Comune di Genova

SKYMETRO

PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
(D.lgs. n. 36 / 2023)

Studio di impatto ambientale
PROGETTO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	PR	LV	AMB	COM	R	001	00	A

SYSTRA SOTECNI SYSTRA SYSTRA SWS ITALFERR architecna LAND

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione	Redatto	F. Tamburini	10/2023
		Verificato	I. Masciotra	10/2023
		Approvato	S. Padulosi	10/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	10/2023
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

INDICE

PARTE A – INQUADRAMENTO GENERALE		**15**
1.	**PREMESSA**	**16**
1.1	**STRUTTURA DEL PROGETTO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE**	**16**
1.2	**SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE**	**17**
1.2.1	IDENTIFICAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI	17
1.2.2	APPROCCIO ANALITICO	18
1.2.3	CRITERI DI VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI	19
1.3	**NORMATIVA DI RIFERIMENTO**	**20**
2.	**INQUADRAMENTO GENERALE**	**23**
2.1	**DESCRIZIONE DEL PROGETTO**	**23**
2.2	**CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO**	**24**
2.2.1	ARMAMENTO	25
2.3	**OPERE D'ARTE PRINCIPALI**	**26**
2.3.1	STAZIONI	26
2.3.1.1	Funzionale	26
2.3.1.2	Strutture	26
2.3.2	PILE E IMPALCATO	29
2.3.3	PARCHEGGI DI SCAMBIO	35
2.3.4	PONTE DI BRIGNOLE	35
2.4	**ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE**	**37**
2.4.1	MODALITÀ OPERATIVE FASI LAVORATIVE	37
2.4.2	SISTEMA DELLA CANTIERIZZAZIONE	38
2.4.2.1	Aree di cantiere fisso	38
2.4.2.2	Aree di cantiere per le opere di linea e per le opere puntuali	40
2.4.2.3	Aree logistiche e stoccaggio materiali	43
2.4.2.4	Viabilità	43
2.4.3	PRINCIPALI MODALITÀ COSTRUTTIVE	44
2.4.3.1	Costruzioni da terra (OOCC puntuali)	44
2.4.3.2	Costruzioni con varo travi costituite da conci prefabbricati (OOCC di linea)	44
2.4.3.3	Realizzazione Armamento e impianti tecnologici e finiture (di linea)	45
2.4.3.4	Costruzione del nuovo Ponte sul Bisagno viadotto	45
PARTE B – ANALISI DEGLI ASPETTI AMBIENTALI		**47**
3.	**PIANIFICAZIONE E TUTELA TERRITORIALE**	**48**
3.1	**PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E LOCALE**	**48**
3.2	**IL SISTEMA DEI VINCOLI E DELLE DISCIPLINE E DI TUTELA PAESISTICO-AMBIENTALE**	**49**
3.2.1	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	50

4.	**POPOLAZIONE E SALUTE UMANA**	**51**
4.1	**INQUADRAMENTO DEMOGRAFICO**	**51**
4.2	**INQUADRAMENTO EPIDEMIOLOGICO SANITARIO**	**54**
4.2.1	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	57
5.	**RISORSE NATURALI**	**58**
5.1	**SUOLO**	**58**
5.1.1	DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE	58
5.1.1.1	Inquadramento geologico e geomorfologico	58
5.1.1.2	Assetto geologico dell'area di intervento	61
5.1.1.3	Siti contaminati e potenzialmente contaminati nei pressi dell'area di intervento	61
5.1.1.4	Siti con presenza di amianto	64
5.1.2	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	65
5.1.2.1	Perdita di suolo	65
5.1.2.2	Consumo di risorse non rinnovabili	66
5.1.2.3	Modifica dell'assetto geomorfologico	67
5.1.2.4	Modifica delle caratteristiche qualitative del suolo	67
5.1.3	MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE	69
5.2	**ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE**	**70**
5.2.1	DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE	70
5.2.1.1	Inquadramento normativo	70
5.2.1.2	Reticolo idrografico	70
5.2.1.2.1	Descrizione della rete idrografica interferita	73
5.2.1.3	Fasce di inondabilità	76
5.2.1.4	Stato qualitativo delle acque superficiali	78
5.2.1.4.1	Stato chimico delle acque superficiali	78
5.2.1.4.2	Stato ecologico acque superficiali	80
5.2.1.5	Inquadramento idrogeologico	81
5.2.1.6	Stato qualitativo delle acque sotterranee	83
5.2.2	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	84
5.2.2.1	Modifica delle caratteristiche qualitative delle acque	84
5.2.2.2	Sviluppo dei cantieri in zone soggette ad esondazione fluviale	85
5.2.2.3	Modifica della circolazione idrica sotterranea	87
5.2.3	MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE	89
5.3	**BIODIVERSITÀ**	**93**
5.3.1	DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE	93
5.3.1.1	Aree di interesse ambientale e connessioni ecologiche	94
5.3.2	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	96
6.	**EMISSIONE E PRODUZIONE**	**102**
6.1	**CLIMA ACUSTICO**	**102**
6.1.1	DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE	102
6.1.1.1	Inquadramento normativo	102
6.1.2	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	104
6.1.2.1	Descrizione degli impatti potenziali	104

6.1.2.1.1 Caratteristiche fisiche del rumore 104
6.1.2.1.2 Cenni sulla propagazione 106
6.1.2.1.3 Influenza dell'orografia sulla propagazione sonora 107
6.1.2.2 Metodologia per la valutazione dell'impatto acustico mediante il modello di simulazione SoundPlan 107
6.1.2.3 Impatto acustico dei cantieri mobili 110
6.1.2.4 Caratterizzazione acustica dei cantieri e delle sorgenti sonore 112
6.1.2.5 Inquadramento territoriale aree di cantiere 116
6.1.2.6 Inquadramento acustico aree di cantiere 118
6.1.2.7 Risultati delle simulazioni acustiche 119
6.1.2.7.1 Scenario 1 – 2° Semestre del 2024 120
6.1.2.7.2 Scenario 2 – 1° Semestre del 2025 125
6.1.2.7.3 Scenario 3 – 2° Semestre del 2025 130
6.1.2.7.4 Scenario 4 – 1° Semestre del 2026 137
6.1.2.7.5 Scenario 5 – 1° Semestre del 2026 144
6.1.2.7.6 Scenario 6 – 1° Semestre del 2026 153
6.1.2.8 Conclusioni 158
6.1.3 MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE 160
6.1.3.1 Barriere antirumore in corrispondenza dei ricettori prossimi alle aree di cantiere 160
6.1.3.2 Procedure operative 162
6.1.3.3 Deroga 165

