



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
 MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA  
 ACQUEDOTTISTICO DEL PESCHIERA PER  
 L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO  
 DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA  
 IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA  
 SUB COMMISSARIO ING.

**aceq**  
 acqua  
 ACEA ATO 2 SPA



**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**  
 Ing. PhD Alessia Delle Site

**SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**  
 Dott. Avv. Vittorio Gennari  
 Sig.ra Claudia Iacobelli  
 Ing. Barnaba Paglia

**aceq**  
 Ingegneria  
 e servizi



**CONSULENTE**  
 Ing. Biagio Eramo

ELABORATO  
**A250 SIA R005 1**

Progetto di sicurezza e ammodernamento  
 dell'approvvigionamento della città  
 metropolitana di Roma  
 "Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema  
 idrico del Peschiera",  
 L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

**COD. ATO2 AAM10118**

DATA **DICEMBRE 2021**      SCALA

**Sottoprogetto**  
**NUOVO ACQUEDOTTO MARCIO – I LOTTO**  
**DAL MANUFATTO ORIGINE AL SIFONE CERASO**  
 (con il finanziamento dell'Unione  
 europea – Next Generation EU)  European Union

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1	10/22	AGGIORNAMENTO ELABORATI MITE e CSSLPP	
2			
3			
4			
5			
6			

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA  
 ED ECONOMICA**

**TEAM DI PROGETTAZIONE**

**CAPO PROGETTO**  
 Ing. Angelo Marchetti

**CONSULENTI**  
 I.R.I.D.E. s.r.l.

**ASPETTI AMBIENTALI**  
 Ing. PhD Nicoletta Stracqualursi  
 Ing. Viviana Angeloro

**Hanno collaborato:**  
 Ing. Francesca Giorgi  
 Ing. PhD Serena Conserva  
 Ing. Simone Leoni  
 Dott. Salvatore Esposito  
 Geol. Simone Febo  
 Geol. Filippo Arsie



**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

Parte 5 – Gli impatti della  
 cantierizzazione

INDICE

<b>PARTE 5- Gli impatti della cantierizzazione.....</b>	<b>1</b>
<b>1. La metodologia utilizzata per l'analisi degli impatti.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Schematizzazione delle azioni di progetto costruttive.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Significatività degli impatti di cantiere.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. A – Popolazione e salute Umana.....</b>	<b>4</b>
3.1.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali.....	4
3.1.2. Modifica dell'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico.....	4
3.1.3. Modifica dell'esposizione della popolazione all'inquinamento acustico.....	9
3.1.4. Modifica dell'esposizione della popolazione alle vibrazioni.....	10
<b>3.2. B – Biodiversità.....</b>	<b>12</b>
3.2.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali.....	12
3.2.2. Sottrazione di habitat e biocenosi.....	13
3.2.3. Modifica della qualità degli habitat e delle biocenosi.....	28
3.2.4. Allontanamento e dispersione della fauna.....	30
<b>3.3. C – Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare.....</b>	<b>33</b>
3.3.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali.....	33
3.3.2. Modifica degli usi in atto.....	34
3.3.3. Alterazione della qualità del suolo e dei relativi prodotti agroalimentari.....	39
<b>3.4. D – Geologia e acque.....</b>	<b>42</b>
3.4.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali.....	42
3.4.2. Modifica dell'assetto geomorfologico.....	42
3.4.3. Modifica dello stato qualitativo e quantitativo del suolo, delle acque superficiali e sotterranee.....	43
3.4.4. Uso di risorse non rinnovabili.....	47
3.4.5. Produzione di rifiuti.....	47
<b>3.5. E – Atmosfera: aria e clima.....</b>	<b>49</b>
3.5.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali.....	49
3.5.2. Modifica delle condizioni della qualità dell'aria.....	49
3.5.2.1. Metodologia di analisi.....	49
3.5.2.2. Input territoriali.....	53
3.5.2.3. La metodologia del worst case scenario.....	56
3.5.2.4. Definizione degli scenari di simulazione.....	57
3.5.2.5. Fattori di emissione.....	65
3.5.2.6. Output delle simulazioni.....	72
3.5.3. Modifica dei livelli di gas climalteranti.....	82
<b>3.6. F – Sistema paesaggistico.....</b>	<b>86</b>
3.6.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali.....	86
3.6.2. Alterazioni ai beni del patrimonio culturale e storico testimoniale.....	86
3.6.3. Modificazione delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo.....	92
<b>3.7. G1 - Rumore.....</b>	<b>97</b>
3.7.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali.....	97
3.7.2. Compromissione del clima acustico.....	97

---

3.7.2.1.	Metodologia di lavoro utilizzata .....	97
3.7.2.2.	Il modello di simulazione SoundPlan .....	99
3.7.2.3.	Individuazione degli scenari di simulazione.....	101
3.7.2.4.	Analisi dello scenario corso d'opera .....	106
3.7.2.5.	Analisi dei risultati ed indicazioni per la gestione ambientale delle attività di cantiere .....	111
<b>3.8.</b>	<b>G2 – Vibrazioni .....</b>	<b>113</b>
3.8.1.	Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali .....	113
3.8.2.	Modifica dell'esposizione alle vibrazioni.....	113
3.8.2.1.	Metodologia di lavoro utilizzata .....	113
3.8.2.2.	Calcolo previsionale dei livelli vibrazionali indotti.....	114
<b>4.</b>	<b>Le azioni di prevenzione e mitigazione in fase di cantiere .....</b>	<b>122</b>
4.1.	Premessa .....	122
4.2.	Misure di prevenzione .....	122
4.3.	Misure per la salvaguardia delle acque e del suolo .....	123
4.4.	Misure per la salvaguardia della qualità dell'aria.....	124
4.5.	Misure per la salvaguardia del clima acustico .....	124
4.6.	Misure per la salvaguardia della biodiversità.....	125
4.7.	Misure per la salvaguardia della salute umana .....	130

---

## PARTE 5- GLI IMPATTI DELLA CANTIERIZZAZIONE

### 1. La metodologia utilizzata per l'analisi degli impatti

Scopo del presente capitolo è quello di fornire una metodologia da applicare per la determinazione degli impatti indotti sull'ambiente dalla realizzazione dell'opera nella sua dimensione costruttiva e dall'opera della sua dimensione fisica ed operativa.

Stante tale finalità, la metodologia si compone di cinque step, ed in particolare:

- lettura dell'opera secondo le tre dimensioni;
- scomposizione dell'opera in azioni;
- determinazione della catena azioni-fatti causali-impatti;
- stima dei potenziali impatti;
- stima degli impatti residui.

Il primo step, sul quale si fonda la seguente analisi ambientale, risiede nella lettura delle opere ed interventi previsti dal progetto in esame secondo le tre seguenti dimensioni, ciascuna delle quali connotata da una propria modalità di lettura.

<b>Dimensione</b>	<b>Modalità di lettura</b>
Costruttiva: "Opera come costruzione"	Opera intesa rispetto agli aspetti legati alle attività necessarie alla sua realizzazione ed alle esigenze che ne conseguono, in termini di materiali, opere ed aree di servizio alla cantierizzazione, nonché di traffici di cantierizzazione indotti
Fisica: "Opera come manufatto"	Opera come manufatto, colto nelle sue caratteristiche fisiche e funzionali
Operativa: "Opera come esercizio"	Opera intesa nella sua operatività con riferimento al suo funzionamento

*Tabella 1-1 Le dimensioni di lettura dell'opera*

Muovendo da tale tripartizione, il secondo momento di lavoro consiste nella scomposizione delle opere secondo specifiche azioni di progetto, come riportato nel successivo capitolo per la dimensione costruttiva. Tali azioni per ogni dimensione dell'opera sono state definite in funzione della tipologia di opera e delle attività di cantiere necessarie alla sua realizzazione e della sua funzionalità una volta finalizzata.

A seguito della determinazione delle azioni di progetto, vengono individuati tutti i possibili fattori potenzialmente causa di impatto e i relativi impatti da essi generati. I fattori di pressione o fattori causali sono definiti e analizzati nell'ambito dello studio di ciascuna matrice ambientale. La caratterizzazione in termini di "detrattore" dipende infatti, oltre che dal tipo di intervento previsto in progetto, dalle

caratteristiche proprie della matrice analizzata ovvero dalla sensibilità o vulnerabilità della componente con cui le opere interagiscono.

Di seguito una tabella esplicativa della catena "Azioni di progetto – Fattori causali – Impatti potenziali".

<b>Azione di progetto</b>	Attività che deriva dalla lettura degli interventi costitutivi l'opera in progetto, colta nelle sue tre dimensioni
<b>Fattore causale di impatto</b>	Aspetto delle azioni di progetto suscettibile di interagire con l'ambiente in quanto all'origine di possibili impatti
<b>Impatto ambientale potenziale</b>	Modificazione dell'ambiente, in termini di alterazione e compromissione dei livelli qualitativi attuali derivante da uno specifico fattore causale

*Tabella 1-2 Correlazione azioni di progetto – fattore causale – impatto potenziale*

Una volta individuati i potenziali impatti generati dall'opera nelle sue tre dimensioni, considerando tutte le componenti ambientali interferite, se ne determina la significatività, ovvero il livello di interferenza che l'opera può determinare (nelle sue tre dimensioni) sull'ambiente circostante.

Vengono poi eventualmente individuate le misure di mitigazioni.

Nel caso in cui si registri un impatto ambientale residuo significativo, sono valutate e individuate per ciascuna matrice interferita, le adeguate opere ed interventi di compensazione.

Infine, si evidenzia che la stima degli impatti darà conto anche degli eventuali "effetti positivi" generati dalla presenza dell'opera in termini di miglioramento dello stato qualitativo iniziale della matrice ambientale analizzata.

## 2. Schematizzazione delle azioni di progetto costruttive

In merito al secondo step della metodologia sopra definita, il presente capitolo è volto all'individuazione delle azioni di progetto relative alla dimensione costruttiva, rimandando alla parte 6 dello SIA per le azioni relative alla dimensione fisica ed operativa. Si specificano, pertanto, nella seguente tabella, le azioni di progetto che saranno poi analizzate nei paragrafi successivi, all'interno di ciascun fattore ambientale e agente fisico, al fine dell'individuazione dei fattori causali e conseguentemente degli impatti associati alle attività di cantiere.

<b>Dimensione Costruttiva – Fase di cantiere</b>	
AC.01	Approntamento aree di cantiere
AC.02	Scavi e sbancamenti
AC.03	Scavo con microtunnelling
AC.04	Rinterri
AC.05	Posa in opera di elementi prefabbricati
AC.06	Realizzazione elementi gettati in opera
AC.07	Realizzazione manufatti
AC.08	Movimentazione di materiale

*Tabella 2-1 Azioni di progetto dimensione costruttiva*

### 3. Significatività degli impatti di cantiere

#### 3.1. A – Popolazione e salute Umana

##### 3.1.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

Per quanto riguarda la verifica delle potenziali interferenze sulla salute umana legate alla dimensione costruttiva dell'opera oggetto di studio, si può fare riferimento alla seguente matrice di correlazione azioni-fattori causali-effetti.

Azioni di progetto	Fattori Causali	Impatti potenziali
AC.01 Approntamento aree di cantiere	Produzione emissioni polverulente	Esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico
AC.02 Scavi e sbancamenti		
AC.03 Scavo con microtunnelling	Produzione emissioni acustiche	Esposizione della popolazione all'inquinamento acustico
AC.04 Rinterri		
AC.05 Posa in opera di elementi prefabbricati	Produzione vibrazioni	Esposizione della popolazione alle vibrazioni
AC.06 Realizzazione elementi gettati in opera		
AC.07 Realizzazione manufatti		
AC.08 Movimentazione di materiale		

Tabella 3-1 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva

Nel seguito della trattazione, si riportano le analisi relative alla stima dell'inquinamento atmosferico e acustico al fine di valutare l'interferenza sulla salute umana in fase di cantiere.

##### 3.1.2. Modifica dell'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico

Nel presente paragrafo si riportano le risultanze dello studio condotto nell'ambito del fattore atmosfera al fine di valutare l'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico prodotto durante la realizzazione dell'opera in progetto.

Al fine di stimare le potenziali interferenze sulla qualità dell'aria legate alle attività di cantiere per la realizzazione delle opere previste nell'ambito del progetto oggetto di studio, è stata effettuata una modellazione previsionale attraverso il software Aermod che ha consentito di stimare le concentrazioni degli inquinanti considerati durante la fase di cantiere. Tale modello, partendo dalle condizioni meteorologiche, dalle caratteristiche orografiche e dalle informazioni sulle sorgenti emmissive, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

È stata effettuata una preliminare analisi delle attività di cantiere previste e delle caratteristiche insediative del contesto territoriale di intervento, e quindi, all'interno di una gamma di situazioni probabili sono state prese in considerazione quelle più significative in relazione agli impatti sulla qualità dell'aria ("worst case scenario"). In considerazione di tale approccio, sono stati individuati due scenari di simulazione in cui si prevedono le attività più critiche in termini di inquinamento atmosferico.

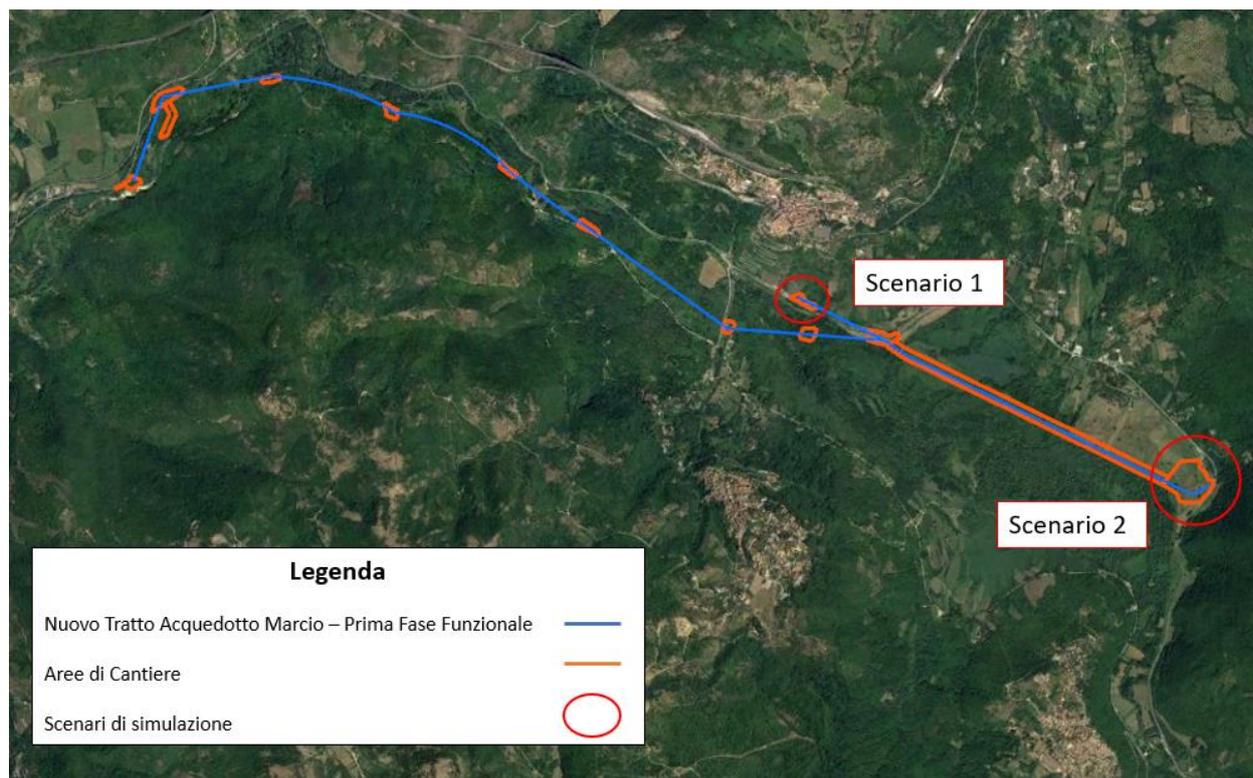


Figura 3-1 Localizzazione scenari di simulazione

### Scenario 1 - Area TR2Pz1

In questo scenario, in considerazione dei limiti normativi per la salute umana, sono stati presi come riferimento 2 recettori residenziali.

Recettore	Coordinata X (m)	Coordinata Y (m)
R1	333912	4654076
R2	334076	4654327

Tabella 3-2 Coordinate recettori – Scenario 1

La sorgente emissiva simulata in questo scenario (l'area di lavorazione AL\_01) è mostrata nella seguente figura.

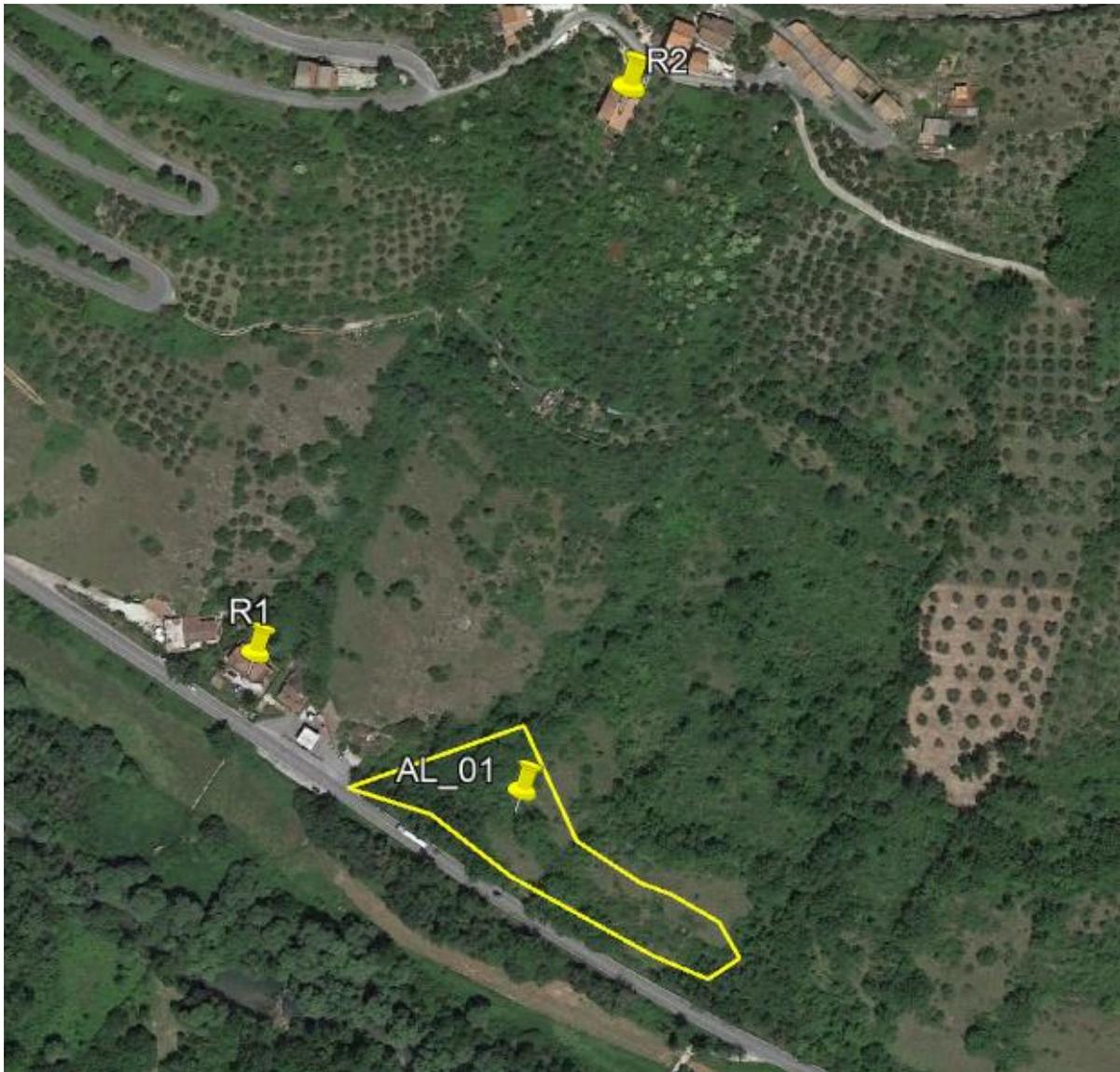


Figura 3-2 Sorgente emissiva simulata e recettori considerati - Scenario 1

I risultati delle simulazioni condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni di PM10 e NO<sub>2</sub>.

Per quanto riguarda il PM10:

- il valore più alto in termini di concentrazioni medie annue è stato stimato presso R1 ed è pari a 0,018  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che anche considerando il fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 22,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , risulta essere inferiore al limite normativo di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- il valore più alto in termini di 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere si trova in corrispondenza di R1 ed è pari a 0,041  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che anche considerando il fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 22,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , risulta inferiore al limite normativo di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Per quanto riguarda l'NO<sub>2</sub>:

- il valore più alto in termini di concentrazioni medie annue si trova in corrispondenza di R1 ed è pari a 0,325 µg/m<sup>3</sup>, che anche considerando il fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 23,98 µg/m<sup>3</sup>, risulta essere inferiore al limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>;
- il valore più alto in termini di 99,8°percentile delle concentrazioni orarie è stato stimato presso R1 ed è pari a 14,49 µg/m<sup>3</sup>, che anche considerando il fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 23,98 µg/m<sup>3</sup>, risulta essere inferiore al limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>

Scenario 2 - Area manufatto Casetta Rossa

In questo scenario, in considerazione dei limiti normativi per la salute umana, sono stati presi come riferimento 2 recettori residenziali, rappresentativi degli edifici più vicini all'area di cantiere.

<b>Recettore</b>	<b>Coordinata X (m)</b>	<b>Coordinata Y (m)</b>
R3	336519	4652835
R4	336680	4652924

Tabella 3-3 Coordinate recettori - Scenario 2

Le sorgenti emissive simulate in questo scenario (le aree di lavorazione AL\_02 e AL\_03 e la strada di cantiere ST\_01) sono mostrate nella seguente figura.



Figura 3-3 Sorgenti emissive e recettori considerati (ST\_01 in rosso) - Scenario 2

I risultati delle simulazioni condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni di PM10 e NO<sub>2</sub>.

Per quanto riguarda il PM10:

- il valore più alto in termini di concentrazioni medie annue è stato stimato presso R3 ed è pari a 0,061  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che anche considerando il fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 22,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , risulta essere inferiore al limite normativo di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- il valore più alto in termini di 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere si trova in corrispondenza di R3 ed è pari a 0,151  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che anche considerando il fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 22,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , risulta essere inferiore al limite normativo di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Per quanto riguarda l'NO<sub>2</sub>:

- il valore più alto in termini di concentrazioni medie annue si trova in corrispondenza di R3 ed è pari a 0,31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che anche considerando il fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 23,98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , risulta essere inferiore al limite normativo di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
- il valore più alto in termini di 99,8°percentile delle concentrazioni orarie è stato stimato presso R3 ed è pari a 11,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che anche considerando il

fondo di riferimento (centralina ARPA Tenuta del Cavaliere) pari a 23,98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , risulta essere inferiore al limite normativo di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Dall'osservazione dei risultati sopra riportati, considerando che i valori di concentrazione per gli inquinanti di riferimento per la protezione della salute umana risultano nettamente al di sotto dei limiti normativi, si può affermare che i potenziali impatti sull'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico legati alle attività di cantiere previste sono trascurabili.

### **3.1.3. Modifica dell'esposizione della popolazione all'inquinamento acustico**

Allo stesso modo, nel presente paragrafo si riportano le risultanze dello studio condotto nell'ambito dell'agente fisico rumore al fine di valutare l'esposizione della popolazione all'inquinamento acustico prodotto durante la realizzazione dell'opera in progetto.

Con riferimento agli effetti acustici indotti dalle attività di realizzazione delle opere in progetto, prima di entrare nel merito delle risultanze dello studio modellistico condotto, si ritiene necessario evidenziare che:

- Le aree all'intorno delle aree di cantiere, che risultano connotate dalla presenza di ricettori ad uso residenziale, sono costituite nella loro totalità da edifici la cui massima elevazione risulta pari a due piani e con tipologia edilizia a schiera / isolata bifamiliare, circostanza quest'ultima che lascia comprendere come la popolazione residente potenzialmente interessata dagli effetti acustici della cantierizzazione sia in numero ridotto;
- Nessun ricettore sensibile risulta interessato dalle opere in progetto;
- Lo studio modellistico ha operato le seguenti ipotesi cautelative:
  - Contemporaneità delle lavorazioni più significative sotto il profilo acustico in corrispondenza di ognuna delle aree di cantiere considerate. In altri termini, è stato assunto che in ciascuna delle aree tecniche prese in esame siano in corso quelle lavorazioni che dal punto di vista degli effetti acustici risultano essere le più gravose;
  - Localizzazione delle sorgenti emmissive, ossia dei mezzi d'opera, nella posizione più prossima ai ricettori presenti all'intorno. In tal senso appare evidente come i livelli acustici attesi siano, anche in questo caso, rappresentativi della condizione più impegnativa dal punto di vista acustico.

Entrando nel merito delle risultanze dello studio modellistico condotto, sono stati stimati gli effetti acustici indotti dalla realizzazione degli interventi in progetto, considerando la tipologia di mezzi impiegati dell'area di cantiere MCR nel Comune di Arsoli.

Per la valutazione dei livelli acustici ai ricettori ed il confronto con i limiti stabiliti dalla normativa di riferimento, è stata considerata la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni acustiche sul territorio. La verifica è stata effettuata prendendo in considerazione il solo periodo diurno (6.00-22.00), in quanto le lavorazioni critiche non sono previste al di fuori di tale fascia oraria.

Le sorgenti emmissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all'interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale, poste ad un'altezza di 1,5 metri e con frequenza centrale pari a 500Hz.

Oltre alle sorgenti acustiche inserite nel modello di simulazione, è stata considerata l'orografia del territorio secondo l'assetto naturale ed antropico dell'area di studio, pertanto, la modellazione tiene conto anche dell'attuale assetto infrastrutturale e della presenza degli edifici.

Infine, per quanto concerne gli orari di lavoro per entrambi gli scenari è stato considerato un turno di lavoro da 8 ore esclusivamente in periodo diurno (06.00-22.00).

Dalle analisi condotte emerge ~~come~~ che per le aree di cantiere fisso non sussistano superamenti dei limiti normativi e pertanto non risulta essere necessario adottare alcuna misura di mitigazione acustica né di tipo diretto né di tipo indiretto.

Inoltre, data la durata limitata nel tempo delle lavorazioni necessarie per la realizzazione delle opere in progetto e stante lo svolgimento delle lavorazioni nel solo periodo diurno si possono escludere patologie legate al disturbo del sonno nel periodo notturno. In conclusione, le potenziali interferenze sull'esposizione della popolazione all'inquinamento acustico legate alle attività di cantiere previste possono essere considerate poco significative.

### **3.1.4. Modifica dell'esposizione della popolazione alle vibrazioni**

Per quanto riguarda l'agente fisico delle vibrazioni, le potenziali interferenze associate alla dimensione costruttiva possono essere associate alle attività di scavo e movimentazione delle terre e rocce da scavo. Seppur, anche durante le attività di esecuzione dei lavori le vibrazioni prodotte dalle lavorazioni saranno contenute nei limiti di normali lavori, la metodologia di lavoro individuata mira ad escludere ogni possibile interferenza connessa alle attività di cantiere.

In particolare, per gli scavi previsti dal progetto verranno utilizzate le seguenti tecnologie esecutive di scavo meccanizzato:

- Microtunnelling;
- Scavo dei pozzi di spinta e uscita.

La metodologia proposta e adottata nella presente valutazione preliminare si sviluppa pertanto attraverso tre fasi:

- a) Caratterizzazione dinamica della sorgente di vibrazione;

- b) Previsione del livello di vibrazione trasmesso alla sorgente mediante metodi analitici;
- c) Valutazione della risposta del ricevitore tramite confronto con i valori massimi delle grandezze cinematiche previsti in corrispondenza di edifici identificati come ricettori posti a distanze crescenti dall'asse dell'infrastruttura.

In virtù delle lavorazioni previste dal progetto nel proseguo della trattazione si procederà alla stima dei livelli vibrazionali indotti dalle vibrazioni per i cantieri nei quali sono previste le attività di scavo più interferenti e individuate nelle aree di lavorazione previste per lo scavo in tradizionale dei pozzi di spinta e uscita e nelle attività di scavo in microtunnelling.

Dalle analisi vibrazionali condotte e dal confronto effettuato con i valori di soglia dettati dalla UNI 9614:2017 riportati in Tabella 3-53, si evince come le potenziali interferenze indotte dalle lavorazioni sia nel periodo di riferimento diurno che per quello notturno in cui è prevista l'attività di scavo in microtunnelling risultino essere del tutto trascurabili con livelli vibrazionali stimati al ricettore ben al di sotto dei livelli di attenzione indicati dalla norma tecnica.

Stante quanto riportato, non si prevedono interventi di mitigazione atti a minimizzare le interferenze in fase di cantiere.

In conclusione, dall'analisi previsionale condotta e data la notevole distanza delle aree di lavorazione dai ricettori più vicini si possono escludere interferenze legate alla salute umana.

## 3.2. B – Biodiversità

### 3.2.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

Secondo l'approccio metodologico posto alla base del presente studio e riportato nel capitolo 1, di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l'opera in esame, in relazione alla configurazione di progetto, potrebbe generare sul fattore ambientale "Biodiversità".

Considerando separatamente le azioni di progetto nelle tre dimensioni in cui è stata distinta l'opera (fisica, costruttiva ed operativa) sono stati individuati i fattori causali dell'impatto e la conseguente stima degli impatti potenziali.

Nella presente parte dello Studio di Impatto Ambientale si fa riferimento alla dimensione costruttiva dell'opera.

La fase di costruzione è generalmente quella che dà luogo alle azioni più evidenti, sia perché rappresentano i primi momenti di intervento nel territorio, sia perché per poter realizzare le nuove opere occorre eseguire gli approntamenti di cantiere e operare delle azioni di scotico della vegetazione e scavi. Ciò inevitabilmente comporta la sottrazione degli habitat e delle biocenosi in essi presenti.

Gli interventi in progetto comporteranno, oltre all'effettuazione di scavi, il movimento di materiale e l'utilizzo di mezzi per l'esecuzione delle varie attività, con conseguente produzione di gas e polveri e loro possibile ricaduta sulla vegetazione circostante, la quale andrebbe ad apportare alterazioni sulla funzionalità e qualità delle matrici ambientali interessate.

L'incremento dei livelli acustici generati dalle lavorazioni e dal traffico di cantiere, sebbene temporanei, potrebbero generare un disturbo sulla fauna con il conseguente allontanamento e dispersione della stessa, in particolare delle specie più sensibili, inficiando potenzialmente la biodiversità locale.

Il nesso di causalità intercorrente tra azioni, fattori causali e tipologie di impatti potenziali, è stato sintetizzato nella tabella seguente.

<b>Azioni</b>	<b>Fattori causali</b>	<b>Impatti potenziali</b>
AC.01 Approntamento aree di cantiere	Scotico di terreno vegetale	Sottrazione di habitat e biocenosi
AC.02 Scavi e sbancamenti AC.03 Scavo con microtunnelling AC.04 Rinterri AC.08 Movimentazione di materiale	Sversamenti accidentali, produzione di emissioni polverulente e di gas serra	Modifica della qualità degli habitat e delle biocenosi
	Modifica del clima acustico	Allontanamento e dispersione della fauna
AC.03 Scavo in microtunneling	Modifica dello stato qualitativo del suolo e delle acque sotterranee	Modifica della qualità degli habitat e delle biocenosi

<b>Azioni</b>	<b>Fattori causali</b>	<b>Impatti potenziali</b>
AC.05 Posa in opera di elementi prefabbricati	Modifica del clima acustico	Allontanamento e dispersione della fauna
AC.06 Realizzazione elementi gettati in opera		
AC.07 Realizzazione manufatti	Sversamenti accidentali	Modifica della qualità degli habitat e delle biocenosi

Tabella 3-4 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva

Nei paragrafi seguenti saranno condotte idonee valutazioni allo scopo di stimare, a livello qualitativo, la criticità dei potenziali impatti individuati sulle componenti naturalistiche.

In particolare, al fine di determinare gli impatti potenziali generati dalle attività di realizzazione delle opere di progetto, sono state valutate:

- le caratteristiche delle comunità vegetali sottratte, e degli habitat faunistici ad esse connessi, in funzione del loro valore intrinseco, della loro estensione e rappresentatività sul territorio e della loro funzione ecosistemica;
- il carattere temporaneo, per le aree di cantiere, delle superfici vegetate sottratte;
- l'incidenza sulle componenti naturalistiche degli sversamenti accidentali dei mezzi di cantieri e dell'incremento della polverosità per lo spostamento di materiali durante le lavorazioni di cantiere, in considerazione delle *Best practices* adottate e della temporaneità delle attività;
- il disturbo della fauna indotto dall'incremento dei livelli acustici in fase di cantiere, in considerazione dei livelli acustici raggiunti, della temporaneità delle attività, della sensibilità delle specie faunistiche presenti nell'area e del loro interesse conservazionistico e/o naturalistico.

### **3.2.2. Sottrazione di habitat e biocenosi**

In fase di realizzazione dell'opera si prevede la sottrazione di alcune porzioni di aree vegetate in modo temporaneo, in corrispondenza delle aree di cantiere.

Per il progetto in esame sono previste 11 differenti aree di cantiere: un "cantiere base", che verrà installato nella fase iniziale dei lavori di questa prima fase funzionale e rimarrà in essere finché tutte le lavorazioni ed i cantieri, della suddetta fase, non saranno stati completati; 10 cantieri relativi agli altrettanti pozzi previsti, come dettagliato nella tabella seguente.

<b>Tratto Prima Fase Funzionale</b>	
CANTIERE	AREA [mq]
CASETTA ROSSA (MCR) + TRATTO TC1	56.020
	118.833

Tratto Prima Fase Funzionale	
CANTIERE	AREA [mq]
NODO A (MNA) + pozzo arrivo TR2M1/TR4M1	12.310
TR2PZ1 - spinta	4.303
TR4PZ1 - spinta	4.529
TR4PZ2 - arrivo	3.523
TR4PZ3 - spinta con soglia	4.953
TR4PZ4 - arrivo	2.839
TR4PZ5 - spinta con soglia	4.650
TR4PZ6 - arrivo	3.195
TR4PZ7- spinta + manufatto interconnessione	7.927*
	10.332
TR4PZ8 - arrivo	4.803*
*Comprensivi di un breve tratto di viabilità di cantiere in connessione con la SR5	

Tabella 3-5 Cantieri previsti per la realizzazione del tracciato della Prima Fase Funzionale

L'analisi delle immagini satellitari, unitamente alla consultazione della Carta della vegetazione reale, redatta nell'ambito del quadro conoscitivo del fattore ambientale "Biodiversità", e i risultati dei rilievi effettuati per la vegetazione e per la fauna (cfr. report rilievi vegetazione e fauna - elaborato A250-SIA-R-008-1), hanno permesso di individuare le caratteristiche delle aree che verranno temporaneamente sottratte dall'approntamento delle aree di cantiere.

Le aree dei cantieri, dato il contesto in esame, sono ubicate tutte in corrispondenza di zone a matrice naturale, in quanto le aree che in passato erano a matrice agricola, sono attualmente in evoluzione e risultano costituite da prati e prati con arbusti o alberi.

Il cantiere base, che è anche relativo alla realizzazione del previsto manufatto Casetta Rossa, ricade in una zona coltivata abbandonata, come si può vedere dalla Figura 3-4, quindi interessa vegetazione erbacea, con specie sinantropiche come *Polygonum aviculare*, *Raphanus raphanistrum*, *Plantago lanceolata*, *Chenopodium album*. Inoltre nella suddetta area di cantiere sono presenti diversi esemplari arborei isolati di *Juglans regia*, ai quali si aggiungono due di *Populus nigra* ed uno di *Salix alba*.

Il cantiere relativo al tratto a cielo aperto (TC1) si sviluppa linearmente interessando principalmente superfici coltivate abbandonate (cfr. Figura 3-4) in mosaico con formazioni igrofile. Queste ultime sono costituite da nuclei arborei, ma anche individui isolati, di *Salix alba* e *Populus nigra* e vegetazione elofitica a *Phragmites australis*, *Alisma plantago-aquatica*, *Carex* sp. pl., *Nasturtium officinale*.

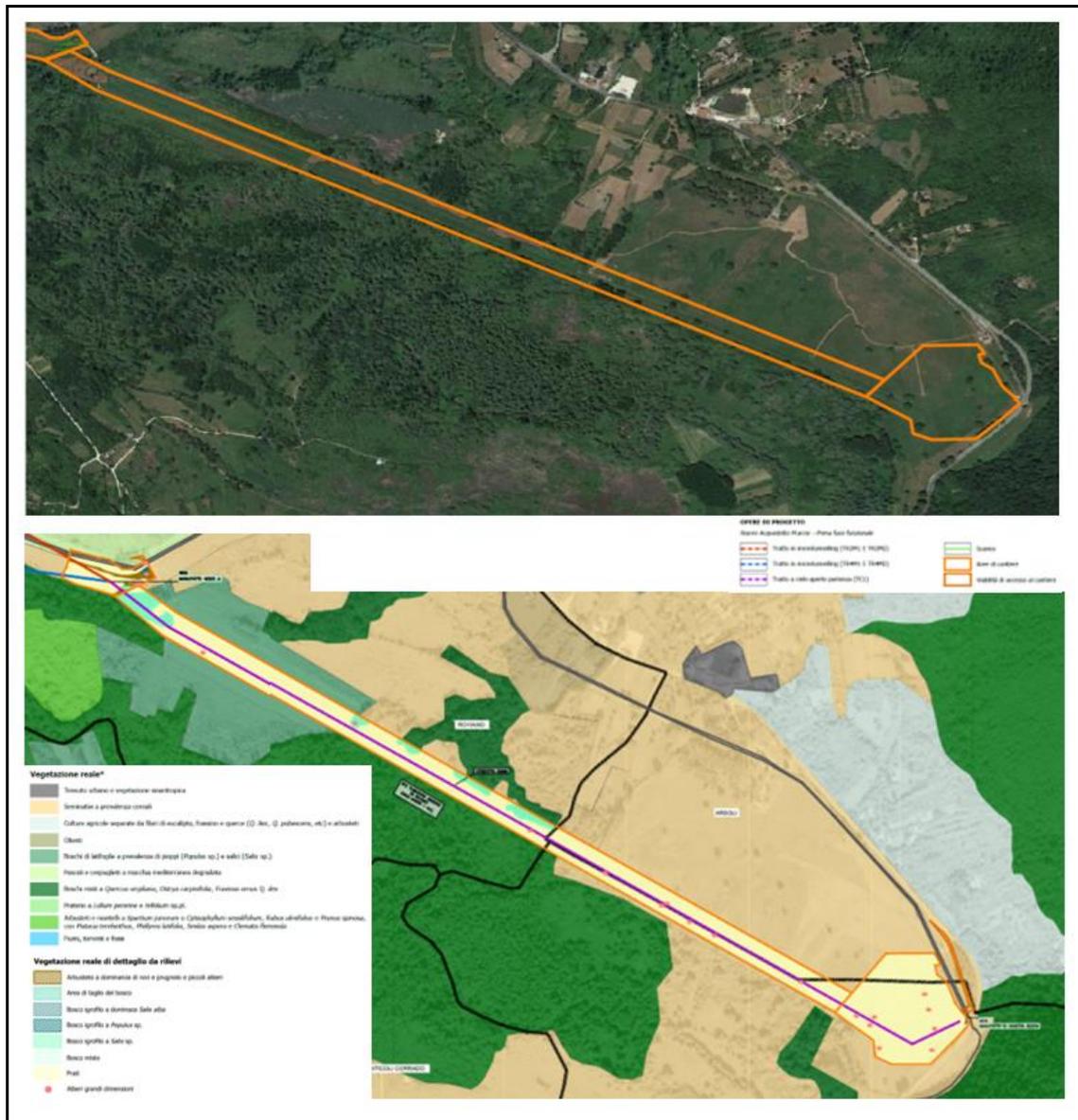


Figura 3-4 Aree di cantiere relative al tratto a cielo aperto (TC1) e al manufatto Casetta rossa. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione reale

La maggior parte dell'area di cantiere relativa al nodo A è interessata da prato arbustato e in parte arborato, inoltre è presente una zona arbustiva, un boschetto igrofilo a dominanza di *Populus nigra*, costituito da esemplari giovani, e nuclei di bosco igrofilo a dominanza di *Salix alba* (cfr. Figura 3-5).

Tra gli arbusti presenti nell'area si possono citare *Rubus ulmifolius*, *Prunus spinosa*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*. La zona prativa limitrofa è interessata da una buona copertura di Poaceae, in gran parte appartenenti al genere *Bromus*.

