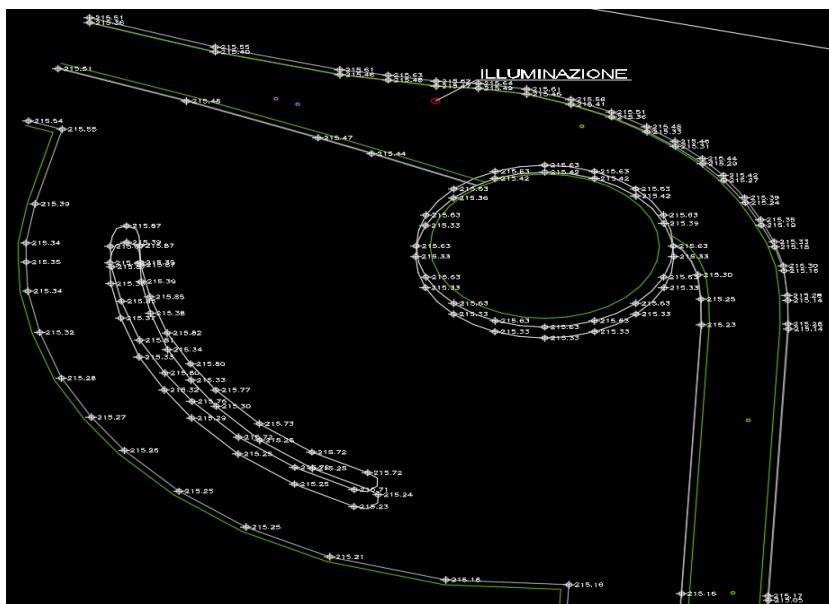


Figura 12 - Esempio di stralcio planimetrico

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI SERVIZI DI ARQUITETURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>26 di 52</b>

### 3.10 Rilievi topografici della Roggia Colleonesca

Oltre quanto eseguito e descritto nel precedente paragrafo 3.9 per le opere in linea, sono stati eseguiti dei rilievi topografici specifici per l'individuazione della geometria della Roggia Colleonesca.

In particolare, sono state eseguite e censite le rilevazioni geometriche di tutte le opere in calcestruzzo ad oggi presenti lungo il percorso della tratta compresa nei lavori di che trattasi, ovvero dal civico 372 di via Moroni a Bergamo, fino al Santuario della Madonna della Scopa a Osio Sotto.

Ad ogni discontinuità idraulica sono stati quindi battuti punti GPS in modalità RTK e rilevate manualmente le dimensioni geometriche dei manufatti costituenti la roggia. Tali informazioni sono state aggiunte a quanto già rilevato mediante la nuvola di punti eseguita lungo il tracciato principale secondo le modalità descritte nel precedente paragrafo. Tutte le informazioni topografiche rilevate sono state quindi riportate all'interno delle tavole della Progettazione Definitiva dove sono state sviluppate le planimetrie dello Stato di Fatto in sc. 1:500, il Profilo Longitudinale e le Sezioni Trasversali in sc. 1:50.

In corrispondenza dei seguenti manufatti idraulici, sono state inoltre eseguite delle rilevazioni con nuvole di punti mediante laser scanner Leica BLK360:

- manufatto deviatore delle portate tra roggia Colleonesca e roggia Colleonesca ramo di Osio, presso l'intersezione con via Campi Corona;
- manufatto sfioratore presente in corrispondenza della ditta Zanoletti;
- attraversamento del Rio Morletta;
- attraversamento della Roggia Mina Benaglia;
- attraversamento del collettore fognario DN2400 all'intersezione con via Campi Spini.



Figura 13 - Immagine da scansione del manufatto deviatore eseguita con Leica BLK360

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI SERVIZI DI ARQUITETURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b>  <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>27 di 52</b>

## 4. TRACCIAMENTO

Il progetto del tracciato della linea E-BRT sul territorio di Bergamo attraversa i Comuni di Lallio, Dalmine e Osio Sotto, a partire dal Capolinea nella Stazione FS di Bergamo fino ad arrivare al capolinea sul Comune di Verdellino in prossimità della Stazione FS di Verdellino.

La lunghezza complessiva del tracciato tra Bergamo e Verdellino è pari a 28,5 km e prevede n. 15 fermate sul tragitto Bergamo – Verdellino e n. 14 fermate nel tragitto Verdellino – Bergamo, oltre che n. 3 fermate sull'Antenna Dalmine e n. 5 fermate sull'Antenna km Rosso.

Tratto Bergamo - Verdellino	14,9 km
Tratto Verdellino - Bergamo	13,6 km
Lunghezza complessiva tracciato	28,5 km
Lunghezza corsie in sede riservata	20,9 km
Percentuale sede riservata	73,30% > 70 %

Tabella 3 – Percentuale di corsia riservata al E-BRT lungo il tracciato di progetto

### 4.1 Tracciamento del nastro stradale

Il percorso E-BRT è stato previsto con un adeguamento su strada esistente per la realizzazione di 2 corsie dedicate al bus elettrico:

- **corsia di andata**, da capolinea SF di Bergamo a capolinea SF di Verdellino;
- **corsia di ritorno**, da capolinea FS sul Comune di Verdellino al capolinea FS di Bergamo.

La linea rappresentativa della corsia dedicata al bus elettrico è tipo “continuo” sulle tavole grafiche di progetto.

Il tracciato attraversa in parte la città di Bergamo e poi devia lungo la direttrice della SP525.

Laddove non è stato possibile mantenere la corsia riservata al bus elettrico si è optato per tratti ad uso promiscuo sul tracciato esistente (linea tratteggiata sulle tavole grafiche di progetto), ovvero ad uso sia degli automezzi e sia del bus elettrico, per via dei vincoli presenti sul territorio in modo da arrivare ad un giusto compromesso sulla migliore soluzione dettata dalle esigenze progettuali.

Nei tratti ad uso promiscuo si è optato per una sistemazione semaforica distinta per i bus e per le auto.

Il tracciato stradale del E-BRT è costituito da un Asse Principale dal capolinea di Bergamo al capolinea di Verdellino, che costituisce una vera “spina dorsale” di tutto il tracciato. Ai lati dell’Asse Principale sono previste due “Antenne” di deviazione:

- “Antenna di Dalmine”, tratto di strada che dalla SP 525 arriva appunto sul Comune di Dalmine fino alla rotonda esistente e rappresenta un tratto necessario per la presenza dell’Università di Ingegneria e delle scuole superiori;
- “Antenna km Rosso”, tratto di strada che collega dalla SP 525 il Polo Scientifico del km Rosso alla Stazione FS di Stezzano.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions  <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. A	FOGLIO 28 di 52

La sezione tipo adottata nei tratti in sede riservata, in particolare lungo il tratto in affiancamento al canale della Roggia, parte da una sezione stradale con una careggia di circa 8 m.

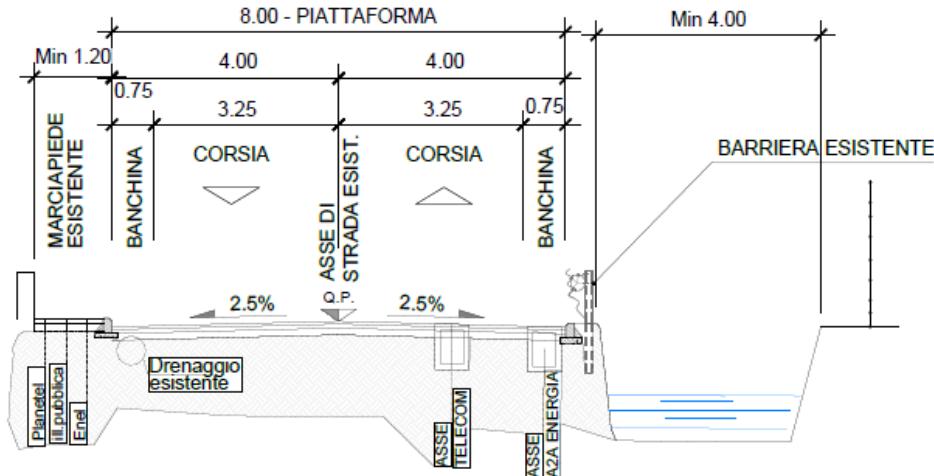


Figura 14 – Sezione tipo della SP525 nel tratto in affiancamento al canale della Roggia – stato di fatto.

Con il tombamento della Roggia, si riesce a ricavare l'inserimento in sede riservata delle corsie di andata e ritorno del E-BRT e il mantenimento del doppio senso di marcia privato centrale.

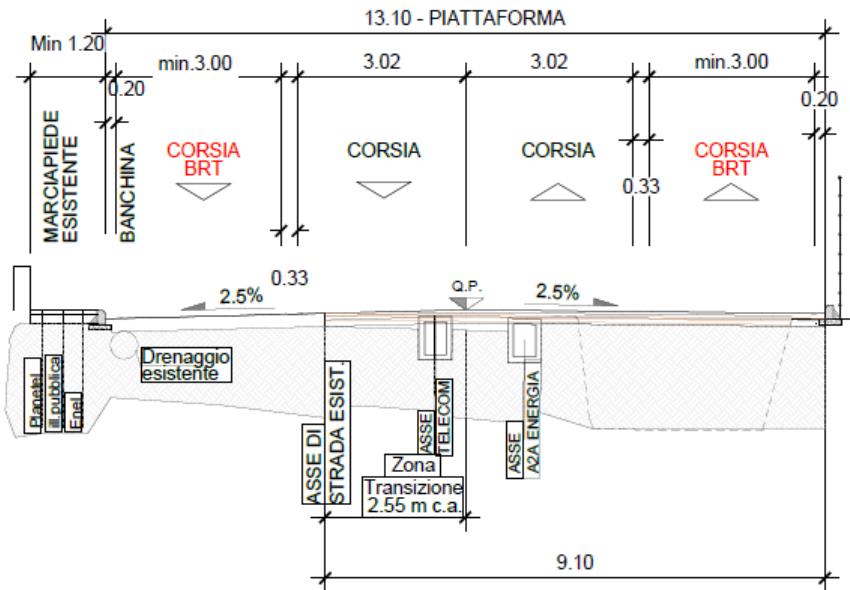


Figura 15 – Sezione tipo nel tratto in affiancamento al canale della Roggia – stato di progetto.