6.1 VIBRAZIONI 165
6.1.1 DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE 166
6.1.1.1 Inquadramento normativo 166
6.3.1.1.1 Norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" 167
6.3.1.1.2 Norma UNI 9916 - Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici 171
6.3.1.1.3 Norma UNI 11048 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo 173
6.3.1.1.4 Riferimenti Bibliografici 173
6.3.1.2 Contesto geologico di riferimento per lo studio vibrazionale 174
6.3.1.3 Definizione del disturbo vibrazionale 175
6.3.1.4 Metodologia per la valutazione dei livelli vibrazionali indotti dal cantiere 175
6.3.1.5 Modello di calcolo 178
6.3.1.5.1 Sorgenti superficiali 178
6.3.1.5.2 Sorgenti in profondità 180
6.3.1.5.3 Sintesi delle ipotesi assunte 181
6.3.2 VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE 182
6.3.2.1 Fase di cantiere 182
6.3.2.2 Definizione del tipo di sorgente 182
6.3.2.3 Valutazione della propagazione delle vibrazioni 186
6.3.2.4 Stima dei futuri livelli vibrazionali 187
6.3.2.5 Individuazione scenari maggiormente critici 191
6.3.2.5.1 Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto 192
6.3.2.5.2 Scenario 2 – OOCC linea 198
6.3.2.5.3 Scenario 3 – OOCC linea 204

6.3.2.6	Conclusioni	210
6.3.3	MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE	211
6.4	**ARIA E CLIMA**	**211**
6.4.1	DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE	212
6.4.2	INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI LEGGE	213
6.4.3	METEOROLOGIA DELLA ZONA DI SUDIO	215
6.4.4	STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA	221
6.4.4.1	Zonizzazione e classificazione del territorio per qualità dell'aria	221
6.4.4.2	Rete di monitoraggio della qualità dell'aria	224
6.4.5	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	231
6.4.5.1	Approccio allo studio dell'impatto delle fasi di cantiere	231
6.4.5.2	Descrizione degli impatti potenziali	231
6.4.5.3	Inquinanti considerati nell'analisi modellistica	232
6.4.5.4	Meccanismi di formazione del biossido di azoto	232
6.4.5.5	Identificazione delle aree di cantiere e degli scenari di simulazione	234
6.4.5.6	Stima dei fattori di emissione	238
6.4.6	METODOLOGIA DI MODELLAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA	240
6.4.6.1	Modelli di dispersione – scelta e tipologie di modelli	240
6.4.6.2	Approccio modellistico – CALPUFF MODEL SYSTEM	243
6.4.6.3	Dominio di calcolo e schema di modellazione	244
6.4.6.4	Recettori discreti	244
6.4.6.5	Parametri di calcolo	246
6.4.7	RISULTATI	247
6.4.7.1	Recettori discreti	247
6.4.7.2	Mappe di isocentrazione	248
6.4.8	CONCLUSIONI	251
6.4.9	MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE	252
6.5	**SCARICHI IDRICI E SOSTANZE NOCIVE**	**253**
6.5.1	INQUADRAMENTO NORMATIVO NAZIONALE	253
6.5.2	STIMA DELLE ACQUE REFLUE E DI PROCESSO PRODOTTE	254
6.5.3	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE	254
6.5.4	MODALITÀ DI GESTIONE DELLE ACQUE REFLUE E DI PROCESSO	255
6.5.5	MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE	255
6.6	**MATERIE PRIME, RIFIUTI E MATERIALI DI RISULTA**	**256**
6.6.1	MATERIALI DI RISULTA DELLE LAVORAZIONI E LORO GESTIONE	256
6.6.2	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI	257
6.6.2.1	Prelievo dei campioni di terreno	257
6.6.2.2	Analisi sui campioni di terreno	259
6.6.2.3	Risultati delle analisi dei terreni	262
6.6.3	GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA	271
6.6.3.1	Gestione dei materiali nel regime dei rifiuti	272
6.6.3.2	Caratterizzazione e gestione in corso d'opera	272
6.6.4	CENSIMENTO SITI DI APPROVIGIONAMENTO E SMALTIMENTO	275
6.6.4.1	Attività estrattiva	276
6.6.4.2	Smaltimento e recupero rifiuti	277
6.6.4.2.1	Quadro normativo di riferimento: livello nazionale	277

6.6.4.2.2 Quadro delle principali disposizioni normative 279
6.6.4.2.3 Quadro normativo di riferimento: livello regionale 284
6.6.4.3 Impianti di approvigionamento e di conferimento 285
6.6.4.4 Siti di approvigionamento materiali – CAVE 285
6.6.4.5 Siti di conferimento dei materiali – IMPIANTI DI RECUPERO 287
6.6.4.6 Siti di conferimento dei materiali – DISCARICHE 288

7. RISORSE ANTROPICHE E PAESAGGIO 291

7.1 PATRIMONIO CULTURALE E BENI MATERIALI 291
7.1.1 DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE 291
7.1.2 VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE 296

7.2 PAESAGGIO 297
7.2.1 DESCRIZIONE DEL CONTESTO AMBIENTALE E TERRITORIALE 297
7.2.1.1 L'area geografica 297
7.2.1.2 Sistemi territoriali 297
7.2.1.3 La vegetazione 298
7.2.2 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEGLI AMBITI DI INTERVENTO 299
7.2.3 VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI AMBIENTALI LEGATI AL CANTIERE 301
7.2.3.1 Modifica della struttura del paesaggio 301
7.2.3.2 Modifica degli aspetti percettivi del paesaggio 303
7.2.4 MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE 303