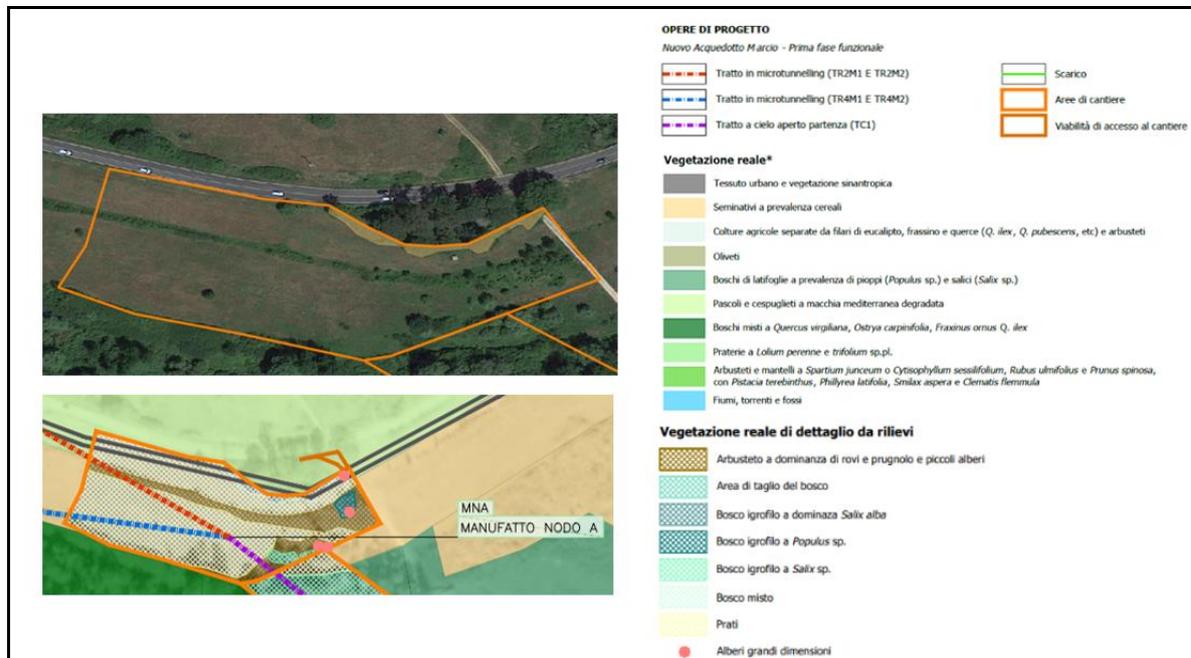


Figura 3-5 Area di cantiere relativa al manufatto del nodo A. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione reale

Per quanto concerne i pozzi utilizzati nelle tecniche di microtunneling dei tratti TR2M1 e TR4M1, l'analisi delle immagini satellitari supportata dai citati specifici rilievi sul campo ha permesso, come detto, di individuare la tipologia di superfici naturali sottratte in modo temporaneo dalle relative aree di cantiere, le quali risultano essere per la maggior parte costituite da aree boscate, in particolar modo caratterizzate dalla presenza di formazioni ripariali a salici (*Salix* sp.) e pioppi (*Populus* sp.), così come da boschi misti. Quanto detto si può osservare dalla ubicazione delle aree di cantiere sulla citata Carta della vegetazione reale, della quale si riportano degli stralci nelle figure seguenti.

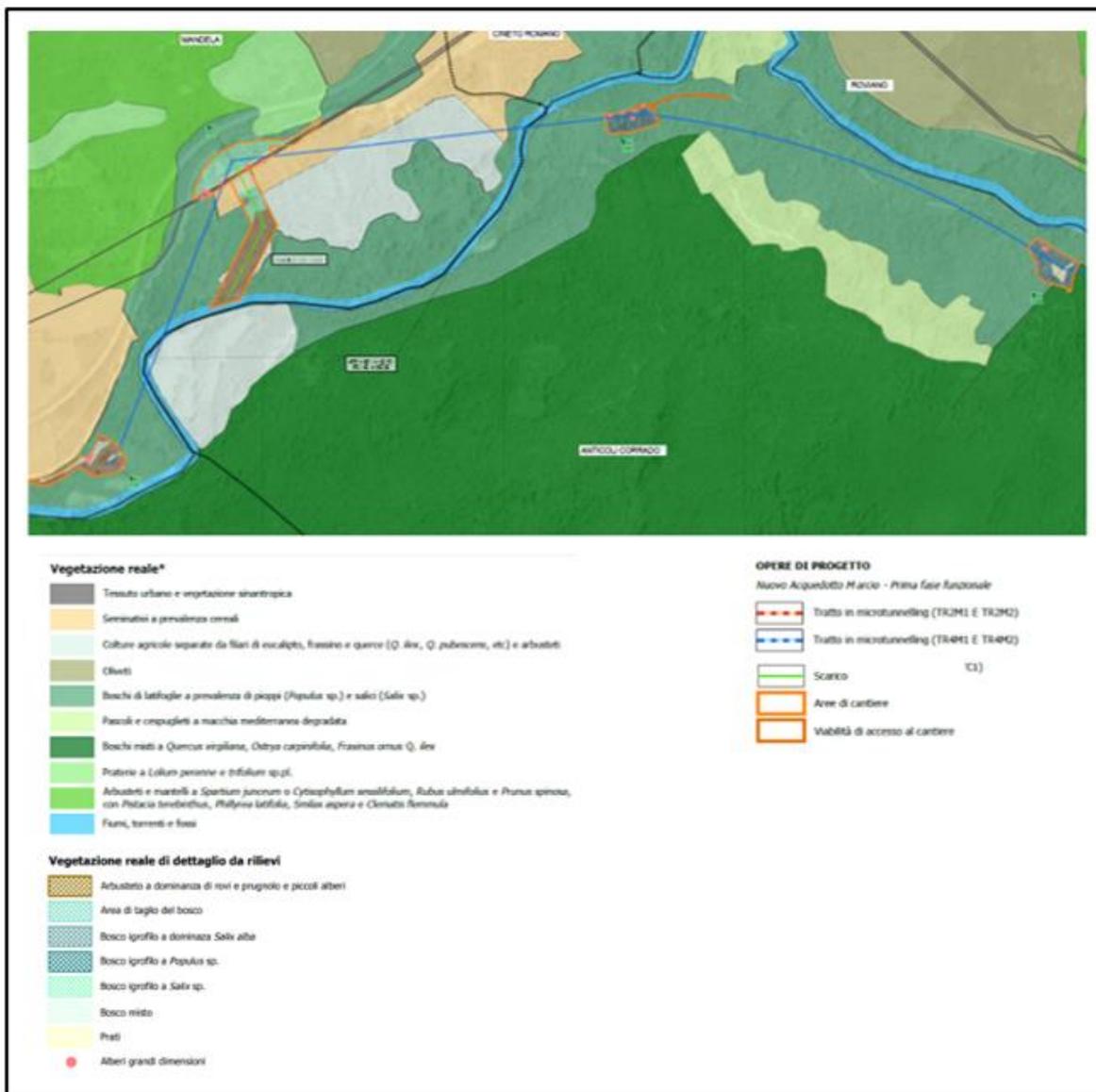


Figura 3-6 Ubicazione di una parte del progetto e delle relative aree di cantiere per i pozzi 5, 6, 7, 8, della linea TR4M1, e per il manufatto di interconnessione, rispetto ad uno stralcio della carta della vegetazione reale

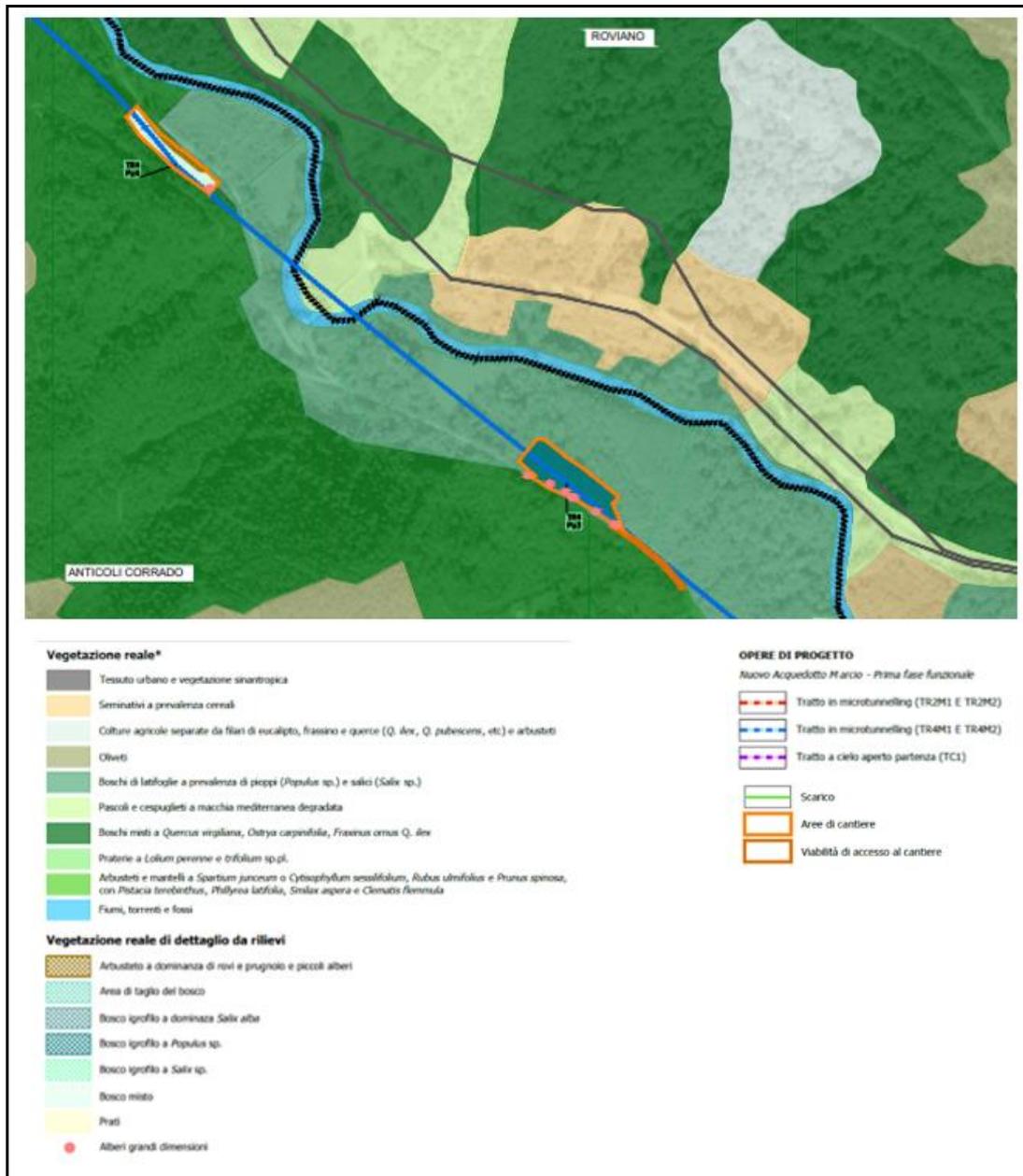


Figura 3-7 Ubicazione di una parte del progetto e delle relative aree di cantiere per i pozzi 3 e 4, della linea TR4M1, rispetto ad uno stralcio della carta della vegetazione reale

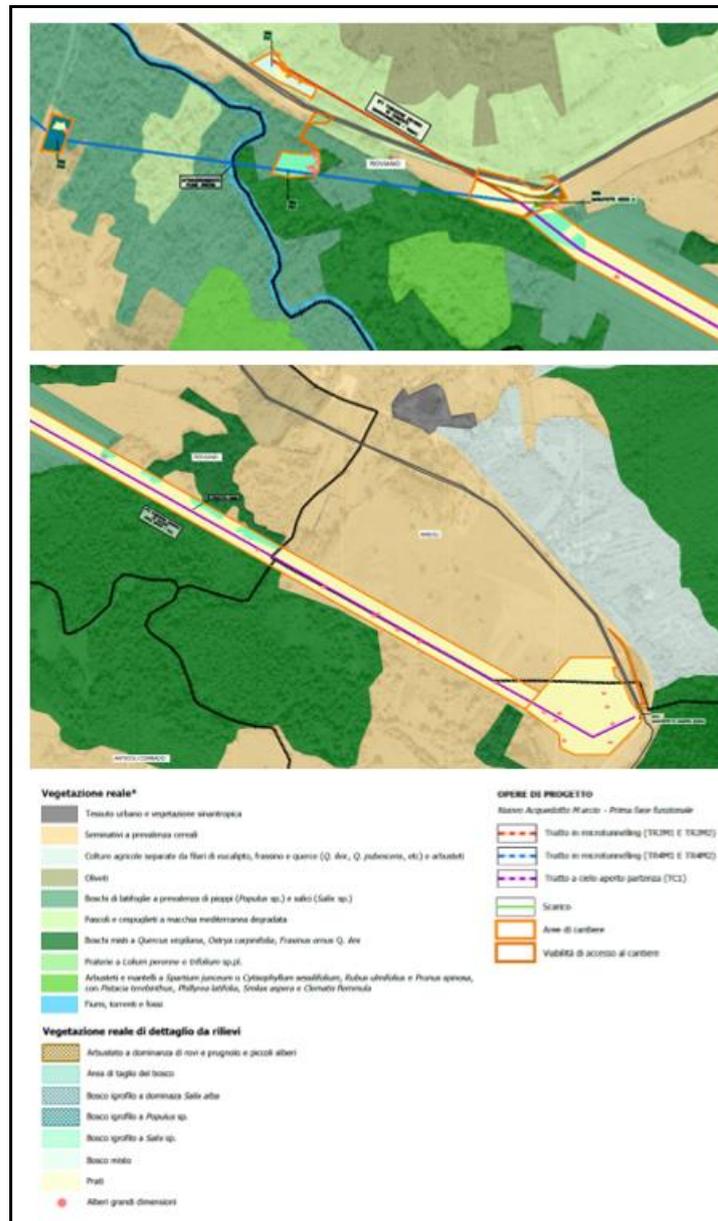


Figura 3-8 Ubicazione di una parte del progetto e delle relative aree di cantiere per i pozzi 1 e 2, della linea TR4M1, per il pozzo 1 della linea TR2M1, per i manufatti nodo A e cassetta rossa, per il tratto a cielo aperto, rispetto agli stralci della carta della vegetazione reale

Nello specifico, come dettagliato di seguito, i cantieri per i pozzi 1, 3 e 6 del tratto TR4M1 ricadono interamente su vegetazione igrofila, mentre vi ricadono parzialmente le aree di cantiere per i pozzi 2 e 7 dello stesso tratto e il cantiere relativo al manufatto di interconnessione in continuità con l'area di cantiere relativa al pozzo 7.

L'area relativa al cantiere del pozzo 1 della linea TR4M1 interessa una formazione boscata igrofila a dominanza di *Salix alba*. Il bosco risulta composto, in gran parte, anche da altre specie arboree: *Populus nigra*, *Acer campestre* (cfr. Figura 3-9).

Il bosco igrofilo indicato in corrispondenza dell'area di cantiere relativa al pozzo 3 della linea TR4M1, dai rilievi risulta essere un bosco igrofilo misto a prevalenza di *Populus nigra* (cfr. Figura 3-10).

Per l'area di cantiere relativa al pozzo 6 della linea TR4M1, i rilievi dimostrano la presenza di una formazione ripariale a prevalenza di *Populus nigra*, insieme ad altre specie quali *Salix alba*, *Malus sylvestris* (cfr. Figura 3-11). La vegetazione ripariale è il risultato di particolari condizioni dovute al livello della falda e al regime idrico del corso d'acqua.

Una parte della superficie prevista per il cantiere del pozzo 2 della linea TR4M1 è caratterizzata dal bosco igrofilo misto a prevalenza di *Populus nigra* (cfr. Figura 3-12).

L'area del cantiere per il pozzo 7 interessa parzialmente una formazione ripariale, costituita da un'associazione a dominanza di *Salix alba* (cfr. Figura 3-13), così come una parte dell'area di cantiere confinante, relativa al manufatto di interconnessione (Figura 3-17).

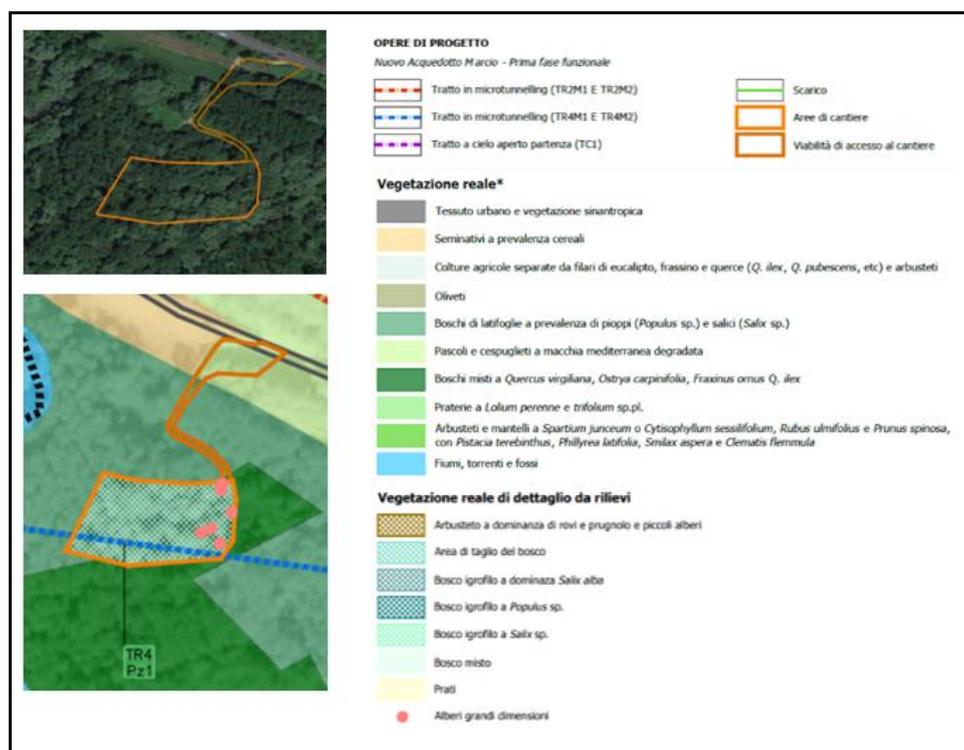


Figura 3-9 Area di cantiere relativa al pozzo 1 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione reale

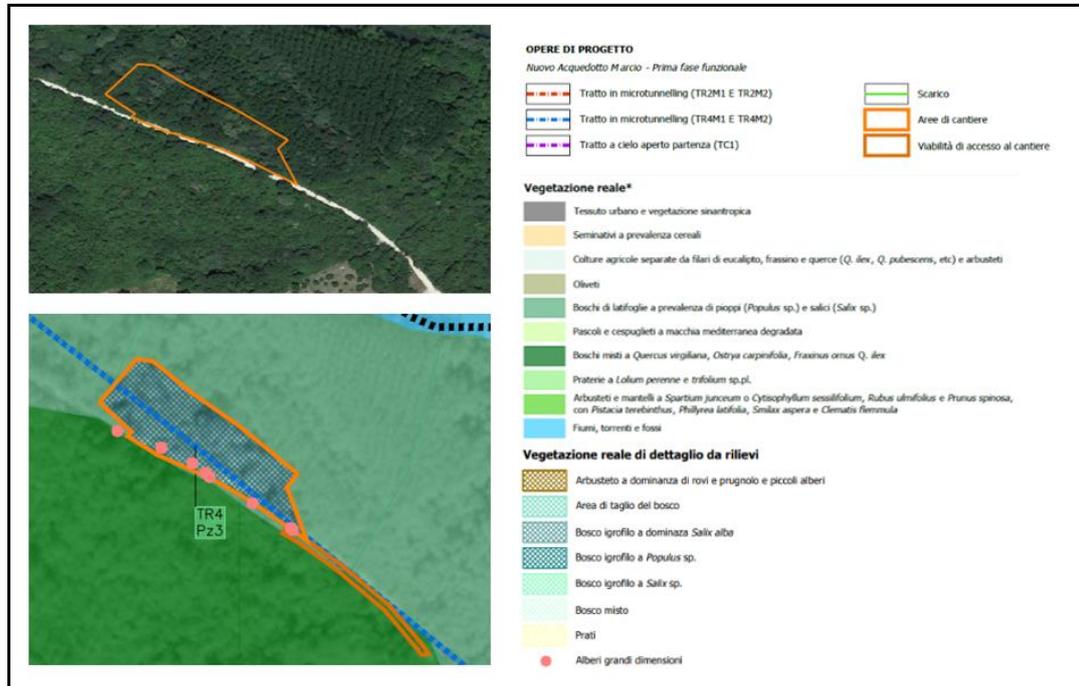


Figura 3-10 Area di cantiere relativa al pozzo 3 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione reale

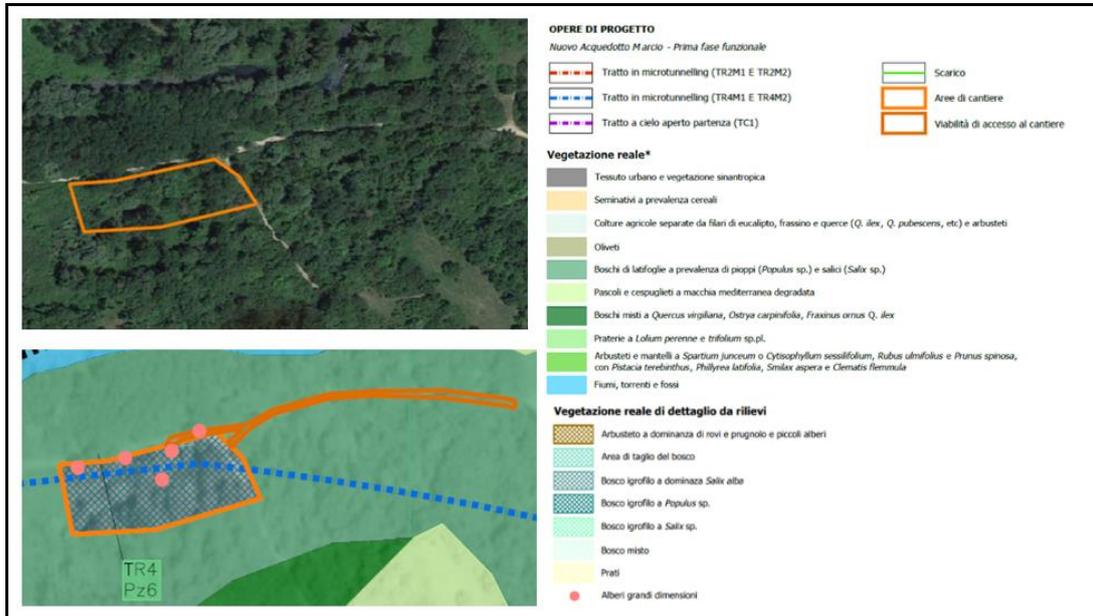


Figura 3-11 Area di cantiere relativa al pozzo 6 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione reale

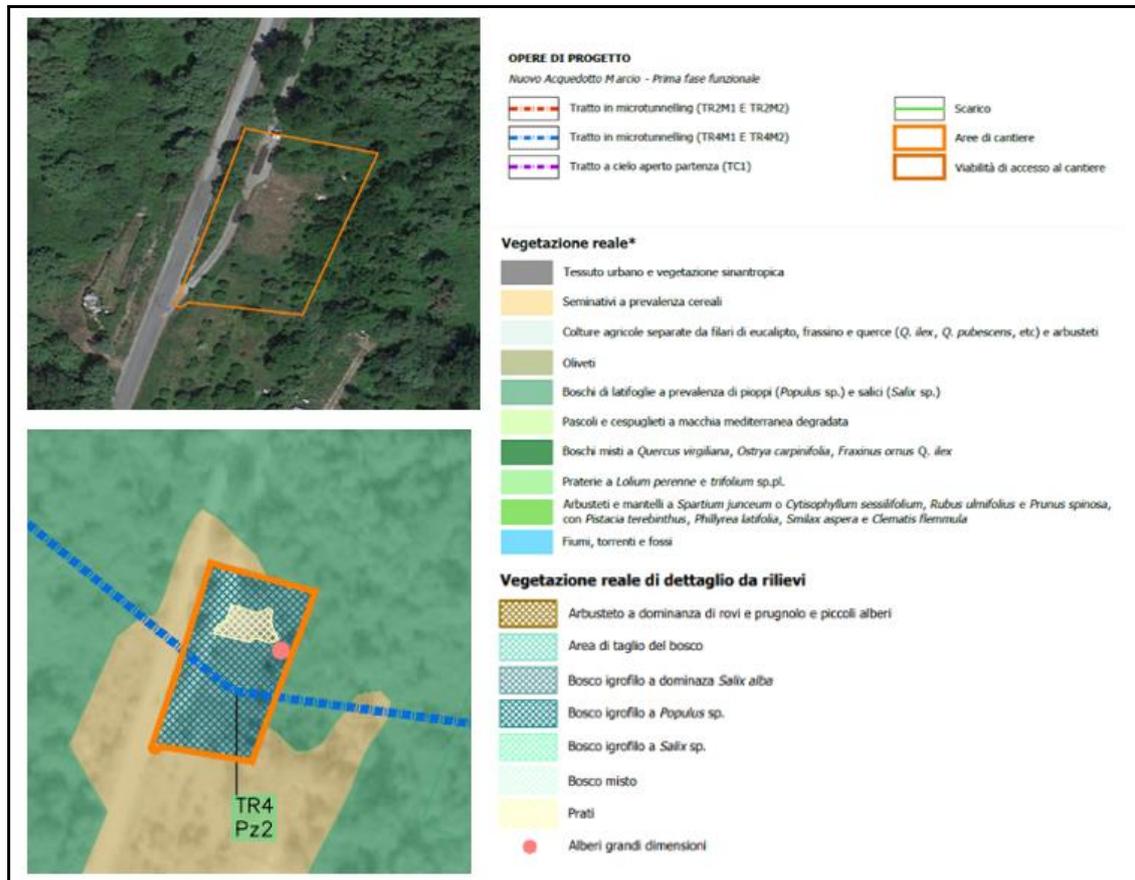


Figura 3-12 Area di cantiere relativa al pozzo 2 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione reale

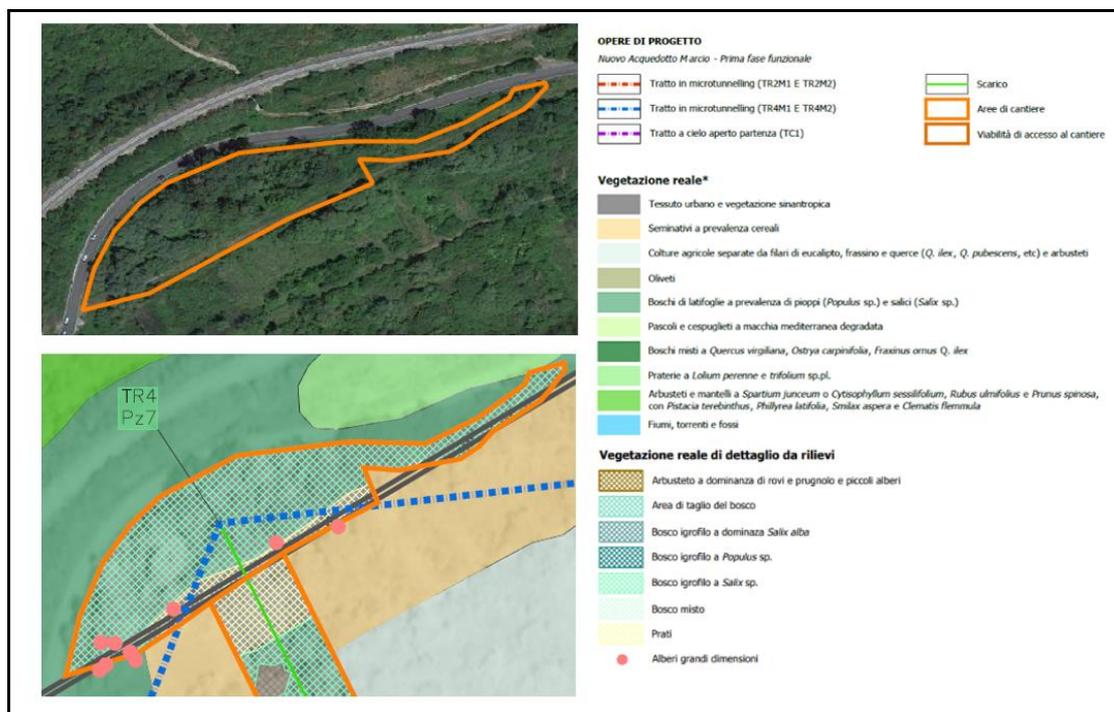


Figura 3-13 Area di cantiere relativa al pozzo 7 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione reale

Una parte del cantiere relativo al pozzo 5 (cfr. Figura 3-15) e tutto il cantiere del pozzo 4 (cfr. Figura 3-14), del tratto TR4M1, interessano i citati boschi misti di latifoglie: nel primo caso (pozzo 5) il bosco misto è a dominanza di *Populus nigra*, ma sono presenti *Corylus avellana*, *Quercus pubescens*, *Juglans regia*, mentre nel secondo caso (pozzo 4) il bosco è composto in prevalenza da *Corylus avellana*, *Quercus pubescens*, *Acer* sp. pl., *Ostrya carpinifolia*, *Sambucus nigra*. Il bosco misto presente in una zona dell'area di cantiere relativa al pozzo 8 (cfr. Figura 3-16), del tratto TR4M1, è composto da *Ulmus minor*, *Acer campestre*, *Populus nigra*, *Gleditsia triacanthos*, *Fraxinus ornus*. L'area del cantiere relativo al pozzo 1 della linea TR2M1 è costituita prevalentemente da un bosco misto con *Quercus pubescens*, *Acer* sp. pl., *Ulmus minor*.

Le restanti porzioni dei cantieri relativi ai pozzi 4, 5 e 8, della linea TR4M1, sono interessate da vegetazione arbustiva. Lo stesso si verifica per la maggior parte del cantiere relativo al manufatto di interconnessione, in continuità all'area di cantiere per il pozzo 7 (cfr. Figura 3-17). In particolare nell'area di cantiere relativa al pozzo 4 vi è una fascia arbustiva con specie quali *Rubus* sp. pl. e *Cornus sanguinea*, mentre nelle altre due aree citate vi sono arbusti con prevalenza di rovo (*Rubus ulmifolius*).

Un'altra parte del cantiere relativo al pozzo 5 è caratterizzata da un prato con arbusti, così come una porzione dell'area relativa al pozzo 8, nella quale sono

presenti arbusti sparsi quali *Prunus spinosa*, *Rubus* sp., e alcune zone della superficie prevista per il cantiere relativo al pozzo 1 della linea TR2M1.

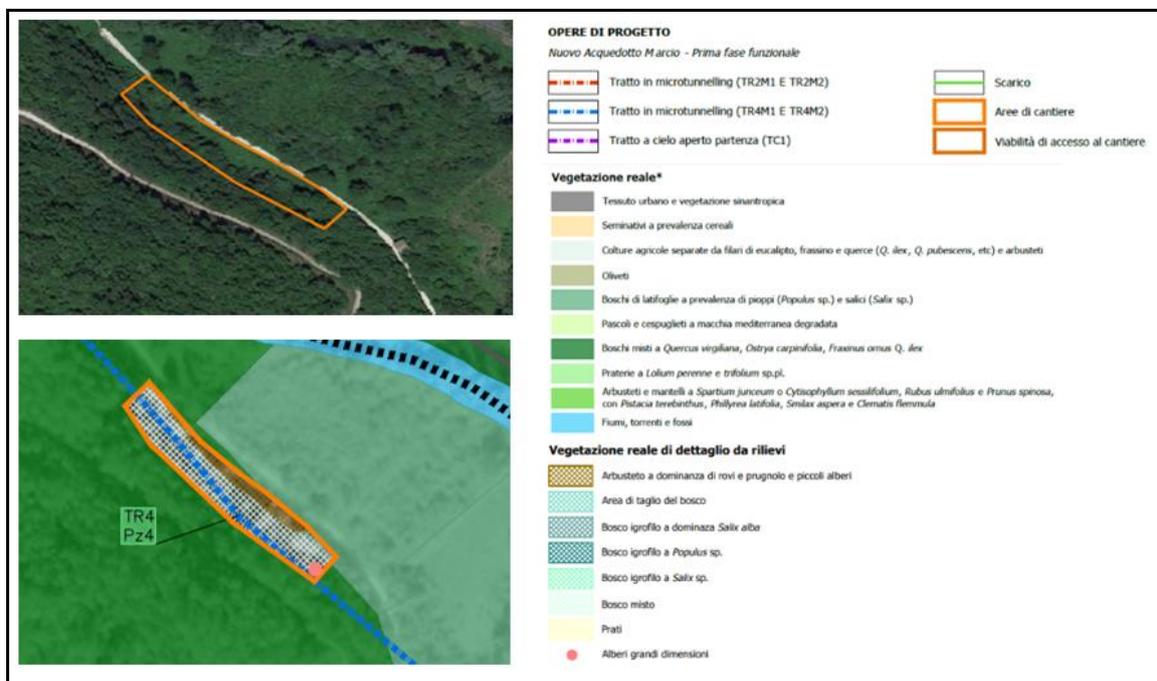


Figura 3-14 Area di cantiere relativa al pozzo 4 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione

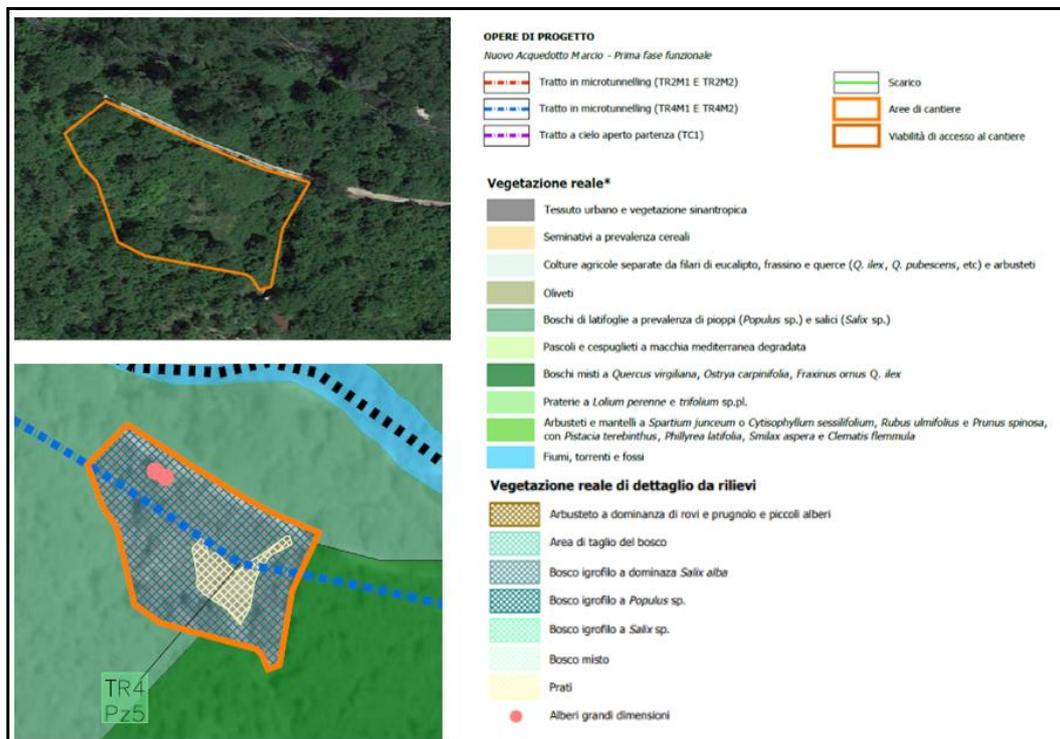


Figura 3-15 Area di cantiere relativa al pozzo 5 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione

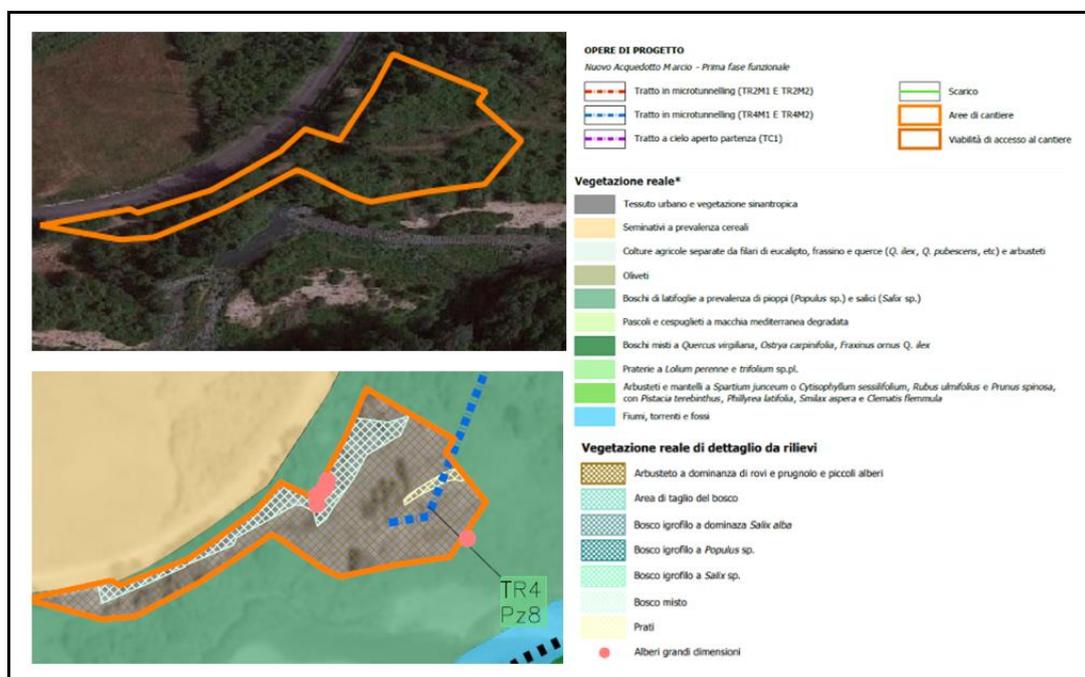


Figura 3-16 Area di cantiere relativa al pozzo 8 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione

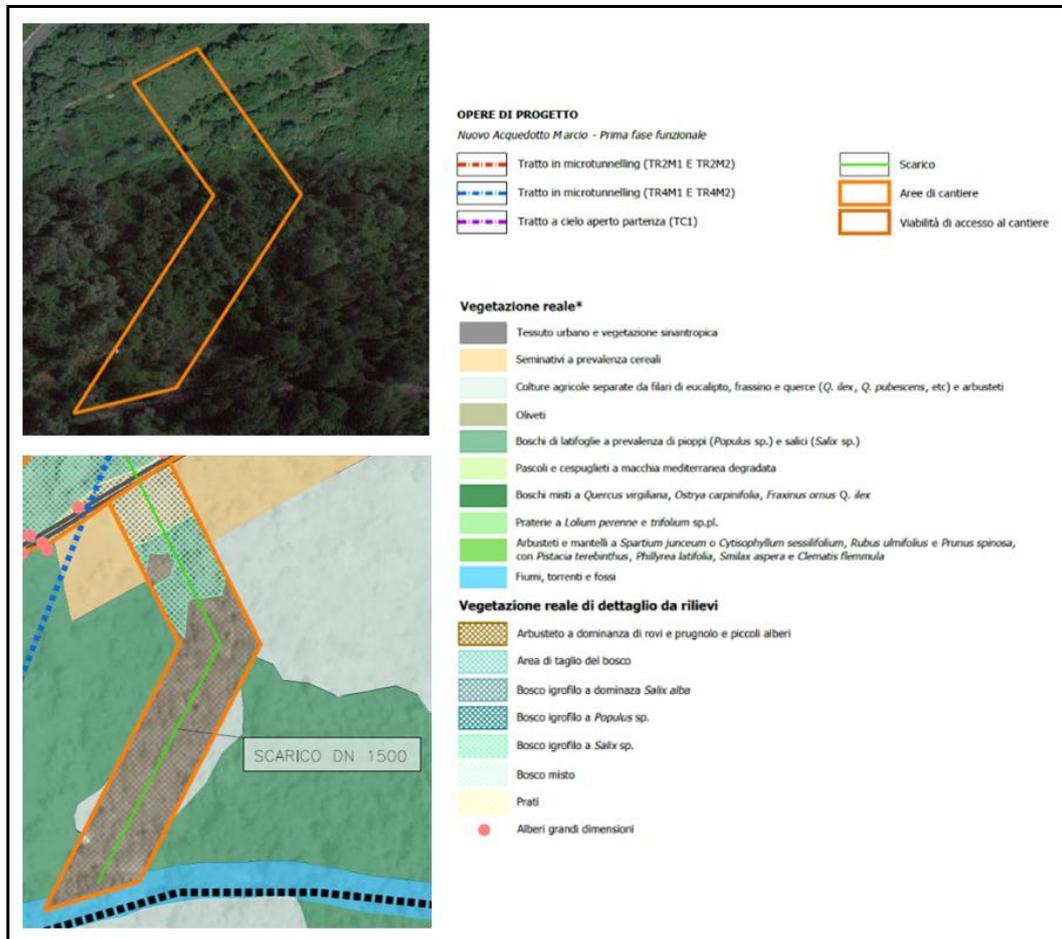


Figura 3-17 Area di cantiere relativa al manufatto di interconnessione in continuità con l'area relativa al pozzo 7 della linea TR4M1. **Figura sopra:** immagine satellitare (Fonte: Google earth); **Figura sotto:** stralcio della Carta della vegetazione

Una porzione del cantiere del manufatto di interconnessione in continuità all'area di cantiere del pozzo 7 del tratto TR4M1 interessa una zona a vegetazione erbacea.

Per quanto attiene le poche e brevi piste di cantiere, esse sono state scelte tutte in corrispondenza di viabilità esistente (cfr. Figura 3-6, Figura 3-7 e Figura 3-8).

Si evidenzia che l'ubicazione, le dimensioni e la configurazione delle aree di cantiere è stata definita cercando di limitare, per quanto possibile, la sottrazione di vegetazione, che è stata ulteriormente limitata tramite alcune misure previste nella fase costruttiva, quali la delimitazione dei cantieri e di alcuni esemplari arborei, da tutelare, interni ai cantieri stessi.

Inoltre è importante considerare che le superfici sottratte saranno ripristinate al termine dei lavori, anche mediante l'utilizzo di individui arborei, appartenenti a specie autoctone, presenti attualmente, che saranno opportunamente espianati e conservati, al fine di non danneggiare gli esemplari stessi e di non alterarne le funzioni. L'individuazione degli esemplari da espianare e conservare sarà comunque effettuata in fase di progettazione esecutiva da un professionista botanico.

Infine sono previste varie opere di inserimento paesaggistico-ambientale, che sono dettagliate, oltre ai citati interventi di ripristino in loco, nell'ambito della "Relazione del Progetto di paesaggio" (elaborato A250-SIA-R-013-0). In particolare in merito alla superficie del cantiere relativo al PZ7 della linea TR4M1, che interessa un'area a vegetazione arborea rientrante nella definizione di bosco sottoposto a tutela, sebbene si tratti di una sottrazione legata alla temporaneità del cantiere, oltre al ripristino in loco sarà realizzato anche un intervento compensativo, come previsto dalla normativa vigente. L'intervento di compensazione previsto è dettagliato in una specifica relazione "illustrazione delle opere di compensazione" (elaborato A250-SIA-R-014-0). Un'ulteriore misura prevista, atta a utilizzare le mitigazioni al fine di migliorare la situazione attuale del territorio interessato dal progetto, è quello di provvedere all'espianato ed opportuna eliminazione, secondo la normativa vigente, delle specie alloctone, come ad esempio la *Gleditsia triacanthos* citata per l'area di cantiere per il pozzo 8, che saranno sostituite, in fase di ripristino delle aree di cantiere, da specie autoctone presenti nell'ambito di studio.