La larghezza minima delle corsie del E-BRT, vincolate in sinistra a marciapiedi e in destra dal limite di esproprio del canale della Roggia è di 3.00 m, mentre delle corsie stradali di min. 3.02 m.

La separazione tra le corsie del E-BRT e quelle private non avviene con dissuasori, ma con l'adozione di una striscia gialla di 30 cm e una bianca di 15 cm, a interasse 0.33 cm, per rispettare quanto previsto dall'art.140 del codice di attuazione del codice della strada, che prevede 12 cm di

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions  <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b> LOTTO <b>00 D 00</b> CODIFICA <b>RG</b> DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b> FOGLIO <b>29 di 52</b>

distanza tra i bordi delle due strisce. La soluzione con sole strisce non costituisce un pericolo sia per i motociclisti che per puntuali cambi di direzione per il traffico privato.

#### 4.1.1 Asse principale

L'Asse Principale è così definito perché rappresenta la "spina dorsale" del tracciato di progetto e misura circa 28.5 km (14.91 km in andata (Bergamo –Verdellino) + 13.61 km di ritorno (Verdellino-Bergamo).

A partire dal Capolinea di Bergamo FS l'E-BRT attraversa la località Villaggio degli Sposi per poi passare attraverso la Strada Provinciale 525, verso i comuni di Lallio, Dalmine, Osio Sotto e Capolinea Verdellino.



Figura 16 - Estratto vista satellitare Google Earth con evidenziazione (in rosso) Asse Principale del E-BRT.



Figura 17 - Estratto del profilo in elevazione di Google Earth dell'Asse Principale del E-BRT.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>30 di 52</b>					

#### 4.1.2 Asse Dalmine

L'asse Dalmine è una diramazione di circa 1140 m dell'Asse Principale a partire dalla rotonda esistente sulla SP525 (km 7+800 del E-BRT) che permette di arrivare, attraverso via A. Locatelli, nel comune di Dalmine, fino alla rotonda esistente in Piazza della Libertà, dove il bus si ferma nella nuova fermata su via Locatelli per poi tornare indietro.



Figura 18 – Antenna di Dalmine.

La sede stradale non necessita di particolari adeguamenti, se non in corrispondenza delle due fermate previste, in particolare in quella vicina alla piazza, dove la pensilina viene spostata a filo con il marciapiede esistente interessando un cancello esistente e una recinzione.

La marcia del E-BRT su questa antenna è tutta in promiscuo.

#### 4.1.3 Asse Chilometro Rosso-Stezzano

Al km 4+200 circa dell'asse principale del E-BRT lungo la SP525, a partire dalla rotonda esistente in località Grumello del Piano, ha origine l'asse Chilometro Rosso - Stezzano.

L'asse, lungo circa 4.8 km, sarà servito da mezzi di lunghezza 12 m diversamente dal resto della linea.

Il tracciato, totalmente in promiscuo, si sviluppa inizialmente lungo via E. Morali, nel centro abitato di Grumello del Piano, per poi proseguire lungo via Madonna del Campo lungo una viabilità con sezione di circa 5.90 m, che continua anche per via Santuario e la successiva SP151. Prima di sottopassare la Ferrovia MI-BG è prevista una fermata nell'esistente piazzale della stazione di Stezzano.

Il piazzale con parcheggio viene adeguato per favorire la circolazione rapida del E-BRT.

Il tracciato, quindi, sovrappassa l'autostrada E64 e nella prima rotonda, l'E-BRT entra nel complesso Brembo-Km rosso, dove sono previste tre fermate.

Superato il complesso, tramite due rotonde il bus torna indietro passando per Viale Europa, dove è prevista una fermata per Stezzano.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b>  <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>31 di 52</b>	

Nella parte terminale, viene istituito per le auto il senso unico in direzione Osio in via Gorizia, in modo da ridurre il traffico nel centro di Grumello del Piano e favorire il transito al solo E-BRT direzione Bergamo.

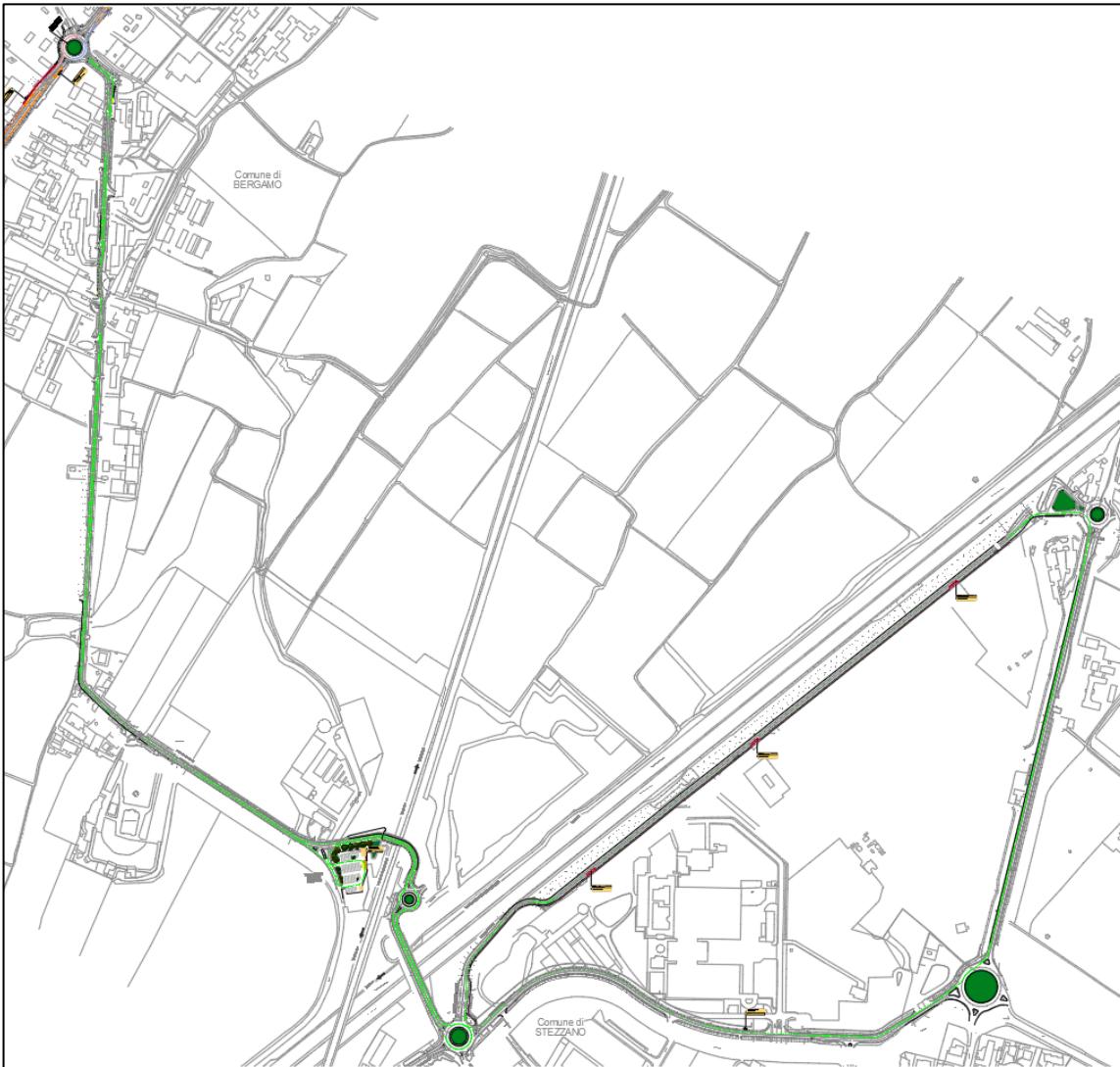


Figura 19 – L’Asse Chilometro Rosso - Stezzano

#### 4.1.4 **Bretella di collegamento stradale tra SP525 e la Via Roma, nel comune di Dalmine**

La bretella di collegamento stradale tra la SP525 e via Roma, nel Comune di Dalmine (BG), ha origine dall’esistente rotatoria sulla SP525 e si è resa necessaria per eliminare delle fasi semaforiche all’incrocio tra via Roma SP535 e Via Vittorio Veneto. Il tratto finale di via Roma nella nuova sistemazione viaria sarà nella direzione SP525, mentre per raggiungere la parte Est di Dalmine, oltre l’autostrada, si dovrà utilizzare la nuova Bretella, obbligatoria anche per chi deve andare da Dalmine Est verso Osio.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI SERVIZI DI ARQUITETURA
<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D      00 D 00      RG      MD0000 001      A      32 di 52</b>

La bretella è lunga circa 149.50 m e presenta un andamento pianeggiante con un primo tratto su un tratto attualmente incolto, per poi attraversare a raso il binario di collegamento all'impianto di Dalmine e poi entrare nel parcheggio del centro commerciale, dove si collega alla fine con via Roma.

La sezione stradale è assimilabile a una F2 extraurbana, con corsie di 3.25 e banchine da 1m.

Nel tratto tra la rotatoria e il piazzale è previsto un marciapiede di 1.50 m. Nel piazzale per garantire il passaggio pedonale, vengono posti in parallelo alcuni parcheggi esistenti.