8. ASPETTI AMBIENTALI SIGNIFICATIVI 305

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Inquadramento dell'intervento 23
Figura 2. Sezione trasversale stazione 27
Figura 3. Sezione pila 28
Figura 4. Pianta pila 29
Figura 5. Prospetto impalcato 29
Figura 6. Sezione impalcato un binario 30
Figura 7. Sezione impalcato due binari 30
Figura 8. Pila lungo linea 31
Figura 9. Pila zona Marassi 32
Figura 10. Pila zona sottopasso Garrassini 33
Figura 11. Sottostruttura a telaio 34
Figura 12. Sottostruttura a telaio - fondazioni 34
Figura 13. Struttura di sostegno della curva in uscita da Brignole 36
Figura 14. Ponte di Brignole – Planimetria 36
Figura 15. Ponte di Brignole - Prospetto 37
Figura 16. Area Campo Base CB01 39
Figura 17. Area Cantiere Base CB02 40
Figura 18. Corografia Aree di cantiere 43
Figura 19. Popolazione residente per Comuni – Regione Liguria (Fonte: ISTAT) 51
Figura 20. Piramidi delle età della popolazione residente, Liguria e Italia (Fonte: tuttitalia.it) 52
Figura 21. Andamento della popolazione residente nel comune di Genova. Anni 2001-2021 (Fonte: tuttitalia.it) 53
Figura 22. Variazione percentuale della popolazione dal 2001 al 2021 (Fonte: tuttitalia.it) 53
Figura 23. Popolazione per età, sesso e stato civile registrata al 1° gennaio 2022 (Fonte: tuttitalia.it) 54
Figura 24. Veduta aerea della Val Bisagno (Google Earth) 58
Figura 25. Elenco dei siti contaminati/potenzialmente contaminati in prossimità delle aree di cantiere 61
Figura 26. Interferenza sito GE116 con le aree di cantiere 63
Figura 27. Interferenza sito GE219 con le aree di cantiere 63
Figura 28. Interferenza sito GE180 con le aree di cantiere 64
Figura 29. Ubicazione siti con presenza di amianto 65
Figura 30. Reticolo idrografico in prossimità dell'intervento oggetto di studio 73
Figura 31. Classi di qualità per lo stato chimico attribuite al Torrente Bisagno (periodi 2009-2013 e 2014-2019) 79
Figura 32. Stralcio cartografico stato chimico del Torrente Bisagno (2014-2019). In nero è indicato il tracciato di progetto 80
Figura 33. Classi di qualità per lo Stato Ecologico relative al Torrente Bisagno (periodi 2009-2013 e 2014-2019) 81
Figura 34. Stralcio cartografico stato ecologico del Torrente Bisagno (2014-2019). In nero è indicato il tracciato di progetto 81
Figura 35. Stato chimico dei corpi idrici sotterranei (periodi 2009-2013 e 2014-2019) 83
Figura 36. Stralcio cartografico stato chimico delle acque sotterrane del Piano di Tutela delle Acque della Regione Liguria (2014-2019). In nero è indicato il tracciato di progetto 84

Figura 37. Sovrapposizione delle aree di cantiere con le diverse fasce di inondablità (elaborazione GIS) 86
Figura 38. Sovrapposizione delle aree di cantiere base con le diverse fasce di inondablità (elaborazione GIS) 86
Figura 39. Sezioni tipo opere di sostegno: pila a fusto unico con singolo binario 88
Figura 40. Sezioni tipo opere di sostegno: pila a fusto unico con singolo binario 89
Figura 41. Rete ecologica in prossimità delle opere di progetto 96
Figura 42. Carta Uso del suolo – Ed. 2019. Sovrapposizione con aree di cantiere 98
Figura 43. Carta Uso del suolo – Ed. 2019 99
Figura 44. Vegetazione presente in ordine in corrispondenza del Cantiere A1 del Cantiere CB001 e CB02. 100
Figura 45. Vegetazione dominante presente lungo l'argine del Torrente Bisagno 101
Figura 46. Restituzioni grafiche generali e di dettaglio del modello con rappresentazione degli edifici nelle aree di intervento 109
Figura 47. Restituzioni grafiche generali e di dettaglio del modello con rappresentazione degli edifici nelle aree di intervento 109
Figura 48. Restituzioni grafiche generali e di dettaglio del modello con rappresentazione degli edifici nelle aree di intervento 110
Figura 49. Scala cromatica dei livelli acustici conforme alla UNI 9884 112
Figura 50. Inquadramento territoriale aree di cantiere 116
Figura 51. Stralcio piano di classificazione acustica 118
Figura 52. Legenda edifici 119
Figura 53. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 1 – stralcio A (Aree di cantiere A1 e A2) 120
Figura 54. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 1 – stralcio B (Aree di cantiere C1 e C2) 121
Figura 55. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 1 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 121
Figura 56. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 1 – stralcio B (Aree di cantiere C1 e C2) 122
Figura 57. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 1 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 123
Figura 58. Sinottico barriere scenario 1 123
Figura 59. Barriere antirumore - scenario 1 – stralcio B (Aree di cantiere C1 e C2) 124
Figura 60. Barriere antirumore - scenario 1 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 124
Figura 61. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 2 – stralcio A (Aree di cantiere A1, A2 e A3) 125
Figura 62. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 2 – stralcio B (Aree di cantiere C1, C2, C3 e C4) 126
Figura 63. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 2 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 126
Figura 64. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 2 – stralcio B (Aree di cantiere C1, C2, C3, C4) 127
Figura 65. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 2 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 128
Figura 66. Sinottico barriere scenario 2 128
Figura 67. Barriere antirumore - scenario 2 – stralcio B (Aree di cantiere C1, C2, C3 e C4) 129
Figura 68. Barriere antirumore - scenario 2 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 129