In considerazione della dimensione ridotta delle superfici interferite, del carattere temporaneo dell'effetto in esame, definito dal ripristino allo stato originario delle superfici sottratte dall'approntamento delle aree di cantiere, nonché della predisposizione di opere a verde e di opere di compensazione, l'effetto "sottrazione di habitat e biocenosi", relativo alla Dimensione Costruttiva dell'opera, si può ritenere contenuto.

### **3.2.3. Modifica della qualità degli habitat e delle biocenosi**

Durante la fase di cantiere, le lavorazioni previste e la presenza dei mezzi di cantiere potrebbero causare un'alterazione della qualità di acque, suolo e atmosfera, con la conseguente perturbazione degli habitat prossimi alle aree di cantiere, a causa di sversamenti accidentali, perdita di carburanti e materiali oleosi, incremento della polverosità per lo stoccaggio e lo spostamento di materiali, movimenti di terra risultanti dallo scavo di sbancamento, emissione di gas dei mezzi di cantiere.

Alcune delle azioni previste per la dimensione costruttiva comportano la produzione di polveri che possono disperdersi e depositarsi sulle superfici circostanti, con potenziale alterazione della funzionalità e/o delle caratteristiche delle specie vegetali e più in generale delle biocenosi. Inoltre, saranno emesse sostanze che possono alterare la qualità dell'aria, che a sua volta potrebbe influire sullo stato di salute delle specie vegetali e animali presenti.

Al fine di stimare le concentrazioni di alcuni inquinanti, quali PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, legate alle attività di cantiere, è stata sviluppata una modellazione previsionale

nell'ambito delle analisi condotte per il fattore ambientale atmosfera, al quale si rimanda per le specifiche.

La suddetta modellazione previsionale, condotta andando a considerare, nell'ambito delle attività di cantiere, gli scenari più critici, ha permesso di verificare, per tutti gli inquinanti valutati, l'assenza del superamento dei limiti normativi ed in particolare anche in corrispondenza dei recettori vegetazionali (in considerazione del relativo limite normativo), la media annua di NO<sub>x</sub> stimata come emessa risulta notevolmente inferiore ai limiti normativi.

Le attività di cantiere possono comportare la produzione di gas serra, in particolare costituiti dai gas di scarico dei mezzi di cantiere all'interno delle aree di cantiere e lungo la viabilità utilizzata per il trasporto di materiale (approvvigionamento e smaltimento), che possono alterarne i livelli presenti nell'area, con potenziali conseguenze sulle specie vegetali e quindi sugli habitat.

Nell'ambito delle analisi condotte per il fattore ambientale atmosfera, al quale si rimanda per approfondimenti, sono state condotte delle simulazioni atte alla stima di CO<sub>2</sub> equivalente prodotta durante le attività di costruzione dell'opera.

Dalle suddette analisi è emerso che le attività relative alla fase di costruzione, considerando anche l'approvvigionamento e lo smaltimento del materiale, determinano un valore di emissione di CO<sub>2</sub> pari a circa 7.400 tonnellate.

Si evidenzia che gli input del progetto presi in considerazione sono inficiati da ipotesi cautelative.

Stante gli obiettivi di sostenibilità ambientale che il progetto si pone, si prevede l'utilizzo di macchinari e mezzi di ultima generazione (Best Available Technology), i quali consentiranno un abbattimento dei livelli stimati di CO<sub>2</sub> anche fino al 20%. Si potrebbe inoltre considerare l'adozione di mezzi e/o macchinari elettrici, ad oggi disponibili e facilmente reperibili in commercio ed aventi zero emissioni dirette in atmosfera, se non quelle legate alla ricarica delle batterie tramite rete elettrica nazionale.

Alla luce di tali accorgimenti le conclusioni sono state che è possibile ritenere l'effetto ambientale di modifica dei livelli di gas climalteranti di entità bassa, ne consegue che le stesse conclusioni si possono trasferire sulla possibile conseguente alterazione della qualità degli habitat e delle biocenosi, considerando anche che questo sarà limitato al tempo di realizzazione dell'opera.

Per quanto attiene le possibili alterazioni di suolo e acque, che potrebbero ripercuotersi sugli habitat e le biocenosi presenti, potrebbero essere causate dalle attività di cantiere, in quanto esse porteranno alla produzione di acque comprendenti acque meteoriche di dilavamento, acque di lavaggio dei mezzi meccanici ed acque reflue legate alla presenza del personale. Al fine di evitare il suddetto potenziale effetto ambientale, in generale tutte le acque di cantiere dovranno essere raccolte e trattate opportunamente, in questo modo non andranno a modificare lo stato qualitativo del recapito finale.

In particolare, nel cantiere Manufatto di Casetta Rossa si prevede la realizzazione di un impianto adibito al lavaggio dei mezzi e di una vasca per la raccolta ed il trattamento delle acque di prima pioggia, in modo da evitare che acque che prendono in carico particelle solide o olii, a seguito del dilavamento dei piazzali o

del contatto con i macchinari, raggiungano direttamente i corpi idrici superficiali e sotterranei.

In merito alle acque nere, esse saranno stoccate mediante fosse Imhoff o, in alternativa, saranno impiegati bagni chimici.

Gli scavi in microtunneling possono portare, in caso avvengano in terreni saturi al di sotto della superficie piezometrica, a modifiche dello stato qualitativo delle acque sotterranee. Le analisi condotte per il fattore ambientale geologia e acque, al quale si rimanda per le specifiche, hanno condotto alla conclusione che l'impiego delle diverse tipologie di microtunneling, selezionate in funzione delle caratteristiche del singolo tratto di galleria, permetterà di avere il massimo controllo nel corso dell'avanzamento, garantendo così una mitigazione degli impatti potenziali sull'ambiente sotterraneo.

Inoltre, è previsto che durante tutta la fase di corso d'opera si provvederà a svolgere le attività di monitoraggio, atte a verificare la corretta esecuzione delle lavorazioni ai fini della protezione dell'ambiente idrico.

In base a tutti gli aspetti considerati, e riassunti brevemente nelle note precedenti, il potenziale effetto ambientale di modifica dello stato qualitativo del suolo, delle acque superficiali e sotterranee, è stato ritenuto trascurabile, allo stesso modo si può quindi valutare la potenziale conseguente alterazione della qualità degli habitat e delle biocenosi.

Si deve comunque tenere presente che, in fase di cantiere, le lavorazioni saranno condotte dotando i mezzi d'opera di idonei sistemi per evitare sversamenti accidentali di carburanti e/o lubrificanti, il deposito dei lubrificanti e degli oli esausti sarà effettuata in contenitori appositi dotati di vasche di contenimento e l'esecuzione delle manutenzioni, dei rifornimenti e dei rabbocchi, avverrà su superfici coperte, le movimentazioni del materiale verranno effettuate tenendo in considerazione adeguate precauzioni e le normali "Best practices" per contenere al massimo la dispersione delle polveri.

Le suddette misure operative di prevenzione attuate in fase di cantiere, come le altre previste e riportate nel capitolo 4 per la salvaguardia delle acque e del suolo e dell'aria, svolgono anche la funzione di conservazione della biodiversità.

Inoltre, occorre considerare che le azioni di progetto, che potrebbero determinare il potenziale effetto in esame, sono a carattere temporaneo, in quanto legate alla dimensione costruttiva.

In conclusione, considerando i potenziali fattori casuali, le misure di salvaguardia previste in fase di cantiere, la temporaneità dell'effetto in esame, si ritiene trascurabile l'impatto relativo alla modifica della qualità degli habitat e delle biocenosi.

#### **3.2.4. Allontanamento e dispersione della fauna**

La potenziale interferenza è data dalla produzione di rumore e vibrazioni, causati dalle lavorazioni previste, che possono determinare disturbo, ed eventuale allontanamento, per le specie faunistiche più sensibili. Questo impatto nella fase di

cantiere è determinato dai macchinari e dagli uomini necessari alla realizzazione degli interventi in esame. Inoltre, le luci e gli stimoli visivi dei mezzi in movimento non sono ben tollerati da alcune specie di animali.

Gli animali rispondono all'inquinamento acustico alterando lo schema di attività, con un incremento ad esempio del ritmo cardiaco o manifestando problemi di comunicazione. Generalmente come conseguenza del disturbo la fauna si allontana dal proprio habitat, per un periodo limitato. In generale, gli animali possono essere disturbati da un'eccessiva quantità di rumore, reagendo in maniera diversa da specie a specie, ma anche secondo le differenti fasi dello sviluppo fenologico di uno stesso individuo. In generale gli uccelli e i mammiferi tendono ad allontanarsi dall'origine del disturbo; gli anfibi e i rettili invece, tendono a immobilizzarsi. Il danno maggiore si ha quando la fauna è disturbata nei periodi di riproduzione o di migrazione, durante i quali si può avere diminuzione nel successo riproduttivo, o maggiore logorio causato dal più intenso dispendio di energie, per spostarsi, per fare sentire i propri richiami.

Sono potenzialmente sensibili all'emissione di rumore tutte le specie ornitiche presenti nell'area durante l'arco dell'anno.

Da quanto detto prima si evince che particolarmente sensibili sono le specie ornitiche nidificanti, per le quali il disturbo indotto dalle emissioni acustiche può determinare una riduzione della fitness, qualora alteri il comportamento al punto da determinare effetti sul successo riproduttivo.

Tra gli anfibi sono potenzialmente sensibili all'inquinamento acustico gli anuri, poiché l'emissione di rumore potrebbe interferire con l'attività riproduttiva.

Per quanto riguarda le aree di cantiere, si tratta di ambiti territoriali limitati da un punto di vista areale, è pertanto ragionevole ipotizzare che in questo caso gli impatti potenziali non abbiano effetti rilevanti sulla fauna, poiché il disturbo si esaurisce a pochi metri dalle fonti di emissione. Ad ogni modo, allo scopo di valutare la significatività del potenziale effetto ambientale, si è fatto riferimento alle analisi condotte relativamente all'agente fisico Rumore, al quale si rimanda per maggiori approfondimenti, volte a determinare l'eventuale compromissione del clima acustico. L'analisi qualitativa e quantitativa dei potenziali impatti acustici indotti dalle attività di cantiere necessarie alla realizzazione delle opere previste dal progetto, è stata effettuata attraverso la metodologia del "Worst Case Scenario", ossia individuando gli scenari operativi che, tra tutti quelli possibili, risultano essere quelli maggiormente rappresentativi delle condizioni più gravose dal punto di vista acustico.

Dalle analisi condotte emerge come per le aree di cantiere fisso non sussistano superamenti dei limiti normativi dei comuni di riferimento e pertanto non risulta essere necessario adottare alcuna misura di mitigazione acustica né di tipo diretto né di tipo indiretto.

Le conclusioni delle analisi condotte circa il clima acustico determinato dalle azioni di cantiere, consentono di definire come non significativo il potenziale effetto di allontanamento delle specie faunistiche.

In ogni caso per limitare il disturbo indotto dalle attività di cantiere, nella fase di realizzazione delle opere di progetto, sono previsti alcuni accorgimenti da adottare, per i quali si rimanda al capitolo 4.

---

Inoltre, occorre considerare che le azioni di progetto, che potrebbero determinare il potenziale effetto in esame, sono a carattere temporaneo, in quanto legate alla dimensione costruttiva.

Analogamente, dall'analisi previsionale condotta per l'agente fisico vibrazioni, al quale si rimanda per le specifiche, si possono escludere interferenze legate alla propagazione di onde vibrazionale dei mezzi di cantiere operanti nell'area di intervento. Le suddette conclusioni si possono estendere alle potenziali conseguenze di disturbo alla fauna.

Vista dunque la temporaneità delle attività di lavorazione, la loro entità e le misure preventive e gestionali adottate, si assume che i potenziali effetti sulla fauna dovuti all'alterazione del clima acustico e delle vibrazioni in fase di cantiere siano non significativi.

### 3.3. C – Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare

#### 3.3.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

Secondo l'approccio metodologico posto alla base del presente studio e riportato nel capitolo 1, di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l'opera in esame, in relazione alla configurazione di progetto, potrebbe generare sul fattore ambientale "Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare".

Considerando separatamente le azioni di progetto nelle tre dimensioni in cui è stata distinta l'opera (fisica, costruttiva ed operativa) sono stati individuati i fattori causali dell'impatto e la conseguente stima degli impatti potenziali.

Con riferimento alla dimensione costruttiva, la realizzazione delle opere in progetto comporterà, in corrispondenza delle aree di cantiere, una modifica degli usi in atto, intesa come il processo di transizione tra le diverse categorie di uso del suolo. In tale ottica, il concetto di modifica degli usi in atto risulta dunque ben distinto da quello relativo al consumo di suolo, in quanto un eventuale cambiamento delle classi di uso e copertura del suolo potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo stesso, il quale potrebbe infatti mantenere intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici.

Il nesso di causalità intercorrente tra azioni, fattori causali e tipologie di impatti potenziali, risulta quindi sintetizzabile nella seguente tabella per la dimensione costruttiva.

<b>Azioni</b>	<b>Fattori causali</b>	<b>Impatti potenziali</b>
AC.01 Approntamento aree di cantiere	Occupazione di suolo	Modifica degli usi in atto
AC.02 Scavi e sbancamenti	Sversamenti accidentali, produzione di emissioni polverulente e di gas serra	Alterazione della qualità del suolo e dei relativi prodotti agroalimentari
AC.03 Scavo con microtunnelling		
AC.04 Rinterri		
AC.08 Movimentazione di materiale	Sversamenti accidentali	Alterazione della qualità del suolo e dei relativi prodotti agroalimentari
AC.05 Posa in opera di elementi prefabbricati		
AC.06 Realizzazione elementi gettati in opera		
AC.07 Realizzazione manufatti	Modifica dello stato qualitativo del suolo e delle acque sotterranee	Alterazione della qualità del suolo e dei relativi prodotti agroalimentari
AC.03 Scavo con microtunnelling		

*Tabella 3-6 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva*

Per quanto attiene agli impatti potenziali individuati, nei paragrafi successivi verranno condotte delle valutazioni opportune al fine di stimare, a livello qualitativo, la criticità di tali impatti.

In particolare, al fine di determinare gli impatti potenziali generati, nel complesso, dalle attività di realizzazione e operatività delle opere di progetto, sono state valutate:

- le tipologie di porzioni agricole di territorio modificate, in funzione soprattutto della loro estensione e rappresentatività sul territorio e della loro funzionalità nel quadro della produzione agroalimentare;
- la modifica della qualità dei prodotti agroalimentari dovuta all'inquinamento delle componenti ambientali, quali suolo e acque, per la confluenza e dispersione delle acque di cantiere, e per il deposito di emissioni di gas e polveri, prodotte dai macchinari e dai veicoli in fase di cantiere.

Tali analisi hanno portato, in conclusione, ad una stima qualitativa dell'impatto potenziale e alla definizione della significatività dell'impatto generato dalla fase di costruzione dell'opera, sul fattore ambientale "Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare".

### **3.3.2. Modifica degli usi in atto**

Per quanto concerne la "Dimensione costruttiva", l'approntamento delle aree di cantiere può determinare sia la modifica di superfici a matrice agricola che quella di superfici a matrice naturale. Quest'ultima è stata analizzata, in termini di sottrazione temporanea, per il fattore ambientale "Biodiversità".

Per il progetto in esame sono previste 11 differenti aree di cantiere: un "cantiere base", che verrà installato all'inizio dei lavori di questa prima fase funzionale e rimarrà in essere finché tutte le lavorazioni ed i cantieri, della suddetta fase, non saranno stati completati; 10 cantieri relativi agli altrettanti pozzi previsti, come dettagliato nella tabella seguente.

<b>Tratto Prima Fase Funzionale</b>	
CANTIERE	AREA [mq]
CASETTA ROSSA (MCR) + TRATTO TC1	56.020
	118.833
NODO A (MNA) + pozzo arrivo TR2M1/TR4M1	12.310
TR4PZ1 - spinta	4.529
TR2PZ1 - spinta	4.303
TR4PZ2 - arrivo	3.523
TR4PZ3 - spinta con soglia	4.953
TR4PZ4 - arrivo	2.839
TR4PZ5 - spinta con soglia	4.650
TR4PZ6 - arrivo	3.195

<b>Tratto Prima Fase Funzionale</b>	
CANTIERE	AREA [mq]
TR4PZ7- spinta - manufatto interconnessione	7.927*
	10.332
TR4PZ8 - arrivo	4.803*
*Comprensivi di un breve tratto di viabilità di cantiere in connessione con la SR5	

*Tabella 3-7 Cantieri previsti per la realizzazione del tracciato della Prima Fase Funzionale*

In particolare, come già esaminato nell'analisi degli effetti della Dimensione Costruttiva del fattore ambientale "Biodiversità", le aree, previste per i cantieri, interessate da superfici agricole risultano assenti, in quanto le superfici non interessate da vegetazione arborea e/o arbustiva, quindi quelle relative ai cantieri per il manufatto di Casetta Rossa, per il tratto a cielo aperto TC1, ad esclusione di un piccolo tratto finale e porzioni marginali, per il manufatto nodo A, sono costituite da zone agricole abbandonate. Queste ultime sono caratterizzate da vegetazione erbacea, in alcuni casi con presenza di arbusti, come stadi evolutivi verso il bosco, come confermato dagli stralci della carta della vegetazione reale riportati nelle figure seguenti.

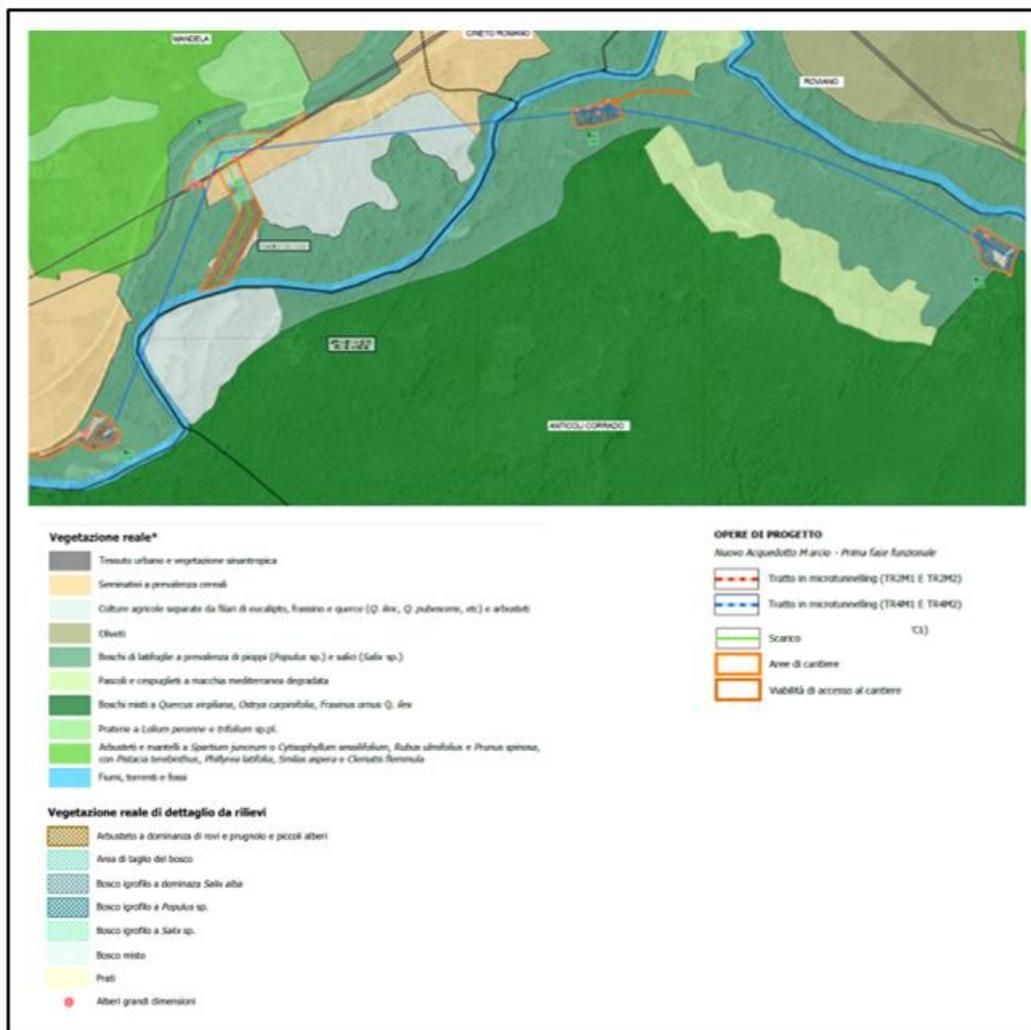


Figura 3-18 Ubicazione di una parte del progetto e delle relative aree di cantiere per i pozzi 5, 6, 7, 8, della linea TR4M1, e per il manufatto di interconnessione, rispetto ad uno stralcio della carta della vegetazione reale

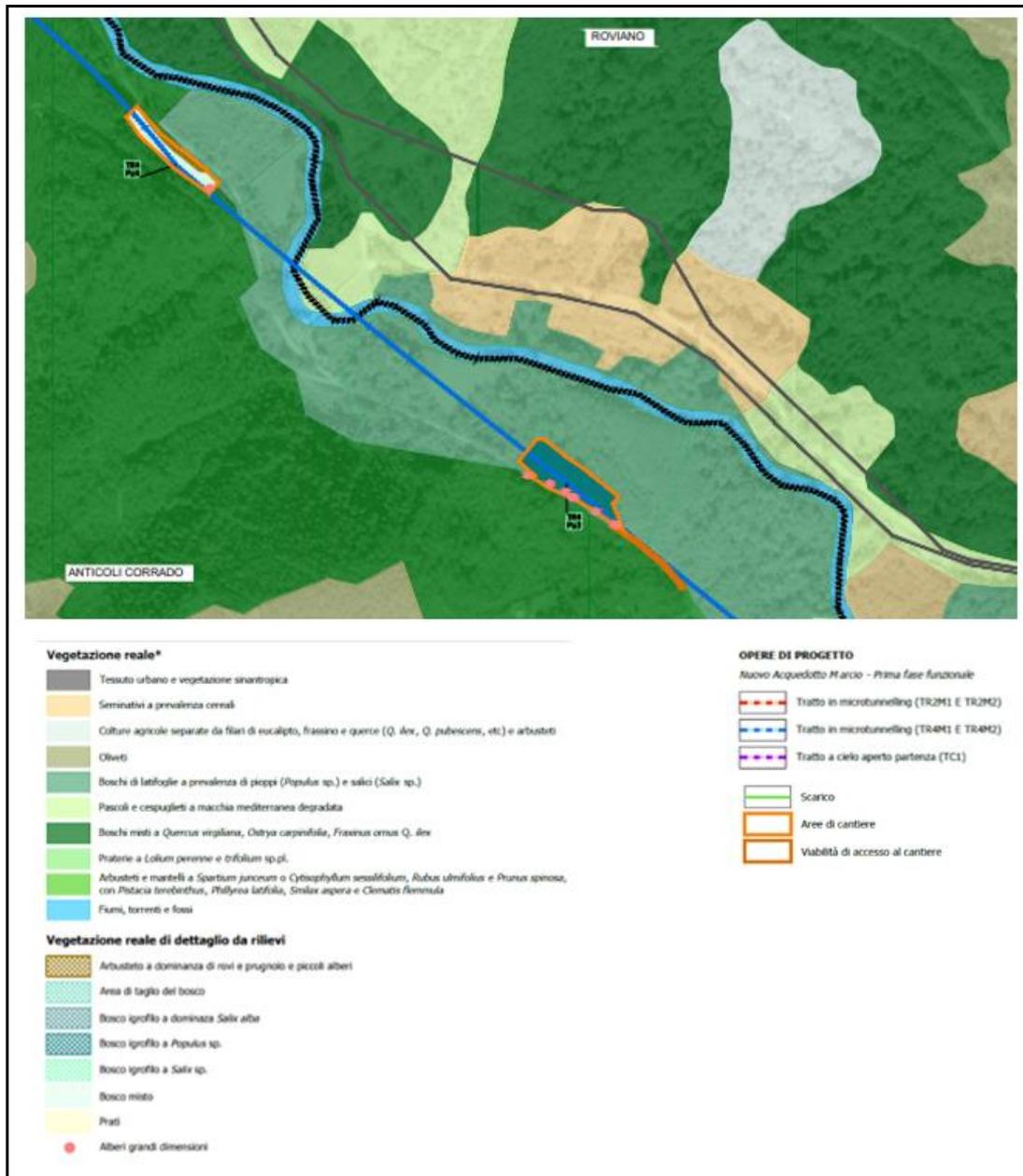


Figura 3-19 Ubicazione di una parte del progetto e delle relative aree di cantiere per i pozzi 3 e 4, della linea TR4M1, rispetto ad uno stralcio della carta della vegetazione reale

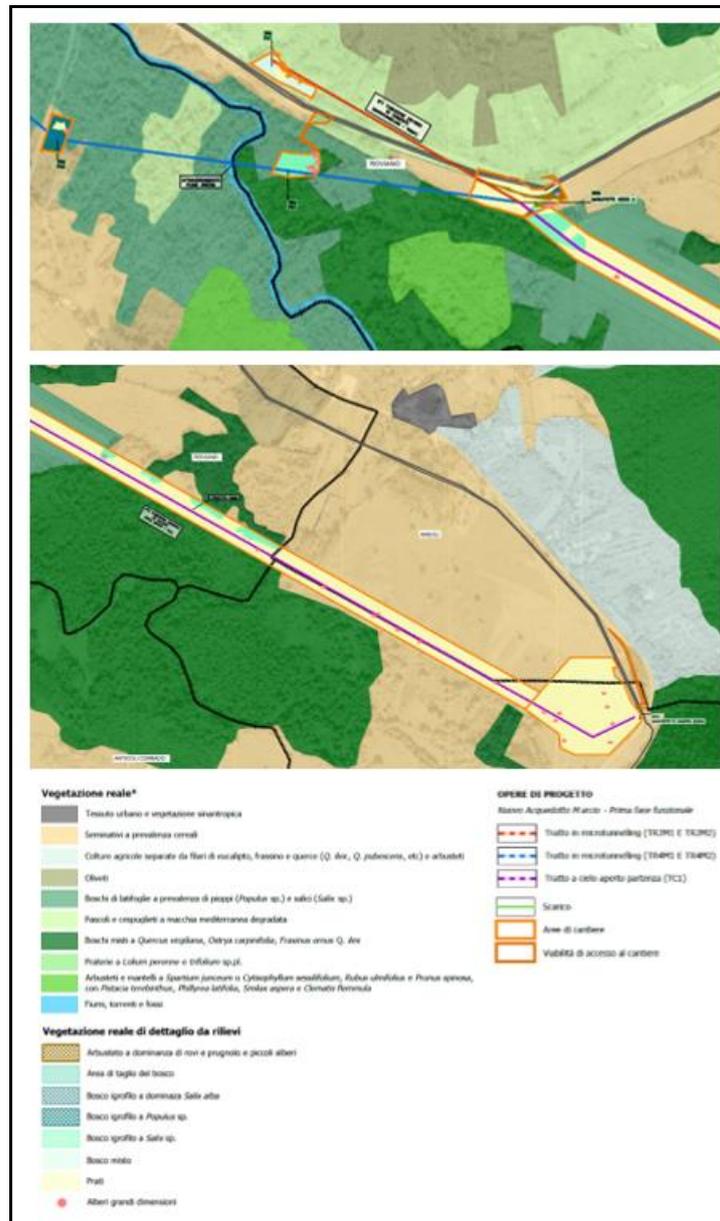


Figura 3-20 Ubicazione di una parte del progetto e delle relative aree di cantiere per i pozzi 1 e 2, della linea TR4M1, per il pozzo 1 della linea TR2M1, per i manufatti nodo A e casetta rossa, per il tratto a cielo aperto, rispetto agli stralci della carta della vegetazione reale

L'analisi della vegetazione presente nelle aree previste per i cantieri del progetto in esame, supportata dai risultati dei rilievi fitosociologici eseguiti, ha permesso di verificare che l'effetto relativo alla modifica degli usi in atto, rispetto alle zone coltivate, associato alla Dimensione Costruttiva dell'opera, risulta assente, in quanto non vi sono superfici agricole interessate dalle suddette aree di cantiere.

### **3.3.3. Alterazione della qualità del suolo e dei relativi prodotti agroalimentari**

Durante la fase di cantiere, le attività necessarie per la realizzazione delle opere in progetto e l'utilizzo di mezzi di cantiere potrebbero causare un'alterazione della qualità delle diverse matrici ambientali, quali acqua, suolo e atmosfera, con conseguente alterazione del territorio da essi interessato e dei prodotti agroalimentari in esso presenti. Tali alterazioni potrebbero derivare da: sversamenti accidentali, perdita di carburante e materiali oleosi, incremento della polverosità per stoccaggio e spostamento di materiali, movimenti di terra risultanti dallo scavo di sbancamento, emissione di gas dei mezzi di cantiere.

Alcune delle azioni previste per la dimensione costruttiva comportano la produzione di polveri che possono disperdersi e depositarsi su superfici coltivate presenti nell'area, con potenziale alterazione della funzionalità e/o delle caratteristiche delle specie coltivate. Inoltre, saranno emesse sostanze, che possono alterare la qualità dell'aria, che a sua volta potrebbe influire sulle specie vegetali sia spontanee che coltivate.

Al fine di stimare le concentrazioni di alcuni inquinanti, quali PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, legate alle attività di cantiere, è stata sviluppata una modellazione previsionale nell'ambito delle analisi condotte per il fattore ambientale atmosfera, al quale si rimanda per le specifiche.

La suddetta modellazione previsionale, condotta andando a considerare, nell'ambito delle attività di cantiere, gli scenari più critici, ha permesso di verificare, per tutti gli inquinanti valutati, l'assenza del superamento dei limiti normativi ed in particolare anche in corrispondenza dei recettori vegetazionali (in considerazione del relativo limite normativo), la media annua di NO<sub>x</sub> stimata come emessa risulta notevolmente inferiore ai limiti normativi.

Le attività di cantiere possono comportare la produzione di gas serra, in particolare costituiti dai gas di scarico dei mezzi di cantiere all'interno delle aree di cantiere e lungo la viabilità utilizzata per il trasporto di materiale (approvvigionamento e smaltimento), che possono alterarne i livelli presenti nell'area, con potenziali conseguenze sulle specie vegetali, comprese quelle coltivate.

Nell'ambito delle analisi condotte per il fattore ambientale atmosfera, al quale si rimanda per approfondimenti, sono state condotte delle simulazioni atte alla stima di CO<sub>2</sub> equivalente prodotta durante le attività di costruzione dell'opera.

Dalle suddette analisi è emerso che le attività relative alla fase di costruzione, considerando anche l'approvvigionamento e lo smaltimento del materiale, determinano un valore di emissione di CO<sub>2</sub> pari a circa 7.400 tonnellate.

Si evidenzia che gli input del progetto presi in considerazione sono inficiati da ipotesi cautelative.

Stante gli obiettivi di sostenibilità ambientale che il progetto si pone, si prevede l'utilizzo di macchinari e mezzi di ultima generazione (Best Available Technology), i quali consentiranno un abbattimento dei livelli stimati di CO<sub>2</sub> anche fino al 20%. Si potrebbe inoltre considerare l'adozione di mezzi e/o macchinari elettrici, ad oggi disponibili e facilmente reperibili in commercio ed aventi zero emissioni dirette in atmosfera, se non quelle legate alla ricarica delle batterie tramite rete elettrica nazionale.

Alla luce di tali accorgimenti le conclusioni sono state che è possibile ritenere l'effetto ambientale di modifica dei livelli di gas climalteranti di entità bassa, ne consegue che le stesse conclusioni si possono trasferire sulla possibile conseguente alterazione del suolo e della relativa produzione agroalimentare, considerando anche che questo sarà limitato al tempo di realizzazione dell'opera.

Per quanto attiene le possibili alterazioni di suolo e acque, che potrebbero ripercuotersi sul suolo agricolo e le derivanti produzioni agroalimentari presenti nella zona, potrebbero essere causate dalle attività di cantiere, in quanto esse porteranno alla produzione di acque comprendenti acque meteoriche di dilavamento, acque di lavaggio dei mezzi meccanici ed acque reflue legate alla presenza del personale. Al fine di evitare il suddetto potenziale effetto ambientale, in generale tutte le acque di cantiere dovranno essere raccolte e trattate opportunamente, in questo modo non andranno a modificare lo stato qualitativo del recapito finale.

In particolare, nel cantiere Manufatto di Casetta Rossa si prevede la realizzazione di un impianto adibito al lavaggio dei mezzi e di una vasca per la raccolta ed il trattamento delle acque di prima pioggia, in modo da evitare che acque che prendono in carico particelle solide o olii, a seguito del dilavamento dei piazzali o del contatto con i macchinari, raggiungano direttamente i corpi idrici superficiali e sotterranei.

In merito alle acque nere, esse saranno stoccate mediante fosse Imhoff o, in alternativa, saranno impiegati bagni chimici.

Gli scavi in microtunneling possono portare, in caso avvengano in terreni saturi al di sotto della superficie piezometrica, a modifiche dello stato qualitativo delle acque sotterranee. Le analisi condotte per il fattore ambientale geologia e acque, al quale si rimanda per le specifiche, hanno condotto alla conclusione che l'impiego delle diverse tipologie di microtunneling, selezionate in funzione delle caratteristiche del singolo tratto di galleria, permetterà di avere il massimo controllo nel corso dell'avanzamento, garantendo così una mitigazione degli impatti potenziali sull'ambiente sotterraneo.

Inoltre, è previsto che durante tutta la fase di corso d'opera si provvederà a svolgere le attività di monitoraggio, atte a verificare la corretta esecuzione delle lavorazioni ai fini della protezione dell'ambiente idrico.

In base a tutti gli aspetti considerati, e riassunti brevemente nelle note precedenti, il potenziale effetto ambientale di modifica dello stato qualitativo del suolo, delle acque superficiali e sotterranee, è stato ritenuto trascurabile, allo stesso modo si può quindi valutare la potenziale conseguente alterazione del suolo agricolo e dei relativi prodotti.

Si deve comunque tenere presente che, in fase di cantiere, le lavorazioni saranno condotte dotando i mezzi d'opera di idonei sistemi per evitare sversamenti accidentali di carburanti e/o lubrificanti, il deposito dei lubrificanti e degli oli esausti sarà effettuata in contenitori appositi dotati di vasche di contenimento e l'esecuzione delle manutenzioni, dei rifornimenti e dei rabbocchi, avverrà su superfici coperte, le movimentazioni del materiale verranno effettuate tenendo in considerazione adeguate precauzioni e le normali "Best practices" per contenere al massimo la dispersione delle polveri.

Le suddette misure operative di prevenzione attuate in fase di cantiere, come le altre previste e riportate nel capitolo 4, per la salvaguardia delle acque e del suolo e dell'aria, svolgono anche la funzione di conservazione della qualità del suolo e dei prodotti agroalimentari.

Inoltre, occorre considerare che le azioni di progetto, che potrebbero determinare il potenziale effetto in esame, sono a carattere temporaneo, in quanto legate alla dimensione costruttiva.

In conclusione, considerando i potenziali fattori casuali, le misure di salvaguardia previste in fase di cantiere, la temporaneità dell'effetto in esame, si ritiene che la potenziale alterazione della qualità del suolo e dei relativi prodotti agroalimentari sia di significatività trascurabile. Inoltre, si specifica che, in base a quanto emerso nel quadro conoscitivo del presente Studio di Impatto Ambientale (vedi P2 dello SIA), nella zona in esame non vi sono produzioni di qualità.

## 3.4. D – Geologia e acque

### 3.4.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

Di seguito si riportano le azioni di progetto che nel corso delle attività di cantierizzazione possono generare impatti potenziali sulla componente geologia e acque in base alla metodologia esposta nel capitolo 1.

<b>Azione di progetto</b>	<b>Fattore causale</b>	<b>Impatto potenziale</b>
AC.02 Scavi e sbancamenti	Interazione con fenomeni gravitativi preesistenti	Modifica dell'assetto geomorfologico
AC.03 Scavo con microtunnelling	Interessamento ambiente sotterraneo	Modifica dello stato qualitativo del suolo e delle acque sotterranee
AC.07 Realizzazione manufatti	Approvvigionamento di materiali da costruzione	Uso di risorse non rinnovabili
AC.08 Movimentazione di materiale	Produzione di materiali di risulta	Produzione di rifiuti

*Tabella 3-8 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva*

La potenziale modifica dell'assetto geomorfologico discende dall'interazione delle aree di lavoro con eventuali fenomeni di origine gravitativa in stato di quiescenza o di attività preesistenti nell'area di intervento.

Gli scavi in microtunneling possono portare, in caso avvengano in terreni saturi al disotto della superficie piezometrica, a modifiche dello stato qualitativo delle acque sotterranee.

Le attività di cantiere porteranno alla produzione di acque comprendenti acque meteoriche di dilavamento, acque di lavaggio dei mezzi meccanici ed acque reflue legate alla presenza del personale. Tutte le acque di cantiere dovranno essere raccolte e trattate opportunamente al fine di non andare a modificare lo stato qualitativo del recapito finale.

La realizzazione dei manufatti in progetto richiede l'approvvigionamento di materiali da costruzione provenienti da risorse non rinnovabili; le attività di realizzazione del nuovo acquedotto porteranno, infine, alla produzione di materiali di risulta che dovranno essere riutilizzati o smaltiti a norma di legge.

### 3.4.2. Modifica dell'assetto geomorfologico

L'effetto in esame discende dalla presenza di fenomeni gravitativi in stato di attività o di quiescenza nell'intorno dell'area d'interesse.

La consultazione della cartografia IFFI e PAI ha portato alle seguenti conclusioni:

- È presente un cluster di frane con tipologia complessa e di colamento lento sul versante sotto l'abitato di Anticoli. Data la distanza del tracciato dal versante in frana e data la morfologia caratterizzata da una valle a fondo piatto che si interpone tra la condotta e i corpi franosi, si ritiene che questi non possano generare situazioni di rischio per l'opera.

- La stretta valle che da Roviano si muove in direzione Nord-Ovest presenta esclusivamente 2 frane presunte riportate nella Carta Inventario dei Fenomeni Franosi; tuttavia, si ritiene che essendo in questa zona l'energia del rilievo relativamente alta e gli ammassi rocciosi particolarmente fratturati, potrebbero instaurarsi delle situazioni di instabilità, da approfondire in una fase più avanzata dello studio.

Nel complesso l'impatto in esame può essere considerato basso in quanto gran parte dell'opera si svilupperà in sotterraneo e sarà implementato un piano di monitoraggio ante operam e in corso d'opera sia da satellite che in sito al fine di controllare eventuali modifiche all'attuale assetto geomorfologico.

### **3.4.3. Modifica dello stato qualitativo e quantitativo del suolo, delle acque superficiali e sotterranee**

In linea generale le attività di cantiere determinano la produzione di acque derivanti da diverse fonti, come il dilavamento di aree pavimentate da parte delle acque meteoriche, il lavaggio dei mezzi e le acque nere derivanti dalla presenza del personale di cantiere.

Nel cantiere Manufatto di Casetta Rossa si prevede la realizzazione di un impianto adibito al lavaggio dei mezzi e di una vasca per la raccolta ed il trattamento delle acque di prima pioggia, in modo da evitare che acque che prendono in carico particelle solide o olii a seguito del dilavamento dei piazzali o del contatto con i macchinari raggiungano direttamente i corpi idrici superficiali e sotterranei.

Mediante appositi dissabbiatori e disoleatori, infatti, tali sostanze vengono separate dalle acque che, a valle del trattamento, possono essere riutilizzate e/o recapitate ai corpi idrici designati.



Figura 3-21 Planimetria area di cantiere Manufatto Casetta Rossa

La probabilità che si verifichino sversamenti accidentali di carburanti e/o lubrificanti è remota, tuttavia, al fine di ridurre ulteriormente le possibilità del verificarsi di tale tipologia di evento, nonché percolazioni nel terreno di acque di lavaggio, verranno adottate opportune misure operative, quali, ad esempio, il deposito dei lubrificanti e degli oli esausti in contenitori appositi dotati di vasche di contenimento e l'esecuzione delle manutenzioni, dei rifornimenti e dei rabbocchi su superfici coperte. I mezzi saranno inoltre dotati di kit d'intervento nel caso in cui si dovesse verificare uno sversamento accidentale in modo da garantire un intervento tempestivo a seguito dell'evento.

In merito alle acque nere, esse saranno stoccate mediante fosse Imhoff o, in alternativa, saranno impiegati bagni chimici.

Un'ulteriore possibile causa dell'impatto potenziale legato alla modifica dello stato quali-quantitativo delle acque sotterranee è rappresentata dall'attività di scavo.