Nuovi parcheggi vengono ricavati in via Roma, venendo eliminata la corsia in direzione Dalmine Est. La progettazione dell'incrocio è stata condizionata dalla presenza di un albero di dimensioni importanti e per avere maggiore visibilità.

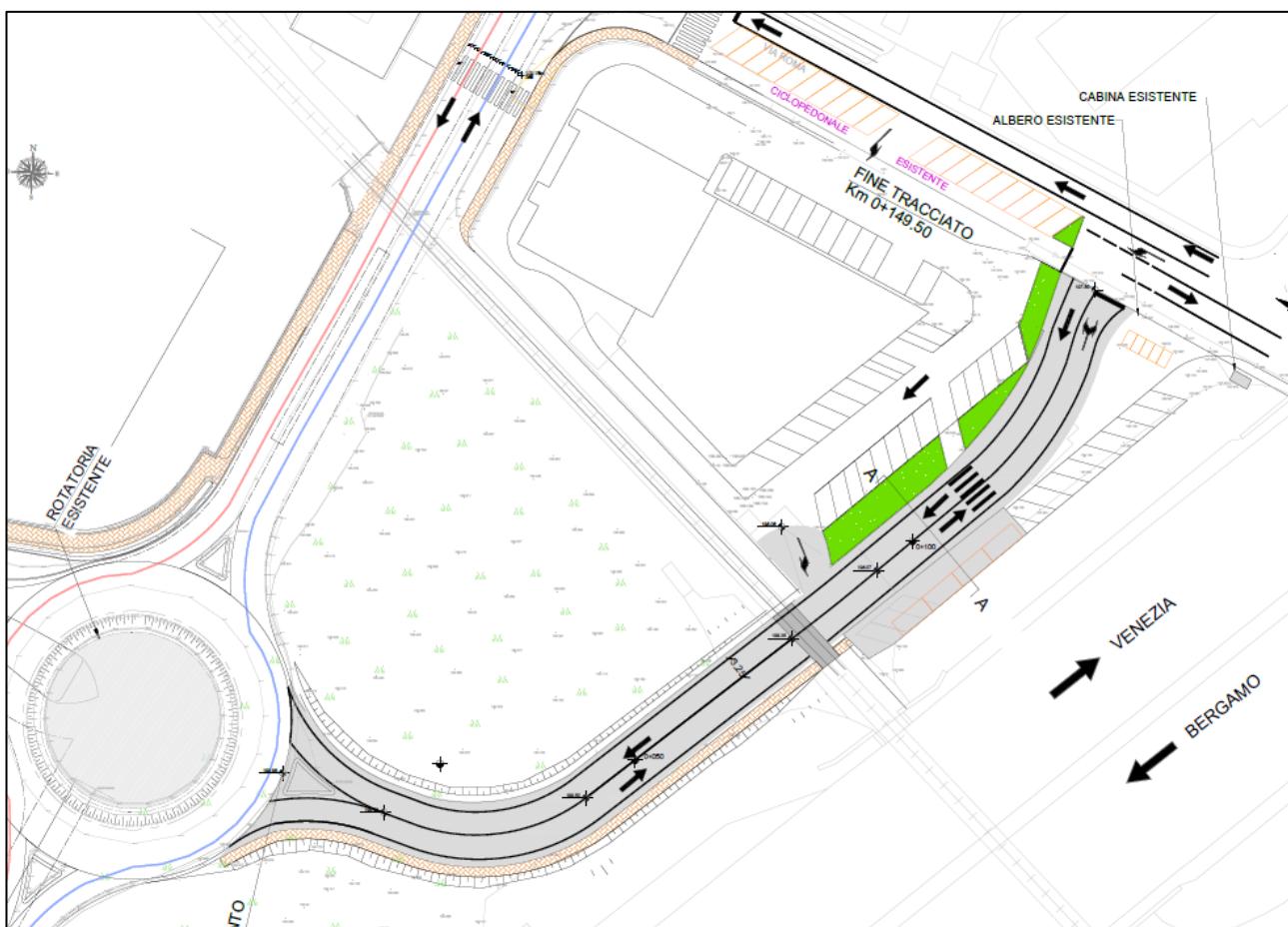


Figura 20 – La Bretella di collegamento stradale tra SP525 e la Via Roma.

#### 4.1.5 Rotatoria Promessi Sposi, Campi Spini e Nigarzola

Nel progetto del E-Brt, sono previste 3 nuove rotonde lungo la SP525, di cui 2 nel comune di Bergamo (loc. "Promessi Sposi" e "Spini") e una nel comune di Dalmine (loc. "Nigarzola").

Lungo la SP525, oltre alle rotonde esistenti, sono presenti altre 2 rotonde oggetto di altri appalti, la rotonda denominata Ferretti (loc. via Guerazzi) nel Comune di Bergamo e la rotonda nel comune di Dalmine.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>33 di 52</b>		

La prima rotatoria è localizzata in corrispondenza dell'intersezione tra via Promessi Sposi e la SP525.



Figura 21 – La Rotatoria Promessi Sposi.

La rotatoria prevede un raggio esterno di 41 m a 4 bracci con corsie di ingresso larghe 4 m e di uscita di 4.50 m, e una corsia di 6 m della rotatoria. Il ramo verso via Gianbattista Tiepolo prevede una svolta a sinistra dopo la curva, mentre l'Asse Principale va verso via della Grumellina. Le esistenti svolte vengono dismesse e una volta rimossa la sede, mitigate.

La seconda rotatoria è prevista sempre nel comune di Bergamo, la rotatoria Campi Spini si trova all'intersezione tra via Campi Spini e la SP525, insieme all'attuale svincolo della Circonvallazione di Leuceriano, che prevede attualmente corsie di immissione in entrata e in uscita molto estese. Tutte le manovre di entrata ed uscita, con la rotatoria, sono ricondotte a questa e gran parte delle corsie inutilizzate saranno rimosse e l'area mitigata.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>34 di 52</b>		



Figura 22 – La Rotatoria Campi Spini.

La rotatoria prevede un raggio esterno di 40 m a 4 bracci con corsie di ingresso larghe 4 m e di uscita di 4.50 m e una corsia di 6 m della rotatoria. Le esistenti svolte vengono dismesse e mitigate.

La terza rotatoria si trova sempre sulla SP525, ma ricade nel comune di Dalmine.

La rotatoria sostituisce l'intersezione a raso della SP525 con via Nigarzola e via della Madonna. Con l'inserimento della rotatoria per l'E-Brt, attraverso la via della Madonna, delle corsie di immissione dedicate verranno rimosse e l'area mitigata.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
		<b>B23D</b>	<b>00 D 00</b>	<b>RG</b>	<b>MD0000 001</b>	<b>A</b>	<b>35 di 52</b>	

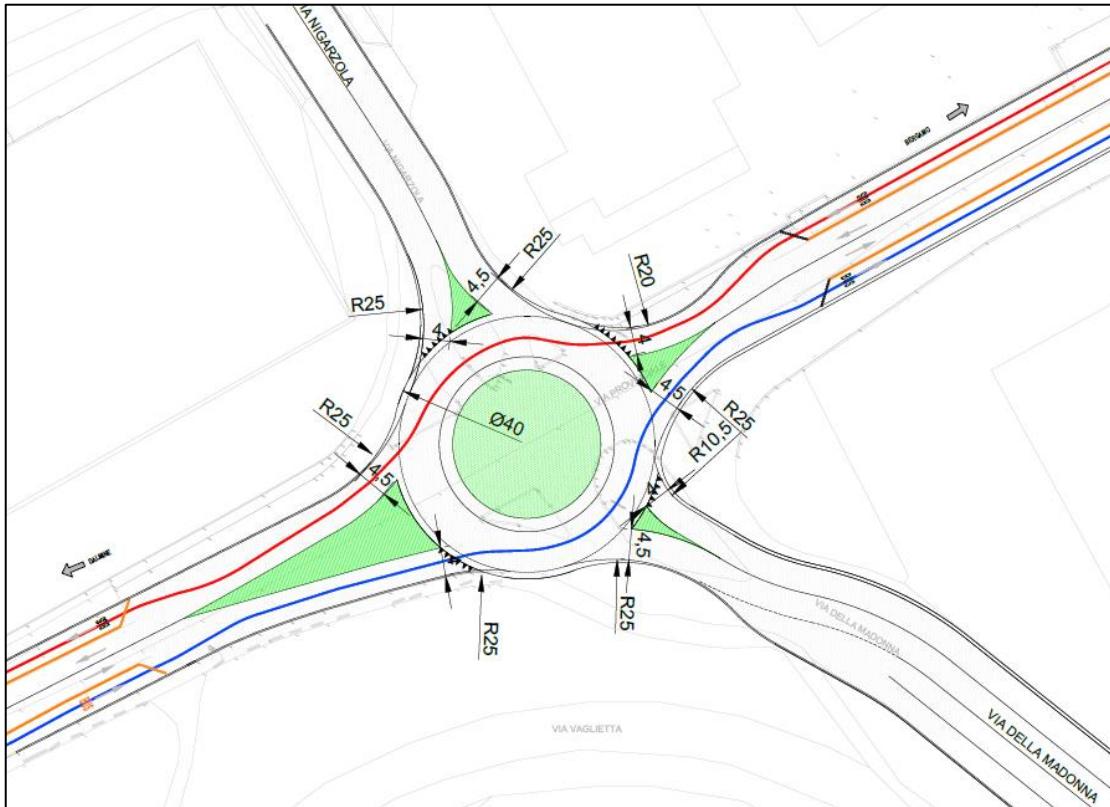


Figura 23 – La Rotatoria Nigarzola.

La rotatoria prevede un raggio esterno di 40 m a 4 bracci con corsie di ingresso larghe 4m e di uscita di 4.50 m, e una corsia di 6m della rotatoria. Le esistenti svolte vengono dismesse e l'area mitigata.