Figura 69. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 3 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1) 130
Figura 70. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 3 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1) 131
Figura 71. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 3 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 131
Figura 72. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 3 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1) 132
Figura 73. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 3 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1) 133
Figura 74. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 3 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 134
Figura 75. Barriere antirumore - scenario 3 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1) 135
Figura 76. Barriere antirumore - scenario 3 - stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1) 135
Figura 77. Barriere antirumore - scenario 3 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 136
Figura 78. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 4 – stralcio A1 (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1) 137
Figura 79. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 4 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1) 138
Figura 80. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 4 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 138
Figura 81. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 4 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1) 139
Figura 82. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 4 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1) 140
Figura 83. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 4 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 141
Figura 84. Barriere antirumore - scenario 4 – stralcio A (Aree di cantiere A4, A5 e B1) 142
Figura 85. Barriere antirumore - scenario 4 - stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1) 142
Figura 86. Barriere antirumore - scenario 4 – stralcio C (Aree di cantiere E1) 143
Figura 87. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B2, B3 e B4) 144
Figura 88. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio B (Aree di cantiere B4 e B5) 145
Figura 89. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio C (Aree di cantiere D1, D2 e D3) 145
Figura 90. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio D (Aree di cantiere D3, D4 e D5) 146
Figura 91. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B2 e B3) 147
Figura 92. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5) 148
Figura 93. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D1 e D2) 148
Figura 94. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D3, D4 e D5) 149
Figura 95. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio B (Aree di cantiere B1, B2 e B3) 150
Figura 96. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5) 151

Figura 97. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio C (Aree di cantiere D1 e D2) 151
Figura 98. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D2, D3 e D4) 152
Figura 99. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D4 e D5) 152
Figura 100. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5) 153
Figura 101. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere D4 e D5) 154
Figura 102. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5) 155
Figura 103. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere D4 e D5) 156
Figura 104. Barriere antirumore - scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5) 157
Figura 105. Barriere antirumore - scenario 6 – stralcio B (Aree di cantiere D3, D4 e D5) 157
Figura 106. Barriere antirumore 161
Figura 107. relazione tra mezzi d'opera e spettro di emissione di vibrazioni 176
Figura 108. Filtri di ponderazione per i diversi assi di riferimento 176
Figura 109. Propagazione dello spettro di vibrazione 177
Figura 110. Valutazione della propagazione del livello di vibrazioni (Vettore Sorgente) a diverse distanze 177
Figura 111. Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relativa delle onde P, R rispetto onde S (a destra) 178
Figura 112. Definizione dell'esponente n in base al tipo di sorgente e onda 178
Figura 113. Coefficiente di attenuazione 179
Figura 114. Schema della propagazione a partire da una sorgente profonda 180
Figura 115. Spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z 185
Figura 116. Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza per lo scenario OOCC sottostrutture viadotto 186
Figura 117. Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza per il pacchetto OOCC linea 186
Figura 118. Propagazione dei livelli di accelerazione in dB (UNI 9614) per singola frequenza per il pacchetto OOCC Stazioni 187
Figura 119. Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo Scenario 1 – OOCC sottostrutture viadotto 188
Figura 120. Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo scenario 2 – OOCC Linea 189
Figura 121. Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo scenario 3 – OOCC Stazioni 189
Figura 122. Legenda tipologia edifici 190
Figura 123. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio A 192
Figura 124. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio B 193
Figura 125. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio C 194

Figura 126. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio D 195
Figura 127. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio E 196
Figura 128. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio F 197
Figura 129. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio A 198
Figura 130. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio B 199
Figura 131. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio C 200
Figura 132. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio D 201
Figura 133. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio E 202
Figura 134. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio F 203
Figura 135. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC stazioni – stralcio A 204
Figura 136. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC stazioni – stralcio B 205
Figura 137. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC Stazioni – stralcio C 206
Figura 138. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC Stazioni – stralcio D 207
Figura 139. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC stazioni – stralcio E 208
Figura 140. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC linea – stralcio F 209
Figura 141. Rosa dei venti per l'anno 2022 216
Figura 142. Frequenza di accadimento delle classi di velocità del vento per l'anno 2022 216
Figura 143. Velocità del vento – Statistiche per l'anno 2022 216

Figura 144. Serie temporale velocità del vento, anno 2022 217
Figura 145. Serie temporale della temperatura dell'aria per l'anno 2022 219
Figura 146. Serie temporale umidità relativa, anno 2022 220
Figura 147. Serie temporale della pressione atmosferica per l'anno 2022 221
Figura 148. Zonizzazione per SO2, NO2, PM10, PM2,5, C6H6, CO 222
Figura 149. Zonizzazione per O3, BaP 223
Figura 150. Zonizzazione per As, Cd, Ni, Pb 223
Figura 151. Classificazione delle zone di qualità dell'aria per i principali inquinanti (Fonte: ARPAL) 224
Figura 152. Ubicazione delle stazioni di monitoraggio ARPAL nel comune di Genova per la componente Aria – anno 2021 (intervento riportato in rosso) 225
Figura 153. Cantierizzazione 236
Per quanto concerne l'area CB02 si prevede un'area (suddivisa in 2 parti dalla presenza di un canale esistente) complessiva pari a 4'100 mq. Una parte di questa area sarà adibita a stoccaggio materiali. Le aree di lavoro oggetto di specifica valutazione modellistica sono risultate le seguenti: 236
Figura 154. Criteri che concorrono alla scelta del modello 241
Figura 155. Recettori discreti 245
Figura 156. Ubicazione dei punti di campionamento 258
Figura 157. Ubicazione degli impianti di approvvigionamento (in rosso) individuati rispetto agli interventi in progetto (in giallo) e relativa tabella di riepilogo (sotto) 286
Figura 158. Ubicazione impianti di recupero (in arancione) rispetto all'area di intervento (in giallo) 287
Figura 159. Ubicazione degli impianti di smaltimento (in arancione) individuati rispetto agli interventi in progetto (in giallo) 289
Figura 160. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria 292
Figura 161. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria 293
Figura 162. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria 293
Figura 163. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria 294
Figura 164. Beni Culturali Vincoli architettonici puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria 295
Figura 165. Struttura del paesaggio (in nero il perimetro delle aree di cantiere) 302