Nello specifico, dall'analisi delle fonti bibliografiche, dei dati relativi a sondaggi pregressi e di nuova realizzazione, nonché in base alle analisi chimiche delle acque sorgive, risulta quanto segue:

- Il Nuovo Acquedotto Marcio ha origine presso le sorgenti ubicate in località Mola di Regno. In questo settore la quota per il fondo dello scavo della condotta è piuttosto superficiale, essendo previsto mediamente tra 1,5 e 3 metri di profondità. In base alle informazioni bibliografiche, ai dati relativi ad alcuni sondaggi pregressi realizzati, ad informazioni sulla quota della falda rinvenuta durante l'esecuzione di sondaggi ivi realizzati, alle analisi chimiche delle acque sorgive, è stato confermato che il tratto iniziale interferirà con la falda dei depositi alluvionali in continuità idraulica con quella dei Monti Simbruini, che nella zona di Mola di Regno ha uno dei suoi recapiti principali. Infatti, il Complesso dei depositi alluvionali e fluvio-lacustri che caratterizza la piana di Mola di Regno, nonostante presenti notevoli spessori e variazioni di permeabilità legate alla forte eterogeneità granulometrica e alle marcate eteropie laterali dei depositi, è in continuità idraulica con la falda regionale Simbruina ospitata dal Complesso dei calcari di piattaforma, con livelli di falda prossimi alla superficie topografica (2-3 m da p.c.) e localizzate condizioni di artesianità, per le quali sarà possibile adottare misure quali l'aggottamento delle acque per evitare l'interazione dell'opera con le acque sotterranee.
- Il tracciato denominato TR2 si sviluppa in destra idrografica del Fiume Aniene nel settore di Ponte Anticoli per una lunghezza di circa 600 m. In questo settore, le informazioni relative all'assetto idrogeologico sono state desunte dalle misure di portata, dai rilievi (condotti nei piezometri PZ3, PZ4, PZ8, PZ9 e PZ14) e dalle ricostruzioni piezometriche, oltre che dall'analisi chimica effettuata sulle acque campionate. Nel tratto iniziale, fino al settore ubicato a valle della Traversa di Roviano, le ricostruzioni suggeriscono l'interazione tra il tracciato con la falda alluvionale, la quale si trova in continuità idraulica con la falda dell'idrostruttura dei Monti Simbruini, esclusivamente laddove vengono intercettati i depositi ad esso riconducibili. Tale interazione è prettamente locale ed è relativa alla presenza dei depositi alluvionali e alla loro relazione con il bedrock. Tuttavia, mediante la ricostruzione della superficie piezometrica rinvenuta all'interno dei piezometri, localizzati sia in destra che in sinistra idrografica, è stato possibile indicare una quota della falda rinvenuta all'interno dei depositi alluvionali e intercettata con il tracciato TR2, variabile da circa 320 metri s.l.m. (in prossimità del sondaggio S2) a quasi 316 metri s.l.m. (presso la traversa di Roviano). In questo settore del tracciato, a partire dal manufatto nodo A, il battente d'acqua che si ipotizza venga rinvenuto nei depositi alluvionali durante lo scavo è nell'ordine di una decina di metri rispetto alla quota di fondo scavo. Nel settore a valle della traversa idroelettrica di Roviano e del piezometro PZ9, il tracciato attraversa il complesso idrogeologico delle calcareniti, caratterizzato da una potenzialità acquifera media, entrando nel dominio geologico umbro-sabino e nell'idrostruttura dei Monti Sabini meridionali. Presso la confluenza del Fosso della Scarpa nel Fiume Aniene i risultati delle

indagini idrogeologiche ed idrochimiche hanno evidenziato l'emergenza di un volume non trascurabile (valutato tramite le misure di portata in alveo in circa 1500 L/s) di acque sotterranee mineralizzate. In funzione della ricostruzione piezometrica ottenuta, le quote della superficie piezometrica in questo settore, che in alcuni punti è prossima al piano campagna con locali condizioni di artesianità, sono comprese tra circa 314 e 316 metri s.l.m. Ne consegue che è atteso un battente d'acqua di oltre dieci metri, rispetto alla quota di fondo scavo, nel tratto in cui il tracciato attraverserà il complesso alluvionale permeabile, che risulta in continuità idraulica con i complessi delle Scaglie calcaree e delle calcareniti.

- Nei pressi di Ponte Anticoli, al termine del tratto comune iniziale del NAM, ha inizio il tracciato TR4, che segue il corso del Fiume Aniene in riva sinistra, fino alla confluenza del Fosso della Scarpa. In questo punto avviene l'attraversamento del Fiume Aniene e la condotta del TR4 si trasferisce in destra idrografica, pur mantenendosi nella zona della valle alluvionale vicino al corso d'acqua, il quale viene lambito o riattraversato più volte. In questo primo tratto l'interazione del tracciato con la falda idrica sotterranea all'interno del complesso dei depositi alluvionali e fluvio-lacustri, la quale si trova in continuità idraulica con la circolazione carbonatica regionale dei Monti Simbruini, è stata confermata dai rilievi e dalla ricostruzione piezometrica ottenuta dai dati relativi ai piezometri PZ3, PZ4, PZ8 e PZ9, oltre che dall'analisi chimica effettuata sulle acque campionate. La quota della condotta risulta generalmente più superficiale rispetto al tracciato del TR2, eccezion fatta nel settore immediatamente a valle della traversa idroelettrica di Roviano, dove lo scavo avviene per un breve tratto all'interno della dorsale dei Monti Ruffi; la quota di fondo scavo del tracciato, dopo i primi 400 metri circa, si approfondisce gradualmente ad una quota di quasi 310 metri s.l.m. In funzione della ricostruzione piezometrica ottenuta, le quote della superficie piezometrica rinvenuta all'interno dei depositi alluvionali, intercettati dal TR4 fino al settore a valle della traversa idroelettrica di Roviano, sono comprese tra circa 320 e 315 metri s.l.m. Ne consegue che è atteso un battente d'acqua di oltre dieci metri, rispetto alla quota di fondo scavo, nel tratto in cui il tracciato attraverserà il complesso alluvionale permeabile. Immediatamente a monte dell'ubicazione dei sondaggi S12, S13 e PP2, il tracciato inizierà ad interagire con la circolazione idrica sotterranea nei depositi alluvionali, i quali si trovano in continuità idraulica con la falda dei Monti Sabini meridionali. In riva sinistra la circolazione idrica sotterranea è tamponata dal complesso impermeabile delle Scaglie marnoso-argillose. Le frazioni più argillose svolgono localmente una funzione di acquiclude nei confronti dei complessi calcarei sottostanti. In quest'area, l'esecuzione dei sondaggi sopra menzionati, ha permesso di riscontrare una falda con risalite fino al piano campagna con locali condizioni di artesianità. I risultati delle indagini idrogeologiche ed idrochimiche realizzate nella zona di confluenza del Fosso della Scarpa nel Fiume Aniene, hanno evidenziato l'emergenza di un volume non trascurabile (valutato tramite le misure di portata in alveo in circa 1500 L/s) di acque sotterranee

mineralizzate. In funzione della ricostruzione piezometrica ottenuta, le quote della falda in questo settore sono comprese tra circa 314 e 316 metri s.l.m. Ne consegue che è atteso un battente d'acqua di un massimo di venti metri, rispetto alla quota di fondo scavo posta a 294-296 m s.l.m.; qui il tracciato attraverserà il complesso alluvionale permeabile. Come già indicato per il tracciato TR2, l'emergenza di queste acque mineralizzate è limitata ad un settore molto ristretto. Oltre questo settore, inizialmente, il tracciato interferirà con acque sotterranee a minore mineralizzazione, o comunque diluite rispetto a quelle precedenti. Dalle ricostruzioni eseguite in quest'area, si segnala la presenza di una falda superficiale, riconducibile ai depositi del Fiume Aniene. È stato possibile rinvenire come tale falda presenti una quota massima di 309 m s.l.m.

L'impiego delle diverse tipologie di scavo permetterà di avere il massimo controllo nel corso dell'avanzamento, garantendo così una mitigazione degli impatti potenziali sull'ambiente sotterraneo.

Si ricorda inoltre che durante tutta la fase di corso d'opera si provvederà a svolgere le attività di monitoraggio atte a verificare la corretta esecuzione delle lavorazioni ai fini della protezione dell'ambiente idrico. Stante ciò l'impatto in esame può considerarsi trascurabile.

#### **3.4.4. Uso di risorse non rinnovabili**

La realizzazione dei manufatti connessi con il nuovo acquedotto richiederanno l'impiego di materiali provenienti da risorse non rinnovabili.

Nello specifico, i materiali necessari sono essenzialmente inerti e materiali per malte cementizie e leganti. L'approvvigionamento dei materiali avverrà dalle cave autorizzate individuate nella Parte 2 del presente Studio di Impatto Ambientale.

Inoltre, dagli scavi propedeutici alla posa in opera delle condotte nel tratto comune che va dal Manufatto origine degli Acquedotti al Nodo A, verranno riutilizzati in sito, ai sensi dell'art. 24 del DPR 120/17, 67.020 m<sup>3</sup> di terre (volume in cumulo) prodotte dallo scavo in tradizionale, andando a ridurre il fabbisogno di materiale. Stante l'attività di riutilizzo delle terre in sito (circa il 50%), l'impatto in esame può considerarsi trascurabile.

#### **3.4.5. Produzione di rifiuti**

La produzione di rifiuti derivante dalle azioni di progetto deriva in larga parte dagli scavi in microtunneling e, in quantità nettamente minori, dalle attività di demolizione.

Ai rifiuti derivanti dalle operazioni di scavo si prevede di assegnare il codice CER 170504 (Terre e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503).

In Tabella 3-9 viene riportata una sintesi delle quantità di rifiuti prodotti nell'ambito della Prima Fase Funzionale, pari, complessivamente, a 70.536 m<sup>3</sup> (in cumulo).

---

<b>Provenienza</b>	<b>Rifiuti [m<sup>3</sup> in cumulo]</b>
Manufatti	11.789
Micotunnelling	58.747
<b>TOT</b>	<b>70.536</b>

*Tabella 3-9 Riepilogo delle quantità di rifiuti prodotti nell'ambito della Prima Fase Funzionale*

Lo smaltimento dei materiali che non saranno riutilizzati internamente al sito di progetto avverrà nelle discariche o (preferibilmente) negli impianti di recupero individuati nella Parte 2 del presente SIA.

Stante la previsione di una percentuale di materiale scavato riutilizzato in situ (circa il 50%) ed il conferimento preferenziale dei rifiuti in impianti di recupero, l'impatto in esame può ritenersi trascurabile.

## 3.5. E – Atmosfera: aria e clima

### 3.5.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

Per quanto riguarda la verifica delle potenziali interferenze sulla qualità dell'aria legate alla dimensione costruttiva dell'opera oggetto di studio, si può fare riferimento alla seguente matrice di correlazione azioni-fattori causali-effetti.

Azioni di progetto	Fattori Causali	Impatti potenziali
AC.01 Approntamento aree di cantiere	Produzione emissioni polverulente	Modifica delle condizioni della qualità dell'aria
AC.02 Scavi e sbancamenti		
AC.03 Scavo con microtunnelling	Produzione emissioni di gas serra	Modifica dei livelli di gas climalteranti
AC.04 Rinterri		
AC.08 Movimentazione di materiale		

Tabella 3-10 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva

Nel seguito della trattazione, si riportano le analisi quantitative delle concentrazioni prodotte durante la fase di cantiere.

### 3.5.2. Modifica delle condizioni della qualità dell'aria

#### 3.5.2.1. Metodologia di analisi

L'obiettivo della presente analisi è stato quello di stimare le potenziali interferenze sulla qualità dell'aria legate alle attività di cantiere per la realizzazione delle opere previste nell'ambito del progetto oggetto di studio.

A tale scopo, è stata sviluppata una modellazione previsionale attraverso il software di Aermod che ha consentito di stimare le concentrazioni degli inquinanti considerati (PM10, NOx, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>) legate alle attività di cantiere.

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni del cantiere è il software AERMOD View, distribuito dalla Lakes Environmental, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

AERMOD View incorpora i principali modelli di calcolo utilizzati dall'U.S. EPA attraverso un'interfaccia integrata. Si distinguono, in particolare, tre modelli:

- Aermod;
- ISCST3;
- ISC-PRIME.

In particolare, AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo "Planetary boundary layer theory"<sup>1</sup>, che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

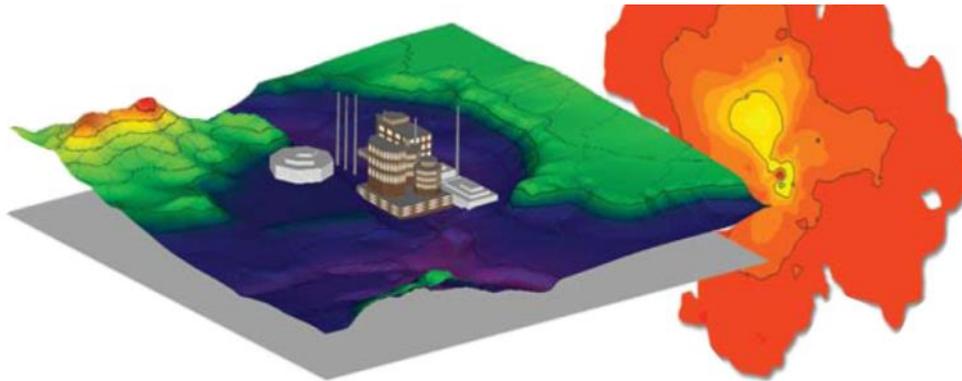


Figura 3-22 Aermod View Esempio di modellazione grafica 3D delle curve di isoconcentrazione

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa<sup>2</sup>:

- strato limite dell'atmosfera stabile: la distribuzione è di tipo gaussiano sia in direzione orizzontale che in direzione verticale;
- strato limite dell'atmosfera instabile: la distribuzione è di tipo gaussiano in direzione orizzontale e bi-gaussiano in direzione verticale.

Questa impostazione supera le tipologie di modelli precedenti (ISC3) permettendo di superare i limiti dei modelli gaussiani, i quali non erano in grado di simulare, in maniera sufficientemente rappresentativa, le condizioni di turbolenza dello strato limite atmosferico. Il codice prende in considerazione diversi tipi di sorgente:

- puntuali;
- lineari;
- areali;
- volumiche.

Per ognuna di queste sorgenti il modello fa corrispondere un diverso algoritmo di calcolo delle concentrazioni. Il modello, pertanto, calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti recettori, i quali possono essere punti singolari, o una maglia di punti con passo definito dall'utente.

<sup>1</sup> AERMOD Tech Guide – Gaussian Plume Air Dispersion Model. Version 7.6

<sup>2</sup> US EPA, User Guide for the AMS EPA regulatory model AERMOD – USA (2004)

Poiché il modello è di tipo stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione, tuttavia, è possibile fornire al modello stesso una differenziazione relativa ai fattori di emissioni calcolati nel giorno, ovvero definire per ogni ora del giorno un fattore di emissione relativo alla sorgente *i*-esima differente. Questa opzione di calcolo risulta particolarmente utile per la definizione delle concentrazioni derivanti da sorgenti che non utilizzano cicli di lavoro continui relativi alle 24h.

Infine, vengono considerati anche gli effetti derivanti dalla conformazione degli edifici. Grazie al modellatore 3D è possibile avere una rappresentazione grafica dell'area d'intervento sia in termini di terreno che in termini di edifici e sorgenti.

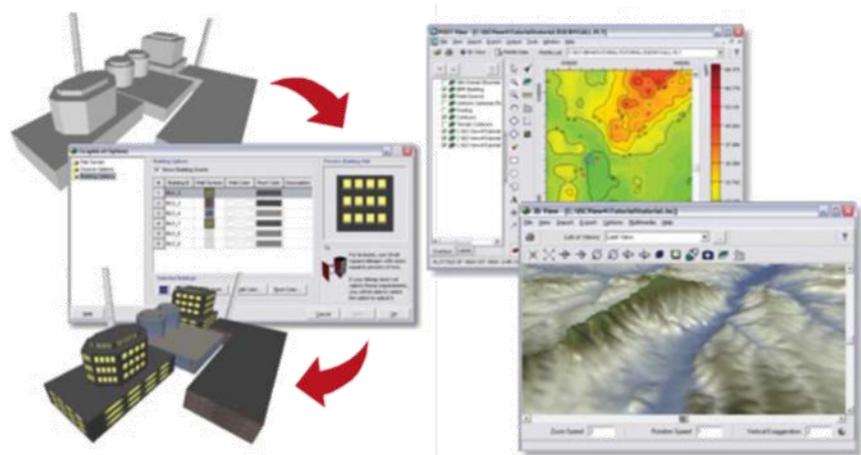


Figura 3-23 Esempio di modulo di visualizzazione 3D integrato nel modello di calcolo

In ultimo, il modello si avvale di due ulteriori modelli per la definizione degli input meteorologici e territoriali. Il primo modello, AERMET, consente di elaborare i dati meteorologici rappresentativi dell'area d'intervento, al fine di calcolare i parametri di diffusione dello strato limite atmosferico. Esso permette, pertanto, ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili meteorologiche più influenti. Il secondo modello, AERMAP, invece, consente di elaborare le caratteristiche orografiche del territorio in esame.

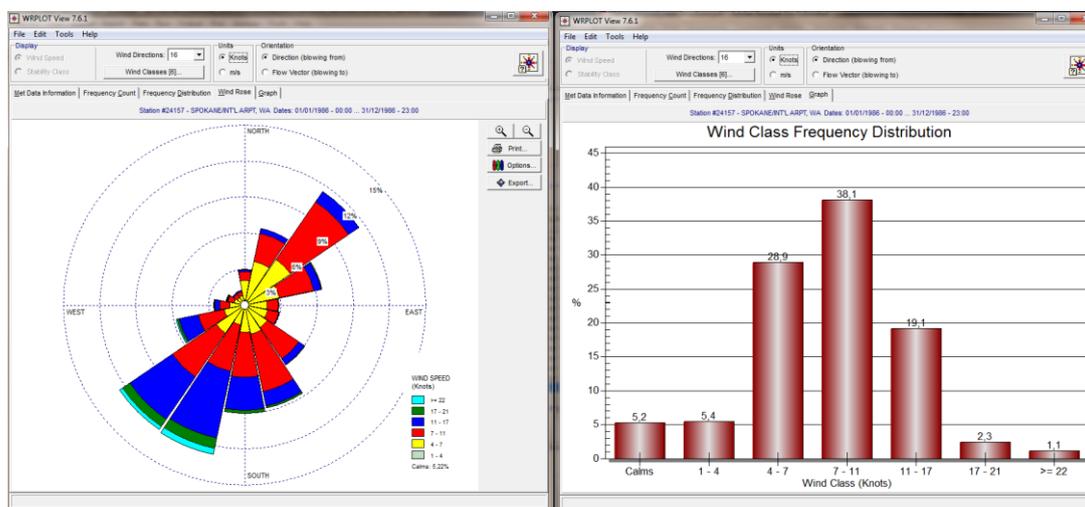


Figura 3-24 Esempio di applicazione del modulo AERMET

Come accennato, l'output del modello è rappresentato dalla stima delle concentrazioni di inquinanti in riferimento ai recettori scelti. Qualora si scelga di rappresentare i risultati attraverso una maglia, il software, grazie ad algoritmi di interpolazione è in grado di ricostruire le curve di isoconcentrazione, al fine di determinare una mappa di isoconcentrazione degli inquinanti.

Per maggiore chiarezza si può fare riferimento ad una struttura semplificata dell'intero processo di simulazione del software che può essere rimandata a due famiglie di parametri:

- parametri territoriali;
- parametri progettuali.

La prima famiglia di parametri è rappresentata da tutti i parametri propri del territorio ed in particolare i parametri meteorologici ed i parametri orografici. È evidente come i parametri appena citati possano essere assunti costanti nel tempo, per quello che riguarda la parte orografica, e come invece debbano essere considerati variabili nel tempo, anche se affetti da un andamento periodico, i parametri meteorologici.

Questi due parametri, computati in maniera contemporanea, determinano le modalità di diffusione, definendo, ad esempio, i diversi campi di vento a cui è sottoposta l'area in esame nei diversi periodi dell'anno.

La seconda famiglia di parametri, definisce, invece, il quadro "Emissivo" del progetto, ovvero definisce tutti i fattori di emissione relativi alle differenti attività effettuate all'interno del processo realizzativo dell'opera.

Una volta stimate le due famiglie di parametri, il modello di simulazione ne analizza le diverse correlazioni possibili, andando a valutare gli effetti relativi alla presenza della sorgente atmosferica i-esima situata in un'area territoriale e attiva in uno specifico arco temporale, considerando le condizioni meteorologiche relative alla

stessa area e nello stesso arco temporale, definendo le curve di isoconcentrazione necessarie alle valutazioni degli impatti dell'opera sui recettori sensibili.

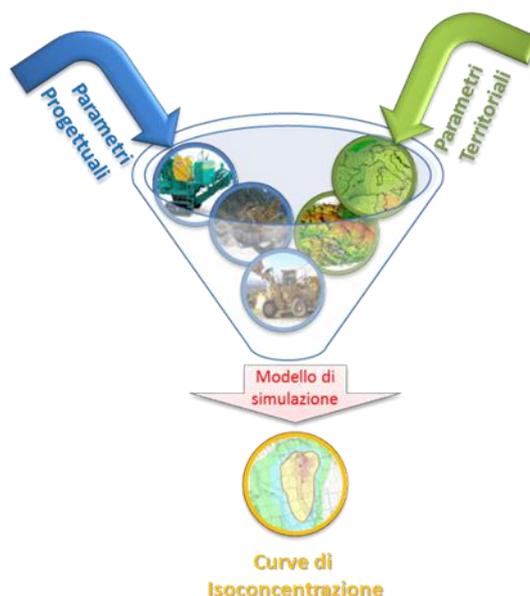


Figura 3-25 Definizione logica del modello adottato

### **3.5.2.2. Input territoriali**

#### **3.5.2.2.1. I dati meteorologici**

Uno degli input fondamentali per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera è il dato meteo. Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato, quindi, è stato necessario costruire adeguati file meteorologici in formati compatibili con il preprocessore meteorologico utilizzato dal modello di simulazione utilizzato, Aermod, denominato Aermet.

I file meteorologici necessari sono due, uno descrittivo delle condizioni meteoroclimatiche registrate al suolo nel sito di studio, l'altro descrittivo dell'andamento verticale dei principali parametri meteorologici.

Nel caso specifico sono stati utilizzati i dati registrati nel 2020 dalla stazione meteorologica di Ciampino, descritta nella Parte 2 dello SIA, per la costruzione del primo file suddetto, mentre i dati profilometrici sono stati calcolati attraverso l'applicazione del "Upper Air Estimator" sviluppato dalla Lakes Environmental e citato quale metodo applicabile dalla stessa FAA.

Per descrivere la condizione meteoroclimatica al suolo, il software Aermet richiede di inserire un file, con estensione ".dat", contenente le informazioni caratterizzanti i giorni di cui si voglia studiare la dispersione.

Il formato con cui deve essere scritto tale file deve essere uno dei seguenti:

- TD 3280 Variable-Length Blocks,

- TD 3280 Fixed-Length Blocks,
- TD 3505-ISHD,
- CD-144,
- HUSWO,
- SCRAM,
- SAMSON.

I dati grezzi descritti e commentati precedentemente sono quindi stati riorganizzati nel formato "SCRAM", che caratterizza le condizioni superficiali con intervalli di 60 minuti

1234520010100999000010360000
1234520010101999330030340000
1234520010102999360040340000

Tabella 3-11 Esempio di alcune righe di un file scritto in formato "SCRAM"

Per leggere il file, il software associa ad ogni posizione di un carattere all'interno della stringa di testo un preciso significato; di seguito viene indicato il significato di ogni cifra a secondo della casella che occupa:

- 1-5: indicano il codice della postazione meteorologica che ha registrato i dati; nell'esempio mostrato è stata denominata "12345";
- 6-7: indicano l'anno che si sta considerando; l'esempio riguarda l'anno 2020 che viene indicato con le ultime due cifre "20";
- 8-9: viene specificato il mese, nell'esempio siamo a gennaio: "01";
- 10-11: anche il giorno viene indicato con due cifre, nell'esempio siamo al primo giorno di gennaio: "01";
- 12-13: si specifica l'ora, lasciando vuota la prima casella nel caso di numeri ad una sola cifra;
- 14-16: viene indicata l'altezza a cui si trovano le nuvole, espressa in centinaia di piedi;
- 17-18: indicano la direzione del vento, espressa come decine di gradi (esempio  $130^{\circ}=13$ );
- 19-21: si indica la velocità del vento, espressa in nodi (001 Knot= 1853 m/h);
- 22-24: la temperatura espressa in questa tre caselle è indicata in gradi Fahrenheit (si ricorda la relazione:  $T^{\circ}f = 9/5 (T^{\circ}c + 32)$ );
- 25-28: si indica la quantità di nuvole: le prime due cifre, in una scala che va da zero a dieci, indicano la percentuale di nuvole presenti su tutta la zona, mentre le seconde due cifre, con la medesima scala, indicano la foschia presente sopra il sedime.

Il file così costruito è poi trattato mediante il preprocessore meteorologico Aermat, che analizza i dati e li riordina in modo da poter essere utilizzati dal software di simulazione.

Per inserire il file caratterizzante la situazione in quota, come definito in precedenza, si è scelto di utilizzare l'upper air estimator fornito dalla Lakes Environmental. Tale strumento consente di fornire, attraverso leggi di regressione, il profilo meteorologico in quota. Tale sistema è riconosciuto dalla FAA<sup>3</sup> ed alcune analisi sperimentali hanno dimostrato una buona approssimazione tra le concentrazioni stimate a partire dai dati in quota rispetto a quelle stimate attraverso l'uso dell'Upper Air Estimator<sup>4</sup>.

### **3.5.2.2.2. I dati orografici**

Il secondo gruppo di parametri territoriali da definire è legato all'orografia del territorio in cui l'opera si innesta. Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 3-26.

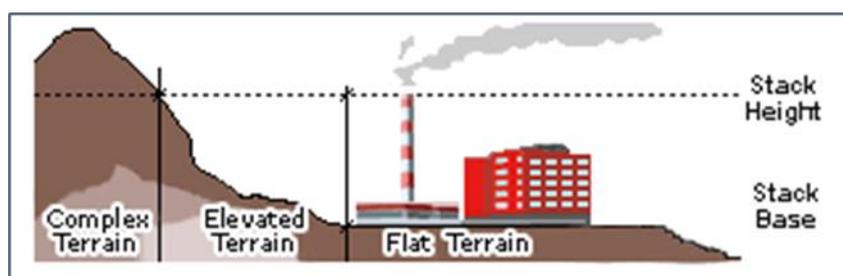
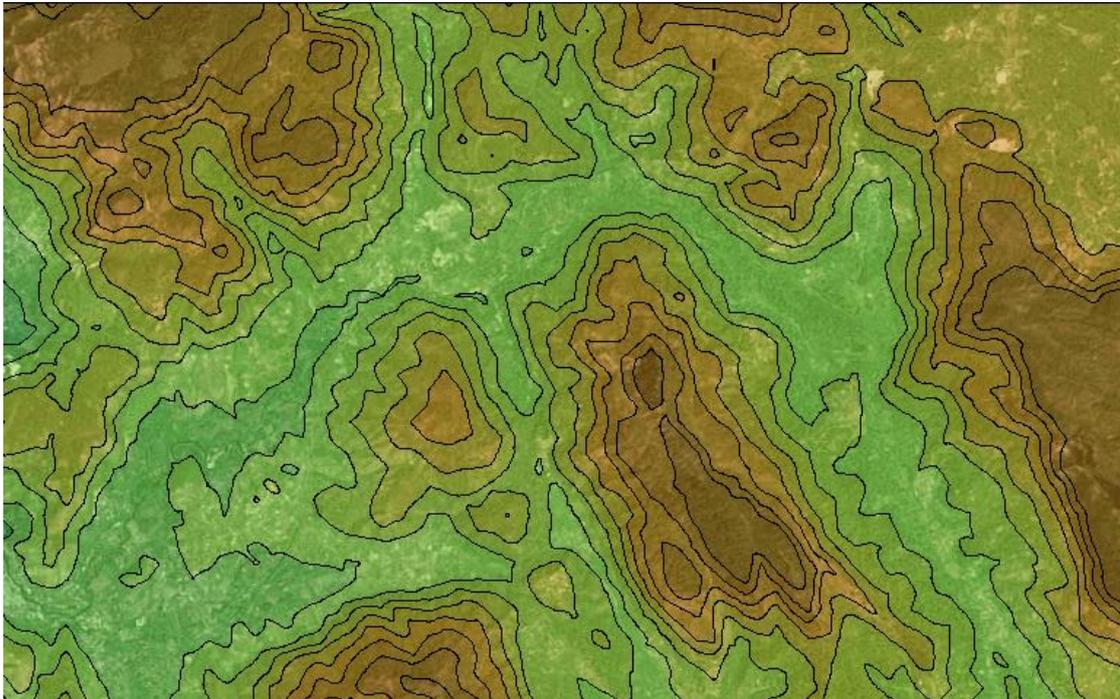


Figura 3-26 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame interessata dall'opera in progetto, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated" al fine di rendere la modellazione il più possibile fedele alla realtà.

<sup>3</sup> [http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/models/edms\\_model/](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/)

<sup>4</sup> Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models – Jesse L. Thé, Russell Lee, Roger W. Brode



*Figura 3-27 Esempio di territorio di tipo "elevated" sul software Aermol*

### **3.5.2.3. La metodologia del worst case scenario**

La metodologia che è stata seguita per la definizione degli input di progetto e quindi delle sorgenti emissive presenti durante la fase di cantiere dell'opera in esame è quella del "Worst Case Scenario". Tale metodologia, ormai consolidata ed ampiamente utilizzata in molti campi dell'ingegneria civile ed ambientale, consiste, una volta definite le variabili che determinano gli scenari, nel simulare la situazione peggiore possibile tra una gamma di situazioni "probabili". Pertanto, il primo passo sta nel definire le variabili che influenzano lo scenario, che nel caso in esame sono le variabili che influenzano il modello di simulazione.

Una volta valutati gli scenari è possibile fare riferimento ad uno o più scenari, ritenuti maggiormente critici, nell'arco di una giornata.

A titolo esemplificativo, al fine di comprendere la logica del processo di simulazione si può fare riferimento allo schema di processo sottostante.

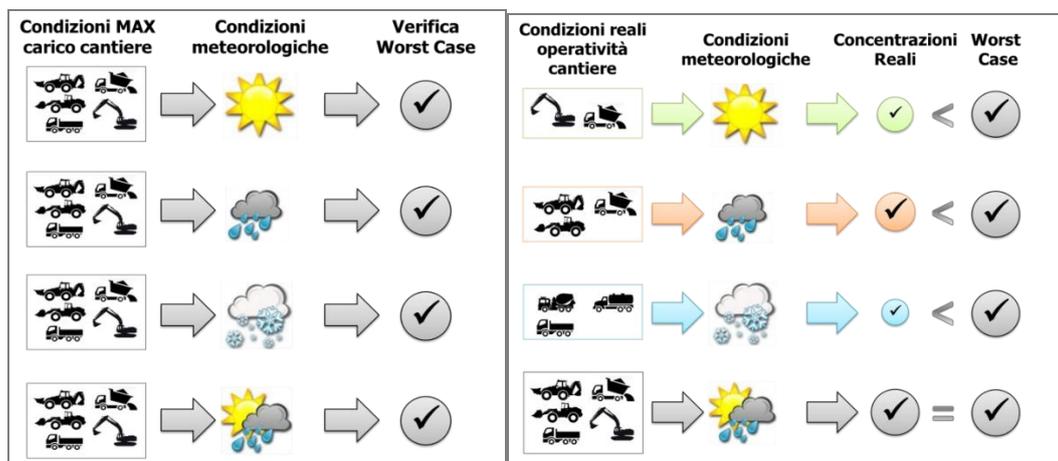


Figura 3-28 Logica delle verifiche con il worst case scenario

Volendo esplicitare la logica della Figura 3-28, dal punto di vista metodologico, occorre simulare lo scenario più critico dal punto di vista atmosferico. È infatti possibile definire le attività maggiormente critiche all'interno di un singolo cantiere, analizzandone le emissioni, ed assumere che tale attività si svolga per tutta la durata del cantiere. Tale ipotesi risulta molto conservativa, permettendo di avere elevati margini di sicurezza rispetto anche ai possibili scarti temporali e variazioni meteorologiche che negli scenari futuri sono difficilmente valutabili.

Oltre all'aspetto relativo alla singola attività all'interno del cantiere occorre valutare anche la contemporaneità delle diverse attività in relazione al cronoprogramma del cantiere.

In ultimo, al fine di realizzare gli scenari di analisi occorre definire la tipologia di inquinante considerato. Tale aspetto influenza l'arco temporale di riferimento (ovvero l'intervallo di mediazione di riferimento) con il quale effettuare le verifiche normative e, al tempo stesso, l'operatività del cantiere che deve essere considerata all'interno della metodologia Worst Case implementata. Come meglio verrà esplicitato in seguito, gli inquinanti da tenere in considerazione sono funzione delle attività effettuate all'interno del cantiere.

Verificando, quindi, il rispetto di tutti i limiti normativi per il Worst Case Scenario, è possibile assumere in maniera analoga il rispetto dei limiti normativi per tutti gli scenari differenti dal peggiore, scenari nei quali, il margine di sicurezza sarà ancora maggiore.

### 3.5.2.4. Definizione degli scenari di simulazione

#### 3.5.2.4.1. **Screening sorgenti emissive**

Con riferimento alle attività di cantiere previste per la Prima Fase Funzionale del Nuovo Acquedotto Marcio in esame, il presente paragrafo è volto all'individuazione degli scenari più critici in termini di movimentazione di terra, transito dei mezzi di cantiere su strade non asfaltate e scarichi dei motori dei mezzi d'opera. Infatti,

queste rappresentano le attività che maggiormente concorrono alle emissioni di inquinanti in atmosfera.

Dalla visione del cronoprogramma è stato, in primo luogo, possibile selezionare quelle attività ritenute più critiche in termini di quantitativi di materiale movimentato, di tempistiche di realizzazione e vicinanza di più lavorazioni contemporanee che potrebbero generare la sovrapposizione degli effetti di dispersione delle concentrazioni di inquinanti.

Perciò, in considerazione di tali tematiche, sono stati individuati due scenari di riferimento per le analisi modellistiche in fase di cantiere.

In particolare, i due scenari di riferimento in cui si prevedono le attività più critiche in termini di inquinamento atmosferico riguardano:

1. l'area del cantiere relativa alla realizzazione del pozzo di spinta TR2Pz1 nei pressi della quale sono presenti i recettori residenziali più vicini rispetto a tutti gli altri pozzi;
2. l'area in cui è previsto il manufatto di Casetta Rossa, nei pressi della quale si prevedono maggiori attività di cavo e vi è la presenza di alcuni recettori residenziali.

In conclusione, gli scenari di riferimento che sono stati simulati nel presente studio sono descritti nella tabella seguente.

<b>Area cantiere</b>	<b>Scenario di simulazione</b>
TR2Pz1	Scenario 1
Manufatto Casetta Rossa	Scenario 2

*Tabella 3-12 Scenari di simulazione*

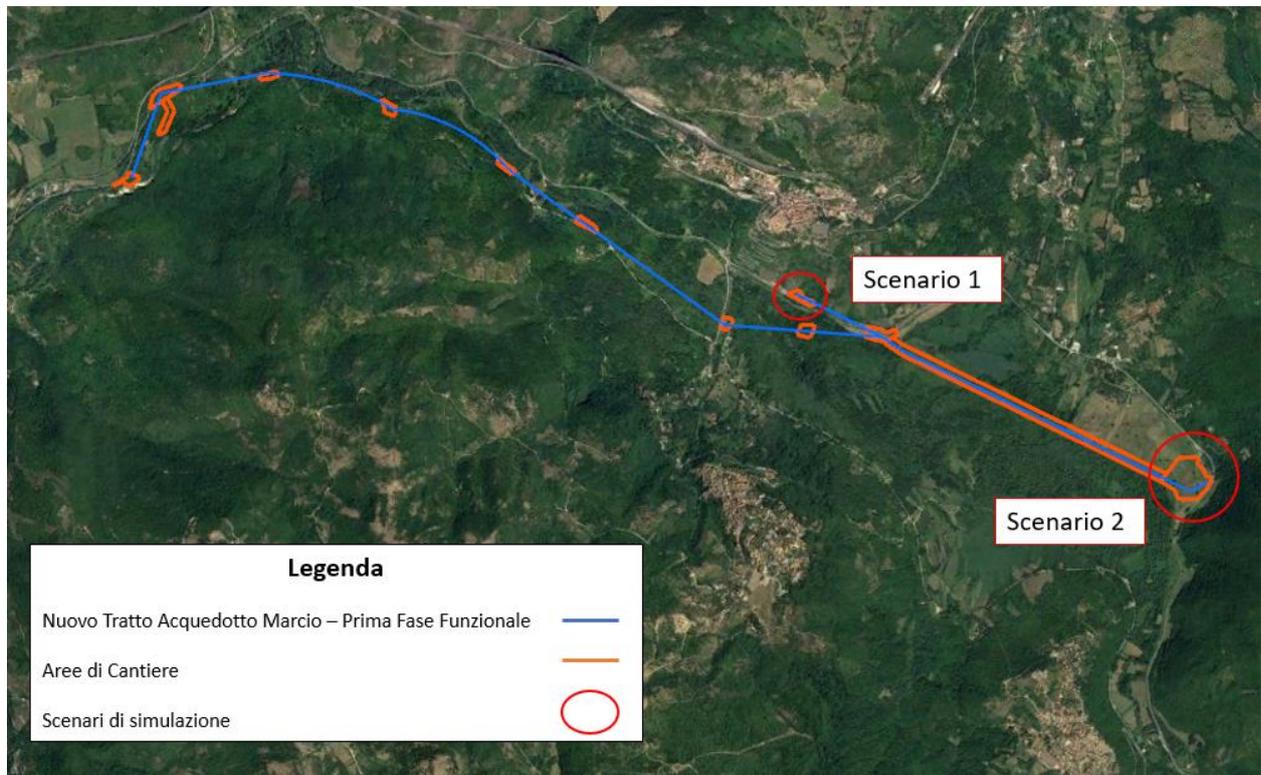


Figura 3-29 Localizzazione scenari di simulazione

#### **3.5.2.4.2. Scenario 1 - Area TR2Pz1**

Per quanto riguarda quest'area di cantiere, come sorgente emissiva è stata considerata un'area di superficie pari a circa 5300 m<sup>2</sup>, all'interno della quale è stato ipotizzato l'utilizzo di un escavatore (175 KW) e di un autocarro (250 KW).

Le lavorazioni che maggiormente concorrono all'emissione di polveri in atmosfera sono rappresentate dalle attività di movimentazione della terra e dai macchinari utilizzati in cantiere.

Il traffico di cantiere è stato ritenuto trascurabile in quanto tale area è situata nei pressi della strada regionale SR5 e pertanto rispetto al traffico ordinario, quello di cantiere può ritenersi trascurabile in termini di inquinamento atmosferico.

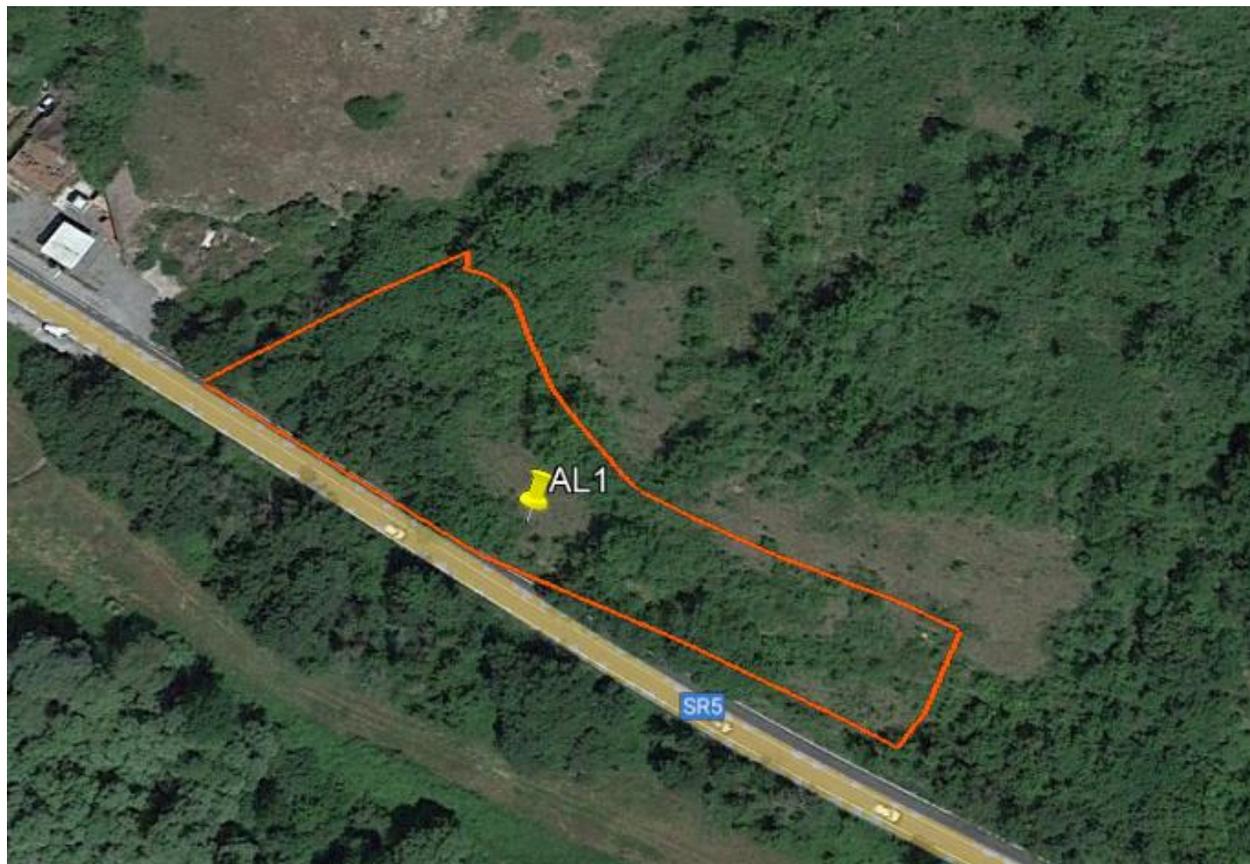


Figura 3-30 Sorgente emissiva simulata con il software Aermoc - Scenario 1 (area AL\_01 in giallo)

Di seguito si riportano le principali lavorazioni previste nelle sorgenti sopra rappresentate ed i relativi fattori di emissioni. In particolare, nella Tabella 3-26 del Par.3.5.2.5.6 sono riportati i valori dei fattori di emissione che sono stati utilizzati per ogni sorgente emissiva considerata nello Scenario 1.

Sorgenti emissive	Attività di cantiere	Fattori di emissione
AL_01	Formazione e stoccaggio cumuli	Rif. Par.3.5.2.5.1
	Erosione del vento dai cumuli	Rif. Par.3.5.2.5.2
	Gas di scarico dei mezzi di cantiere	Rif. Par. 3.5.2.5.4

Tabella 3-13 Lavorazioni previste e relativi fattori di emissione – Scenario 1

#### Definizione punti di calcolo

Per poter definire le curve di isoconcentrazione è necessaria la definizione di una maglia di punti di calcolo. A tale scopo occorre soddisfare la duplice necessità di avere una maglia di calcolo spazialmente idonea a poter descrivere una porzione di territorio sufficientemente ampia e dall'altro di fissarne un passo adeguato al fine di non incrementare inutilmente l'onerosità dei calcoli.