#### 4.1.6 Depositi E-BRT

Sono parte del progetto i depositi dei nuovi bus elettrici.

In particolare i depositi interessati dall'intervento riguardano:

- il **deposito di ATB** di Bergamo esistente, su via M. Gleno, da adeguare ai nuovi stalli e con nuova struttura di copertura fondata sulla piattaforma esistente da demolire e ricostruire; è previsto inoltre un nuovo parcheggio scoperto
- il **deposito di via Per Levate**, nel Comune di Osio Sopra, da realizzare interamente su un terreno edificabile con accesso da via Per Levate.

Si riportano gli estratti planimetrici degli interventi sui depositi.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA
<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D      00 D 00      RG      MD0000 001      A      36 di 52</b>



Figura 24 - Estratto planimetrico intervento di adeguamento degli stalli sul deposito ATB di Bergamo.



Figura 25 - Estratto planimetrico dell'intervento di progetto degli stalli sul deposito di via Per Levate.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INDUSTRIALI DI ARQUITECTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>37 di 52</b>					

#### 4.1.7 Capolinea E-BRT

Il capolinea collocato nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica nel piazzale della stazione RFI, con inversione di marcia nell'esistente rotatoria, verrà coinvolto nella riprogettazione dell'intera area da parte di RFI; per questo motivo, anche in previsione dell'ampliamento della tramvia, la Stazione Appaltante ha dato indicazione di prevedere il capolinea dell'E-BRT di fronte all'attuale terminal autobus extraurbani, alle spalle della sede della S.A.E. in modo da avere un passaggio diretto tra l'E-BRT il terminal tramviario e ferroviario.

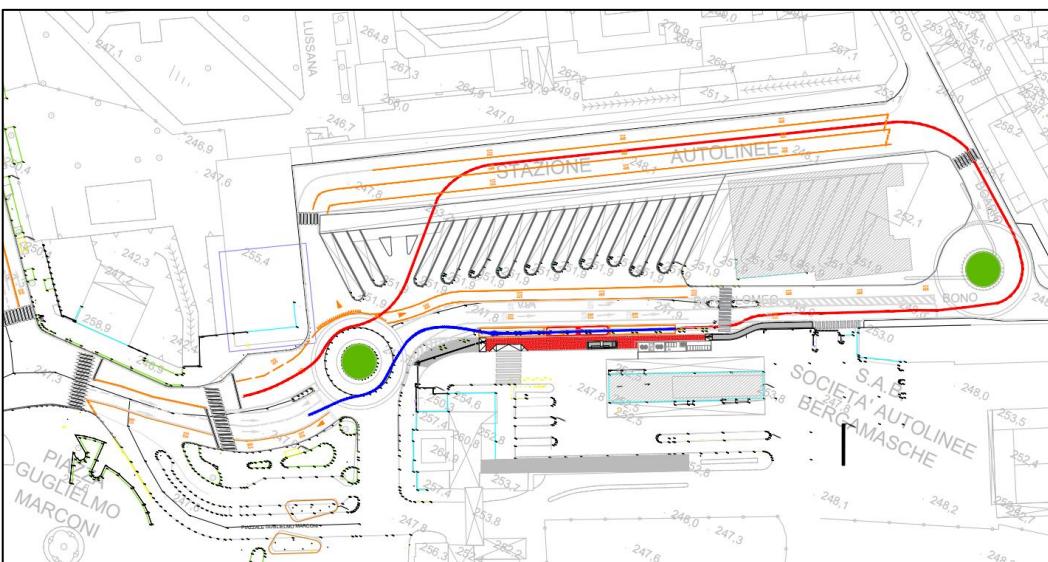


Figura 26 - Capolinea di Bergamo.

Rispetto al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, il capolinea di Verdellino, a seguito delle indicazioni della Stazione Appaltante, è stato posizionato ai margini dell'esistente parcheggio e collegato alla stazione RFI con un nuovo marciapiede.

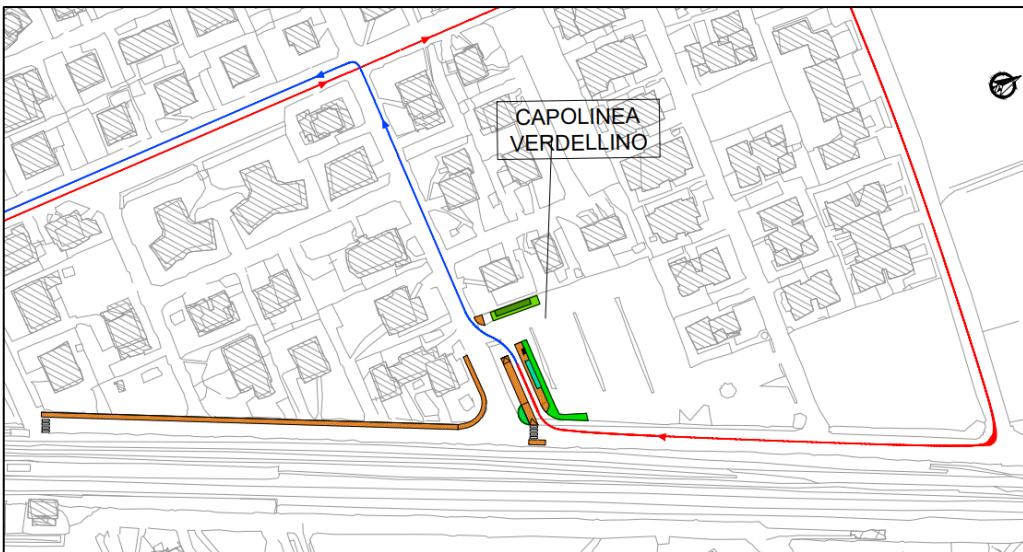


Figura 27 - Capolinea di Verdellino.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>38 di 52</b>					

## 4.2 Intubamento Roggia Colleonesca

Il tobinamento della Roggia Colleonesca rappresenta la maggiore opera dell'intero intervento per la realizzazione dell'allargamento della piattaforma stradale dalla sezione attuale fino alla sezione di progetto prevista di larghezza non minore di 13.10m.

Al fine di tobinare la roggia è stato previsto l'utilizzo dei seguenti manufatti:

- manufatti scatolari in calcestruzzo armato dim. 3.00 x 1.25 m;
- manufatti scatolari in calcestruzzo armato dim. 2.40 x 2.00 m;
- manufatti scatolari in calcestruzzo armato dim. 2.40 x 1.60 m;
- manufatti scatolari in calcestruzzo armato dim. 2.00 x 0.75 m;
- manufatti scatolari in calcestruzzo armato dim. 2.20 x 1.00 m;
- manufatti scatolari in calcestruzzo armato dim. 1.50 x 0.75 m;
- tubazioni in PRFV dim. Ø 1500;

Sono inoltre previsti una serie di manufatti in calcestruzzo armato da gettare in opera, quali:

- manufatto deviatore delle portate tra roggia Colleonesca e roggia Colleonesca ramo di Osio, presso l'intersezione con via Campi Corona;
- manufatto sfioratore presente in corrispondenza della ditta Zanoletti;
- attraversamento del Rio Morletta;
- attraversamento della Roggia Mina Benaglia;
- attraversamento del collettore fognario DN2400 all'intersezione con via Campi Spini;
- manufatto per l'ingresso di mezzi per la manutenzione;
- manufatti per ispezioni.

Sono altresì da annoverare anche una serie di opere minori idrauliche, atte alla ricollocazione degli scarichi oggi presenti ed autorizzati che riversano nella roggia, come ad esempio gli sfioratori del sistema fognario e gli scarichi dei piazzali delle proprietà private.

Quanto sopra è dettagliatamente rappresentato mediante apposita Relazione Tecnica ed elaborati tecnici, cui si rimanda per ogni specifica.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI INDUSTRIALI DI ARQUITETTURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>39 di 52</b>

## 5. STUDIO ARCHITETTONICO

Le fermate previste lungo il tracciato sono in numero totale di 37: in direzione sud (di andata) sono costituite da 15 fermate lungo l'Asse Principale, in direzione nord (di ritorno) sono in numero di 14 fermate lungo l'Asse Principale.

Ci sono ancora 3 fermate nell'Antenna Dalmine e in numero di 5 nell'Antenna km Rosso, oltre che 2 capolinea di inizio (Stazione FS Bergamo) e di fine tragitto (Capolinea di Verdellino).

### 5.1 Fermate, capolinea e sottostazioni

Le fermate, sostanzialmente, possono essere raggruppate in quattro tipologie sotto raffigurate:

- tipo A, avente lunghezza di circa 5 m;
- tipo B, avente lunghezza di circa 8 m;
- tipo C, tettoia di lunghezza 3 m;
- Palina semplice.

Tabella 4 – Fermate E-BRT.