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Distribuzione della popolazione residente nelle province della Liguria nel triennio 2019-2021 (valori in migliaia) (Fonte: tuttitalia.it) 52
Tabella 2. Mortalità per territorio di evento (Fonte: dati.istat.it) 56
Tabella 3. Descrizione delle classi acustiche (DPCM 14/11/1997 102
Tabella 4. Valori limite di emissione - Leq in dBA 103
Tabella 5. Valori limite assoluti di immissione- Leq in dBA 103
Tabella 6. Valori limite assoluti di immissione previsti dal DPR 459/98 103
Tabella 7. Stato della pianificazione acustica nei Comuni di localizzazione delle aree di intervento 104
Tabella 8. Mezzi di cantiere e relativa potenza acustica LwA [dB(A)] 113
Tabella 9. Scenari considerati nella simulazione 114
Tabella 10. Lavorazione FAL OOCC Sottostrutture viadotto 114
Tabella 11. Lavorazione FAL OOCC Linea 115
Tabella 12. Lavorazione FAL OOCC Stazioni 115
Tabella 13. Sinottico barriere scenario 3 134
Tabella 14. Sinottico barriere scenario 4 141
Tabella 15. Sinottico barriere scenario 5 149
Tabella 16. Sinottico barriere scenario 6 156
Tabella 17. Identificazione barriere antirumore mobili di altezza pari a 3m 162
Tabella 18. Pacchetti lavorazioni cantieri mobili 183
Tabella 19. Sintesi distanze dal confine dell'area di cantiere per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti 190
Tabella 20. Sinottico scenari di cantiere 191
Tabella 21. Temperatura dell'aria per l'anno 2022 218
Tabella 22. Umidità relativa per l'anno 2022 219
Tabella 23. Analisi della Pressione atmosferica [hPa] per l'anno 2022 220
Tabella 24. Caratteristiche delle stazioni dell'Agglomerato di Genova (Fonte: ARPAL) 225
Tabella 25. Dominio di calcolo per la dispersione 244
Tabella 26. Recettori discreti individuati nel dominio di studio 244
Tabella 27. Configurazione CALPUFF per le sorgenti sia delle aree di cantiere che di traffico indotto 246
Tabella 28. Risultati delle stime modellistiche 247
Tabella 29. Risultati delle stime modellistiche. Valori massimi sul dominio e recettori 252
Tabella 30. Risultati analisi terre come rifiuto 262
Tabella 31. Risultati delle analisi dell'Eluato 268
Tabella 32. Analisi per ammissibilità in discarica 269
Tabella 33. Elenco impianti di recupero 288

PARTE A – INQUADRAMENTO GENERALE

1. PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto l'individuazione degli aspetti ambientali significativi, la definizione delle misure di mitigazione e delle procedure operative per contenere gli impatti ambientali relativi al Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica relativo alla realizzazione della Skymetro – Prolungamento della linea metropolitana in Valbisagno nel comune di Genova, che permetterà di collegare il quartiere di Molassana alla stazione di Brignole.

Sulla base dell'attuale assetto del territorio, il presente progetto definisce i criteri generale del sistema di cantierizzazione, individuando la possibile organizzazione e le eventuali criticità; va comunque evidenziato che l'ipotesi di cantierizzazione rappresentata non è vincolante ai fini di eventuali diverse soluzioni che l'Appaltatore intenda attuare nel rispetto della normativa vigente, delle disposizioni emanate dalle Autorità competenti, dei tempi e dei costi previsti per l'esecuzione delle opere. In tal senso, sarà, quindi, onere e responsabilità dell'Appaltatore adeguare/ampliare/modificare tale proposta sulla scorta della propria organizzazione del lavoro e di eventuali vincoli esterni.

Le quantità e le dimensioni riportate nel progetto di cantierizzazione sono indicative e finalizzate alle presenti analisi. Per ogni maggiore dettaglio si rimanda, pertanto, agli elaborati di progetto.

1.1 Struttura del progetto ambientale della cantierizzazione

Il presente elaborato denominato "Relazione Generale" si compone delle seguenti parti:

- Parte A, la presente, con un inquadramento generale dell'opera e del sistema di cantierizzazione;
- Parte B, contenente l'identificazione, la descrizione e la valutazione di significatività delle problematiche ambientali dirette ed indirette che si possono generare in fase di costruzione delle opere, nonché l'illustrazione degli interventi di mitigazione e delle procedure operative per il contenimento degli impatti.

Ad esso sono inoltre correlati i seguenti elaborati:

- (MGE1PRLVAMBCOMT013-00_A) Planimetria localizzazione interventi di mitigazione;
- (MGE1PRLVAMBCOMT001-00_A) Corografia di approvvigionamento e smaltimento.

Ed i seguenti allegati:

- Allegato 1 – Mappe Diffusionali
- Allegato 2 – Calcolo emissione macchinari
- Allegato 3 – Emissioni
- Allegato 4 – RdP definitivi;
- Allegato 5 – Autorizzazione cave e discariche.

1.2 Sistema di gestione ambientale

Per le opere in progetto rientra tra gli oneri dell'Appaltatore l'implementazione di un Sistema di Gestione Ambientale delle attività di cantiere esteso a tutti i siti in cui si svolgono attività produttive, dirette ed indirette, di realizzazione, di approvvigionamento e di smaltimento, strutturato secondo i requisiti della norma UNI EN ISO 14001 (o Regolamento CE 761/2001).

Il Sistema di Gestione Ambientale prevede in particolare la redazione di un documento di Analisi Ambientale Iniziale, contenente l'analisi dei dati qualitativi e quantitativi dell'impianto di cantiere, dei siti e delle attività di cantiere, allo scopo di stabilire le correlazioni tra attività, aspetti ambientali ed impatti. Tale analisi dovrà esplicitare il processo:

Opera/Parte d'Opera → Lavorazioni → Strumenti ed Attrezzature utilizzati – Materiali impiegati → Aspetti Ambientali → Impatti → Mitigazioni/Prescrizioni/Adempimenti legislativi.

Il predetto documento costituisce quindi un approfondimento del presente, redatto direttamente dall'Appaltatore.

Relativamente al controllo operativo dei cantieri il Sistema di Gestione Ambientale prevede la messa a punto di apposite procedure per:

- caratterizzazione e gestione dei rifiuti e dei materiali di risulta;
- contenimento delle emissioni di polveri e sostanze chimiche nell'atmosfera;
- contenimento delle emissioni acustiche;
- gestione delle sostanze pericolose;
- gestione scarichi idrici;
- protezione del suolo da contaminazioni e bonifica dei siti contaminati;
- gestione dei flussi dei mezzi di cantiere sulla rete stradale pubblica;
- individuazione e risposta a potenziali incidenti e situazioni di emergenza per prevenire ed attenuare l'impatto ambientale che ne può conseguire.

Tali procedure dovranno essere redatte recependo tutte le indicazioni contenute nel presente elaborato, eventuali prescrizioni degli enti competenti in materia di tutela ambientale nonché le eventuali sopraggiunte normative.