Seguendo tali principi è stata definita una maglia regolare, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

<b>Coordinate del centro della maglia Asse X</b>	334019,11
<b>Coordinate del centro della maglia Asse Y</b>	4654070,67
<b>Passo lungo l'asse X</b>	30
<b>Passo lungo l'asse Y</b>	30
<b>N° di punti lungo l'asse X</b>	20
<b>N° di punti lungo l'asse Y</b>	20
<b>N° di punti di calcolo totali</b>	400

*Tabella 3-14 Coordinate maglia dei punti di calcolo – Scenario 1*

Al fine di poter effettuare, la sovrapposizione degli effetti tra i valori di fondo di qualità dell'aria ed il contributo del progetto in esame, si è fatto riferimento ad alcuni punti recettori rappresentativi degli edifici più vicini all'area di cantiere simulata. Inoltre, sono stati considerati anche dei punti recettori vegetazionali.

Sono stati individuati 4 recettori, di cui 2 residenziali e 2 vegetazionali, secondo quanto riportato in tabella e figura seguenti.

<b>Recettore</b>	<b>Coordinata X (m)</b>	<b>Coordinata Y (m)</b>
R1	333912	4654076
R2	334076	4654327
V1	333994	4653972
V2	334100	4653999

*Tabella 3-15 Coordinate recettori discreti – Scenario 1*



Figura 3-31 Localizzazione recettori discreti - Scenario 1

#### **3.5.2.4.3. Scenario 2 - Area manufatto Casetta Rossa**

Per quanto riguarda questo scenario, come sorgenti emmissive sono stata considerata un'area di scavo (area AL\_02) di superficie pari a circa 3000 m<sup>2</sup>, all'interno della quale è stato ipotizzato l'utilizzo di tre escavatori (175 KW), una pala gommata (175 KW) e due autocarri (250 KW) e un'area di stoccaggio (area AL\_03) di superficie pari a circa 2800 m<sup>2</sup>, all'interno della quale è stato ipotizzato l'utilizzo di una pala gommata (175 KW) e un autocarro (250 KW).

Le lavorazioni che maggiormente concorrono all'emissione di polveri in atmosfera sono rappresentate dalle attività di movimentazione della terra, dai macchinari utilizzati in cantiere e dal transito dei mezzi su strada non asfaltata.

Oltre alle sorgenti areali appena descritte, è stata simulata una sorgente lineare emmissiva (ST\_01) relativa alla strada non asfaltata per il transito dei mezzi di cantiere, sulla quale sono stati ipotizzati 6 mezzi di cantiere orari circolanti.



Figura 3-32 Sorgenti emissive simulate con il software Aermoc - Scenario 2 (AL\_02 e AL\_03 in giallo e ST\_01 in rosso)

Di seguito si riportano le principali lavorazioni previste nelle sorgenti sopra rappresentate ed i relativi fattori di emissioni. In particolare, nella Tabella 3-27 del Par.3.5.2.5.6 sono riportati i valori dei fattori di emissione che sono stati utilizzati per ogni sorgente emissiva considerata nello Scenario 2.

Sorgenti emissive	Attività di cantiere	Fattori di emissione
AL_02; AL_03	Formazione e stoccaggio cumuli	Rif. Par.3.5.2.5.1
	Erosione del vento dai cumuli	Rif. Par.3.5.2.5.2
	Gas di scarico dei mezzi di cantiere	Rif. Par. 3.5.2.5.4
ST_01	Transito mezzi di cantiere su strade non asfaltate	Rif. Par.3.5.2.5.3.
	Traffico di cantiere	Rif. Par.3.5.2.5.5

Tabella 3-16 Lavorazioni previste e relativi fattori di emissione – Scenario 2

### Definizione punti di calcolo

Per poter definire le curve di isoconcentrazione è necessaria la definizione di una maglia di punti di calcolo. A tale scopo occorre soddisfare la duplice necessità di avere una maglia di calcolo spazialmente idonea a poter descrivere una porzione di territorio sufficientemente ampia e dall'altro di fissarne un passo adeguato al fine di non incrementare inutilmente l'onerosità dei calcoli.

Seguendo tali principi è stata definita una maglia regolare, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

<b>Coordinate del centro della maglia Asse X</b>	336378,88
<b>Coordinate del centro della maglia Asse Y</b>	4652727,07
<b>Passo lungo l'asse X</b>	40
<b>Passo lungo l'asse Y</b>	40
<b>N° di punti lungo l'asse X</b>	20
<b>N° di punti lungo l'asse Y</b>	20
<b>N° di punti di calcolo totali</b>	400

Tabella 3-17 Coordinate maglia dei punti di calcolo - Scenario 2

Al fine di poter effettuare, la sovrapposizione degli effetti tra i valori di fondo di qualità dell'aria ed il contributo del progetto in esame, si è fatto riferimento ad alcuni punti recettori rappresentativi degli edifici più vicini all'area di cantiere simulata. Inoltre, sono stati considerati anche dei punti recettori vegetazionali.

Sono stati individuati 5 recettori, di cui 2 residenziali e 3 vegetazionali, secondo quanto riportato in tabella e figura seguenti.

<b>Recettore</b>	<b>Coordinata X (m)</b>	<b>Coordinata Y (m)</b>
R3	336519	4652835
R4	336680	4652924
V3	336268	4652620
V4	336654	4652726
V5	336554	4652497

Tabella 3-18 Coordinate recettori discreti - Scenario 2

Si specifica come il ricettore R3 sia stato considerato cautelativamente come residenziale, ma in realtà è un edificio a servizio delle attività di Acea ATO2.

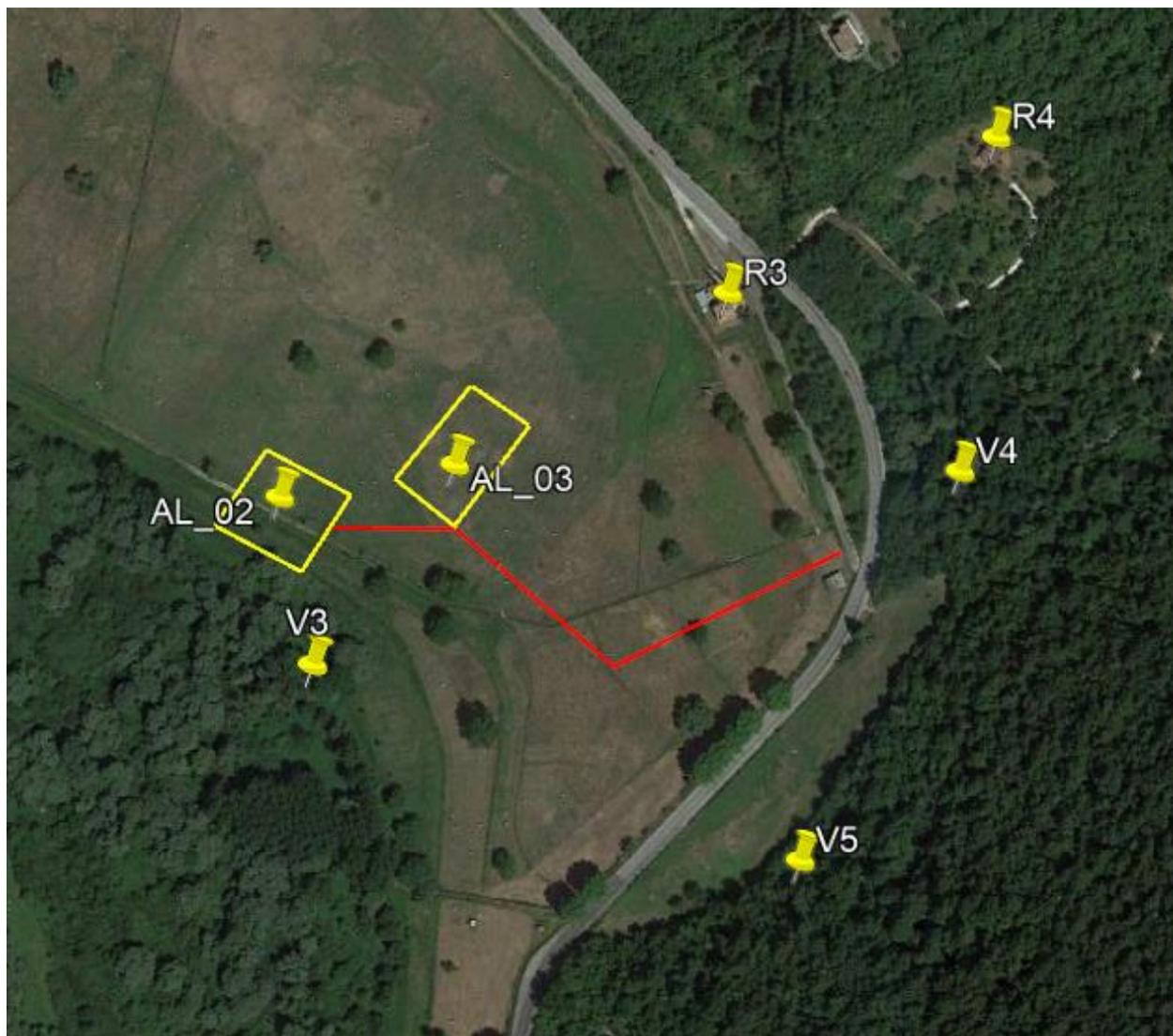


Figura 3-33 Localizzazione recettori discreti - Scenario 2

### 3.5.2.5. **Fattori di emissione**

Il fattore di emissione rappresenta la parte unitaria delle emissioni che, moltiplicata per l'unità di area e di tempo in cui la sorgente rimane in condizione "attiva", permette il calcolo delle emissioni di inquinanti totali "uscenti" dalla sorgente.

Per la stima di tale valore si è fatto riferimento a dati e modelli dell'Agenzia di protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA: AP-42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factors").

All'interno del documento AP-42 sono riportati tutti i fattori di emissione riguardanti le principali sorgenti, dagli impianti industriali, agli impianti estrattivi, sino alle operazioni di costruzioni civili.

In particolare, per la presente analisi, sono stati presi in considerazione i fattori di emissione relativi al PM10 (il principale inquinante generato nelle fasi di cantiere), legati alla formazione e allo stoccaggio dei cumuli (AP-42 13.2.4), all'erosione del vento dai cumuli (AP-42 13.2.5) e al transito dei mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2).

Inoltre, per il calcolo delle emissioni dovute ai gas di scarico dei mezzi di cantiere, saranno considerati i fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emission Factors (Diesel) aggiornati al 2021; e per il calcolo delle emissioni relative al traffico di cantiere, i fattori di emissioni forniti da ISPRA<sup>5</sup>.

### 3.5.2.5.1. I fattori di emissione relativi alla formazione e stoccaggio dei cumuli

Nel presente paragrafo vengono calcolati i fattori di emissione generati dall'attività di carico e scarico del materiale movimentato. È stata applicata la formula fornita dall'E.P.A. relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} [kg/t]$$

Il fattore di emissione sopra definito dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare (che per il PM10 è pari a 0,35), della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

< 30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2,5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 3-19 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

Per il range di validità dei parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Silt Content	Moisture Content	Wind speed	
		m/s	mph
(%)	(%)		
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 - 15

Tabella 3-20 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF (Fonte: EPA AP42)

<sup>5</sup> fetransp.isprambiente.it

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento considerando la configurazione più frequente pari in media a 2,86 m/s (valore desunto dai dati meteorologici registrati dalla stazione meteorologica di Ciampino);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10.

### **3.5.2.5.2. I fattori di emissione relativi all'erosione del vento dai cumuli**

Oltre all'attività di carico e scarico del materiale, all'interno delle aree di stoccaggio previste è stata considerata, come attività che genera emissioni di PM10, anche l'erosione del vento sui cumuli di materiale depositati.

Al fine di poter determinare il fattore di emissione di tale azione è possibile riferirsi alla già citata guida dell'EPA. In questo caso il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di "movimentazioni" ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;
- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto da:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

dove k è la costante che tiene conto della grandezza della particella considerata, N è il numero di giorni l'anno in cui la superficie è sottoposta a "movimentazioni" e  $P_i$  è pari all'erosione potenziale corrispondente alla velocità massima del vento al giorno. Il valore di k è, anche in questo caso, tabellato.

<b>30 µm</b>	<b>&lt;15 µm</b>	<b>&lt;10 µm</b>	<b>&lt;2,5 µm</b>
1,0	0,6	0,5	0,075

Tabella 3-21 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

L'erosione potenziale,  $P_i$ , parte dal concetto di profilo di velocità del vento, per il quale è possibile utilizzare la seguente equazione:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui u è la velocità del vento e  $u^*$  rappresenta la velocità di attrito.

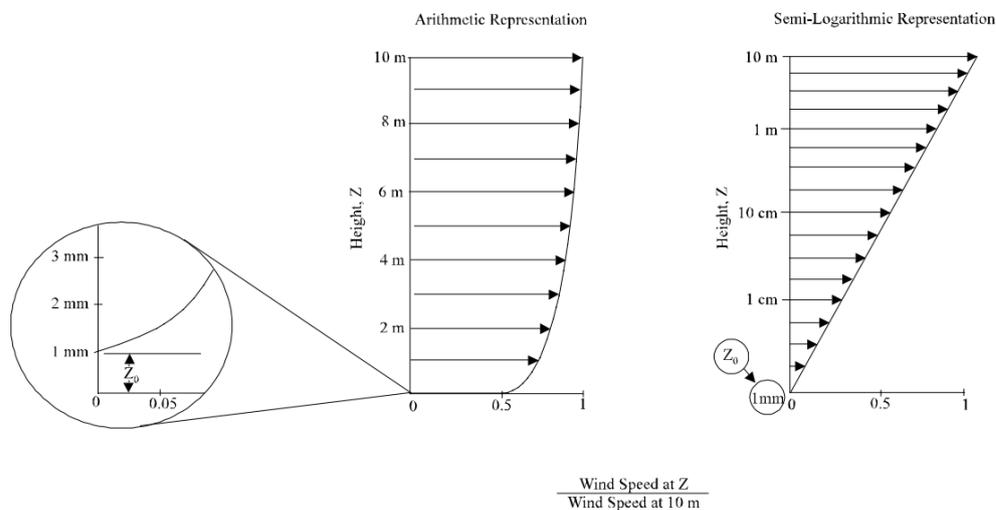


Figura 3-34 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità (Fonte EPA AP42)

L'erosione potenziale, pertanto, dipende dalla velocità di attrito e dal valore soglia della velocità d'attrito secondo l'equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$$

Da tale espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia.

Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952 laboratory procedures published by W. S. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in Tabella 3-22.

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			Z0=act	Z0=0,5cm
Overburden	1,02	0,3	21	19
Scoria (roadbed material)	1,33	0,3	27	25
Ground coal (surrounding coal pile)	0,55	0,01	16	10
Uncrusted coal pile	1,12	0,3	23	21
Scraper tracks on coal pile	0,62	0,06	15	12
Fine coal dust on concrete pad	0,54	0,2	11	10

Tabella 3-22 Valori di velocità di attrito limite

La velocità del vento massima tra due movimentazioni può essere determinata dai dati meteorologici ricavati come descritto nella Parte 2 dello SIA. Tali dati, essendo riferiti ad un'altezza dell'anemometro pari a 10 metri, non hanno bisogno di alcuna correzione e pertanto è possibile determinare la relazione.

$$u^* = 0,053u_{10}^+$$

in cui  $u_{10}^+$  è la massima intensità misurata nell'arco della giornata attraverso i dati sopracitati.

È importante, inoltre, evidenziare come tale formulazione sia valida per cumuli "bassi", ovvero cumuli per cui il rapporto altezza su diametro sia inferiore a 0,2. Nel caso in esame, in relazione all'operatività del cantiere si è ipotizzata la realizzazione di tali tipologie di cumuli. Non si necessita pertanto di ulteriori correzioni ed è quindi possibile determinare i casi in cui il valore di  $u^*$  supera il valore di  $u_t^*$ . A tale proposito si è scelto di fare riferimento per il valore di  $u_t^*$  alla classe "roadbed material", pari a 1,33.

Nel calcolo di  $u_{10}^+$  è stata considerata anche la presenza di eventuali raffiche. Ordinando i valori in senso decrescente in funzione dei diversi giorni dell'anno è possibile determinare il grafico di Figura 3-35.

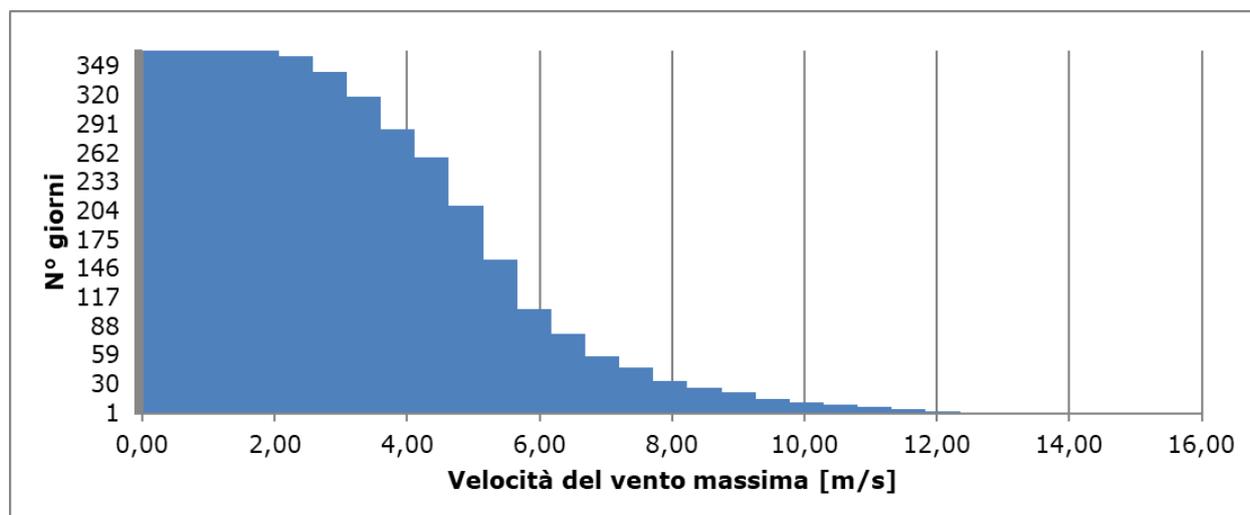


Figura 3-35 Velocità del vento massima ordinata in senso crescente

Da tali valori è quindi stato possibile determinare i valori di  $u^*$  così come riportato in Figura 3-36.

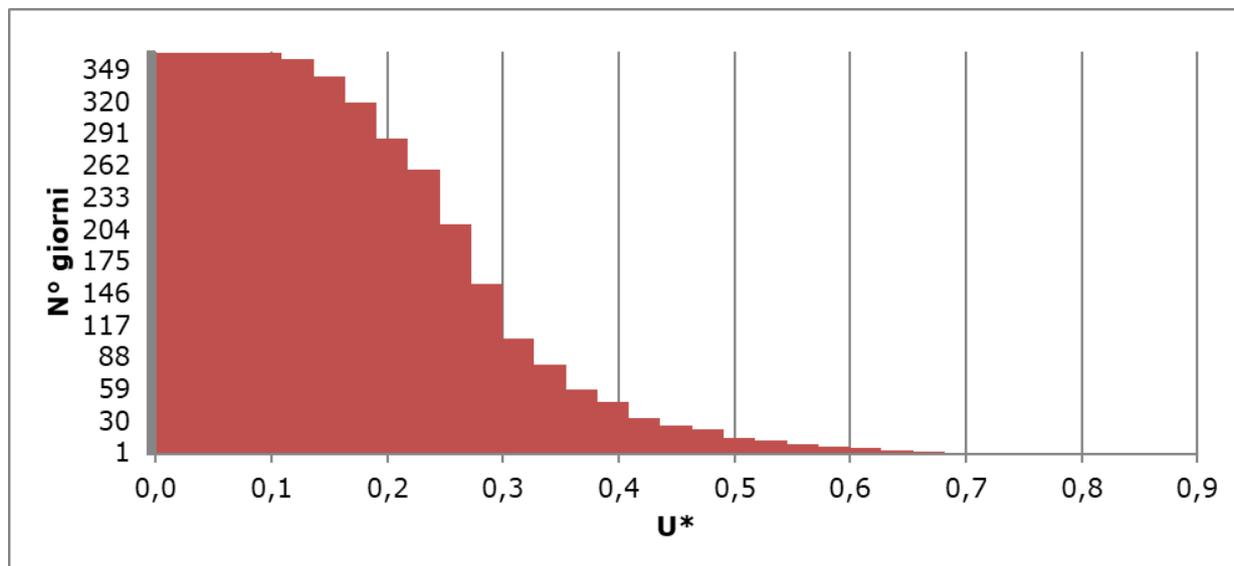


Figura 3-36 Valori di  $u^*$  ordinati in senso crescente

Dall'analisi dei risultati emerge come  $u^*$  non assuma mai valori soglia superiori a  $u^*_t$ , pertanto, l'effetto dell'erosione del vento sui cumuli di materiale depositato nelle aree di stoccaggio risulta trascurabile e di conseguenza non verrà considerato all'interno della simulazione modellistica.

### 3.5.2.5.3. I fattori di emissione relativi al transito dei mezzi su strade non asfaltate

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale al volume di traffico e al contenuto di limo (silt) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a 75  $\mu\text{m}$ . Il fattore di emissione lineare dell' $i$ -esimo tipo di particolato per ciascun mezzo  $EF_i$  (kg km)  $i$  per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i = k_i \times \left(\frac{s}{12}\right)^{a_i} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{b_i} \text{ [kg/km]}$$

dove  $i$  è il tipo di particolato,  $s$  il contenuto di limo del suolo in percentuale in massa (%),  $W$  il peso medio del veicolo (Mg) e  $k_i$ ,  $a_i$  e  $b_i$  sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato, i cui valori sono riportati nella seguente figura.

Inquinante	$k_i$	$a_i$	$b_i$
PM10	0,423	0,9	0,45

Tabella 3-23 Definizione coefficienti

Si specifica che la formulazione sopra riportata è valida per un intervallo di valori di limo (silt) compreso tra l'1,8% ed il 25,2%. Poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%.

Considerato, quindi, il peso medio del mezzo di cantiere, i chilometri percorsi ed il numero medio di viaggi nell'unità di tempo è stato possibile calcolare i fattori di emissione del PM10 riferiti alle sorgenti lineari considerate nell'analisi.

#### **3.5.2.5.4. I fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi di cantiere**

Per il calcolo dell'emissione dei gas di scarico relativa ai mezzi presenti in cantiere è stato fatto riferimento ai fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emission Factors (Diesel, aggiornati al 2021) dei mezzi di cantiere (riportati nella seguente tabella) tenendo conto del numero dei mezzi impiegati e del numero di ore di lavoro giornaliera di ciascuno di essi.

<b>Mezzi di cantiere</b>	<b>Potenza motore (KW)</b>	<b>NOx (g/s)</b>	<b>PM (g/s)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (g/s)</b>
Autocarro	250	0,0552	0,0019	0,00024
Escavatore	175	0,0425	0,0021	0,00016
Pala gommata	175	0,0530	0,0028	0,00015

Tabella 3-24 Fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi di cantiere considerati

#### **3.5.2.5.5. I fattori di emissione relativi al traffico di cantiere**

Per il calcolo dell'emissione relativa al traffico di cantiere è stato fatto riferimento ai fattori di emissione forniti dall'ISPRA<sup>6</sup>. In particolare, è stata utilizzata la classe Heavy Duty Trucks – Diesel – Rigid 20-26t Euro V (riportati nella seguente tabella), tenendo conto del numero dei mezzi impiegati e della lunghezza del percorso.

<b>NOx (g/km)</b>	<b>PM10 (g/km)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (g/km)</b>
2,8776	0,1258	0,0026

Tabella 3-25 Fattori di emissione relativi al traffico di cantiere considerati

<sup>6</sup> fetransp.isprambiente.it

### 3.5.2.5.6. Sintesi fattori di emissione per ogni sorgente

Nel seguente paragrafo sono stati riportati i fattori di emissione che sono stati utilizzati nelle simulazioni modellistiche di ogni sorgente emissiva nei diversi scenari di riferimento.

#### Scenario 1

Sorgente emissiva	Fattori di emissione		
	NOx (g/s)	PM10 (g/s)	SO <sub>2</sub> (g/s)
AL_01	0,0978	0,0046	0,0004

Tabella 3-26 Sintesi dei fattori di emissione dello Scenario 1

#### Scenario 2

Sorgente emissiva	Fattori di emissione		
	NOx (g/s)	PM10 (g/s)	SO <sub>2</sub> (g/s)
AL_02	0,2911	0,0147	0,0011
AL_03	0,1082	0,0064	0,0004
ST_01	0,0017	0,0148	0,000002

Tabella 3-27 Sintesi dei fattori di emissione dello Scenario 2

### 3.5.2.6. Output delle simulazioni

#### 3.5.2.6.1. Scenario 1 – Area TR2Pz1

I risultati delle simulazioni condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni di PM10, NOx, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>. In particolare, sono stati analizzati:

- le medie annue di PM10;
- il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM10;
- le media annue dell'NOx e dell'NO<sub>2</sub>;
- il 99,8°percentile delle concentrazioni orarie dell'NO<sub>2</sub>;
- le medie annue dell'SO<sub>2</sub>.

#### PM10

##### Concentrazioni medie annue di PM10

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori residenziali, in termini di media annua di PM10, questi sono riportati nella seguente tabella.

Recettore	Concentrazione media annua di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di PM10 registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R1	0,018	22,30	22,318	40
R2	0,002	22,30	22,302	40

Tabella 3-28 Concentrazione media annua di PM10 – Scenario 1

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R1 ed è pari a  $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa alla media annua di PM10 valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-040-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa  $0,533 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posto all'interno del cantiere.

#### 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM10

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori residenziali, in termini di 90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10, questi sono riportati nella seguente tabella.

Recettore	90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di PM10 registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R1	0,041	22,30	22,341	50
R2	0,006	22,30	22,306	50

Tabella 3-29 90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10 – Scenario 1

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R1 ed è pari a  $0,041 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 giorni all'anno, anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa al 90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10 valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-040-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa  $1,253 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posto all'interno del cantiere.

## NO<sub>x</sub>

### *Concentrazioni medie annue di NO<sub>x</sub>*

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori vegetazionali (V), in termini di media annua di NO<sub>x</sub>, questi sono riportati nella seguente tabella.

<b>Recettore</b>	<b>Concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Media annua di NO<sub>x</sub> registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Percentuale sul fondo (%)</b>	<b>Limite normativo (µg/m<sup>3</sup>)</b>
V1	1,898	33,16	5,73%	30
V2	2,420	33,16	7,30%	30

*Tabella 3-30 Concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> – Scenario 1*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di V2 ed è pari a 2,42 µg/m<sup>3</sup>.

Nella precedente tabella viene mostrato il contributo percentuale, rispetto al fondo registrato dalla centralina di riferimento, delle concentrazioni ottenute dalle simulazioni in fase di cantiere; come si può osservare, tale contributo è minimo.

Si precisa che la centralina di riferimento per la qualità dell'aria è classificata come "di fondo suburbana", mentre il sito in esame è ubicato in una zona rurale, pertanto, i valori di NO<sub>x</sub> che tale centralina ha registrato risultano superiori al limite normativo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per la vegetazione. Tali valori sono stati presi come fondo di riferimento per le simulazioni effettuate in quanto sono valori medi annui, però, i valori delle concentrazioni medie ottenuti dalla campagna di monitoraggio effettuata nel 2021 presso il punto mobile di monitoraggio (cfr. Parte 2 dello SIA) sono stati più bassi.

## NO<sub>2</sub>

### *Concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub>*

Il limite normativo riguardante la salute umana è relativo all'NO<sub>2</sub>, per tale ragione nella seguente tabella sono riportati, presso i recettori residenziali (R), i valori dell'NO<sub>x</sub>, trasformati in NO<sub>2</sub>, utilizzando le equazioni descritte nella Parte 2 dello SIA, di seguito riportate.

$$y = -0,0028x^2 + 0,8726x$$

$$y = 0,1x + 52,40$$

La prima equazione è stata utilizzata nell'intervallo di valori dell'NOx compreso tra 0 e 155,8 µg/m<sup>3</sup>; la seconda per valori dell'NOx maggiori.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati emersi in corrispondenza dei recettori residenziali in termini di media annua di NO<sub>2</sub>.

<b>Recettore</b>	<b>Concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Media annua di NO<sub>2</sub> registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana(µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Qualità dell'aria complessiva (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Limite normativo (µg/m<sup>3</sup>)</b>
R1	0,325	23,98	24,305	40
R2	0,029	23,98	24,009	40

*Tabella 3-31 Concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> – Scenario 1*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R1 ed è pari a 0,325 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>, anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa alla concentrazione media annua di NOx e NO<sub>2</sub> valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-040-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa 11,331 µg/m<sup>3</sup>, posto all'interno del cantiere.

#### *99,8° percentile delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>*

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori residenziali in termini di 99,8° percentile della concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> (in considerazione del limite normativo relativo alla concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> da non superare più di 18 volte), questi sono riportati nella seguente tabella.

<b>Recettore</b>	<b>99,8° percentile della concentrazione oraria di NOx (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Media annua di NO<sub>2</sub> dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana(µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Qualità dell'aria complessiva (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Limite normativo (µg/m<sup>3</sup>)</b>
R1	14,49	23,98	38,47	200
R2	1,06	23,98	25,04	200

*Tabella 3-32 99,8° percentile della concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> – Scenario 1*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R1 ed è pari a  $14,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Nella seguente immagine è mostrata la mappa delle isoconcentrazioni relativa al 99,8° della concentrazione oraria di NOx valutata mediante la simulazione modellistica.

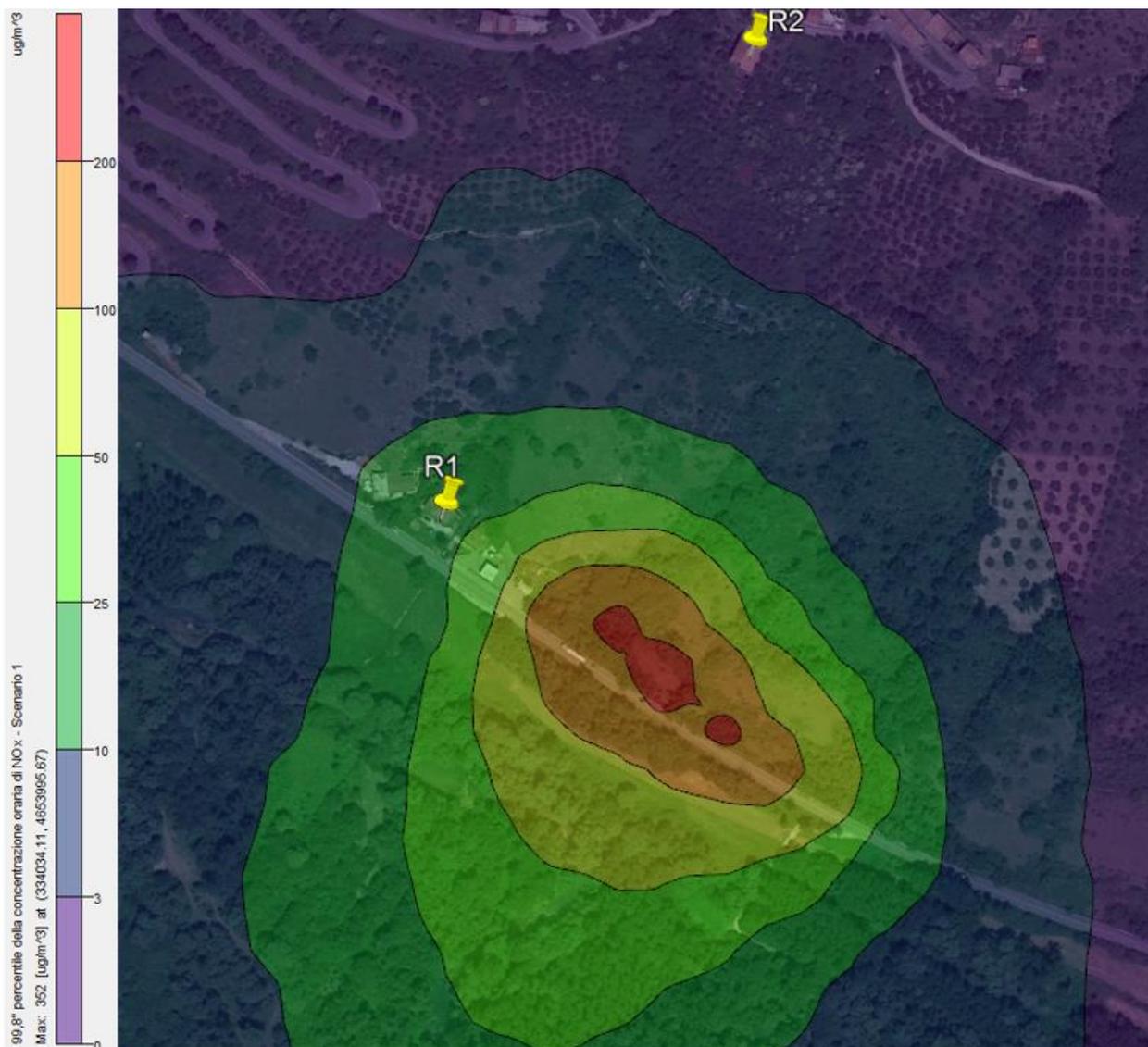


Figura 3-37 Curve di isoconcentrazione del 99,8° percentile della concentrazione oraria di NOx – Scenario 1

Dalla trasformazione di tali valori di NOx, con le equazioni precedentemente descritte, si può affermare che la concentrazione di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di NOx corrisponde a

circa 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_2$ . Il punto di massima ricaduta, pari a circa 88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_2$ , è posto all'interno del cantiere.

### SO<sub>2</sub>

#### *Concentrazioni medie annue di SO<sub>2</sub>*

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori vegetazionali, in termini di media annua di  $\text{SO}_2$ , questi sono riportati nella seguente tabella.

<b>Recettore</b>	<b>Concentrazione media annua di SO<sub>2</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Media annua di SO<sub>2</sub> registrata dalla centralina Guidonia – suburbana di traffico (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Qualità dell'aria complessiva (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Limite normativo (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
V1	0,0078	0,7	0,7078	20
V2	0,0099	0,7	0,7099	20

*Tabella 3-33 Concentrazione media annua di SO<sub>2</sub> – Scenario 1*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di V2 ed è pari a 0,0099  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa alla media annua di  $\text{SO}_2$  valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-040-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa 0,0464  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , posto all'interno del cantiere.

#### **3.5.2.6.2. Scenario 2 – Area manufatto Casetta Rossa**

I risultati delle simulazioni condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>. In particolare, sono stati analizzati:

- le medie annue di PM<sub>10</sub>;
- il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub>;
- le medie annue dell'NO<sub>x</sub> e dell'NO<sub>2</sub>;
- il 99,8° percentile delle concentrazioni orarie dell'NO<sub>2</sub>;
- le medie annue dell'SO<sub>2</sub>.

### PM<sub>10</sub>

#### *Concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub>*

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori residenziali, in termini di media annua di PM<sub>10</sub>, questi sono riportati nella seguente tabella:

Recettore	Concentrazione media annua di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di PM10 registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R3	0,061	22,30	22,361	40
R4	0,010	22,30	22,310	40

Tabella 3-34 Concentrazione media annua di PM10 – Scenario 2

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R3 ed è pari a  $0,061 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa alla media annua di PM10 valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-041-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa  $3,132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posto all'interno del cantiere.

#### 90,4° percentile delle concentrazioni orarie giornaliere di PM10

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori residenziali, in termini di 90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10, questi sono riportati nella seguente tabella.

Recettore	90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di PM10 registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R3	0,151	22,30	22,451	50
R4	0,039	22,30	22,339	50

Tabella 3-35 90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10 – Scenario 2

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R3 ed è pari a  $0,151 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 giorni all'anno, anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa al 90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10 valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-041-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa  $7,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , posto all'interno del cantiere.

NO<sub>x</sub>

*Concentrazioni medie annue di NO<sub>x</sub>*

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori vegetazionali (in considerazione del limite normativo), in termini di media annua di NO<sub>x</sub>, questi sono riportati nella seguente tabella:

<b>Recettore</b>	<b>Concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Media annua di NO<sub>x</sub> registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana(µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Percentuale sul fondo (%)</b>	<b>Limite normativo (µg/m<sup>3</sup>)</b>
V3	2,995	33,16	9,03%	30
V4	0,091	33,16	0,27%	30
V5	0,049	33,16	0,15%	30

*Tabella 3-36 Concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> – Scenario 2*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di V3 ed è pari a 2,995 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda la Tabella 3-36, si rimanda a quanto affermato per lo Scenario precedente.

*Concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub>*

Il limite normativo riguardante la salute umana è relativo all'NO<sub>2</sub>, per tale ragione nella seguente tabella sono riportati, presso i recettori residenziali (R), i valori dell'NO<sub>x</sub> trasformati in NO<sub>2</sub>, come fatto per lo Scenario precedente.

<b>Recettore</b>	<b>Concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Media annua di NO<sub>2</sub> registrata dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana(µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Qualità dell'aria complessiva (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Limite normativo (µg/m<sup>3</sup>)</b>
R3	0,310	23,98	24,29	40
R4	0,074	23,98	24,05	40

*Tabella 3-37 Concentrazione media annua di NO<sub>2</sub>– Scenario 2*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R3 ed è pari a 0,31 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>, anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa alla concentrazione media annua di NOx e NO<sub>2</sub> valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-041-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa 59,24 µg/m<sup>3</sup>, posto all'interno del cantiere.

*99,8° percentile delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>*

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori residenziali, in termini di 99,8° percentile della concentrazione oraria di NO<sub>2</sub>, questi sono riportati nella seguente tabella.

<b>Recettore</b>	<b>99,8° percentile della concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Media annua di NO<sub>2</sub> dalla centralina Tenuta del Cavaliere – di fondo suburbana(µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Qualità dell'aria complessiva (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Limite normativo (µg/m<sup>3</sup>)</b>
R3	11,86	23,98	35,84	200
R4	3,95	23,98	27,93	200

*Tabella 3-38 99,8° percentile della concentrazione oraria di NO<sub>2</sub> – Scenario 2*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di R3 ed è pari a 11,86 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>, anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Nella seguente immagine è mostrata la mappa delle isoconcentrazioni relativa al 99,8° della concentrazione oraria di NOx valutata mediante la simulazione modellistica.

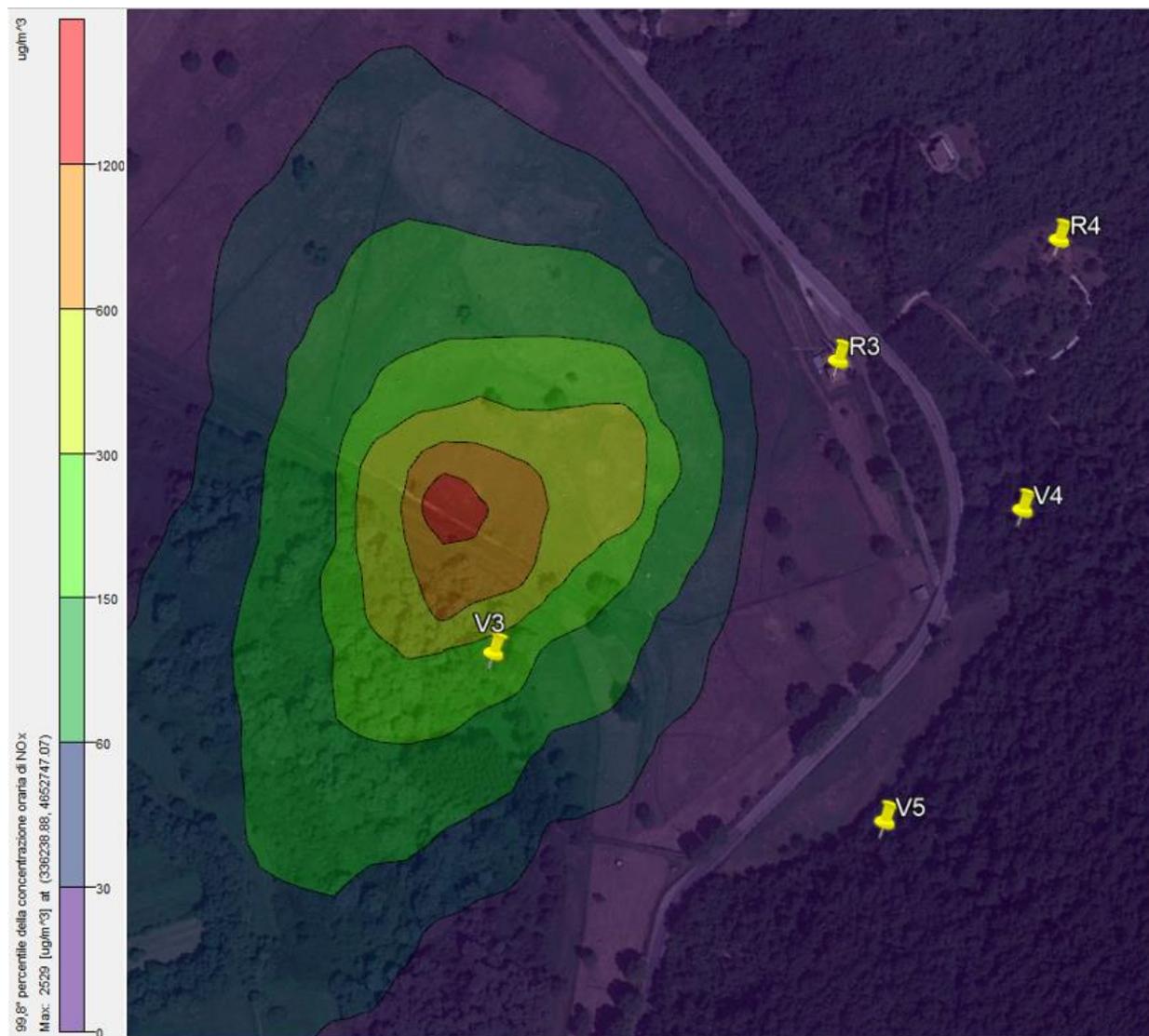


Figura 3-38 Curve di isoconcentrazione del 99,8° percentile della concentrazione oraria di NO<sub>x</sub> – Scenario 2

Dalla trasformazione di tali valori di NO<sub>x</sub>, con le equazioni precedentemente descritte, si può affermare che la concentrazione di 1200 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>x</sub> corrisponde a circa 172 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>. Il punto di massima ricaduta, pari a circa 305 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>, è posto all'interno del cantiere.