N	COMUNE	DIREZIONE	NOME	TIPOLOGIA PD
1	Bergamo	sud/nord	BERGAMO - Stazione	B
2	Bergamo	sud	BERGAMO - Paleocapa	C
3	Bergamo	sud	BERGAMO - San Giorgio dir. Sud	C
4	Bergamo	nord	BERGAMO - San Giorgio dir. Nord	C
5	Bergamo	sud	BERGAMO - UniBg Dir. Sud	B
6	Bergamo	nord	BERGAMO - UniBg Dir. Nord	Palina
7	Bergamo	sud	BERGAMO - San Tomaso dir. Sud	Palina
8	Bergamo	nord	BERGAMO - San Tomaso dir. Nord	Palina
9	Bergamo	sud	BERGAMO - Moroni dir. Sud	A
10	Bergamo	nord	BERGAMO - Moroni dir. Nord	B
11	Bergamo	sud	BERGAMO - Villaggio Sposi dir. Sud	B
12	Bergamo	nord	BERGAMO - Villaggio Sposi dir. Nord	B
13	Bergamo	sud	BERGAMO - Grumello del Piano dir. Sud	A
14	Bergamo	nord	BERGAMO - Grumello del Piano dir. Nord	B
15	Lallio	sud	LALLIO CENTRO - Dir. Sud	B
16	Lallio	nord	LALLIO CENTRO - Dir. Nord	B
17	Dalmine	sud	SP525 Area Commerciale - dir. Sud	A
18	Lallio	nord	SP525 Area Commerciale - dir. Nord	A
19	Dalmine	Sud	DALMINE - Guzzanica dir. Sud	Palina
20	Dalmine	nord	DALMINE - Guzzanica dir. Nord	A
21	Dalmine	-	DALMINE - Locatelli dir. Sud	A

Capogruppo/mandataria:	Mandanti:	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO						
	ERREGI SERVIZI INFORMATIVI ERREGI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>						
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>			COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	
			B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	FOGLIO 40 di 52

N	COMUNE	DIREZIONE	NOME	TIPOLOGIA PD
22	Dalmine	-	DALMINE - Locatelli dir. Nord	A
23	Dalmine	-	DALMINE - Antenna	B
24	Dalmine	sud	DALMINE - Veodromo dir. Sud	Palina
25	Dalmine	nord	DALMINE - Veodromo dir. Nord	A
26	Osio Sopra	sud	OSIO SOPRA dir. Sud	A
27	Osio Sopra	nord	OSIO SOPRA dir. Nord	A
28	Osio Sotto	sud	OSIO SOTTO dir. Sud	A
29	Osio Sotto	nord	OSIO SOTTO dir. Nord	A
30	Verdellino	sud	VERDELLINO ZINGONIA dir. Sud	Palina
31	Verdellino	nord	VERDELLINO ZINGONIA dir. Nord	Palina
32	Verdellino	sud/nord	VERDELLINO Stazione	B
33	Stezzano	-	STEZZANO Stazione	Palina
34	Stezzano	-	Brembo Stezzano	Palina
35	Stezzano	-	Kilometro Rosso	Palina
36	Stezzano	-	Brembo Bergamo	Palina
37	Stezzano	-	STEZZANO Cascinetto	A

Si riportano nel seguito le figure tipologiche dell'architettonico delle fermate.

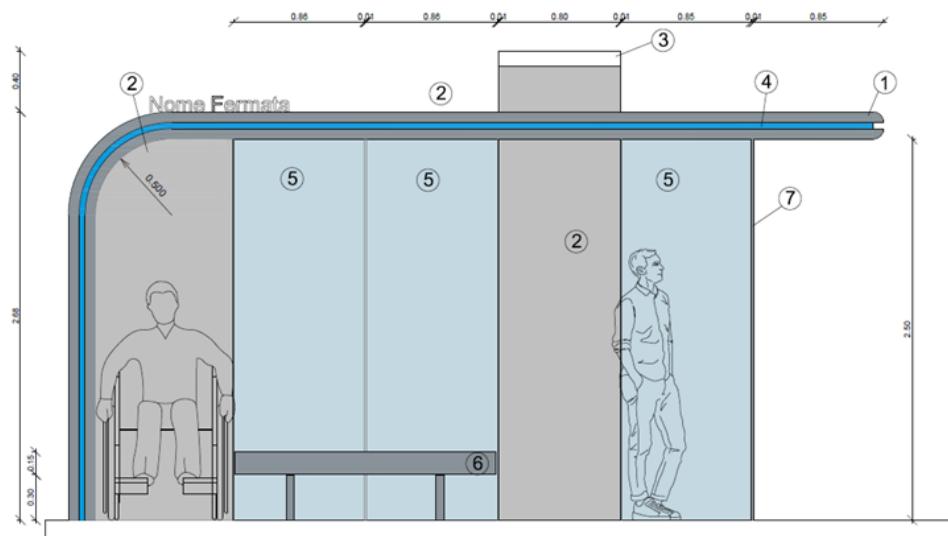


Figura 28 - Pensilina fermata tipo A (1.6 x 5.4 m).

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>			
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>41 di 52</b>

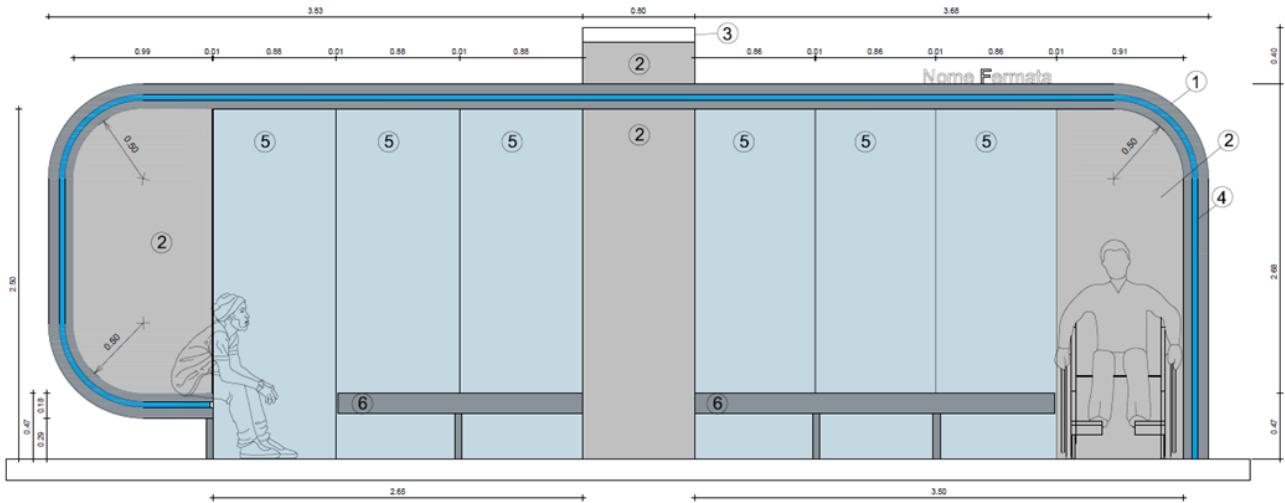


Figura 29 - Pensilina fermata tipo B (1.6 x 8.3 m).

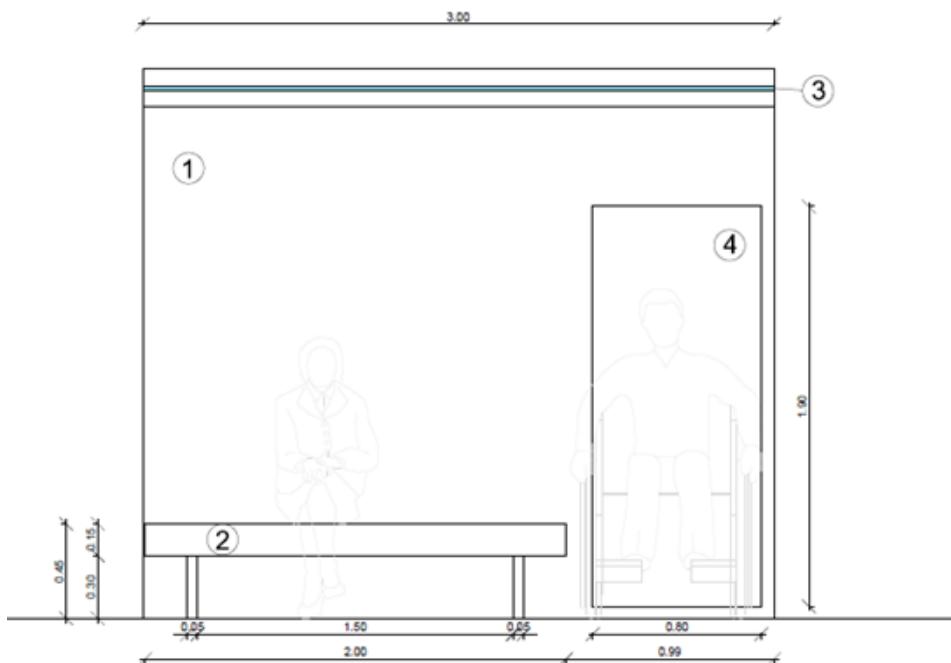


Figura 30 - Tettoia fermata tipo C (lunghezza 3 m).

Alcune fermate dell'elenco sopra riportato sono costituite da semplici paline del tipo mostrato nella figura seguente:

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		<b>B23D</b>	<b>00 D 00</b>	<b>RG</b>	<b>MD0000 001</b>	<b>A</b>	<b>42 di 52</b>

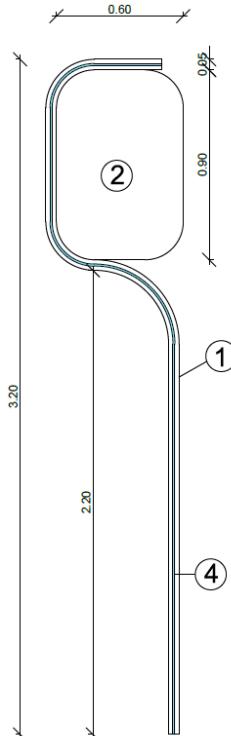


Figura 31 – Palina per fermate E-BRT.