Un ulteriore elemento che è qui utile richiamare del Sistema di Gestione Ambientale è il Piano di Controllo e di Misurazione Ambientale: si tratta del documento che pianifica i controlli ambientali da effettuarsi nel corso delle attività di cantiere, dirette ed indirette, di realizzazione, di approvvigionamento e di smaltimento.

Tale piano implementerà le attività di controllo previste nel presente Progetto Ambientale della Cantierizzazione e da eventuali altre prescrizioni contrattuali.

1.2.1 Identificazione degli aspetti ambientali

Il Sistema di Gestione Ambientale adottato da Italferr S.p.A. ai sensi della norma UNI-EN ISO 14001:2004 ha identificato, relativamente al processo di progettazione, 14 aspetti ambientali (Aspetti Ambientali Iniziali) comuni a tutti i livelli di progettazione.

Gli Aspetti Ambientali in questione sono:

1. Pianificazione e tutela territoriale
2. Popolazione e salute umana
3. Suolo
4. Acque superficiali e sotterranee
5. Biodiversità
6. Materie prime
7. Clima acustico
8. Vibrazioni
9. Aria e clima
10. Rifiuti e materiali di risulta
11. Scarichi idrici e sostanze nocive
12. Patrimonio culturale e beni materiali
13. Paesaggio

Tenendo conto degli aspetti ambientali sopra riportati, nella parte B del presente elaborato sarà effettuata una disamina di quelle tematiche ambientali che, in base a considerazioni sulle caratteristiche del territorio, sulla tipologia dell'opera e delle attività da svolgere ed in funzione del sistema di cantierizzazione previsto, sono considerate di rilievo per la fase di cantiere degli interventi previsti dal presente progetto.

Il metodo utilizzato per l'identificazione degli Aspetti Ambientali Significativi di progetto si basa, quindi, sulla correlazione fra gli elementi tipologici di un'opera (tipologie di opera prevalenti) e gli aspetti ambientali tipologici, individuati in base alla scomposizione della "matrice ambiente", riportata nella "Matrice Correlazione Tipologia Opera – Aspetto Ambientale Processo Progettazione Opera".

1.2.2 Approccio analitico

La metodologia generale applicata all'interno del presente documento per l'analisi degli aspetti ambientali di progetto (AAPG) e per lo svolgimento del processo di valutazione fa riferimento agli indirizzi dettati dal sistema di gestione ambientale adottato da Italferr S.p.A. in applicazione alla norma UNI-EN ISO 14001:2015.

Gli Aspetti Ambientali di Progetto, identificati secondo le modalità riportate nei paragrafi seguenti, vengono descritti al fine di fornire informazioni relative alle caratteristiche e specificità che essi assumono nel progetto analizzato.

Nella descrizione, che avviene in termini qualitativi e, ove possibile, quantitativi, sono inserite tutte le informazioni necessarie ai fini della successiva identificazione degli Aspetti Ambientali di Processo ed in particolare:

- Adempimenti legislativi;
- Descrizione dello stato iniziale - ante operam – dell'aspetto ambientale in termini di consistenza, stato di conservazione, tendenza evolutiva, ecc.
- Analisi delle possibili interferenze allo stato iniziale dell'aspetto ambientale ipotizzabili per effetto della costruzione e dell'esercizio dell'opera (corso d'opera – post operam).

1.2.3 Criteri di valutazione degli aspetti ambientali

L'attività condotta nell'ambito delle singole analisi specialistiche documentate nei paragrafi successivi viene effettuata secondo:

- Contestualizzazione della matrice generale di causalità rispetto alle specificità del contesto di localizzazione dell'area di cantiere/lavorazione in esame, al fine di verificare se ed in quali termini gli effetti potenziali ipotizzati possano effettivamente configurarsi Tale operazione ha consentito di selezionare quegli aspetti che rappresentano i "temi del rapporto Opera – Ambiente", intesi nel presente studio come quei nessi di causalità intercorrenti tra Azioni di progetto, Fattori causali ed effetti potenziali, che, trovando una concreta ed effettiva rispondenza negli aspetti di specificità del contesto localizzativo, informano detto rapporto.
- Analisi e stima degli effetti attesi, sulla base dell'esame di dettaglio delle Azioni di progetto alla base di detti effetti e dello stato attuale dei fattori da queste potenzialmente interessati. Tale analisi ha consentito, in primo luogo, di verificare se già all'interno delle scelte progettuali fossero contenute soluzione atte ad evitare e/o prevenire il prodursi di potenziali effetti significativi sull'ambiente, nonché, in caso contrario, di stimarne l'entità e, conseguentemente di prevedere le misure ed interventi di mitigazione/compensazione e di monitoraggio ambientale.

Relativamente alla stima degli effetti, la scala a tal fine predisposta è articolata nei seguenti livelli crescenti di significatività:

- Effetto assente, stima attribuita sia nei casi in cui si ritiene che gli effetti individuati in via teorica non possano determinarsi, quanto anche laddove è possibile considerare che le scelte progettuali operate siano riuscite ad evitare e/o prevenire il loro determinarsi
- Effetto trascurabile, stima espressa in tutti quei casi in cui l'effetto potrà avere una rilevanza non significativa, senza il ricorso ad interventi di mitigazione
- Effetto mitigato, giudizio assegnato a quelle situazioni nelle quali si ritiene che gli interventi di mitigazione riescano a ridurne la rilevanza. Il giudizio tiene quindi conto dell'efficacia delle misure e degli interventi di mitigazione previsti, stimando con ciò che l'effetto residuo e, quindi, l'effetto nella sua globalità possa essere considerato trascurabile

- Effetto oggetto di monitoraggio, stima espressa in quelle particolari circostanze laddove si è ritenuto che le risultanze derivanti dalle analisi condotte dovessero in ogni caso essere suffragate mediante il riscontro derivante dalle attività di monitoraggio
- Effetto residuo, stima attribuita in tutti quei casi in cui, pur a fronte delle misure ed interventi per evitare, prevenire e mitigare gli effetti, la loro rilevanza sia sempre significativa

1.3 Normativa di riferimento

Il Progetto Ambientale della Cantierizzazione è stato redatto in conformità alle principali normative nazionali applicabili alle finalità del presente studio, sulla base di quanto riportato nel documento redatto da Italferr in data 20.10.2010 e revisionato in data 19.03.2015 "Quadro Normativo per la progettazione ambientale e archeologica delle opere infrastrutturali", che raccoglie le principali norme ambientali applicabili alle attività di progettazione, monitoraggio ambientale, realizzazione e collaudo delle opere infrastrutturali.