### SO<sub>2</sub>

#### *Concentrazioni medie annue di SO<sub>2</sub>*

Per quanto riguarda i risultati emersi in corrispondenza dei recettori vegetazionali, in termini di media annua di SO<sub>2</sub>, questi sono riportati nella seguente tabella.

Recettore	Concentrazione media annua di SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Media annua di SO <sub>2</sub> registrata dalla centralina Guidonia – suburbana di traffico (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria complessiva (µg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo (µg/m <sup>3</sup> )
V3	0,0112	0,7	0,7112	20
V4	0,0003	0,7	0,7003	20
V5	0,0002	0,7	0,7002	20

Tabella 3-39 Concentrazione media annua di SO<sub>2</sub> – Scenario 2

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza di V3 ed è pari a 0,0112 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 20 µg/m<sup>3</sup>, anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento.

Per la mappa delle isoconcentrazioni relativa alla media annua di SO<sub>2</sub> valutata mediante la simulazione modellistica, si può far riferimento all'elaborato grafico A250-SIA-D-041-0. Il punto di massima ricaduta risulta essere pari a circa 0,2238 µg/m<sup>3</sup>, posto all'interno del cantiere.

Dall'osservazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni modellistiche effettuate nel presente studio si può affermare che le concentrazioni stimate per la fase di cantiere del progetto risultano sempre al di sotto dei limiti normativi.

Per quanto riguarda le misure di prevenzione e mitigazione previste in fase di cantiere si rimanda al par. 4.4 del presente documento.

### **3.5.3. Modifica dei livelli di gas climalteranti**

L'impatto in esame riguarda la produzione di gas serra dovuta alla fase di realizzazione dell'opera ed in particolare ai gas di scarico dei mezzi di cantiere all'interno delle aree di cantiere e lungo la viabilità utilizzata per il trasporto di materiale (approvvigionamento e smaltimento).

Ai fini della stima di CO<sub>2</sub> equivalente prodotta durante le attività di costruzione dell'opera, è stato utilizzato il software OpenLCA, sviluppato dal 2006 da GreenDelta, in grado di valutare le prestazioni ambientali ed energetiche di vari prodotti, processi e servizi.

Secondo la metodologia indicata dalle norme ISO 14040, ISO 14044 ed ISO 14064 relative alla valutazione del Life Cycle Assessment (LCA) e della Carbon Footprint (CFP), deve essere definita l'unità funzionale, che rappresenta il prodotto, servizio o funzione a cui devono fare riferimento tutti i dati di input e output dello studio e di conseguenza tutti i risultati che verranno presentati.

Nel caso in esame l'unità funzionale è rappresentata da 1000 m di acquedotto posati in opera.

Altro elemento fondamentale per l'applicazione del modello è la definizione dei confini del sistema, che rappresentano la "scatola chiusa" al cui interno devono essere definiti tutti i processi coinvolti nello studio LCA e di CFP.

A tal proposito, per gli scopi ed obiettivi precedentemente menzionati, considerando che l'acquedotto avrà una vita utile superiore ai 25 anni e che successivamente a tale periodo non è ipotizzabile una dismissione dell'opera, è stato considerato un approccio definito dalle sopracitate norme ISO come "cradle to grave with option". Tale approccio si riferisce ad un tipo di analisi che comprende all'interno dei confini di sistema tutte le unità di processo dalla culla alla tomba, ossia a partire dall'estrazione delle materie prime necessarie per il processo di realizzazione ma escludendo la fase di dismissione, in quanto non applicabile al progetto in esame.

I dati di input e output dell'analisi, riguardanti il progetto della prima fase funzionale del Nuovo Acquedotto Marcio, possono essere suddivisi nelle seguenti macrocategorie:

- consumi di materie prime e materiali;
- consumi energetici (termici o elettrici);
- rifiuti;
- emissioni in atmosfera.

In particolare, ad esclusione delle emissioni in atmosfera e dei consumi energetici termici (carburante mezzi) strettamente dipendenti dalla modellazione del processo di realizzazione dell'opera, i dati di base sono contenuti nella documentazione di progetto.

In una fase successiva, tutti i dati appartenenti ad ogni macrocategoria precedentemente menzionata sono stati rapportati ai fini dello studio all'unità funzionale, ovvero 1000 metri di acquedotto posati in opera.

Per quel che concerne le materie prime ed i materiali implicati nella realizzazione dell'opera, sono stati considerati i seguenti assunti:

- Calcestruzzo: avendo a disposizione il quantitativo totale di calcestruzzo necessario alla realizzazione del progetto sono stati ipotizzati i quantitativi dei singoli componenti, associati a 1000 m di acquedotto posati in opera, a partire da rapporti noti nella letteratura del campo edile. Nello specifico sono stati ottenuti 1975 t di clinker di cemento (67% CaO, 26% SiO<sub>2</sub>, 5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 3950 t di sabbia, 8427 t di ghiaia e 790 t d'acqua;
- Acciaio carpenteria: a partire dal quantitativo totale di calcestruzzo precedentemente menzionato, rapportato a 1000 m di infrastruttura posati in opera, è stata ipotizzata un'incidenza dell'acciaio nel cemento armato pari a 175 kg/mc, ottenendo 1152 t di acciaio da carpenteria.

- Acciaio condotte: utilizzando come dato di base le lunghezze e i diametri delle condotte in acciaio previste dal progetto e successivamente rapportando questo valore a 1000 m di acquedotto, otteniamo 224 t di acciaio per unità funzionale.

Per quel che concerne i consumi di energia elettrica e termica implicati nella realizzazione dell'opera, sono stati considerati i seguenti assunti:

- Energia elettrica: i consumi di energia elettrica associati alla fase di cantiere e di esercizio (manutenzione con orizzonte temporale a 25 anni) sono stati calcolati a partire dalla stima totale dei consumi di cantiere e dal numero di accensioni annuali degli impianti elettrici per la manutenzione. Normalizzando tali valori per l'unità funzionale si ha 731101 kWh per il fabbisogno elettrico di cantiere e 57361 kWh per la fase di esercizio.
- Energia termica: è associata al carburante per il funzionamento di tutti i mezzi implicati nel processo di estrazione, produzione e trasporto dei materiali oltreché di realizzazione dell'opera. In tal caso, a partire dall'attività dei mezzi in termini di metri percorsi, è stato ipotizzato un consumo medio pari a 25 l per 100 km.

In ultimo, per quanto riguarda le emissioni in atmosfera prodotte dalle attività, lavorazioni e macchinari implicati nel ciclo di vita dell'opera, sono stati considerati i seguenti assunti:

- Emissioni da mezzi: calcolate a partire dalle attività previste da cronoprogramma in termini di ore e tipologia di mezzi, normalizzando rispetto all'unità funzionale, e utilizzando fattori di emissione provenienti da medie nazionali attualizzate al 2021.
- Emissioni materie prime: calcolate a partire dai quantitativi di materiali o materie prime, normalizzate per l'unità funzionale, utilizzando fattori di emissione calcolati da ISPRA (Rapporto 327/2020). Per il clincker 747,6 kg CO<sub>2</sub>/t mentre per l'acciaio delle condotte e di carpenteria le stime nazionali indicano 1,83 t CO<sub>2</sub> per tonnellata di prodotto finito.
- Emissioni consumi elettrici: stimate utilizzando i fattori di emissione ISPRA (Rapporto 317/2020), i quali indicano 444,4 g CO<sub>2</sub>/kWh.

Dall'applicazione del software è emerso che le attività relative alla fase di costruzione, considerando anche l'approvvigionamento e lo smaltimento del materiale, determinano un valore di emissione di CO<sub>2</sub> pari a circa 7.400 tonnellate.

Si intende a precisare che gli input del progetto presi in considerazione sono inficiati da ipotesi cautelative. In particolar modo si vuole specificare che i fattori di

---

emissione di CO<sub>2</sub> considerati per i singoli mezzi di cantiere sono relativi a valori medi nazionali per un mezzo di potenza media.

Stante gli obiettivi di sostenibilità ambientale che il progetto si pone, si prevede l'utilizzo di macchinari e mezzi di ultima generazione (Best Available Technology), i quali consentiranno un abbattimento dei livelli stimati di CO<sub>2</sub> anche fino al 20%. Si potrebbe inoltre considerare l'adozione di mezzi e/o macchinari elettrici, ad oggi disponibili e facilmente reperibili in commercio ed aventi zero emissioni dirette in atmosfera, se non quelle legate alla ricarica delle batterie tramite rete elettrica nazionale.

Alla luce di tali accorgimenti è possibile ritenere l'impatto in esame di entità bassa, considerando anche che questo sarà limitato al tempo di realizzazione dell'opera.

## 3.6. F – Sistema paesaggistico

### 3.6.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

L'individuazione del nesso di causalità tra le scelte di progetto e il contesto paesaggistico consta nell'individuazione di quelle azioni che potenzialmente possono incidere sui valori e sui caratteri del paesaggio della Valle dell'Aniene.

Le scelte di progetto lette nella dimensione Costruttiva, intesa come l'insieme delle attività necessarie alla realizzazione degli interventi in linea alla metodologia assunta per la presente analisi ambientale, possono, per quanto specificatamente attiene al sistema paesaggistico, dar luogo ad alterazioni a beni culturali connotanti il contesto paesaggistico o alterare la percezione dei valori di paesaggio per deconnotazione.

In estrema sintesi le correlazioni Azioni di progetto – fattori causali e impatti potenziali per il sistema paesaggistico sono riassunte nella successiva tabella.

<b>Azioni</b>	<b>Fattori causali</b>	<b>Impatti potenziali</b>
AC.01 Approntamento aree di cantiere	Interferenza con beni paesaggistici	Alterazione di beni culturali e storico testimoniali
AC.02 Scavi e sbancamenti		
AC.04 Rinterri		
AC.05 Posa in opera di elementi prefabbricati	Intrusione fisica di nuovi elementi nel paesaggio	Modificazione delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo
AC.07 Realizzazione manufatti		

Tabella 3-40 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva

### 3.6.2. Alterazioni ai beni del patrimonio culturale e storico testimoniale

Il concetto di patrimonio culturale è rappresentato dai beni soggetti a disposizioni di tutela in base al D.Lgs. 42/2004 e smi. Facendo propria tale definizione, la trattazione in merito a potenziali effetti sui beni del patrimonio culturale, come definito all'articolo 2 del citato Decreto, è basata sull'analisi degli effetti dovuti alle fasi di approntamento della cantierizzazione in prossimità di beni culturali di cui agli art. 10 e 11 e i beni paesaggistici indicati all'articolo 134.

L'indagine condotta alla Parte II del presente Studio ha messo in evidenza la rilevante consistenza di beni di interesse culturale dichiarato e di beni paesaggistici che connotano la media Valle dell'Aniene. L'indagine più che una mera ricognizione di detti beni ha permesso la ricostruzione del sistema di strutturazione della valle storicamente oggetto di interesse per lo sfruttamento della risorsa idrica.

In tale contesto di maggiore rilevanza sono le aree di notevole interesse pubblico oggetto di vincolo dichiarativo ai sensi dell'art. 136 co. 1 lett. c) e d) del DLgs 42/2004. Le perimetrazioni individuate dall'Amministratore volgono alla tutela delle

bellezze panoramiche frutto dell'interazione di fenomeni ambientali e antropici che nella valle dell'Aniene si traducono in caratteri geomorfologici complessi, versanti boscati e insediamenti fortificati in posizione dominante.

Nello stralcio dell'elaborato grafico "Carta delle valenze artistiche, architettoniche, storiche e archeologiche" in Figura 3-39 sono rappresentate le categorie di beni che più connotano il contesto paesaggistico di riferimento in relazione ai tracciati del Nuovo Acquedotto Marcio e alle aree di cantiere necessarie alla sua realizzazione. Ciò che si evidenzia è che i luoghi scelti per l'approntamento delle aree di cantiere fisso non interessano alcun bene di interesse culturale dichiarato di cui all'art. 10 del DLgs 42/2004, gli unici beni interessati sono quelli paesaggistici in particolar modo Aree di notevole interesse pubblico di cui all'art. 136 co. 1 lett. c) e d) del medesimo Decreto.

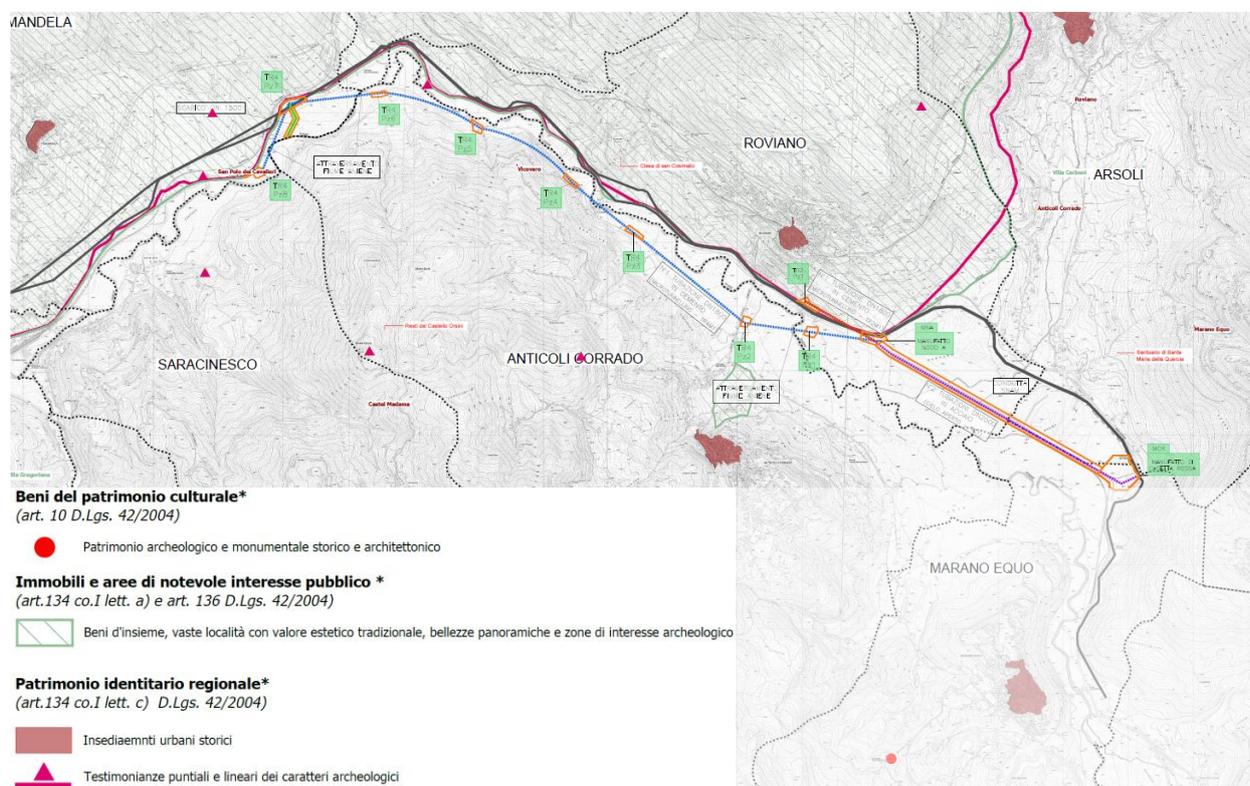


Figura 3-39 Beni del patrimonio culturale nella media valle dell'Aniene individuati tramite consultazione del PTPR Lazio approvato con DCR n.5 del 21/04/2021, Tavola B- beni paesaggistici

Alla base delle motivazioni dell'imposizione di vincolo dei Monti Lucretili con DM del 27/10/1975 vi sono i valori del paesaggio percepito che nel caso in specie sono da rintracciarsi nella conformazione geomorfologica del contesto, motivazione per cui l'analisi per quanto riguarda detti aspetti è affrontata al successivo paragrafo 3.6.3 in cui si forniscono gli elementi per la valutazione su potenziali alterazioni del paesaggio percepito e contestualmente del bene paesaggistico interessato.

Altra categoria di beni paesaggistici interessati dalle aree di cantiere fisso sono le zone di interesse archeologico di cui all'art. 142 co. 1 lett. m) DLgs 42/2004.

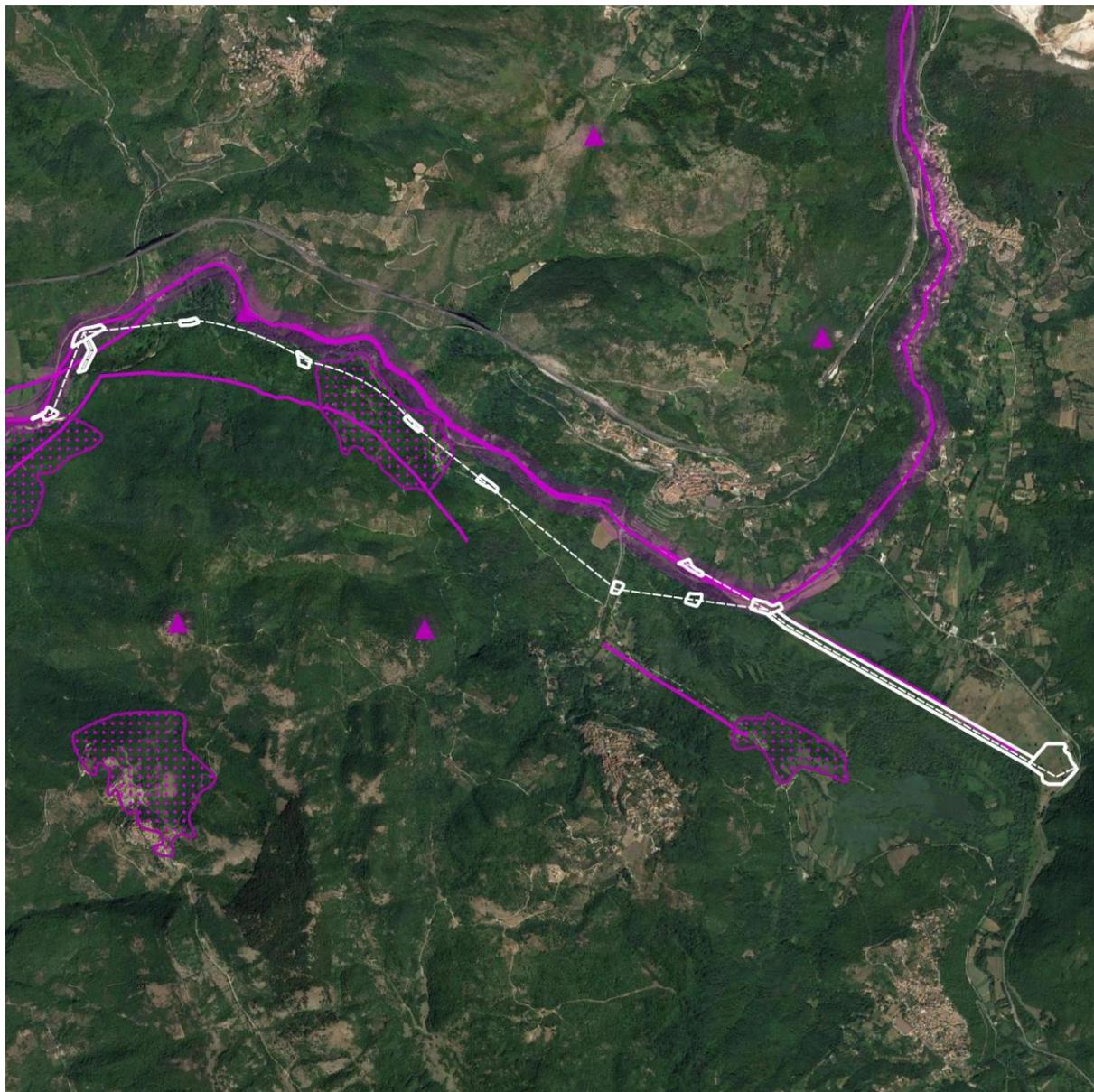
Aree in cui l'approntamento delle aree di cantiere (AC.01), le operazioni di scavo e sbancamento (AC.02) e i successivi rinterri (AC.05) possono dar luogo a potenziali alterazioni di beni, nella fattispecie al potenziale archeologico della media Valle dell'Aniene.

Come prima brevemente accennato il contesto in cui si inserisce l'opera è connotato dalle permanenze di diverse fasi di infrastrutturazione e territorializzazione i cui segni ad oggi ne delineano le fondamenta nella lettura dei caratteri del paesaggio, *in primis* da quelli che testimoniano lo storico sfruttamento dell'acqua come testimoniano le tracce degli acquedotti di epoca romana.

Il primo *Anio Vetus* con origine da una diga nella gola fra Vicovaro, S. Cosimato e Mandela; l'*Aqua Marcia* e gli acquedotti *Anio Novus* e l'*Aqua Claudia* alimentati dal bacino sorgentizio alle falde del La Prugna tra Roviano e Agosta. Di questi l'Acqua Marcia nel 1870 che venne restaurata da papa Pio IX ed entrò in funzione l'Acqua Pia per opera della Società Acqua Pia Antica Marcia.

La storica infrastrutturazione della valle dell'Aniene avviene anche per via della realizzazione della via Tiburtina Valeria, prolungamento della Tiburtina da Tivoli fino all'Adriatico. Costruita dal censore *Valerius Maximus* che riutilizzò i percorsi di transumanza e collegava *Tibur* (Tivoli) a *Varia* (Vicovaro) per superare un salto di quota di 300 metri tramite un secondo tracciato definiti *Valeria vetus* e *Valeria nova* che si ricongiungevano all'altezza di Riofreddo.

Il quadro delle persistenze archeologiche vincolate sopra sommariamente descritto è schematicamente rappresentato in Figura 3-40 in relazione ai luoghi in cui saranno allestite le aree di cantiere.



*Figura 3-40 Rapporto intercorrente tra aree di cantiere fisso, in bianco, e zone di interesse archeologico (art. 142 co.1 lett. m) individuate tramite consultazione del PTPR Lazio approvato con DCR n.5 del 21/04/2021, Tavola B- beni paesaggistici*

Entrando nel merito del rapporto intercorrente tra le aree di cantiere fisso e i beni paesaggistici di cui all'art. 142 co. 1 lett. m) DLgs 42/2004 emerge che le due delle aree di cantiere denominate TR4PZ8 e TR4PZ4 ricadono in aree archeologiche; l'area di cantiere relativa al manufatto Nodo A ricade in aree con affioramento di materiali sporadici oggetto di ricognizione archeologica nel 2020 in cui sono emersi frammenti laterizi di cotto e ceramici di epoca romana, in ultimo le aree di cantiere TR2PZ1 e TR4PZ7 ricadono all'interno delle fasce di rispetto delle linee archeologiche come indicate dalla Tavola B del PTPR Lazio.

Quanto sopra esposto è frutto dell'analisi degli elaborati dello Studio archeologico preliminare redatto nella prima fase di progettazione, nello specifico importante riferimento sono i contenuti della Relazione archeologica preliminare e l'elaborato Carta delle evidenze archeologiche messa a confronto con quanto rilevato nell'ambito delle analisi dello SIA. Dal confronto in Figura 3-41 è chiaro che l'interferenza rilevata consta in zone archeologiche oggetto di vincolo individuati dagli strumenti di pianificazione paesaggistica con un indice di potenziale archeologico elevato.

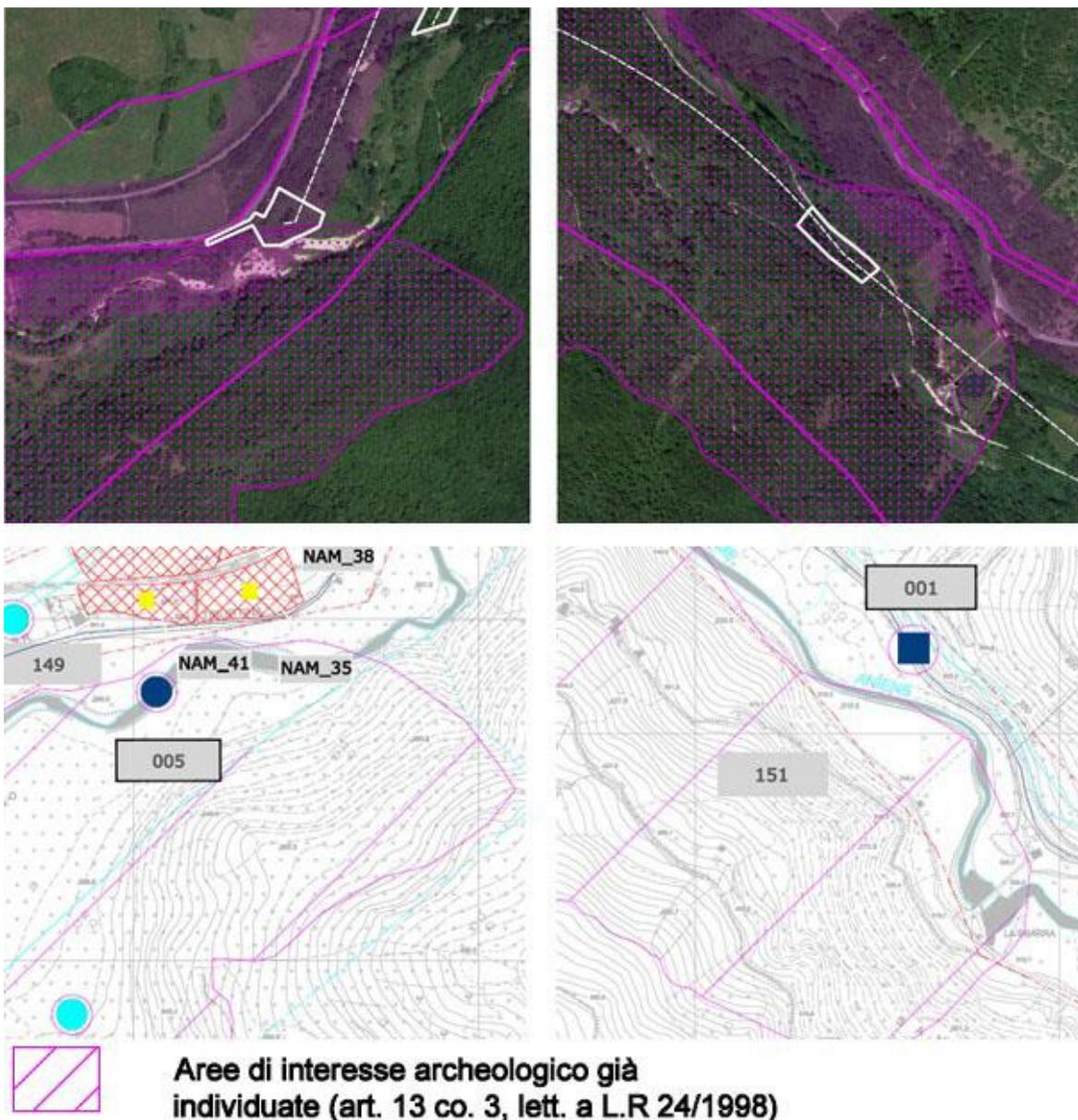


Figura 3-41 Aree di cantiere fisso, confronto con Carta delle evidenze archeologiche dello Studio archeologico preliminare

A fronte di tali considerazioni, non essendo possibile escludere la possibilità di ritrovamenti nel sottosuolo di materiale archeologico, in fase di cantiere si auspica l'applicazione di misure e accorgimenti preventive per quanto concerne gli aspetti di rilevanza archeologica. In tal senso sarà prevista la presenza di personale specializzato archeologico durante le operazioni di cantierizzazione.

Nel caso di ritrovamenti di resti antichi o di manufatti nel sottosuolo, si darà immediata comunicazione alla Soprintendenza competente con arresto dei lavori.

Dei beni tutelati per legge di cui all'articolo 142 co. 1 D.lgs. 42/2004, il bene denominato "Fosso Fiumetto" di cui alla lettera c) del sopra citato articolo del Codice dei beni culturali e del paesaggio è interessato dagli interventi del per la realizzazione del tratto TC1 del Nuovo Acquedotto Marcio come desunto dalla consultazione dalla Tavola B del PTPR Lazio.

Scopo delle analisi qui condotte è verificare la consistenza degli elementi alla base delle motivazioni dell'imposizione del vincolo e le eventuali e potenziali modificazioni indotte nelle fasi di realizzazione dell'opera in oggetto.

A tal fine e muovendo dagli esiti delle indagini condotte in fase conoscitiva dei caratteri che connotano la valle dell'Aniene si ritiene necessario approfondire la conoscenza dei "segni" che caratterizzano la Piana di Mola di Regno – Pantano. Detta piana, come già avuto modo di sottolineare costituisce storicamente il bacino sorgentizio di piana del sistema degli acquedotti dell'*Aqua Marcia* e l'*Aqua Claudia*. La piana e il sistema di fossi e canali che la contraddistinguono è l'esito della successione di "manipolazioni" perché l'infrastruttura acquedottistica assolvesse la funzione originaria.

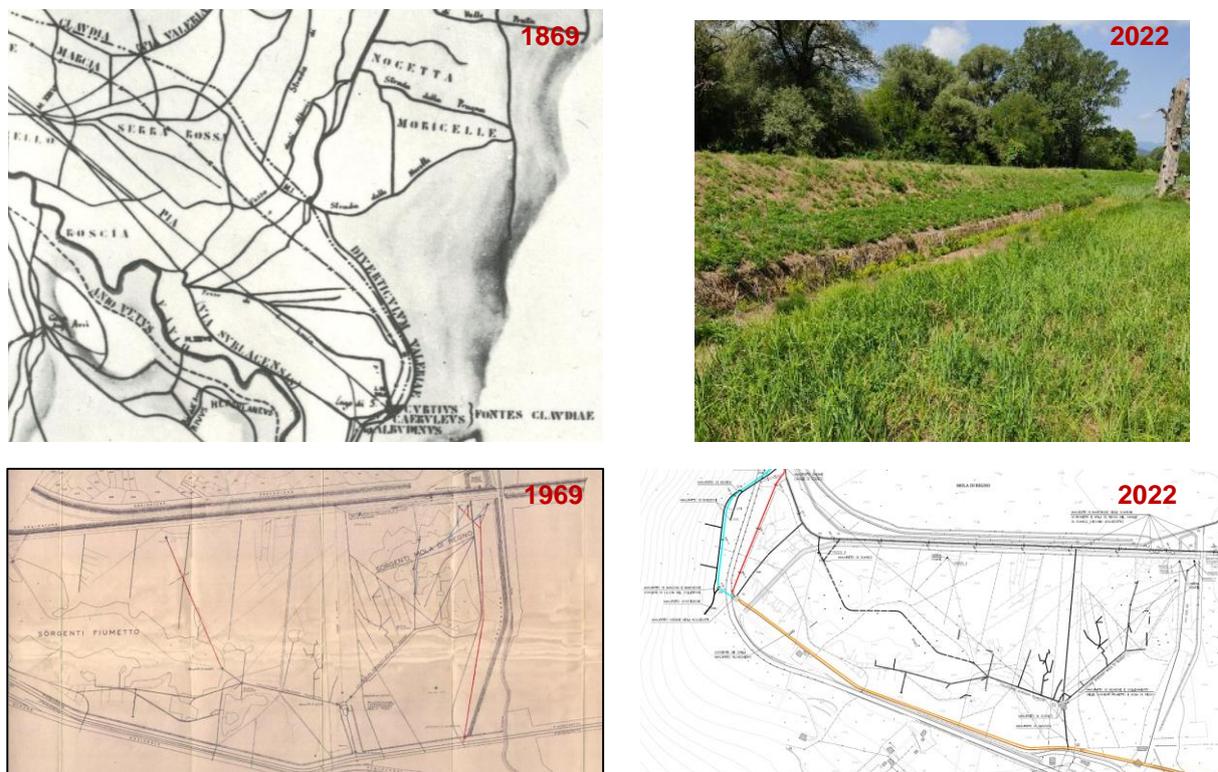


Figura 3-42 Stralci e schematizzazione dell'analisi storica della piana di Mola di Regno con evidenza delle tracce del sistema acquedottistico

Come si evince dalla Figura 3-42 ulteriori approfondimenti sono stati condotti tramite analisi della cartografia storica, materiale di archivio ACEA e indagini sul campo in cui si mette in evidenza l'origine artificiale di "Fosso Fiumetto" di fatto un canale artificiale con sezione in calcestruzzo rettangolare affiancato dal rilevato che ospita le condotte del I Acquedotto Marcio. In estrema sintesi si ritiene ragionevole l'affermazione che gli interventi in oggetto, nonché la temporanea modificazione del canale possa ritenersi trascurabile a fronte della constatazione che la configurazione ultima del Nuovo Acquedotto Marcio possa ritenersi coerente con lo stato attuale dei caratteri paesaggistici rilevati.

Tenuto conto di quanto messo in evidenza e degli accorgimenti in atto nelle fasi di progettazione e preparazione delle fasi di cantierizzazione si ritiene che la significatività del potenziale impatto sia da considerarsi basso.

### **3.6.3. Modificazione delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo**

Il termine paesaggio «designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni». La definizione, univoca e condivisa, data dalla

Convenzione Europea del Paesaggio<sup>7</sup> è il prodotto di un dibattito sul paesaggio oggetto di strumenti legislativi sin dal primo Novecento che supera in via definitiva la distinzione a livello teorico tra paesaggio e ambiente riconoscendo come paesaggio il prodotto dell'opera dell'uomo sull'ambiente naturale a prescindere dalla dimensione estetica che aveva trovato espressione nell'emanazione delle leggi per la tutela dei beni culturali e paesaggistici volute dal Ministro Bottai nel 1939.<sup>8</sup> L'analisi sui rapporti intercorrenti tra le iniziative progettuali e i caratteri del paesaggio della Valle dell'Aniene muovono dal riconoscimento dei valori paesaggistici e come questi vengono percepiti per poter fornire gli elementi necessari alla verifica di potenziali alterazioni nella percezione di detti valori.

Le peculiarità del contesto percettivo della Valle dell'Aniene sono inscindibilmente legate a fattori di contesto individuati come determinanti nella formazione del mosaico paesaggistico in particolare da quegli elementi in cui sono riconosciuti peculiarità a carattere percettivo o rappresentativi dell'identità territoriale. Nel caso in specie tali elementi sono da rintracciarsi nell'andamento morfologico, dalle peculiarità geomorfologiche dell'appennino centrale e dalle condizioni di panoramicità che l'Amministratore ha inteso tutelare con specifici provvedimenti, definibili nel loro insieme "Ambiti di fruizione visiva dell'identità territoriale". Dal punto di vista strettamente fisico i concetti sopra espressi si traducono in visuali panoramiche da cui cogliere gli aspetti geomorfologici più rilevanti; le relazioni visive tra i margini e degli insediamenti storici in posizione dominante, in ultimo le visuali esperibili dal fondovalle.



*Figura 3-43 Condizioni percettive prevalenti*

Gli scenari percettivi risultano dunque diversificati e condizionati in primo luogo dalla morfologia dei versanti e dalle formazioni vegetazionali che li connotano, per cui le possibilità di visuali aperte sulla vallata dell'Aniene percorrendo la viabilità principale sono ridotte a sporadici momenti in cui la densità delle formazioni vegetazionali è più rada in quanto si è in prossimità di versanti spogli da formazioni boschive e coltivati.

A conferma di quanto sopra affermato vi è lo studio sulle condizioni di visibilità il cui esito è rappresentato nello schema in Figura 3-44. Le potenzialità di visibilità delle

<sup>7</sup> Convenzione Europea del Paesaggio art. 1 "Definizioni" adottata dal Comitato dei Ministri del Consiglio d'Europa nel 2000, ratificata dall'Italia con Legge n.14 del 2006.

<sup>8</sup> Legge n. 1089/1939 "Tutela delle cose di interesse artistico o storico"; Legge n.1497/1939 "Tutela delle bellezze paesistiche".

aree di cantiere fisso sono stabilite a partire dall'analisi di frequentazione degli assi stradali che attraversano la valle e la densità degli elementi che costituiscono le quinte paesaggistiche e delimitano le visuali da riferirsi principalmente alle quinte arboree lungo strada.

Tale analisi ha condotto alla conclusione che unico asse ad alta frequentazione in prossimità delle aree di cantiere è l'asse della Tiburtina per cui vi è una più elevata possibilità di visuali dirette, una possibilità stimata per poco più della metà delle aree di cantiere previste, percentuale che limita notevolmente potenziali effetti attesi a seguito della realizzazione di manufatti (AC.09) causa di intrusione fisica di nuovi elementi nel paesaggio.

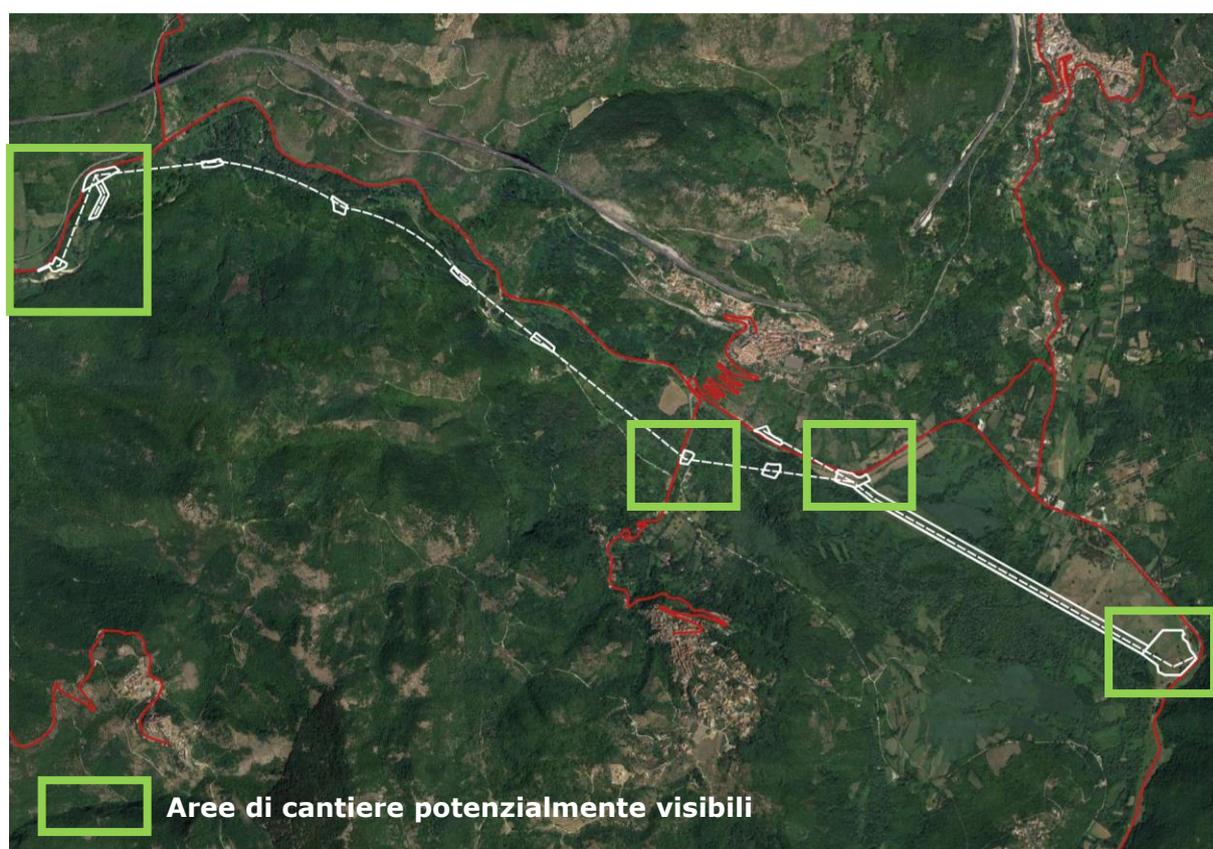


Figura 3-44 Condizioni di visibilità delle aree di cantiere

In riferimento a quanto finora emerso e agli "Ambiti di fruizione visiva dell'identità territoriale" rappresentate dalle visuali da tutelare in quanto in aree di notevole interesse pubblico di cui all'art. 136 co. 1 lett. c) e d) DLgs 42/2004 si ritiene necessario approfondire l'analisi per quelle aree di cantiere con visuali aperte sulla nella Zona denominata Monti Lucretili in quanto in termini di estensione e per le rilevanze di insediamenti urbani storici e beni di interesse culturale è dichiarata di notevole interesse pubblico con DM del 27/01/1975 rettificato con DM del 30/07/1987 e DM del 6/21/1988 perché nel suo insieme costituisce paesaggio pittoresco nella varietà degli aspetti che contraddistinguono il comprensorio al cui

interno è possibile riscontrare la presenza di numerosi punti di visuale panoramica sulla Campagna Romana, Roma, i Colli Laziali e la Vallata dell'Aniene.

A tal fine i casi ritenuti più significativi sono l'area di cantiere TR4PZ2 e l'area di cantiere in prossimità del manufatto Casetta Rossa.

Il livello di significatività attribuito ai due casi è relativo alla vulnerabilità della visuale in funzione degli elementi del paesaggio determinanti nel riconoscimento dei valori dell'identità territoriale.

Nella fattispecie il primo punto di vista indicato in Figura 3-45 è una ripresa fotografica in prossimità dell'area di cantiere TR4PZ2 lungo la provinciale che collega i centri storici di Anticoli Corrado e Roviano attraversando la valle dell'Aniene da cui è possibile ottenere visuali che consentono di riconoscere l'assetto insediativo storico. Il sito scelto per l'approntamento dell'area di cantiere, come emerge dall'analisi fotografica, risulta sgombro di formazioni vegetazionali di rilievo, bensì è oggi occupato da colture agrarie arboree, ciò limita il condizionamento della visuale altrimenti connotata da quinte arboree delle formazioni boschive planiziali, segno distintivo di riconoscimento della valle fluviale. In aggiunta, si mette in evidenza che l'ampiezza del campo visivo consente la percezione degli elementi connotativi quali il centro storico di Roviano e lo *skyline* del comprensorio dei Monti Lucretili anche durante le fasi di lavorazione, limitando così l'effetto atteso di occlusione o parziale occlusione della panoramica.