## 5.2 Opere a verde

Il progetto del tracciato del bus elettrico ha tenuto in considerazione i seguenti aspetti tematici che sono stati affrontati nella relazione dello studio agroforestale redatta da un esperto agronomo:

- inquadramento dell’area d’inserimento dell’opera di progetto sotto il profilo agronomico-forestale e vegetazionale, più in generale naturalistico, anche con riferimento all’attraversamento, relativamente alla bretella di collegamento con il “Kilometro Rosso”, dell’area del Parco Locale d’Interesse Sovracomunale “Madonna dei Campi”;
- impatti del progetto in studio sulla componente agronomico-forestale e vegetazionale e, più in generale, naturalistica dell’area d’inserimento;
- impatti del progetto in studio sul settore agricolo, anche con riferimento a possibili danni che le aziende agricole operanti sul territorio potrebbero subire a seguito della realizzazione dell’opera (sottrazione aree, creazione aree intercluse, sospensione attività per cantierizzazione, etc.);
- indicazioni progettuali in merito alle sistemazioni a verde da adottare, ed alle eventuali compensazioni ambientali da mettere in atto in relazione all’esecuzione del progetto in studio, queste ultime anche con riferimento all’applicazione nel caso in esame del metodo regionale STRAIN (STudio interdisciplinare sui RAporti tra protezione della natura ed INfrastrutture) approvato con DDG 4517 Qualità dell’Ambiente del 07.05.2007.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZIO INFORMATICO INNOVATIVO DI ARCHEOLOGIA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>															
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>B23D</td> <td>00 D 00</td> <td>RG</td> <td>MD0000 001</td> <td>A</td> <td>43 di 52</td> </tr> </table>					COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	43 di 52
COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	43 di 52													

I fattori che saranno tenuti in considerazione nella progettazione esecutiva per la scelta delle specie vegetali da utilizzare per gli interventi di mitigazione ambientale sono così sintetizzabili:

- fattori ecologici: le specie prescelte saranno individuate tra quelle autoctone, sia per motivi ecologici (dinamismo vegetazionale) che per capacità di attecchimento. Si cercherà anche di individuare specie che possiedano doti di reciproca complementarietà, in modo da formare associazioni vegetali polifitiche ben equilibrate e con doti di apprezzabile stabilità nel tempo;
- criteri ecosistemici: si terrà conto della potenzialità delle specie vegetali nel determinare l'arricchimento della complessità biologica, anche al fine di incrementare la disponibilità di rifugio e di fonti alimentari per l'avifauna e la fauna terrestre;
- fattori logistici: si terrà conto della reperibilità sul mercato del materiale vivaistico;
- criteri agronomici ed economici: in generale gli interventi saranno calibrati in modo da contenere gli interventi e le spese di manutenzione (potature, sfalci, irrigazione, concimazione, diserbo);
- criteri di sicurezza stradale.

Si rimanda alla relazione sullo studio agroforestale per ulteriori dettagli sui temi elencati sopra.

## 6. OPERE CIVILI

### 6.1 Depositi di via Gleno e via Per Levate

I depositi di via Gleno e di via per Levate sono ubicati rispettivamente nel comune di Bergamo e di Osio Sopra e rappresentano le due rimesse di ricarica per gli autobus E-BRT.

Il deposito di via Gleno ospita 13 stalli coperti con 12 stazioni di ricarica over-night e 1 stazione di ricarica opportunity charging mentre il deposito di via per Levate ospita 8 stalli coperti con 7 stazioni di ricarica over-night e 1 stazione di ricarica opportunity charging.

Il progetto del deposito di via Gleno inoltre comprende una rimessa all'aperto che ospita 10 stalli per autobus non E-BRT.

La copertura degli stalli di via Gleno ha una struttura in carpenteria metallica reticolare spaziale mentre quella di via per Levate ha una struttura in carpenteria metallica ordinaria.

Si rimanda agli specifici elaborati tecnici e grafici per l'approfondimento della tematica.

## 7. IMPIANTI MECCANICI

Sono previsti impianti di condizionamento e ventilazione meccanica asserviti ai locali tecnici realizzati nei box prefabbricati per l'installazione delle apparecchiature.

A servizio di ciascun locale saranno previsti due sistemi di controllo della temperatura interna:

- sistemi di raffrescamento ad espansione diretta a volume di refrigerante variabile ciascuno costituito da condizionatore di precisione a pavimento, completo di elettroventilatore di tipo centrifugo accoppiato a motore elettrico EC Inverter e da un condensatore remoto.
- sistema "di riserva" costituente ridondanza funzionale, alimentato in preferenziale, composto da impianto di estrazione forzata con ventilatore a parete in classe F, asservito a termostato ambiente e serrande a gravità per la ripresa dell'aria, installate sulle porte di

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>			COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>44 di 52</b>

accesso ai locali del container. L'ingresso dell'aria di rinnovo ambiente avverrà attraverso la griglia di aerazione posta sulla porta di accesso al locale, munita di serranda a gravità.

In condizioni ordinarie è in funzione il sistema primario di condizionamento. Le condizioni di progetto sono le seguenti:

- Esterno: T = 31°C, U.R. = 50%
- Interno: T = 25 °C, U.R. = n.c.

In caso di guasto del sistema di condizionamento entra in funzione la ventilazione forzata, con temperatura di attivazione da termostato ambiente pari a 30 °C.

Di seguito si descrivono le specifiche di dimensionamento nei vari locali

## 7.1 Locale MT/BT

Nel locale cabina elettrica MT/BT i carichi endogeni da abbattere sono i seguenti:

- rilascio trasformatore in resina da 1600 kVA, dato dalla somma tra le perdite a vuoto e le perdite sotto carico, assunto pari a 16.500 W;
- dissipazione termica dell'UPS da 3kVA pari a circa 300 W.
- dissipazione termica quadristica elettrica pari a circa 3000 W.

per una potenza sensibile risultante pari a circa 20 kW.

La potenza frigorifera di progetto dell'impianto di condizionamento viene posta pari a circa 22 kW per compensare le rientranze e i carichi interni.

La portata aria del sistema di estrazione in emergenza viene assunta pari a circa 7.500 mc/h.

In aggiunta in questo locale sarà previsto un impianto di ventilazione dedicato all'UPS da 3 kVA, che dovrà assicurare lo smaltimento dell'idrogeno eventualmente rilasciato dal pacco batterie al fine di evitare la formazione di atmosfere potenzialmente esplosive: il sistema prevede un canale di espulsione con terminale in ambiente facente capo ad un ventilatore di estrazione da 300 mc/h, ed una griglia di immissione aria da installarsi in posizione contrapposta. Dovrà essere predisposto un dispositivo che verifichi il corretto funzionamento dell'estrattore (flussometro o relè amperometrico sulla linea di alimentazione dell'estrattore) e che, in caso di guasto, blocchi il processo di ricarica delle batterie.

## 7.2 Locale ricarica opportunity charging

Nel locale ricarica opportunity charging carichi endogeni da abbattere sono i seguenti:

- rilascio armadio da 540 kW pari a circa 6 kW.

La potenza frigorifera di progetto dell'impianto di condizionamento viene posta pari a circa 8 kW per compensare le rientranze e i carichi interni.

La portata aria del sistema di estrazione in emergenza viene assunta pari a circa 4.500 mc/h.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:  	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>	COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>45 di 52</b>

## 7.3 Locali ricariche notturne

In ciascuna delle tre cabine di ricarica notturna i carichi endogeni da abbattere sono i seguenti:

- Rilascio armadio da 120 kW pari a circa 2 kW.

La potenza frigorifera di progetto dell'impianto di condizionamento viene posta pari a circa 3 kW.  
La portata aria del sistema di estrazione in emergenza viene assunta pari a circa 1.500 mc/h.

## 8. IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA

Il presente capitolo ha per oggetto la descrizione degli impianti a servizio dei depositi di Bergamo e Osio sopra, del capolinea di Bergamo Stazione, del capolinea di stazione Dalmine-Verdello, delle fermate di linea, delle nuove rotatorie e di alcuni incroci esistenti.

### 8.1 Depositi

All'interno del deposito di Bergamo sono previsti:

- un sistema di ricarica del tipo Opportunity Charging da 540 kW con pantografo;
- un sistema per le ricariche notturne, composto da 12 moduli di ricarica da 120 kW ognuno con avvolgicavo del tipo "roll-up" posizionato a soffitto sulla copertura adibita al ricovero e ricarica dei mezzi di trasporto;
- impianto di forza motrice e illuminazione.

Per l'alimentazione degli impianti sono previste una cabina di consegna dell'ente distributore, una cabina di trasformazione MT/BT con all'interno il quadri di media tensione e il trasformatore MT/BT, una cabina di bassa tensione con all'interno i quadri di bassa tensione e il rack per la gestione degli impianti e il sistema TLC, una cabina di ricarica con all'interno la stazione di conversione AC/DC per la ricarica Opportunity Charging con alimentazione in ingresso a 400 Vac del tipo 3F + N + T e uscita (positivo/Negativo) a 750 Vcc e delle cabine con all'interno le 12 stazioni di conversione AC/DC di ricarica notturna con alimentazione in ingresso a 400 Vac del tipo 3F + N + T con uscita (positivo/Negativo) a 750 Vcc.

Tutte le cabine saranno del tipo prefabbricate monoblocco in CAV.

Inoltre, è previsto un impianto fotovoltaico che sarà installato sulla copertura adibita al ricovero e ricarica dei mezzi di trasporto. L'impianto di potenza pari a 135,3 kW sarà composto da 330 pannelli fotovoltaici del tipo monocristallino da 410 W e 2 inverter del tipo trifase, di potenza 66,6 kW, quest'ultimi posizionati alla base della copertura.