Per far fronte alla continua evoluzione della normativa relativa a ciascuna delle matrici ambientali significative sottodescritte, il Gruppo Ferrovie dello Stato, nel rispetto dei requisiti generali previsti dalla norma UNI EN ISO 14001, si è dotato di un presidio normativo, contenente i principali riferimenti a carattere nazionale e regionale, disponibile online all'indirizzo http://presidionormativo.italferr.it/.

Ad integrazione del suddetto documento, si riporta comunque di seguito l'elenco delle ultime disposizioni normative sopraggiunte negli ultimi anni ed attinenti alle tematiche oggetto del presente documento.

Legge 11 novembre 2014, n. 164 – Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133 (c.d. "Decreto Sblocca Italia"): "Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive";

Legge 11 agosto 2014, n. 116 – Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, recante "Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea";

Decreto del Ministero dell'Ambiente 3 giugno 2014, n. 120 – "Competenze e funzionamento dell'Albo Gestori Ambientali";

Decreto-legge 31 maggio 2014, n. 83 (c.d. "Decreto Cultura") recante "Disposizioni urgenti per la tutela del patrimonio culturale, lo sviluppo della cultura e il rilancio del turismo";

Legge 30 ottobre 2013, n. 125 – Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 101/2013: "Nuova disciplina di operatività del Sistri – Imprese di interesse strategico nazionale";

Legge 9 agosto 2013, n. 98 – Conversione, con modificazioni, del Decreto-legge 21 giugno 2013, n. 69: "Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia";

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare prot. 0000096 del 20 marzo 2013 – "Definizione termini iniziali di operatività del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI)";

Decreto 14 febbraio 2013, n. 22 – Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (CSS), ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modifiche";

Decreto Ministeriale 10 agosto 2012, n. 161 – Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo";

Legge 4 aprile 2012, n. 35 – Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-legge 9 febbraio 2012, n. 5, recante "Disposizioni urgenti in materia di semplificazione e di sviluppo" (c.d. "Semplificazioni");

Legge 24 marzo 2012, n. 28 – Conversione, con modificazioni, del D.L. 25 gennaio 2012, n. 2, recante "Misure straordinarie e urgenti in materia di ambiente";

D.L. 25 gennaio 2012, n. 2 – "Misure straordinarie e urgenti in materia ambientale";

D.L. 24 gennaio 2012, n. 1 – "Disposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività";

Legge 22 dicembre 2011, n. 214 – Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-legge 6 dicembre 2011, n. 201, recante "Disposizioni urgenti per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici" (c.d. "Salva Italia");

Legge 14 settembre 2011, n. 148 – "Ulteriori misure urgenti per la stabilizzazione finanziaria e per lo sviluppo";

Decreto Legislativo 7 luglio 2011, n. 121 – "Attuazione della Direttiva 2008/99/CE sulla tutela penale dell'ambiente, nonché della Direttiva 2009/123/CE che modifica la Direttiva 2005/35/CE, relativa all'inquinamento provocato dalle navi e all'introduzione di sanzioni per violazioni";

Decreti Ministeriali 14 marzo 2011 – "Quarto elenco aggiornato dei Siti di Importanza Comunitaria per la regione biogeografica alpina/mediterranea/continentale in Italia ai sensi della Direttiva 92/43/CEE";

D.M. 18 febbraio 2011, n. 52 – "Regolamento recante istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti";

Decreto Ministeriale 22 dicembre 2010 – "Modifiche ed integrazioni al decreto 17 dicembre 2009, recante l'istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti";

Decreto Legislativo 10 dicembre 2010, n. 219 – "Attuazione della Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle Direttive 82/176/CEE, 83/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della Direttiva 2000/60/CE e recepimento della Direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla Direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque";

Decreto Legislativo 3 dicembre 2010, n. 205 – “Disposizioni di attuazione della Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive”;

Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 – Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;

Decreto Ministeriale 27 settembre 2020 – “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel Decreto del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio 3 agosto 2005”;

Decreto Legislativo 155/2010 e s.m.i. che recepisce ed attua la Direttiva 2008/50/CE, relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa, ed abroga integralmente il D.M. 60/2002, che definiva per gli inquinanti normati (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, polveri, piombo, benzene e monossido di carbonio) i valori limite ed i margini di tolleranza;

Decreto Legislativo 29 giugno 2010, n. 128 – “Modifiche ed integrazioni al Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell’articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69”;

Legge 106/2010 – Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto-legge 13 maggio 2011, n. 70: “Semestre Europeo – Prime disposizioni urgenti per l’economia”.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica ha ad oggetto la Skymetro – Prolungamento della linea metropolitana in Val Bisagno nel comune di Genova che permetterà di collegare il quartiere di Molassana alla stazione di Brignole.

2.1 Descrizione del progetto

La tratta in progetto costituisce il prolungamento della linea metropolitana di Genova esistente. La nuova tratta comprende sei nuove stazioni ed è lunga circa 6,9 km.

Figura 1. Inquadramento dell'intervento

La diramazione dall'esistente avviene ad est della stazione di Brignole, all'inizio dell'attuale tronchino di inversione dei treni. Qui si inseriscono due nuovi deviatoi che si distaccano dalla linea attuale, che è previsto proseguirà verso la stazione di Martinez attualmente in corso di realizzazione. La linea si sviluppa quindi lungo la Val Bisagno portandosi per un brevissimo tratto in sponda sinistra e passare poi con un'opera di scavalco del Torrente alla sponda destra. Da qui proseguirà fino alla stazione Romagnosi, subito a nord della quale il tracciato si porta di nuovo in sponda sinistra, attraversando il Torrente in corrispondenza della copertura esistente in corrispondenza dello stadio L. Ferraris, sfruttando l'ingombro delle strutture già realizzate. Da qui in poi la linea si tiene in sponda sinistra dove è prevista l'ubicazione delle stazioni Parenzo, Staglieno, Guglielmetti, San Gottardo e Molassana.