Figura 3-45 Punto di vista dalla SP36a, visuale aperta sull'insediamento storico di Roviano

Il secondo punto di vista in Figura 3-46 è una ripresa fotografica in corrispondenza del manufatto Casetta Rossa. La visuale è connotata dall'ampio bacino sorgentizio che alimentava gli acquedotti *Marcia* e *Claudia* i cui segni permangono nella morfologia del paesaggio e nella funzione come punto di adduzione dell'odierno acquedotto testimoniato anche dalla presenza dei manufatti utili al funzionamento dell'infrastruttura. La visuale esperibile dalla strada che delimita il bacino è aperta

sul paesaggio di fondovalle consentendo il riconoscimento delle forme che contraddistinguono il paesaggio della valle dell'Aniene. Nello scenario appena descritto l'effetto atteso a seguito dell'allestimento dell'area di cantiere è limitato al solo fattore temporale, ovvero all'intrusione di nuovi elementi del paesaggio in via temporanea, elementi che per dimensione e tipologia risulterebbero comunque semioticamente coerenti con la componente artificiale del contesto specifico legato allo storico sfruttamento della risorsa idrica.



*Figura 3-46 Punto di vista dalla SP411, visuale aperta sulla valle dell'Aniene e il bacino sorgentizio*

L'esito delle analisi sul paesaggio in relazione all'infrastruttura in progetto nella sua fase costruttiva induce a porre l'attenzione su quanto avverrà nella configurazione finale nell'immagine di paesaggio consolidata nell'immaginario comune per questo il progetto prevede uno studio per l'inserimento paesaggistico che pone come punto di partenza una attenta analisi della morfologia e dei caratteri peculiari delle aree interessate dalle opere. Per i dettagli in merito si rimanda alla successiva Parte 5 del presente studio e agli elaborati di paesaggio sviluppati a seguito delle richieste del MIC con nota prot. 943 del 25/05/2022.

A fronte delle considerazioni qui esposte si ritiene che la significatività di potenziali modificazioni delle condizioni percettive e del paesaggio percettivo sia da considerarsi trascurabile.

## 3.7. G1 - Rumore

### 3.7.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

Per quanto riguarda la verifica delle potenziali interferenze sul clima acustico legate alla dimensione costruttiva dell'opera oggetto di studio, si può fare riferimento alla seguente matrice di correlazione azioni-fattori causali-effetti.

<b>Azioni di progetto</b>	<b>Fattori Causali</b>	<b>Impatti potenziali</b>
AC.01 Approntamento aree di cantiere	Produzione emissioni acustiche	Compromissione del clima acustico
AC.02 Scavi e sbancamenti		
AC.03 Scavo con microtunnelling		
AC.04 Rinterri		
AC.05 Posa in opera di elementi prefabbricati		
AC.06 Realizzazione elementi gettati in opera		
AC.07 Realizzazione manufatti		
AC.08 Movimentazione di materiale		

Tabella 3-41 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva

Nel seguito della trattazione, si riportano le analisi quantitative delle emissioni acustiche prodotte durante la fase di cantiere.

### 3.7.2. Compromissione del clima acustico

#### 3.7.2.1. Metodologia di lavoro utilizzata

Lo studio acustico, finalizzato alla stima e verifica dei livelli di immissione indotti dalla realizzazione dell'opera in progetto, è esteso a tutti i ricettori compresi nell'area di studio definita secondo quanto prescritto dal quadro normativo di riferimento.

Pertanto, è stata sviluppata un'analisi qualitativa e quantitativa dei potenziali impatti acustici indotti dalle attività di cantiere necessarie alla realizzazione delle opere previste dal progetto.

A partire dai dati inerenti la fase di cantierizzazione, l'analisi degli impatti acustici in fase di corso d'opera è stata effettuata attraverso la metodologia del "Worst Case Scenario", ossia individuando gli scenari operativi che tra tutti quelli possibili, risulta essere quello maggiormente rappresentativo delle condizioni più gravose dal punto di vista acustico in ragione dell'operatività delle diverse sorgenti presenti all'interno delle aree di cantiere in funzione della tipologia di lavorazioni da eseguire, nonché della prossimità di dette aree di cantiere a ricettori ad uso abitativo e/o sensibili.

Sulla base di detto approccio, le principali fasi che hanno connotato lo svolgimento dello studio condotto possono essere sintetizzate nei seguenti termini:

- **Analisi di contesto**

- Ricostruzione dei ricettori presenti all'intorno delle aree di cantiere e degli itinerari di cantierizzazione;
- Analisi dei Piani di classificazione acustica dei Comuni interessati dalle opere.

- **Individuazione degli scenari di simulazione**

Tale attività è stata condotta a partire dalle risultanze della modellazione di un cantiere tipologico all'interno del quale sono state considerate contemporaneamente operativi l'insieme delle tipologie di mezzi d'opera necessari alla realizzazione degli interventi in progetto. Detta ipotesi di lavoro, di per sé stessa cautelativa, ha consentito di individuare la distanza dalle aree di lavorazione a partire dalla quale i livelli acustici attesi sono inferiori ai valori limite assoluti di immissione della zona acustica prevalente all'intorno dell'area di indagine. La conoscenza di detta distanza ha consentito di selezionare, quelle aree di cantiere i cui effetti acustici possono essere ritenuti potenzialmente significativi, in quanto connotate dalla presenza di ricettori abitativi/sensibili la cui localizzazione risulta inferiore a tale distanza assunta a riferimento. Nello specifico, anticipando quanto nel seguito meglio descritto, le aree di cantiere i cui effetti acustici possono essere ritenuti potenzialmente significativi e che, come tali, sono state oggetto degli studi modellistici di approfondimento riguardano il manufatto denominato MCR di Casetta Rossa.

- **Costruzione dello scenario di simulazione**

Una volta individuato detto scenario, le successive operazioni condotte sono consistite in:

- Ricostruzione della morfologia del territorio interessato dalle attività di cantiere;
- Censimento dei ricettori presenti nell'intorno delle aree di cantiere individuate;
- Caratterizzazione acustica dello scenario di simulazione, attività consistente nella definizione, sotto il profilo acustico, delle sorgenti presenti all'interno delle aree di cantiere prese in esame. Nello specifico, per ciascuna area di cantiere, sulla base del quadro dei mezzi d'opera definiti negli elaborati di cantierizzazione, per ciascun mezzo d'opera sono state definite percentuale di impiego, percentuale di operatività effettiva, e il livello di pressione sonora LP [dB(A)]. Nell'ambito della costruzione dei singoli scenari di simulazione sono stati presi in considerazione anche i flussi di cantierizzazione.

- **Elaborazione ed analisi degli output della modellazione**

A partire dalle risultanze del modello di simulazione (mappature acustiche in  $Leq(A)$ , calcolate ad un'altezza di 4 metri dal suolo), i risultati così ottenuti sono stati posti a confronto con i valori limite assoluti di immissione ai quali sono soggetti i ricettori potenzialmente interessati. Nello specifico, per ciascun ricettore sono stati stimati i livelli attesi in facciata ed il livello residuo.

Detta attività ha consentito di individuare i potenziali superamenti dei limiti acustici.

Con riferimento alla modellazione acustica si precisa che:

- Lo studio è stato condotto mediante il software simulazione SoundPlan 8.2.
- Le sorgenti emissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all'interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale, poste ad un'altezza di 1,5 metri e con frequenza centrale pari a 500Hz.

- **Individuazione e dimensionamento degli eventuali interventi di mitigazione acustica**

A valle delle risultanze delle analisi condotte, nel caso in cui l'attività di verifica dei livelli acustici attesi rispetto ai valori assoluti di immissione evidenzia il determinarsi di situazioni di loro superamento, si procede all'individuazione e dimensionamento di interventi di mitigazione acustica, consistenti in barriere antirumore posizionate lungo il perimetro delle aree di cantiere.

- **Verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione acustica**

Al fine di constatare l'efficacia degli eventuali interventi di mitigazione acustica e la loro capacità di ricondurre entro i valori limite assoluti di immissione i livelli acustici, sarà implementato lo scenario di simulazione precedentemente elaborato, per l'appunto inserendo detti interventi di mitigazione acustica, e confrontati i valori così ottenuti con i valori limite di riferimento.

### **3.7.2.2. Il modello di simulazione SoundPlan**

Il modello di calcolo utilizzato è SoundPlan versione 8.2: un software previsionale per effettuare simulazioni acustiche in grado di rappresentare al meglio le reali condizioni ambientali che caratterizzano il territorio studiato. Questo modello di simulazione è uno tra gli strumenti più completi oggi presenti sul mercato per la valutazione della propagazione del rumore prodotto da sorgenti di ogni tipo: da quelle infrastrutturali, quali ad esempio strade, ferrovie o aeroporti, a quelle fisse, quali ad esempio strutture industriali, impianti energetici, etc.

SoundPlan è uno strumento previsionale ad "ampio spettro", progettato per modellizzare la propagazione acustica in ambiente esterno prendendo in considerazione tutti i fattori interessati al fenomeno, come la disposizione e forma degli edifici, la topografia del sito, le barriere antirumore, il tipo di terreno e gli effetti meteorologici.

Tra i diversi standard di propagazione acustica per le strade, ferrovie o infrastrutture industriali, disponibili all'interno del software, è presente inoltre l'NMPB Routes 1996 riconosciuto dal Decreto Legislativo 19 ago-sto 2005 n.194 «Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumo-re ambientale» per il calcolo del livello acustico limitatamente alle infrastrutture viarie, e la sua versione aggiornata quale NMPB Routes 2008, utilizzata nel caso in specifico in studio.

Una delle principali innovazioni di questo software si riscontra proprio nella precisione di dettaglio con cui viene rappresentata la reale orografia del territorio.

L'area di studio viene caratterizzata orograficamente mediante l'utilizzo di file georeferenziati con la creazione di un DGM (Digital Ground Model) ottenuto attraverso algoritmo TIN (Triangular Irregular Network), che è ritenuto il più attendibile per la realizzazione di modelli digitali del terreno partendo da mappe vector. Questo sistema sfrutta alcune potenzialità del DEM (Digital Elevation Model) come la possibilità di mediare le distanze tra le isoipse, ma introduce, in caso di soli punti quotati noti, la tecnica di triangolazione ad area minima, crea cioè una serie di triangoli tridimensionali, i quali hanno come vertici i punti quotati noti e con la minor area possibile e attribuisce a queste aree triangolari valori di quota calcolati sulla differenza dX, dY e dZ, ovvero le pendenze dei versanti.

La realizzazione di un file di input può essere coadiuvata dall'innovativa capacità del software di generare delle visualizzazioni tridimensionali del sito, mediante un vero e proprio simulatore di volo in cui è possibile impostare il percorso e la quota del volo, variabili anche in itinere del sorvolo secondo necessità; tale strumento permette di osservare graficamente la totalità dei dati di input immessi, verificandone la correttezza direttamente muovendosi all'interno di scenari virtuali tridimensionali.

Durante lo svolgimento delle operazioni matematiche, questo software permette di effettuare calcoli complessi e di archiviare tutti i livelli parziali collegati con le diverse sorgenti, per qualsiasi numero di punti di ricezione al fine di individuare i singoli contributi acustici. Inoltre, i livelli acustici stimati sui punti della griglia (mappe acustiche) possono essere sommati, sottratti ed elaborati, con qualsiasi funzione definita dall'utente.

Il software permette, infine, di ottenere in formato tabellare qualunque valore acustico si voglia conoscere di un ricettore, per ognuna delle sue facciate, per ogni piano, restituendo anche l'orientamento delle facciate rispetto alla sorgente sonora, la differenza di quota sorgente-ricettore ed altre informazioni presenti nel modello: è, ad esempio, in grado di effettuare calcoli statistici relativi all'impatto sonoro a cui è soggetta la popolazione presente nell'area di studio, seguendo i dettati delle ultime normative europee.

In ogni caso, SoundPlan presenta un'ampia flessibilità di gestione, permettendo di risolvere i differenti casi che di volta in volta è possibile incontrare.

In particolare, si osserva la possibilità di definire il materiale della struttura acustica in modo che presenti completo assorbimento acustico senza riflessione, definendo un coefficiente di riflessione per ognuna delle facce della barriera, o introducendo un coefficiente di assorbimento acustico differente in funzione della frequenza dell'onda sonora prodotta dalla sorgente.

I dati di input del modello sono i seguenti:

- Cartografia 3D: un fattore di fondamentale importanza per poter sviluppare una corretta modellizzazione acustica è la realizzazione di una cartografia tridimensionale compatibile con le esigenze "acustiche" del modello previsionale adottato. Per una precisa descrizione del terreno da inserire all'interno del modello è necessario definire all'interno del software le isoipse, l'edificato e le infrastrutture di trasporto interessate;
- Sorgenti stradali: per ogni infrastruttura è necessario definire la conformazione geometrica, i dati relativi ai flussi e alle velocità di percorrenza in ciascun tratto, il tipo di asfalto e il senso di marcia;
- Edifici: per ciascun edificio è necessario definire posizione e altezza;
- Griglia di calcolo: occorre definire la griglia di calcolo in cui verranno effettuate le simulazioni;
- Tempi di riferimento: secondo quanto predisposto dalla legge n°447/26/10/1995 e s.m.i. gli scenari temporali di riferimento sono due: diurno (6.00-22:00) e notturno (22:00-6:00).

### **3.7.2.3. Individuazione degli scenari di simulazione**

Al fine di individuare gli scenari di simulazione per le attività di cantiere maggiormente critiche dal punto di vista della variazione del clima acustico indotto dalla realizzazione dell'opera, come anticipato, si è ricorso alla modellazione di due cantieri tipologici rappresentativi delle condizioni più gravose in termini di emissione acustiche dei mezzi operanti nelle aree di lavoro.

Entrando nello specifico, per la definizione degli scenari di simulazione, sono stati considerati due differenti tipologie di cantiere:

1. scavo per i cantieri del microtunneling;
2. scavo a cielo aperto.

Per entrambi il cantiere è stato ipotizzato come una sorgente areale, posta ad un'altezza di 1,5 metri e con frequenza centrale pari a 500Hz il cui valore pesato di potenza complessiva e dei relativi macchinari presenti è riportata nella Tabella 3-42 e nella Tabella 3-43.

<b>Microtunnelling - scavo</b>				
<b>Mezzo</b>	<b>Numero</b>	<b>% di utilizzo</b>	<b>LP [dB(A)]</b>	<b>LP pesato[dB(A)]</b>
Autocarro	1	0,5	101,9	100,4
Escavatore	1	0,5	113,5	109,6
			<b>Tot.</b>	110,78

*Tabella 3-42 Dati input modellazione scenario tipologico microtunneling*

<b>Scavo pozzo a cielo aperto</b>				
<b>Mezzo</b>	<b>Numero</b>	<b>% di utilizzo</b>	<b>LP [dB(A)]</b>	<b>LP pesato[dB(A)]</b>
Autocarro	3	0,5	101,9	105,2
Escavatore	3	0,5	110,6	114,4
Pala gommata	2	0,5	103,1	105,1
			<b>Tot.</b>	115,67

*Tabella 3-43 Dati input modellazione scenario tipologico scavo a cielo aperto*

Per quanto concerne l'operatività del cantiere sono stati considerati due turni di lavoro dalla durata pari a 8 ore nel periodo diurno (06:00 – 22:00).

Si tiene a specificare che nel periodo di riferimento notturno (22:00 – 06:00) seppur è previsto lo scavo in sotterraneo attraverso la tecnica del microtunnelling non sono state effettuate analisi in quanto considerata un'attività trascurabile dal punto di vista acustico.

Nelle successive figure si riportano i risultati della modellazione acustica in termini di mappatura acustica a 4 m di altezza e sezioni verticali.

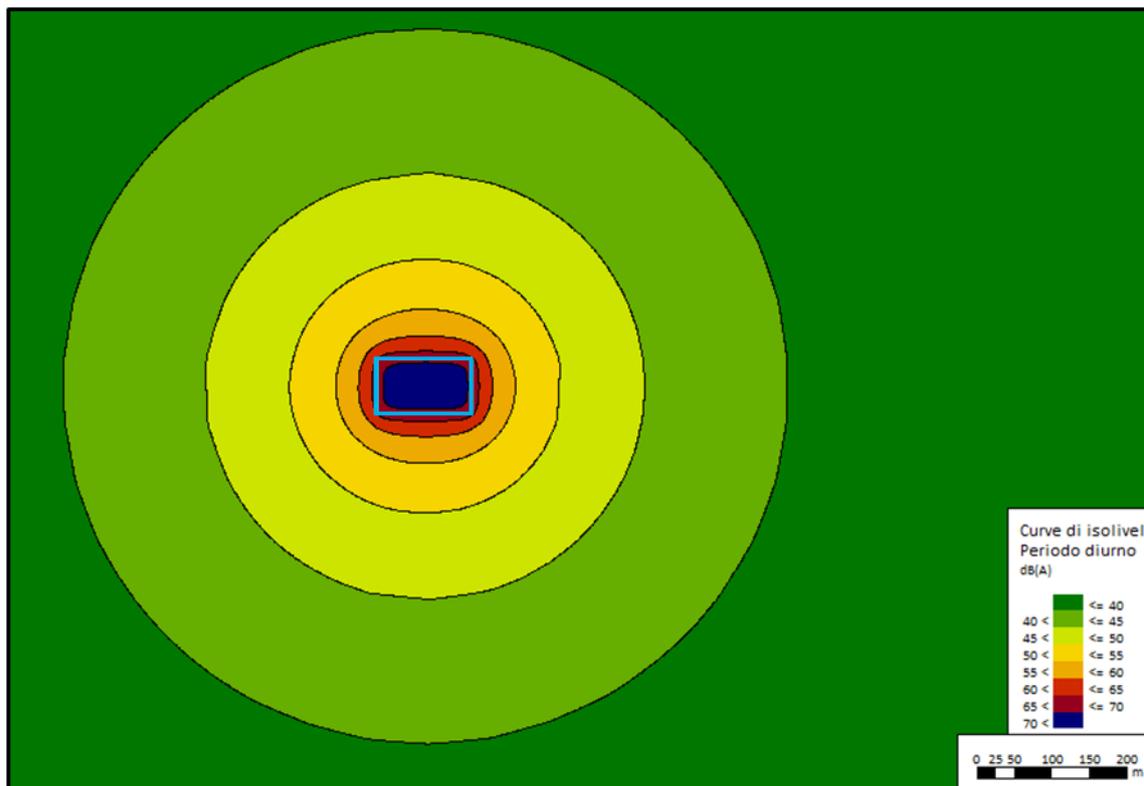


Figura 3-47 Mappatura acustica - Scavo per microtunneling

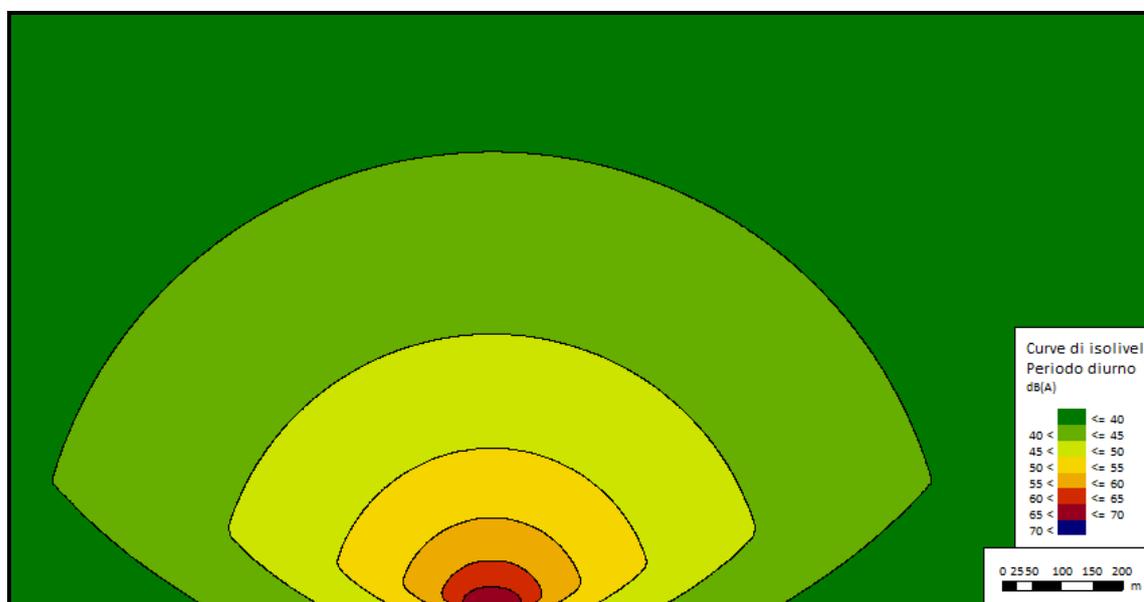


Figura 3-48 Mappatura acustica in sezione - Scavo per microtunneling

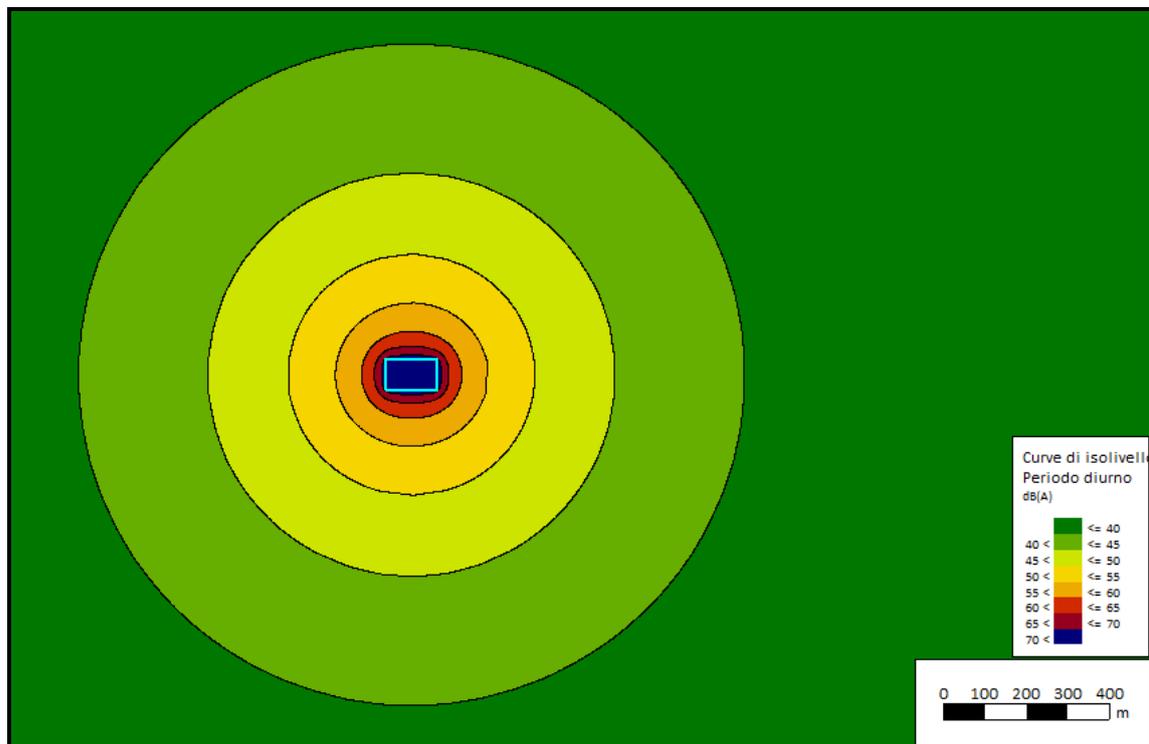


Figura 3-49 Mappatura acustica - Scavo a cielo aperto

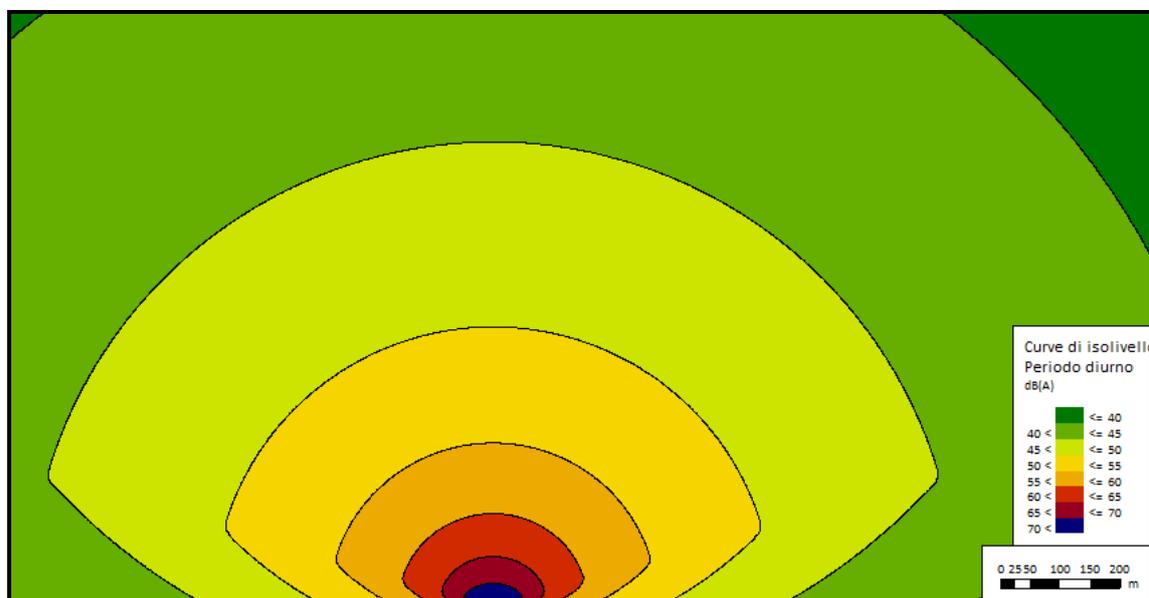


Figura 3-50 Mappatura acustica in sezione - Scavo a cielo aperto

La modellazione degli scenari tipologici ha consentito di ricavare il livello di pressione sonora ad una determinata distanza da una sorgente di potenza sonora nota. In particolare, sono stati ottenuti i risultati sintetizzati nella seguente tabella.

Livello equivalente [dB(A)]	Distanza dal cantiere [m]	
	Scavo per microtunelling	Scavo a cielo aperto
70	5	10
65	10	30
60	30	70
55	65	140
50	135	255

Tabella 3-44 Livello sonoro indotto dalle attività di cantiere

Come mostrato nella tabella sopra riportata, il rumore prodotto è quello legato alla circolazione dei mezzi ed all'impiego di macchinari, sostanzialmente equiparabile a quello di un normale cantiere edile che comunque è limitato nel tempo oltre ad essere presente esclusivamente in periodo diurno.

Nella successiva tabella si riporta il risultato dello screening preliminare effettuato al fine di individuare i cantieri che possono indurre potenziali interferenze ai ricettori limitrofi le aree di lavorazione:

Area di cantiere microtunelling			
ID Cantiere	Distanza area lavoro - ricettore	Limite di zona [dB(A)]	Distanza area di cantiere - limite di zona
TR2 - Pz.1	90	60	30
Tr4 - Pz.1	>200	55	65
Tr4 - Pz.2	>200	55	65
Tr4 - Pz.3	>200	55	65
Tr4 - Pz.4	>200	55	65
Tr4 - Pz.5	>200	55	65
Tr4 - Pz.6	>200	55	65
Tr4 - Pz.7	>200	70	5
Tr4 - Pz.8	>200	70	5
MCR - Scavo cielo aperto	> 200	60	5
Aree di cantiere scavo a cielo aperto			
MCR - Manufatto Casetta Rossa	145	55	140

 Aree di cantiere non significative  
 Aree di cantiere potenzialmente significative

Tabella 3-45 Articolazione delle aree di cantiere in relazione alla significatività degli effetti acustici attesi

Stante i risultati ottenuti e mostrati in Tabella 3-45, l'analisi sarà condotta esclusivamente per l'area di cantiere denominata MCR manufatto Casetta Rossa.

### 3.7.2.4. Analisi dello scenario corso d'opera

#### Scenario di simulazione Area di cantiere MCR manufatto Casetta Rossa

Definito lo scenario di simulazione si è proceduto ad effettuare un censimento dei ricettori ricadenti nell'ambito di studio, definito come una in una distanza pari a circa 200 metri dal perimetro delle aree di cantiere, individuando i ricettori a destinazione d'uso abitativa.

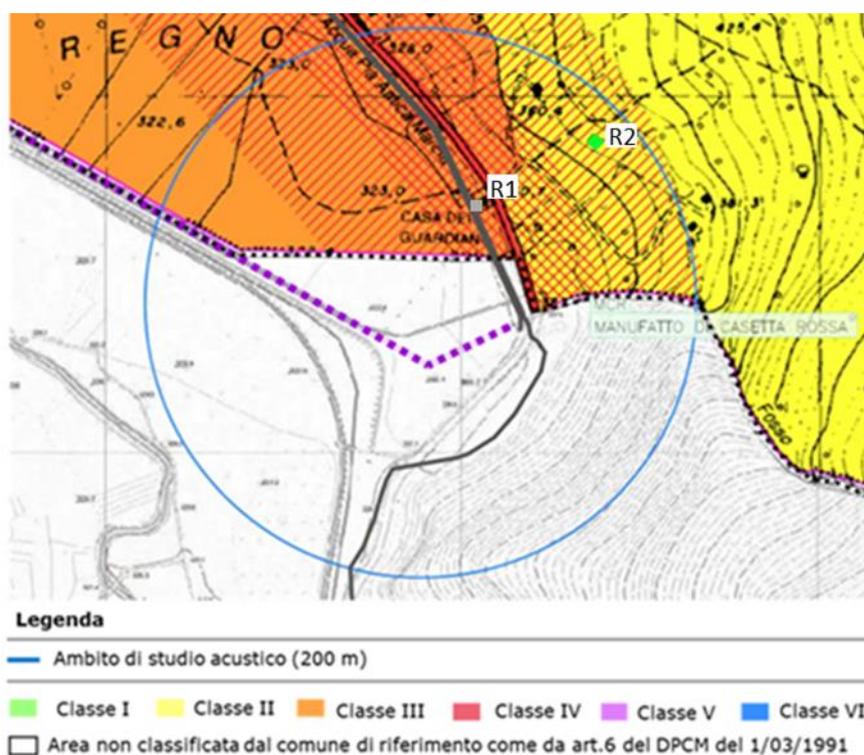


Figura 3-51 Stralcio della carta censimento ricettori e zonizzazione acustica

### Dati di Input

Il primo step dell'analisi consiste nella ricostruzione della morfologia del territorio interessato dalle attività di cantiere. Nello specifico, è stata considerata l'orografia del territorio secondo l'assetto naturale ed antropico dell'area di studio. La modellazione tiene conto, pertanto, anche dell'attuale assetto infrastrutturale, della presenza degli edifici e della vegetazione presente.

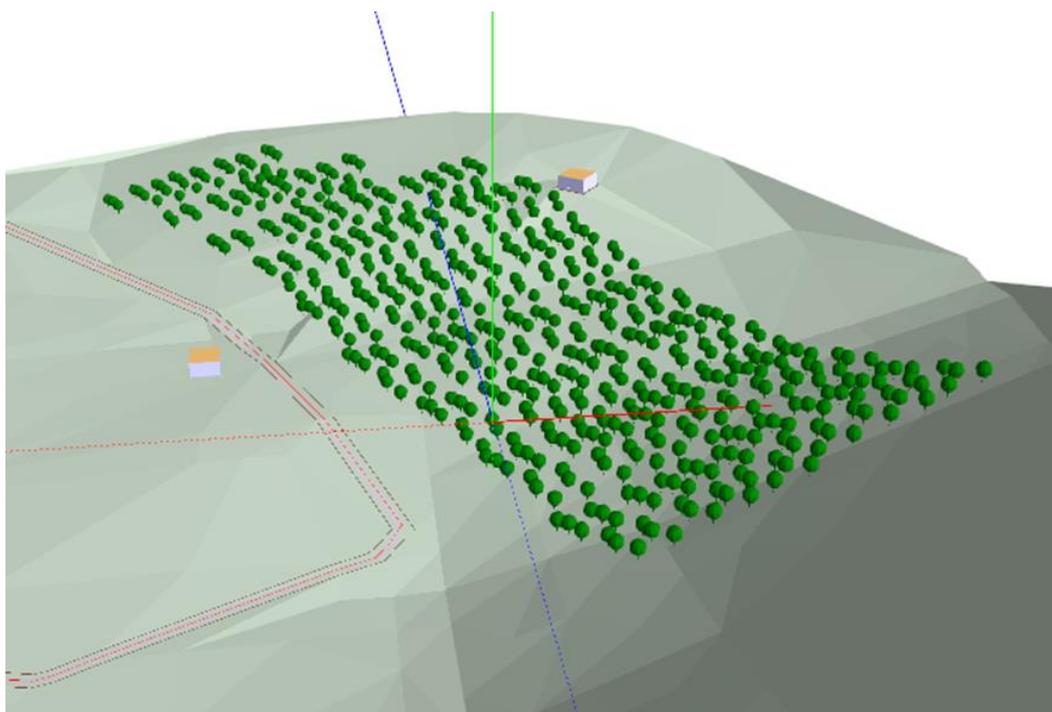


Tabella 3-46 Vista 3D della modellazione acustica

Le sorgenti emmissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all'interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale, poste ad un'altezza di 1,5 metri e con frequenza centrale pari a 500 Hz. Nelle seguenti tabelle sono descritti i macchinari impiegati, la percentuale di impiego e di operatività effettiva considerate oltreché le caratteristiche emmissive dei mezzi in termini di livello di potenza sonora ( $L_p$ ) espresse in dB(A).

<b>MCR Manufatto Casetta Rossa – Scavo</b>			
<b>Mezzi di Cantiere</b>	<b>Numero</b>	<b>% operatività effettiva</b>	<b>LP [dB(A)]</b>
Autocarro	3	50	101,9
Escavatore	3	50	110,6
Pala	2	50	103,1

Tabella 3-47 Dati input di modellazione acustica per lo scenario di cantiere

Per quanto concerne l'operatività del cantiere è stato considerato un turno di lavoro da 8 ore esclusivamente nel periodo diurno (06.00-22.00).

Per quanto concerne i flussi di cantiere, essi sono stati schematizzati all'interno del modello come sorgente stradale i cui percorsi, flussi e velocità adottate sono schematizzati in Figura 3-52.

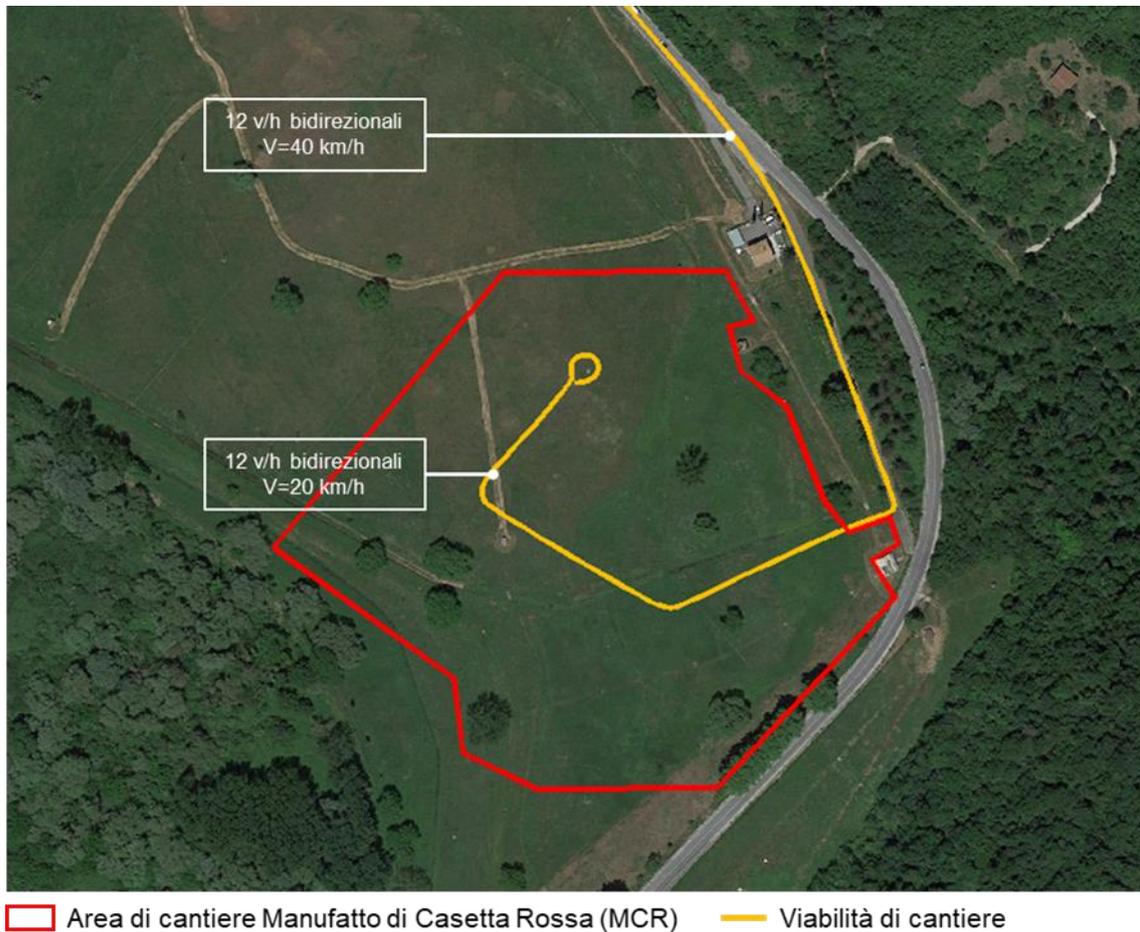


Figura 3-52 Individuazione area e viabilità di cantiere

### Dati di output

L'output del modello previsionale consiste nella mappatura acustica delle curve di rumore indotte dalle diverse attività di cantiere e dai valori puntuali in corrispondenza di ciascun ricettore residenziale calcolati ad 1 metro dalla facciata per ciascun lato dell'edificio limitatamente al valore maggiore in corrispondenza della presenza di infissi.

Di seguito si riporta uno stralcio della mappatura acustica (cfr. "Clima acustico allo stato di cantiere"), mentre in Tabella 3-48 si riporta il confronto con i valori acustici calcolati dal modello previsionale in prossimità dei ricettori residenziali limitrofi all'area di intervento e i valori limite di immissione assoluta.

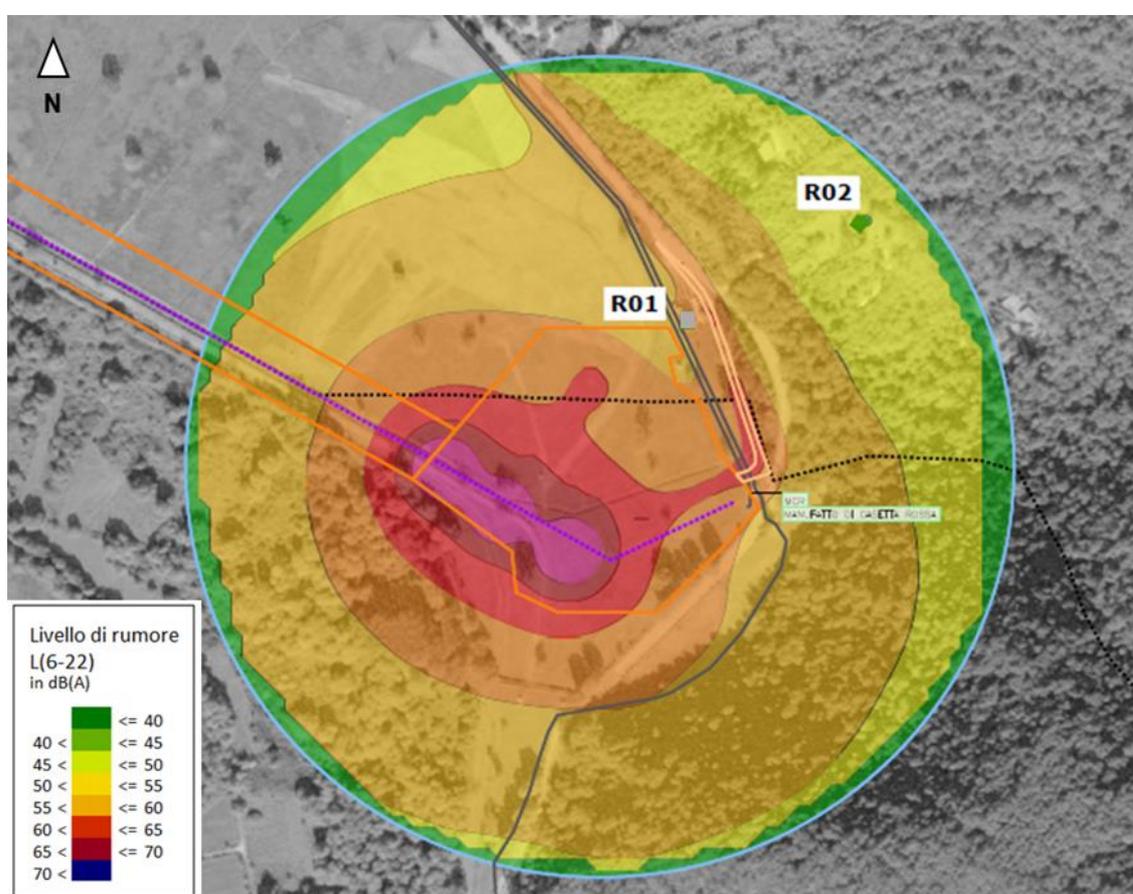


Figura 3-53 Mappatura acustica a 4 metri di altezza rispetto il piano campagna

ID	Piano	Destinazione d'uso	Limiti esterni Leq(A)		Livelli esterni Leq(A)		Livello residuo in facciata	
			Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
R2	PT	Residenziale	55	-	50,8	-	-	-

Tabella 3-48 Livelli acustici in facciata ai ricettori

Per quanto concerne il ricettore R01 da ulteriori approfondimenti risulta essere un edificio di pertinenza di Ato2 utilizzato di supporto alle attività/gestione dell'attuale

impianto di captazione delle acque e per il quale si ritiene superfluo valutarne il contributo acustico in facciata.