All'interno del deposito di Osio Sopra sono previsti:

- un Sistema di ricarica del tipo Opportunity Charging da 540 kW con pantografo;
- un sistema per le ricariche notturne, composto da 7 moduli di ricarica da 120 kW ognuno con avvolgicavo del tipo "roll-up" posizionato a soffitto sulla copertura adibita al ricovero e ricarica dei mezzi di trasporto;
- impianto di forza motrice e illuminazione.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI INGENIERIA ED ARCHITETTURA	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>46 di 52</b>					

Per l'alimentazione degli impianti sono previste una cabina di consegna dell'ente distributore, una cabina di trasformazione MT/BT con all'interno il quadri di media tensione e il trasformatore, una cabina di bassa tensione con all'interno i quadri di bassa tensione e il rack per la gestione degli impianti e il sistema TLC, una cabina di ricarica con all'interno la stazione di conversione AC/DC per la ricarica Opportunity Charging con alimentazione in ingresso a 400 Vac del tipo 3F + N + T e uscita (positivo/Negativo) a 750 Vcc e delle cabine con all'interno le 7 stazioni di conversione AC/DC di ricarica notturna con alimentazione in ingresso a 400 Vac del tipo 3F + N + T e uscita (positivo/Negativo) a 750 Vcc.

Tutte le cabine saranno del tipo prefabbricate monoblocco in CAV.

Inoltre, è previsto un impianto fotovoltaico che sarà installato sulla copertura adibita al ricovero e ricarica dei mezzi di trasporto. L'impianto di potenza pari a 114,4 kW sarà composto da 279 pannelli fotovoltaici del tipo monocristallino da 410 W e 2 inverter del tipo trifase, di potenza 66,6 kW, quest'ultimi posizionati alla base della copertura.

## 8.2 Capolinea

Per i capolinea sono previsti:

- un Sistema di ricarica del tipo Opportunity Charging da 540 kW con pantografo;
- un impianto di forza motrice e illuminazione.

Per l'alimentazione degli impianti sono previste una cabina di consegna dell'ente distributore, una cabina di trasformazione MT/BT con all'interno il quadri di media tensione e il trasformatore MT/BT, una cabina di bassa tensione con all'interno i quadri di bassa tensione e il rack per la gestione degli impianti e il sistema TLC, una cabina di ricarica con all'interno la stazione di conversione AC/DC per la ricarica Opportunity Charging con alimentazione in ingresso a 400 Vac del tipo 3F + N + T e uscita (positivo/Negativo) a 750 Vcc. Tutte le cabine saranno del tipo prefabbricate monoblocco in CAV.

## 8.3 Fermate

Per le fermate è previsto un impianto di forza motrice e illuminazione.

L'alimentazione degli impianti a servizio delle fermate con pensilina è prevista tramite nuove forniture in bassa tensione del tipo monofase 230 Vac.

Il contatore sarà alloggiato all'interno di un armadio stradale posizionato nelle immediate vicinanze delle stesse. All'interno dello stesso saranno alloggiati sia il contatore dell'ente distributore, sia il quadro elettrico di bassa tensione per l'alimentazione delle utenze a servizio delle fermate.

L'armadio stradale sarà del tipo in resina, dalle dimensioni tali da alloggiare tutti i componenti suddetti e con grado di protezione IP 55. Per le fermate senza pensiline, ma solo con paline, non sono previste forniture elettriche in quanto trattasi di paline con sistemi di ricarica tramite pannelli fotovoltaici.

## 8.4 Rotatorie e incroci esistenti

Per le rotatorie e gli incroci esistenti sarà previsto un impianto di forza motrice e illuminazione.

L'alimentazione degli impianti a servizio delle rotatorie è prevista tramite nuove forniture in bassa tensione del topo monofase 230 Vac. Il contatore sarà alloggiato all'interno di un armadio stradale posizionato nelle immediate vicinanze delle stesse. All'interno dello stesso saranno alloggiati sia il

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI SERVIZI DI ARQUITETURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b>  <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		<b>COMMESSE</b> <b>B23D</b>	<b>LOTTO</b> <b>00 D 00</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>47 di 52</b>

contatore dell'ente distributore, sia il quadro elettrico di bassa tensione per l'alimentazione delle utenze a servizio delle rotatorie. Dallo stesso quadro elettrico saranno alimentati e gestiti anche gli impianti semaforici ove previsti.

L'armadio stradale sarà del tipo in resina, dalle dimensioni tali da alloggiare tutti i componenti suddetti e con grado di protezione IP 55. Per gli incroci esistenti non sono previste nuove forniture elettriche in quanto ci si collegherà alle attuali forniture semaforiche esistenti, con aggiunta di armadi stradali in vetroresina per l'alloggiamento delle nuove apparecchiature (quadri elettrici BT ed apparecchiature TLC).

## 9. SOTTOSERVIZI

I lavori necessari per la riconfigurazione stradale comportano attività invasive con numerose demolizioni di opere in calcestruzzo ed opere di sistemazione urbana (aiuole, marciapiedi ecc.) e scavi di profondità variabili, con profondità massima di oltre 4.00 m dal piano stradale. In particolare, per la ridefinizione del profilo longitudinale della roggia Colleonesca la quale, come già accennato, sarà oggetto di intubamento per le ampie tratte che ad oggi risultano ancora scoperte (circa 5.600 m).

All'interno del contesto testé descritto, assume un aspetto decisamente rilevante e strategico l'individuazione dei sottoservizi presenti interferenti con la realizzazione delle opere e la risoluzione tecnica delle medesime interferenze. Il passato ci insegna infatti che la realizzazione di nuove opere, poste all'interno di un fitto tessuto urbano come nel caso dell'E-BRT, sono sicuramente condizionate sia temporalmente che tecnicamente dalla presenza dei sottoservizi esistenti e dalla risoluzione delle interferenze con gli stessi, delegate, per la maggior parte delle volte, agli enti gestori dei servizi.

Nella maggior parte dei casi, infatti, saranno gli enti gestori stessi a dover risolvere le interferenze individuate (come normativamente esplicato nel seguito) con personale da essi incaricato, andando quindi ad incrociarsi con il cosiddetto "*critical path*" di esecuzione delle opere.

Sulla base dei riferimenti normativi che prevedono una collaborazione attiva degli Enti gestori delle reti impiantistiche, sono stati riattivati i contatti con i responsabili dei singoli Enti sentiti dalla Stazione Appaltante durante la fase di PFTE, estendendo la ricerca anche ad ulteriori Enti gestori di sottoservizi potenzialmente interessati dal tracciato dell'opera.

Si è cercato, attraverso un approccio sistematico, di acquisire il maggiore numero di informazioni possibili in merito al censimento delle reti e degli impianti preesistenti. Chiaramente, ci si è concentrati nella classificazione dei servizi "interferenti" con le opere in oggetto, secondo la seguente metodologia.

In funzione della tipologia di lavorazioni previste per la realizzazione delle opere necessarie, si sono valutati diversi livelli di interferenza con i servizi presenti, così come meglio descritto nei documenti tecnici di progetto, suddivisi in 4 livelli, da "molto interferente" a "non interferente".

All'interno degli elaborati progettuali sono quindi stati rappresentati solamente i servizi classificati nei primi 3 livelli, mentre non sono stati rappresentati i servizi non interferenti.

Dopo aver consolidato, per quanto possibile, le informazioni raccolte, queste ultime sono state:

- riepilogate in macrovoci all'interno di un Quadro Generale, all'interno del quale sono stati identificati l'Ente Gestore, i tecnici di riferimento ed i relativi recapiti, lo Stato dei lavori che è stato possibile compiere alla consegna del Progetto Definitivo sulla base dei dati ricevuti;
- tabellate in maniera riassuntiva all'interno di un Quadro Riepilogativo dove sono stati identificati, mediante apposito Id, ciascun sottoservizio interferente, l'ente gestore di riferimento, le modalità di risoluzione in maniera riassuntiva;

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI SERVIZI DI ARQUITETURA studio CARRARA ARCHITECTURE IN CARRARA <i>Dream builders</i>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>48 di 52</b>

- rappresentate sugli elaborati grafici mediante le Planimetrie delle Interferenze, redatte in scala 1:500 e contenenti i riferimenti per ciascuna interferenza (Id) individuata;
- elaborate in appositi Fascicoli delle Interferenze contenenti tutti i dati necessari per l'individuazione di ciascuna interferenza e delle modalità risolutive, senza pretesa di esaustività atteso che diversi Enti hanno fornito risposte parziali e indicative (sul punto si rimanda a specifico paragrafo).

Sono state individuate, in definitiva, le seguenti tipologie di interferenze:

- a. Rete trasporto gas (bassa, media ed alta pressione);
- b. Rete trasporto ossigeno e azoto;
- c. Linee elettriche (bassa e media tensione) sia interrate che aeree;
- d. Teleriscaldamento;
- e. Telefonia;
- f. Telecomunicazioni;
- g. Idrico;
- h. Fognatura;
- i. Pannelli pubblicitari;
- j. Illuminazione pubblica;
- k. Impianti semaforici esistenti;
- l. Rete smaltimento acque meteoriche di piattaforma;
- m. Scarichi acque bianche e miste entro la Roggia;

All'interno degli elaborati grafici planimetrici, è stata redatta apposita Legenda con l'elenco di ciascun sottoservizio interferente individuato e l'Ente Gestore.

## 10. PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIOPRO

Il piano particellare è redatto ai sensi del D.P.R. n°327/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità" ed a termine dei contenuti della L. 241/1990 in tema di partecipazione al procedimento amministrativo che impone la comunicazione di avvio del procedimento ai proprietari interessati dall'intervento prima dell'approvazione del progetto definitivo, anche al fine di recepire eventuali osservazioni e/o indicazioni. Il piano è pertanto finalizzato all'individuazione delle Ditte proprietarie dei terreni interessati sia dall'esproprio che da occupazioni temporanee per la realizzazione dei lavori previsti dal progetto.

Il piano si compone di una Relazione descrittiva nella quale vengono analiticamente elencate le ditte espropriate risultanti dai registri catastali e relativi dati catastali (vedi artt. 3 e 16 del t.u. 8 giugno 2001, n. 327), la superficie totale delle particelle, nonché la quota parte da espropriare o in ogni modo da sottoporre a limitazioni, servitù, occupazioni temporanee non preordinate all'esproprio e corrispondenti indennità offerte oltre che dagli elaborati grafici che consentono di individuare con immediatezza l'area territoriale interessata dall'opera pubblica riportata sulla mappa catastale aggiornata, nonché le singole particelle interessate dall'esproprio.

Si rimanda agli elaborati specialistici allegati al presente progetto per il relativo approfondimento.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions Italia</small>	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> <small>Passion &amp; Solutions France</small>	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZIO INFORMATICO INGENIERIA ED ARCHITETTURA</small>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA      LOTTO      CODIFICA      DOCUMENTO      REV.      FOGLIO <b>B23D</b> <b>00 D 00</b> <b>RG</b> <b>MD0000 001</b> <b>A</b> <b>49 di 52</b>					

## 11. GESTIONE DELLE TERRE

La normativa vigente in materia di Terre e Rocce da scavo fa capo al D.Lgs.152/06 e s.m.i. (art.183, Definizioni, art.184 bis, art.185) e al D.P.R.120/2017, recante disciplina semplificata per la gestione delle terre e rocce da scavo.

I materiali di risulta sono essenzialmente costituiti da terre e rocce da scavo, mentre i materiali da demolizione provengono dalla demolizione di manufatti esistenti e dalla rimozione della pavimentazione stradale.

In conformità al D.P.R.120/2017, dovrà essere condotta in fase di esecuzione dei lavori un'indagine ambientale per la caratterizzazione dei terreni; tale indagine sarà svolta secondo modalità di campionamento dipendenti dalla tipologia delle opere di scavo (opere di scavo a sezione ristretta, opere di scavo a sezione ampia).

Parte delle terre provenienti dagli scavi (circa il 70%) verrà riutilizzato per i riempimenti, mentre la restante parte in esubero sarà gestita come di seguito indicato:

- le Terre che a seguito dell'indagine ambientale risulteranno conformi ai limiti della Tab. 1 Colonna A, Allegato 5, Parte IV del D. Lg.152/06 e s.m.i., verranno gestite come sottoprodotto nell'ambito della disciplina di cui al D.P.R.120/2017;
- le Terre non conformi ai limiti della Tab. 1 Colonna A, Allegato 5, Parte IV del D. Lg.152/06 e s.m.i., verranno gestite come rifiuti ai sensi dell'art.23 del D.P.R120/2017, presso appositi impianti di trattamento/smaltimento.

Le modalità di caratterizzazione e di gestione dei materiali provenienti dalle attività di scavo sono descritte nella relativa Relazione specialistica (B23D00D00PGTABRC0001A\_Piano preliminare di riutilizzo terre e rocce da scavo).

## 12. SICUREZZA, CANTIERIZZAZIONE, BONIFICA ORDIGNI BELLICI

Gli elaborati della sicurezza, previsti nel presente progetto, descrivono nello specifico tutte le opere previste per la realizzazione dei lavori.

Le aree di cantiere oggetto degli interventi sono individuate in parte nel territorio urbano della città, in parte nei territori extra urbani di collegamento tra la città di Bergamo ed i limitrofi comuni si Lallio, Stezzano, Dalmine, Osio Sopra, Osio Sotto, Verdellino, sino al capolinea di Verdellino.

In particolare, la realizzazione della nuova rete filoviaria interesserà una direttrice principale di traffico: Asse Capolinea Bergamo – Capolinea di Verdellino che insiste per la maggior parte del tracciato sulla SP525 con l'aggiunta di una porzione di percorso a servizio del cosiddetto Kilometro Rosso chiamata per brevità Asse Rosso e una deviazione a servizio del comune di Dalmine chiamata Asse Dalmine.

Gli interventi prevedono la realizzazione della linea E-BRT stradale attraverso l'allargamento della sede stradale con tombinamento della Roggia Colleonesca, demolizione e rifacimento di marciapiedi, rotonde e piste ciclabili. È inoltre prevista la realizzazione di n.42 fermate dislocate sul tragitto, ciascuna di esse è dotata di alimentazione elettrica per illuminazione e paline informative con schermi di aggiornamento in tempo reale.

In estrema sintesi questo comporta la realizzazione di lavorazioni quali:

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> SERVIZI INFORMATIVI SOGNO ARQUITECTURA
<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b>		
<b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>		

## **RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA**

COMMESSE	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
B23D	00 D 00	RG	MD0000 001	A	50 di 52

- interventi di modifica sede stradale, marciapiedi, pensiline, rotatorie;
- realizzazione sottostazioni di alimentazione della rete;
- impianti semaforizzazione preferenziale;
- modifiche alla segnaletica orizzontale;
- modifiche alla segnaletica verticale;
- modifiche all'illuminazione pubblica;
- demolizione di sede di alloggiamento della roggia e scavi;
- realizzazione di nuova intubatura della Roggia Colleonesca;
- ripristino asfaltatura nelle zone interessate dai lavori di cui sopra;
- realizzazione di nuovi depositi BUS in via Monte Gleno (Bergamo) e in via Per Levate (Osio Sopra);
- Opere accessorie per la realizzazione di campi base.

Dal soprastante elenco delle lavorazioni è ben evidente che saranno presenti due tipologie ben distinte di cantieri, ovvero:

- la prima tipologia è rappresentata dal cantiere per la realizzazione della linea E-BRT, la cui natura sarà quella di tipo itinerante, caratterizzata dall'avanzamento delle lavorazioni lungo la tratta individuata da progetto; questo cantiere sarà definito "Cantiere di Linea";
- la seconda tipologia è rappresentata dal cantiere per la realizzazione dei depositi di via Monte Gleno e Per Levate, la cui natura sarà invece di tipo stabile e strutturato; questa tipologia di cantiere sarà denominata "Cantiere fisso".

Nella documentazione relativa alla sicurezza sono state analizzate tutte le lavorazioni previste, i rischi connessi alla loro realizzazione, gli obblighi delle varie parti coinvolte, le indicazioni per la realizzazione dei lavori.

I criteri generali adottati per lo sviluppo della cantierizzazione relativa alla realizzazione delle opere inerenti alla rete del trasporto pubblico cittadino, hanno tenuto conto dei numerosi vincoli esistenti sul territorio Bergamasco.

In particolare:

- la situazione del traffico cittadino che, si sviluppa lungo la principale direttrice, risulta normalmente a livelli di guardia con punte di criticità costanti negli orari di picco;
- l'oggettiva difficoltà ad individuare direttive alternative in corrispondenza di chiusure parziali;
- l'eterogeneità dell'asse stradale, spesso di dimensioni ridotte all'interno delle deviazioni come quella del Km rosso o del comune di Verdellino nonché nelle strade di accesso al nucleo abitato del comune di Bergamo;
- la difficoltà a reperire grandi aree di cantiere per la logistica ed il deposito di mezzi, materiali e per l'accumulo temporaneo delle terre.

Il tracciato è stato suddiviso in diversi "frazionamenti", secondo un criterio di omogeneità infrastrutturale individuandoli in quei tratti di asse nei quali l'infrastruttura stradale risulta sostanzialmente omogenea, suddividendoli a loro volta in diversi "cantieri" in funzione della possibile tipologia del cantiere stesso ed al numero e rilevanza di passi carrabili, accessi ed incroci riscontrati.

Capogruppo/mandataria:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions Italia	Mandanti:  <b>ARTELIA</b> Passion & Solutions France	 <b>ERREGI</b> <small>SERVIZI INFORMATIVI ED ARCHITETTURA</small>  <b>studioCARRARA</b> <small>ARCHITETTURA IN CLOUD</small> <i>Dream builders</i>	<b>REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</b> <b>-PROGETTO DEFINITIVO-</b>				
<b>RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA</b>		COMMESSA <b>B23D</b>	LOTTO <b>00 D 00</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>51 di 52</b>

L'intero tracciato è stato suddiviso per perseguire gli obiettivi di:

1. privilegiare la rapidità del cantiere rispetto alla lunghezza del tratto di intervento: cantieri su strada di lunghezze brevi comportano un avanzamento più rapido (pressoché in continuo) dell'area di cantiere, con minor disagio in termini di attività (negozi e passi carrai) e vivibilità (percorsi pedonali e accessi alle aree private) nel tratto interessato dal cantiere;
2. garantire sempre gli accessi ai passi carrai ed agli esercizi commerciali;
3. garantire il passaggio dei mezzi di emergenza;
4. garantire la viabilità trasversale all'asse oggetto di intervento, interrompendo l'area di cantiere in corrispondenza delle intersezioni laterali ed effettuando i lavori sull'intersezione limitando al massimo il tempo di intervento.

Ne consegue un frazionamento del tracciato in 52 parti, di cui 38 vengono a loro volta divisi in cantieri di andata e di ritorno. Quando andata e ritorno coincidono nella carreggiata i cantieri, che si sviluppano sulle corsie di senso opposto sono denominati come C.XX.1 per l'andata e C.XX.02 per il ritorno. Per le porzioni di percorso ove l'andata non coincide con il ritorno sono dedicati cantieri denominati C.AXX per l'andata e C.RXX per il ritorno.

Sono inoltre presenti cantieri dedicati per la realizzazione delle fermate denominati F.XX nonché dei campi base e dei depositi.

Con riferimento alla valutazione del rischio bellico, analizzando il contesto storico del comune di Bergamo e dei comuni limitrofi, si riscontra la presenza di copiosi bombardamenti unicamente all'interno del comune di Dalmine. Ne emerge la necessità di approfondire lo studio delle aree oggetto di scavo in tale Comune e si procede all'analisi di dettaglio dell'urbanizzazione della sede di progetto nelle aree oggetto di scavi per verificare eventuali mutazioni dell'abitato avvenute a seguito degli eventi bellici. Nelle aree ove tali mutamenti non possono essere definiti rilevanti si dovrà procedere alla Bonifica Bellica vera e propria.