Come si evince dai risultati riportati, il contributo del traffico di cantiere indotto risulta essere marginale e i dati territoriali inseriti nel modello quali l'assorbimento del terreno e le alberature presenti, contribuiscono alla riduzione dei livelli acustici in facciata all'unico ricettore residenziale presente R02.

In merito alla verifica dei limiti normativi, il D.P.C.M. 14 novembre 1997 definisce inoltre i limiti di rumorosità per le sorgenti sonore fisse in relazione ai valori limite differenziali, riferiti all'ambiente abitativo interno, determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo. Relativamente ai valori limite differenziali di immissione, per le misure di rumore all'interno degli ambienti abitativi a finestre aperte o chiuse, così come previsto dall'Art. 4 del D.P.C.M. 14 novembre 1997, si rimanda alla fase di monitoraggio acustico, le quali avranno l'obiettivo di valutare il livello del rumore ambientale e di quello residuo, in modo da determinare o meno il superamento dei limiti imposti dalla normativa vigente.

Si tiene comunque a specificare che secondo l'articolo 4, comma 2, lettera a del DPCM del 14.11.1997 il criterio differenziale non è applicabile se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno. Stante quanto detto dai risultati ottenuti dalla modellazione di poco superiori ai 50 dB(A), si può ritenere plausibile il rispetto dei suddetti limiti e che il disturbo indotto al ricettore R\_02 sarà trascurabile in considerazione sia dell'entità delle emissioni acustiche prodotte che della loro durata limitata nel tempo.

Dalle analisi condotte e da quanto si evince dalla Tabella 3-48 si può pertanto concludere che per la dimensione costruttiva dello scenario 1 l'agente fisico del rumore risulta essere trascurabile e pertanto non sono previste opere di mitigazione acustica.

In ogni caso per limitare il disturbo indotto dalle attività di cantiere, nella fase di realizzazione delle opere di progetto sono previsti alcuni accorgimenti da adottare per i quali si rimanda al capitolo 4.

### **3.7.2.5. Analisi dei risultati ed indicazioni per la gestione ambientale delle attività di cantiere**

Con riferimento agli effetti acustici indotti dalle attività di realizzazione delle opere in progetto, prima di entrare nel merito delle risultanze dello studio modellistico condotto, si ritiene necessario evidenziare che:

- Le aree all'intorno delle aree di cantiere, che risultano connotate dalla presenza di un unico ricettore ad uso residenziale ad un piano;
- Nessun ricettore sensibile risulta interessato dalle opere in progetto;
- Lo studio modellistico ha operato le seguenti ipotesi cautelative:
  - Contemporaneità delle lavorazioni più significative sotto il profilo acustico in corrispondenza di ognuna delle aree di cantiere considerate. In altri termini, è stato assunto che in ciascuna delle aree tecniche prese in esame siano in corso quelle lavorazioni che dal punto di vista degli effetti acustici risultano essere le più gravose
  - Localizzazione delle sorgenti emmissive, ossia dei mezzi d'opera, nella posizione più prossima ai ricettori presenti all'intorno. In tal senso appare evidente come i livelli acustici attesi siano, anche in questo caso, rappresentativi della condizione più impegnativa dal punto di vista acustico;

Entrando nel merito delle risultanze dello studio modellistico condotto, sono stati stimati gli effetti acustici indotti dalla realizzazione degli interventi in progetto, considerando la tipologia di mezzi impiegati dell'area di cantiere MCR nel Comune di Arsoli.

Per la valutazione dei livelli acustici ai ricettori ed il confronto con i limiti normativi di riferimento, è stata considerata la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni acustiche sul territorio. La verifica è stata effettuata prendendo in considerazione il solo periodo diurno (6.00-22.00) in quanto nell'area non sono previste lavorazioni al di fuori di tale fascia oraria.

Le sorgenti emmissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all'interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale, poste ad un'altezza di 1,5 metri e con frequenza centrale pari a 500Hz.

Oltre alle sorgenti acustiche inserite nel modello di simulazione, è stata considerata l'orografia del territorio secondo l'assetto naturale ed antropico dell'area di studio, pertanto, la modellazione tiene conto anche dell'attuale assetto infrastrutturale e della presenza degli edifici.

Infine, per quanto concerne gli orari di lavoro è stato considerato un turno di lavoro da 8 ore esclusivamente in periodo diurno (06.00-22.00).

Dalle analisi condotte emerge come che per le aree di cantiere fisso non sussistano superamenti dei limiti normativi di riferimento e pertanto non risulta essere necessario adottare alcuna misura di mitigazione acustica né di tipo diretto né di tipo indiretto.

In ogni caso per limitare il disturbo indotto dalle attività di cantiere, nella fase di realizzazione delle opere di progetto sono previsti alcuni accorgimenti da adottare per i quali si rimanda al capitolo 4. Si rimanda infine alla fase di Monitoraggio Ambientale per la verifica in corso d'opera dei limiti normativi (immissione, emissione, differenziale).

## 3.8. G2 – Vibrazioni

### 3.8.1. Catena azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

Per quanto riguarda la verifica delle potenziali interferenze sull'agente fisico delle vibrazioni legate alla dimensione costruttiva dell'opera oggetto di studio, si può fare riferimento alla seguente matrice di correlazione azioni-fattori causali-effetti.

Azioni di progetto	Fattori Causali	Impatti potenziali
AC.01 Approntamento aree di cantiere	Produzione vibrazioni	Modifica dell'esposizione alle vibrazioni
AC.02 Scavi e sbancamenti		
AC.03 Scavo con microtunnelling		
AC.04 Rinterri		
AC.05 Posa in opera di elementi prefabbricati		
AC.06 Realizzazione elementi gettati in opera		
AC.07 Realizzazione manufatti		
AC.08 Movimentazione di materiale		

Tabella 3-49 Catena Azioni - Fattori Causali - Impatti Potenziali per la Dimensione Costruttiva

Nel seguito della trattazione, si riportano le analisi quantitative delle onde vibrazionali prodotte durante la fase di cantiere.

### 3.8.2. Modifica dell'esposizione alle vibrazioni

#### 3.8.2.1. Metodologia di lavoro utilizzata

Per quanto riguarda l'agente fisico delle vibrazioni, le potenziali interferenze associate alla dimensione costruttiva possono essere associate alle attività di scavo e movimentazione delle terre e rocce da scavo. Seppur, anche durante le attività di esecuzione dei lavori le vibrazioni prodotte dalle lavorazioni saranno contenute nei limiti di normali lavori, la metodologia di lavoro individuata mira ad escludere ogni possibile interferenza connessa alle attività di cantiere.

In particolare, per gli scavi previsti dal progetto verranno utilizzate le seguenti tecnologie esecutive di scavo meccanizzato:

- Microtunnelling;
- Scavo dei pozzi di spinta e uscita.

La metodologia proposta e adottata nella presente valutazione preliminare si sviluppa pertanto attraverso tre fasi:

- a) Caratterizzazione dinamica della sorgente di vibrazione;
- b) Previsione del livello di vibrazione trasmesso alla sorgente mediante metodi analitici;

- c) Valutazione della risposta del ricevitore tramite confronto con i valori massimi delle grandezze cinematiche previsti in corrispondenza di edifici identificati come ricettori posti a distanze crescenti dall'asse dell'infrastruttura.

In virtù delle lavorazioni previste dal progetto nel proseguo della trattazione si procederà alla stima dei livelli vibrazionali indotti dalle vibrazioni per i cantieri nei quali sono previste le attività di scavo più interferenti e individuate nelle aree di lavorazione previste per lo scavo dei pozzi di spinta e uscita e dello scavo con la tecnica del microtunneling che prevede l'operatività anche nel periodo di riferimento notturno.

### **3.8.2.2. Calcolo previsionale dei livelli vibrazionali indotti**

La verifica dei livelli vibrazionali indotti è stata eseguita rispetto ai valori assunti come riferimento per la valutazione del disturbo in corrispondenza degli edifici così come individuati dalla norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo". Il modello previsionale assunto per la stima dei livelli di accelerazione si basa sull'individuazione di un modello di propagazione delle onde vibrazionali di tipo teorico a partire da valori di emissione dei mezzi di cantiere.

Facendo riferimento ai valori di riferimento indicati dalla norma UNI 9614:2017 per le abitazioni nei due periodi di riferimento diurno (77 dB) e notturno (71,1 dB), sono stati calcolati i valori di accelerazione in dB in corrispondenza degli edifici in ragione della mutua distanza ricettore-sorgente.

Entrando nello specifico, il modello di propagazione impiegato, valido per tutti i tipi di onde, si basa sull'equazione di Bornitz che tiene conto dei diversi meccanismi di attenuazione a cui l'onda vibrazionale è sottoposta durante la propagazione nel suolo.

$$w_2 = w_1 \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^n e^{-a(r_2 - r_1)}$$

dove  $w_1$  e  $w_2$  sono le ampiezze della vibrazione alle distanze  $r_1$  e  $r_2$  dalla sorgente,  $n$  è il coefficiente di attenuazione geometrica e dipende dal tipo di onda e di sorgente,  $a$  è il coefficiente di attenuazione del materiale e dipende dal tipo di terreno.

Il primo termine dell'equazione esprime l'attenuazione geometrica del terreno. Questa oltre ad essere funzione della distanza, dipende dalla localizzazione e tipo di sorgente (lineare o puntuale, in superficie o in profondità) e dal tipo di onda vibrazionale (di volume o di superficie). Il valore del coefficiente  $n$  è determinato sperimentalmente secondo i valori individuati da Kim-Lee e, nel caso specifico in esame, equivale a 1 in quanto la sorgente è puntiforme e posta in profondità (le onde di volume sono predominanti).

Il secondo termine dell'equazione fa riferimento invece all'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno indotto dai fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore. Il coefficiente di attenuazione  $a$  è esprimibile secondo la seguente formula:

$$a = \frac{2\pi \cdot f \cdot \eta}{c}$$

dove  $f$  è la frequenza in Hz,  $c$  è la velocità di propagazione dell'onda in m/s e  $\eta$  il fattore di perdita del terreno. Questi dipendono dalle caratteristiche del terreno e i loro valori sono stati determinati dalla letteratura in ragione della natura del terreno. L'area di intervento comprende calcari, calcari marnosi, calcareniti, conglomerati, arenarie, piroclastiti a matrice da lapillosa a cineritica e depositi fluviali ed alluvionali comprendenti, a luoghi, travertini.

Di seguito i valori assunti per la determinazione del coefficiente di attenuazione  $a$ :

- $\eta$ : (fattore di perdita): 0,05;
- $C$  (velocità di propagazione): 2500 m/s.

Utilizzando tale metodologia, nota l'emissione vibrazionale del macchinario e la distanza tra ricevitore-sorgente è possibile calcolare l'entità della vibrazione in termini accelerometrici in corrispondenza del potenziale edificio interferito.

Per quanto riguarda i valori di emissione, si è fatto riferimento a dati sperimentali desunti in letteratura.

La caratterizzazione delle emissioni di vibrazioni da parte di mezzi operativi non è soggetta alle stringenti normative e disposizioni legislative che normano invece l'emissione del rumore. Pertanto, in questo caso non si ha una caratterizzazione dell'emissione in condizioni standardizzate, ed una garanzia del costruttore a non superare un preciso valore dichiarato. Non si hanno nemmeno valori limite da rispettare per quanto riguarda i livelli di accelerazione comunicati ai recettori, e quindi ovviamente non è possibile specificare la produzione di vibrazioni con lo stesso livello di dettaglio con cui si è potuto operare per il rumore.

Come detto, le attività critiche individuate sono attribuibili alle lavorazioni svolte all'interno delle aree tecniche e nello specifico alle attività di scavo e movimentazione delle terre e rocce da scavo.

Per la caratterizzazione emissiva della sorgente relativa alle attività di scavo, per la quale si è considerata la contemporaneità di tre mezzi operativi, quali autocarro, escavatore e pala gommata, si è fatto riferimento ai dati sperimentali desunti in letteratura e riferiti ad un rilievo ad una distanza di 5 m dalla sorgente.

Per quanto concerne il microtunneling in generale, durante lo scavo con TBM una parte della potenza istantanea applicata dalla macchina viene dissipata sotto forma di vibrazioni nel terreno a contatto con la testa fresante: l'energia immessa nel terreno dalla sorgente (TBM) si propaga nel mezzo circostante, modificandosi in relazione alle diverse caratteristiche fisico-meccaniche del mezzo attraversato. Il

---

fenomeno si traduce, nella generalità dei casi, in un'attenuazione dell'intensità del moto, man mano che ci si allontana dalla sorgente, per effetto delle proprietà dissipative del terreno e per effetti geometrici. Tra i vari metodi di scavo per opere in sotterraneo, l'utilizzo di macchine TBM in ogni caso quello che consente di minimizzare le emissioni di vibrazioni nel terreno durante l'avanzamento. Ciò premesso stante la complessità del fenomeno ed in assenza di dati sperimentali nella letteratura di settore, in via cautelativa, si è fatto riferimento ai livelli emissivi relativi ad una palificatrice calcolati a 5 m di distanza dalla sorgente stessa:

<b>Hz</b>	<b>Scavo a cielo aperto</b>	<b>Scavo in microtunelling</b>
	<b>mm/s<sup>2</sup></b>	
1	2,7	1,6
1,25	2,9	1,6
1,6	2,5	1,6
2	2,2	1,6
2,5	2,3	1,6
3,15	2,1	1,5
4	17,7	17,2
5	18,5	17,2
6,3	18,8	16,6
8	18,3	16
10	26,1	23,2
12,5	20,5	13,3
16	15,4	3
20	19,2	3,1
25	23,6	3,7
31,5	18,3	3,9
40	34,4	22,4
50	59	28
63	161	111
80	60,6	52,7

Tabella 3-50 Spettro emissivo assunto per la caratterizzazione emissiva vibrazionale di scavo a cielo aperto (autocarro, escavatore e pala gommata) e per il microtunelling (palificatrice) calcolata a 5 m dalla sorgente

Attraverso la metodologia individuata, opportunamente tarata in funzione della localizzazione della sorgente e del terreno caratterizzante l'ambito di studio specifico, ed utilizzando la curva di ponderazione  $w_m$  secondo quanto previsto dalla normativa UNI 9614, è stato calcolato il livello di accelerazione complessivo in dB indotto dai macchinari a diverse distanze dal fronte di lavorazione.

<b>Distanza</b>	<b>5 m</b>	<b>10 m</b>	<b>20 m</b>	<b>30 m</b>	<b>40 m</b>	<b>50 m</b>	<b>75 m</b>	<b>100 m</b>
<i>Lw (scavo)</i>	91,1	84,8	78,3	74,4	71,6	69,3	65,1	62,1
<i>Lw (microtunelling)</i>	86,7	80,4	73,9	69,9	67,1	64,8	60,6	57,4

Tabella 3-51 Livelli delle accelerazioni in dB in funzione della distanza dalla sorgente emissiva

Inoltre, la norma UNI 9614 definisce i valori di soglia per la valutazione del disturbo alle persone per il livello totale delle accelerazioni di tipo vibratorio, in funzione della tipologia dei fabbricati e del loro utilizzo. Si noti come i valori presenti nella norma si riferiscono a sorgenti di tipo continuo e risultano dunque conservativi rispetto ad una sorgente di tipo intermittente o addirittura transitoria quale costituita dalle attività di cantiere. I valori limite indicati nella UNI 9614 sono riportati nella tabella che segue:

<b>Luogo</b>	<b>L [dB]</b>
Aree critiche	71
Abitazione (notte)	71,1
Abitazione (giorno)	77
Uffici	83
Fabbriche	89

Tabella 3-52 Norma UNI 9614 - Valori limite

Di seguito si riporta in via grafica il confronto dei livelli di emissione con i valori di soglia dettati dalla UNI 9674: 2017.

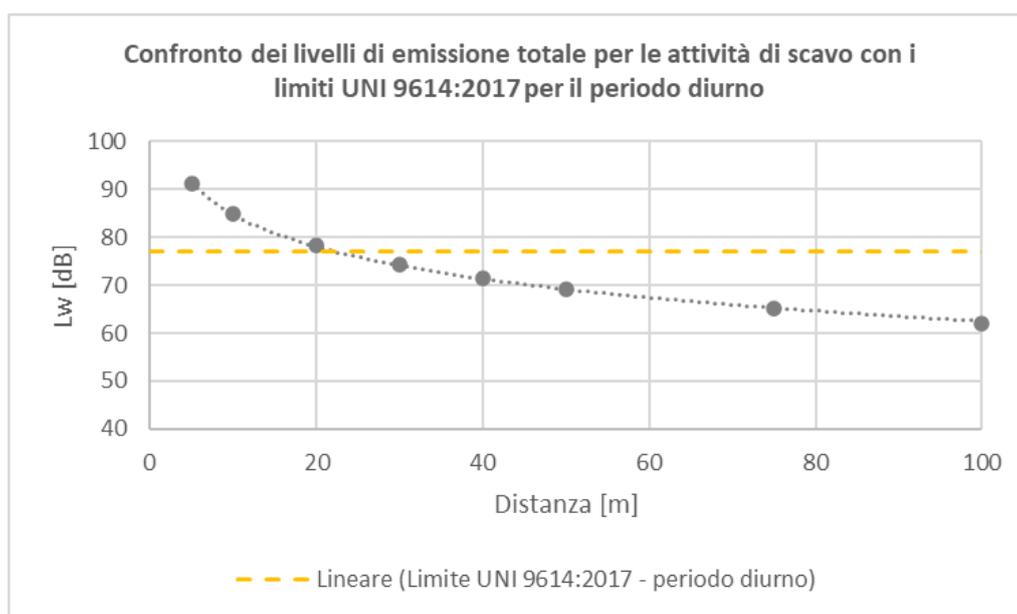


Figura 3-54 Confronto dei livelli di emissione complessiva all'interno degli edifici con i limiti UNI 9614:2017 in funzione della distanza dall'area di scavo

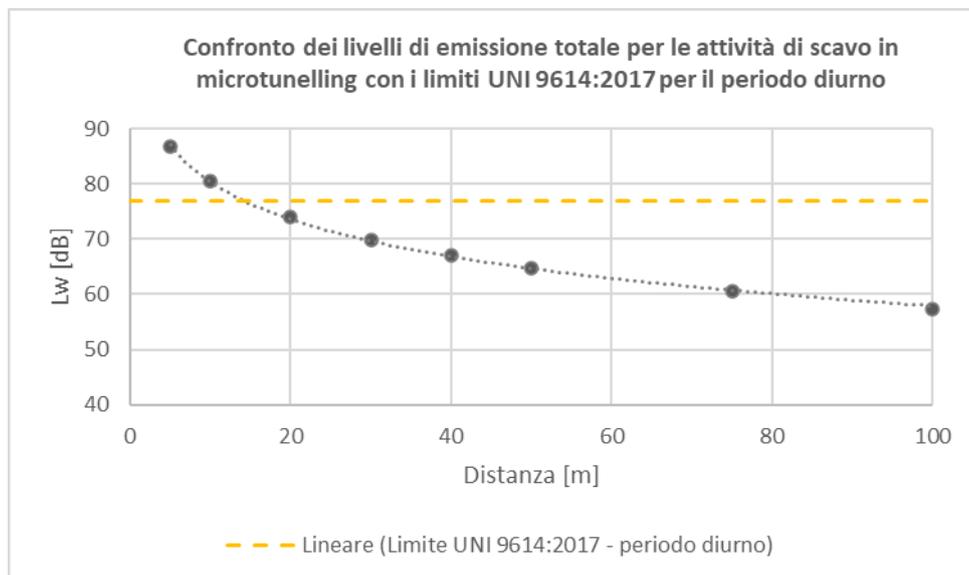


Figura 3-55 Confronto dei livelli di emissione complessiva all'interno degli edifici con i limiti UNI 9614:2017 in funzione della distanza dall'area di scavo in microtunelling

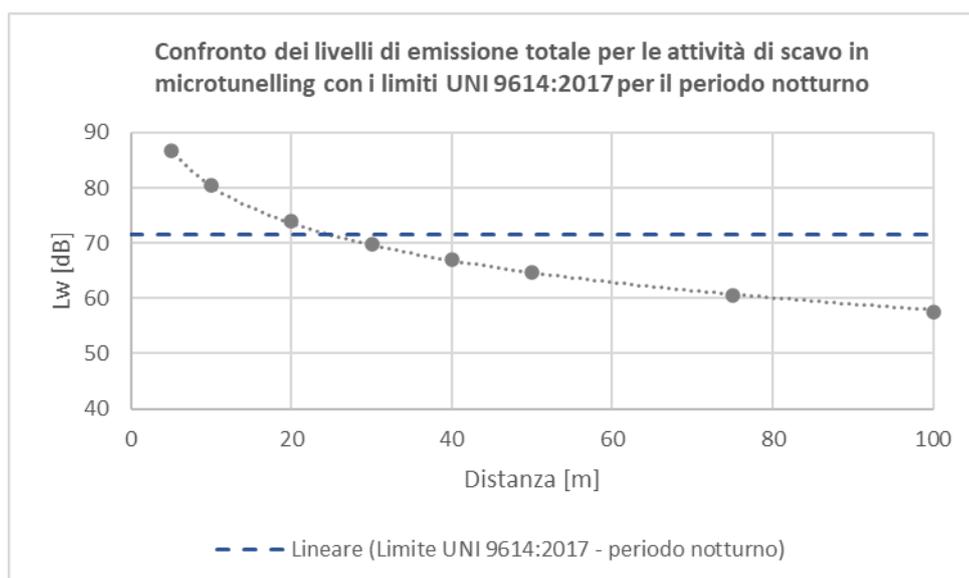


Figura 3-56 Confronto dei livelli di emissione complessiva all'interno degli edifici con i limiti UNI 9614:2017 in funzione della distanza dall'area di scavo in microtunelling

Al fine di analizzare l'interazione tra l'opera e l'ambiente in fase di cantiere e avere contezza delle interferenze vibrazionali indotte in prossimità dei ricettori presenti, con il supporto della Tabella 3-51 e della Tabella 3-52, si evince che per tali attività occorre verificare l'effettivo livello di disturbo generato dalle lavorazioni su tutti i ricettori che si trovano a distanza inferiore a circa 23 m dalla sorgente emissiva considerate per lo scavo a cielo aperto (periodo diurno), 17 m (periodo diurno) e 25 m (periodo notturno) dalle aree di scavo in microtunelling.

Si tiene a specificare che lo scenario in esame è stato definito avendo come prima finalità quella di fornire i risultati sufficientemente cautelativi. Per tali ragioni si è ipotizzato che le attività di scavo e movimentazione dei materiali avvenga nel periodo diurno per otto ore consecutive.

Nella seguente tabella, per i ricettori prospicienti le lavorazioni, di seguito si riportano le seguenti informazioni:

- la destinazione d'uso;
- i limiti di riferimento;
- i livelli vibrazionali stimati;
- il confronto con i limiti di riferimento.

<b>Area di cantiere Microtunneling</b>				
<i>ID Cantiere</i>	<i>Distanza area lavoro - ricettore residenziale più vicino</i>	<i>Livelli di soglia [dB] (secondo la UNI 9614:2017)</i>	<i>Livelli vibrazionali stimati al ricettore [dB]</i>	<i>Verifica livelli indotti dalle lavorazioni</i>
Tr2 - Pz.1	90	71,1	58,9	SI
Tr4 - Pz.1	>200*	71,1	51,1	SI
Tr4 - Pz.2	>200*	71,1	51,1	SI
Tr4 - Pz.3	>200*	71,1	51,1	SI
Tr4 - Pz.4	>200*	71,1	51,1	SI
Tr4 - Pz.5	>200*	71,1	51,1	SI
Tr4 - Pz.6	>200*	71,1	51,1	SI
Tr4 - Pz.7	>200*	71,1	51,1	SI
Tr4 - Pz.8	>200*	71,1	51,1	SI
<b>Aree di cantiere scavo a cielo aperto</b>				
MCR – Manufatto	145	77	53,9	SI
Casetta Rossa				
*Livelli stimati ad una distanza pari a 200 metri dal ricettore più vicino alle lavorazioni				

Tabella 3-53 Tabella riepilogativa delle analisi effettuate

Dal confronto effettuato con i valori di soglia dettati dalla UNI 9614:2017 riportati in Tabella 3-53, si evince come le potenziali interferenze indotte dalle lavorazioni sia nel periodo di riferimento diurno che per quello notturno in cui è prevista l'attività di scavo in microtunneling risultino essere del tutto trascurabili con livelli vibrazionali stimati al ricettore ben al di sotto dei livelli di attenzione indicati dalla norma tecnica.

Stante quanto riportato, non si prevedono interventi di mitigazione atti a minimizzare le interferenze in fase di cantiere.

---

In conclusione, dall'analisi previsionale condotta e data la notevole distanza delle aree di lavorazione dai ricettori più vicini si possono escludere interferenze legate alla propagazione di onde vibrazionale dei mezzi di cantiere operanti nell'area di intervento.

## **4. Le azioni di prevenzione e mitigazione in fase di cantiere**

### **4.1. Premessa**

Secondo quanto definito dal D.Lgs 152/06, così come integrato dal D.Lgs. 104/17, è possibile effettuare una gerarchia dei principi legati alla tutela dell'ambiente ed è possibile schematizzare questi in ordine gerarchico:

1. Prevenzione dall'interferenza ambientale: obiettivo di un'accorta progettazione e gestione dell'opera in progetto deve essere quello di prevenire l'insorgere di possibili interferenze agendo in maniera preventiva ed attraverso delle misure, gestionali e costruttive, atte a garantire il perseguimento di tale obiettivo;
2. Mitigazione dell'interferenza ambientale: laddove si dovesse esplicitare, anche in maniera potenziale, un'interferenza tra l'infrastruttura ed il progetto si devono mettere in pratica tutte le misure, anche in questo caso gestionali e costruttive, atte a ridurre l'interferenza stessa entro livelli accettabili;
3. Compensazione dell'interferenza ambientale: laddove non sia possibile né prevenire né mitigare l'interferenza, occorre compensarla attraverso delle misure che possano bilanciare l'interferenza stessa.

Nel prosieguo della trattazione si riporteranno le principali misure di mitigazione e accorgimenti previste dal progetto in fase di cantiere.

### **4.2. Misure di prevenzione**

Tra le soluzioni finalizzate alla prevenzione degli impatti ambientali in fase di cantiere si può far riferimento ai seguenti aspetti:

#### Individuazione delle aree di cantiere

L'individuazione delle aree sulle quali installare i cantieri è stata effettuata tenendo conto di una serie di requisiti quali dimensioni, accessibilità, distanza da ricettori sensibili e/o zone residenziali significative, vincoli e/o prescrizioni limitative all'uso del territorio, morfologia e valenza ambientale dello stesso, distanza dai siti di approvvigionamento e conferimento, etc. In ogni caso, sono state individuate aree in corrispondenza del tracciato di progetto, limitandone il più possibile le dimensioni e prevedendole il più possibile prossime alla viabilità locale esistente, per agevolarne gli accessi.

#### Individuazione della viabilità di cantiere

In merito all'accessibilità, considerato che per i lavori in oggetto può individuarsi quale lavorazione prevalente lo scavo, come mezzi per il trasporto del materiale vengono considerati gli autocarri, e la definizione dei percorsi dei mezzi d'opera è stata effettuata in modo tale da minimizzare il coinvolgimento di aree urbane e

ricettori potenzialmente sensibili, utilizzando il più possibile tratte extraurbane e autostrade.

Idonea segnaletica apposta sulla viabilità pubblica indicherà la presenza del cantiere ed il transito dei mezzi pesanti, e tutte le eventuali deviazioni ed occupazioni temporanee saranno segnalate ai sensi del Codice della Strada e concordate con gli enti preposti.

#### Riutilizzo della terra in sito

Nell'ambito della gestione delle materie, per ridurre il più possibile il consumo di risorse e quindi ridurre gli approvvigionamenti ed il trasporto in discariche o impianti di recupero, si prevede il riutilizzo in sito della terra scavata nel primo tratto in cui è previsto lo scavo a cielo aperto. A valle delle caratterizzazioni ambientali effettuate è emersa una buona qualità della terra, risultata idonea al riutilizzo. Per i dettagli sulla tematica in oggetto si rimanda all'elaborato "*Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti*".

### **4.3. Misure per la salvaguardia delle acque e del suolo**

Per la salvaguardia delle acque e del suolo in fase di cantiere si prevedono:

- specifiche misure organizzative e gestionali per il sistema di gestione delle acque di cantiere:
  - le acque di lavorazione provenienti dai liquidi utilizzati nelle attività di scavo e rivestimento (acque di perforazione, additivi vari, ecc.), dovranno essere raccolte e smaltite presso apposita discarica;
  - per la gestione delle acque di piazzale del cantiere si andrà a proteggere il suolo/falda in corrispondenza dei punti ove sono previste lavorazioni (o stoccaggio materiali) più critiche dal punto di vista ambientale, attraverso l'utilizzo di un sistema di impermeabilizzazione del suolo con membrana impermeabilizzante e di un sistema di regimazione idraulica, che consenta la raccolta delle acque di qualsiasi origine (piovane o provenienti da processi produttivi) ed il loro trattamento;
  - le acque di officina, ricche di idrocarburi ed olii e di sedimenti terrigeni, provenienti dal lavaggio dei mezzi meccanici o dei piazzali dell'officina, dovranno essere sottoposte ad un ciclo di disoleazione; i residui del processo di disoleazione dovranno essere smaltiti come rifiuti speciali in discarica autorizzata;
  - le acque provenienti dagli scarichi di tipo civile, connesse alla presenza del personale di cantiere, saranno trattate a norma di legge in impianti di depurazioni.
- specifiche misure organizzative e gestionali per il corretto stoccaggio di rifiuti.

#### **4.4. Misure per la salvaguardia della qualità dell'aria**

Il controllo della produzione di polveri all'interno delle aree di cantiere potrà essere ottenuto mediante l'adozione degli accorgimenti di seguito indicati:

- bagnatura periodica delle superfici di cantiere in relazione al passaggio dei mezzi e delle operazioni di carico/scarico, con aumento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva;
- stabilizzazione chimica delle piste di cantiere;
- bagnatura periodica delle aree destinate al deposito temporaneo dei materiali, o loro copertura al fine di evitare il sollevamento delle polveri;
- bagnatura del pietrisco prima della fase di lavorazione e dei materiali risultanti dalle demolizioni e scavi.

Si segnalano, infine, le azioni che verranno intraprese per minimizzare i problemi relativi alle emissioni di gas e particolato:

- utilizzo di mezzi di cantiere che rispondano ai limiti di emissione previsti dalle normative vigenti, ossia dotati di sistemi di abbattimento del particolato di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi;
- uso di attrezzature di cantiere e di impianti fissi prevalentemente con motori elettrici alimentati dalla rete esistente.

#### **4.5. Misure per la salvaguardia del clima acustico**

Tra le misure per la salvaguardia del clima acustico in fase di cantiere, si prevede:

- scelta idonea delle macchine e delle attrezzature da utilizzare, attraverso:
  - la selezione di macchinari omologati, in conformità alle direttive comunitarie e nazionali;
  - l'impiego di macchine per il movimento di terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate;
  - l'uso di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati di recente fabbricazione.
- manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, nell'ambito delle quali provvedere:
  - alla sostituzione dei pezzi usurati;
  - al controllo ed al serraggio delle giunzioni, ecc.
- corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, quali ad esempio:
  - l'imposizione all'operatore di evitare comportamenti inutilmente rumorosi e l'uso eccessivo degli avvisatori acustici, sostituendoli ove possibile con quelli luminosi;
  - accorgimenti finalizzati ad evitare la sovrapposizione di lavorazioni caratterizzate da emissioni significative;
  - allontanare le sorgenti dai recettori più prossimi e sensibili;
- la limitazione delle lavorazioni notturne.

## 4.6. Misure per la salvaguardia della biodiversità

In generale, hanno effetti mitigativi sulla vegetazione e sulla fauna tutte le misure previste per la salvaguardia del clima acustico, della qualità dell'aria, delle acque e del suolo, in grado cioè di mitigare l'alterazione degli ecosistemi presenti.

In aggiunta si ritiene opportuno adottare le seguenti azioni di mitigazione:

- La gestione dei movimenti terra dovrà essere fatta nello stretto ambito di intervento dell'area di cantiere. Dovranno essere inoltre evitati sbancamenti e spianamenti laddove non siano strettamente necessari.
- Il terreno di riporto dovrà essere depositato nell'area di cantiere, al fine di un suo utilizzo qualora si rendano necessari interventi di copertura del terreno al termine dei lavori. In questo modo si eviterà l'introduzione accidentale di specie infestanti o non coerenti con il contesto ambientale.
- Alla fine dei lavori la superficie occupata temporaneamente dal cantiere dovrà essere ripulita da qualsiasi rifiuto, da eventuali sversamenti accidentali, dalla presenza di inerti e da altri materiali estranei.

Le informazioni ricavate dai sopralluoghi effettuati (cfr. elaborato A250-SIA-R-008-1) sono state utilizzate nell'ottica di spostare o riconfigurare le aree di cantiere stesse, laddove possibile, e di dettagliare le misure che si intende adottare per minimizzare gli impatti sulla vegetazione interferita.

Alcuni cantieri per i pozzi ricadono interamente su vegetazione ripariale ed altri vi ricadono parzialmente, inoltre in alcuni sono presenti boschi misti e/o vegetazione arbustiva.

La prima azione eseguita, a seguito delle richieste di integrazione da parte del MiTE e del MIC, al fine di ridurre le suddette interferenze, è stata quella di ridurre o riconfigurare, laddove possibile, i cantieri previsti in precedenza.

In particolare, la riconfigurazione dei cantieri ha portato a diminuire la superficie di vegetazione arborea e arbustiva interferita.

La seconda azione eseguita, dopo la rimodulazione delle aree di cantiere, è stata di individuare le misure che si intende adottare per minimizzare gli impatti sulla vegetazione interferita, di seguito esposte.

Le aree individuate per la predisposizione dei cantieri saranno opportunamente delimitate da idonea recinzione, prima di iniziare i lavori, in modo che durante le attività di cantiere non si oltrepasserà l'area individuata, né tanto meno si accantonerà del materiale nelle aree esterne alla recinzione. Questo al fine di limitare al minimo le dimensioni delle superfici interessate dai lavori.

Inoltre, qualora ci fossero situazioni di rischio di danni meccanici ai fusti di individui arborei che non devono essere estirpati, si provvederà alla loro protezione mediante tavole di legno alte almeno 2 m, disposte contro il tronco. Tale protezione deve prevedere anche l'interposizione di idoneo materiale cuscinetto e deve essere installata evitando di collocare direttamente le tavole sulle sporgenze delle radici e di inserire nel tronco chiodi, manufatti in ferro e simili. Rami e branche che interferiscono con la mobilità di cantiere devono essere rialzati o piegati a mezzo di

idonee legature protette da materiale cuscinetto. Al termine dei lavori tali dispositivi devono essere rimossi.

La suddetta misura consentirà di limitare il numero di esemplari arborei interferiti, in particolare ad esempio in corrispondenza dell'area di cantiere relativa al manufatto del nodo A, consentirà di evitare l'espianto e il danneggiamento degli esemplari arborei di un bosco misto a *Populus nigra*, che altrimenti sarebbe interessato nella porzione marginale (cfr. Figura 4-1).



Figura 4-1 Superficie a bosco misto (indicata in verde) limitrofa all'area di cantiere (indicata in arancione) relativa al manufatto A

In merito alla presenza di individui arborei interni al cantiere, è stato previsto, laddove possibile in quanto non sono di ostacolo ai movimenti dei mezzi di lavoro e all'attività interne al cantiere, di non estirparli, ma di conservarli e proteggerli, tramite delimitazione e protezione come indicato in precedenza per gli alberi posti lungo le zone di confine dei cantieri, al fine di evitare qualsiasi danneggiamento degli stessi. In particolare tale mitigazione, sulla base dei rilievi effettuati sul campo, è stata prevista per: un esemplare di *Acer campestre*, alto circa 10 m, nell'area di cantiere relativa al pozzo 7 della linea TR4 (cfr. Figura 4-2); un nucleo arboreo composto da circa 15 esemplari di *Populus nigra* alti intorno ai 12 m e uno di *Acer campestre*, alto intorno ai 25 m, ubicati nel cantiere relativo al manufatto per il nodo A (cfr. Figura 4-3); due esemplari di *Populus nigra* ed uno di *Juglans regia* nell'area di cantiere relativa al manufatto casetta rossa (cfr. Figura 4-4).

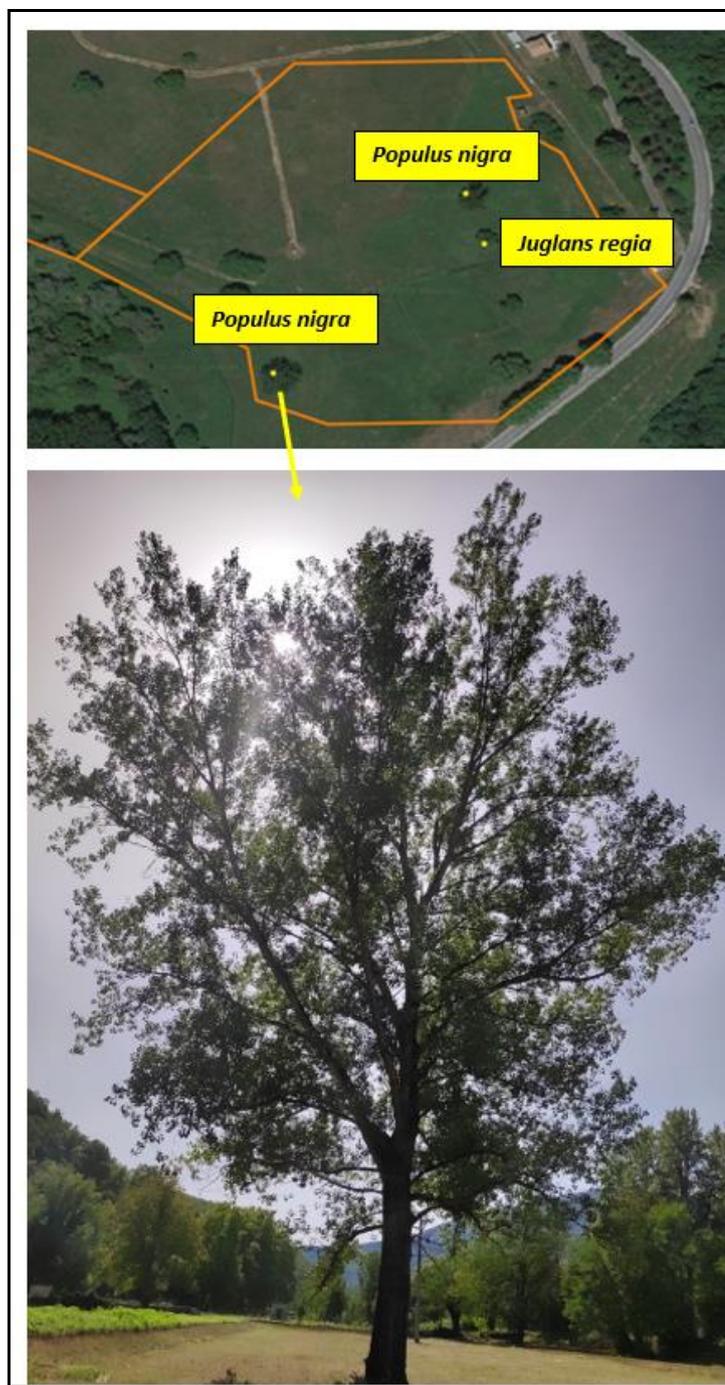
In fase di progettazione esecutiva, data l'evoluzione della vegetazione nel tempo, sarà confermata o modificata la scelta dei suddetti esemplari, da un professionista botanico.



*Figura 4-2 Esempio di Acer campestre nell'area di cantiere, in arancione, relativa al pozzo 7 della linea TR4*



*Figura 4-3 Nucleo boscato, indicato con cerchio verde, interno all'area di cantiere relativa al manufatto per il nodo A*



*Figura 4-4 Esempari arborei tutelati nell'area di cantiere relativa al manufatto casetta rossa*

Per quanto attiene invece gli esemplari arborei, singoli o all'interno di nuclei o formazioni boscate, per i quali è necessario l'espianto, si potrà prevedere di selezionare gli esemplari autoctoni con il migliore stato di conservazione, al fine di

poterli reimpiantare a fine lavori per ottenere un migliore ripristino dell'area. L'espianto e la conservazione temporanea dei suddetti individui arborei saranno effettuati in modo opportuno, al fine di non danneggiare gli esemplari stessi e di non alterarne le funzioni.

I rilievi effettuati hanno consentito di verificare l'assenza di specie tutelate e di individuare che quelle di maggiore interesse, che quindi è opportuno espianare e ripiantare nello stesso luogo, successivamente al termine dei lavori, appartengono alle specie salice bianco *Salix alba* e pioppo nero *Populus nigra*. Queste due specie, particolarmente diffuse nelle aree indagate, hanno anche potenzialità per la formazione dell'habitat di interesse comunitario 92 A0.

L'individuazione degli esemplari da espianare e conservare sarà comunque effettuata in fase di progettazione esecutiva da un professionista botanico.

#### **4.7. Misure per la salvaguardia della salute umana**

In generale, hanno effetti mitigativi sulla salute umana tutte le misure previste per la salvaguardia del clima acustico e della qualità dell'aria.

In aggiunta si ritiene opportuno adottare i seguenti opportuni accorgimenti di buona prassi di cantiere finalizzati a garantire la salute degli addetti ai lavori e delle popolazioni circostanti, tra cui:

- l'utilizzo di veicoli autorizzati alla circolazione in strada;
- bagnatura delle ruote dei veicoli e delle piste non pavimentate;
- copertura dei cumuli di terra con teli anti-vento per evitare il più possibile la diffusione di polveri;
- scelta di macchinari di tecnologia avanzata a bassa rumorosità.