Le stazioni hanno una distanza media di circa 1,15 km e al termine della linea è previsto un tronchino necessario principalmente per il ricovero dei treni nelle ore di morbida e durante la notte.

In corrispondenza della stazione Molassana è previsto un polo intermodale, con parcheggi per auto private e stalli per l'attestazione di linee bus urbane ed extraurbane.

2.2 Caratteristiche del tracciato

La linea ha una lunghezza totale di 6+873 m e si sviluppa a partire subito a valle della stazione Brignole, dove verranno inseriti due deviatoi R50 tangente 0,12, che si staccano dalla linea esistente e in deviata conducono in direzione nord verso la Val Bisagno.

La linea si porta per un brevissimo tratto in sponda sinistra con una curva planimetrica di raggio 51,7 m (raggio minimo del binario interno 50 m), per poi raccordarsi con un'opera di scavalco del Torrente Bisagno e passare alla sponda destra. Da qui si ha una curva planimetrica dello stesso raggio della precedente, tramite la quale il tracciato si porta lungo argine. Da qui proseguirà fino alla successiva stazione Romagnosi.

Subito a nord il tracciato si porta di nuovo in sponda sinistra, attraversando di nuovo il Torrente in corrispondenza della copertura esistente del Bisagno, sfruttando l'ingombro delle strutture già realizzate. Da qui in poi la linea si tiene in sponda sinistra dove è prevista l'ubicazione delle stazioni Parenzo, Staglieno, Guglielmetti, San Gottardo e Molassana.

Le caratteristiche principali del tracciato sono riportate nella tabella seguente.

CARATTERISTICHE	DATI
Lunghezza	6+873 m
Scartamento	1435 mm
Larghezza massima sagoma treno	2,2 m
Interasse tratti doppio binario rettilinei	2,6 m
Velocità massima	70 km/h
Velocità minima adottata in linea	20 km/h
Massimo valore di accelerazione non compensata	0,90 m/s^2
Massimo valore contraccolpo	0,40 m/s^3
Minimo raggio planimetrico ammissibile	50 m

Minimo raggio planimetrico adottato	50 m
Raccordi planimetrici a curvatura variabile	Clotoidi
Soprelevazione massima ammissibile	160 mm
Soprelevazione massima adottata	125 mm
Massima pendenza adottata	3,36 %
Massima pendenza longitudinale ammissibile in fermata	0,2%
Massima pendenza longitudinale adottata in fermata	0,2%
Raccordi altimetrici minimi da normativa	500 m
Raccordi altimetrici minimi dei rotabili	800 m
Raccordi altimetrici minimi di progetto	800 m

I tratti a doppio binario da prevedere sono quelle riportate a seguire:

- Da inizio intervento a pk 1+183.25
- Da pk 1+922.09 a pk 2+225.74
- Da pk 2+713.44 a pk 4+379.17
- Da pk 5+162.37 a pk 5+396.02
- Da pk 6+562.91 a fine intervento

Il primo tratto interessa la stazione di Brignole fino alla stazione di Romagnosi, il secondo ingloba la stazione di Parenzo, il terzo va dalla Stazione di Staglieno a quella di Guglielmetti, il quarto tratto ingloba la stazione di San Gottardo mentre l'ultimo tratto interessa la stazione di Molassana e il tronchino di fine tratta.

Tutti gli elementi geometrici per l'andamento planimetrico e altimetrico del tracciato sono riferiti all'asse in mezzeria. Le verifiche e il dettaglio del tracciato sono riportati negli elaborati specialistici, dove sono indicate anche e sezioni funzionali tipologiche della linea.

2.2.1 Armamento

La sede adottata è costituita dal viadotto con impalcato in c.a.p. formato da conci a sezione a "U", sviluppato nel 1990 e brevettato da SYSTRA con RATP (Regie Autonome de Transports Parisiens), costituito da due travi laterali e una lastra inferiore di collegamento e sostegno dei binari. La struttura a "U" integra tutti i componenti del sistema e quindi anche l'armamento.

L'armamento prevede rotaie 50 E5 (50 UNI) in analogia a quanto già presente lungo la linea esistente come richiesto anche dall'esercente. Le rotaie sono ancorate ai plinti continui in c.a. con il sistema di attacco tipo "Milano modificato", già utilizzato lungo la linea metropolitana di Genova.

Per il passaggio da singolo a doppio binario, che si ha lungo la linea soprattutto in corrispondenza delle stazioni, è stata prevista un'unica tipologia di scambi: il deviatoio a "Y" S50 R300 T0,12 percorribile a 45 km/h.

2.3 Opere d'arte principali

2.3.1 Stazioni

La linea prevede sei nuove stazioni, anziché sette come nel progetto posto a base gara, per via delle indicazioni, ricevute dalla Stazione Appaltante, di accorpare Adriatico e Bligny in un'unica stazione mediana tra le due. Pertanto, le stazioni incluse nel progetto sono:

- Romagnosi;
- Parenzo;
- Staglieno;
- Guglielmetti;
- San Gottardo;
- Molassana.

Le stazioni presentano le banchine e gli accessi sul lato argine della carreggiata stradale, mentre i locali tecnici sono posti sul lato opposto della strada, ad una distanza maggiore dei 10 m dall'alveo.

2.3.1.1 Funzionale

La stazione è composta da un corpo a banchina centrale di lunghezza pari a 80 m.

Il piano banchine posizionato a quota +9,80 m, che viene sorretto da una struttura reticolare metallica appoggiata su pile disposte lungo l'argine del torrente.

L'accesso alle banchine avviene lato argine direttamente dal livello strada attraverso un sistema di scale fisse di larghezza netta pari a 2,00 m e di ascensori con cabine da 1,80 m x 2,10 m. Per ragioni idrauliche legate alla vicinanza al Torrente Bisagno, la quota di accesso alle scale e agli ascensori è stata prevista a +1 m dal piano strada. I locali tecnici della stazione sono collocati in un edificio separato con accessi dedicati, posto dal lato opposto della strada ad una distanza superiore ai 10 m dall'alveo. La stazione di Parenzo è l'unica che prevede i locali tecnici interrati al di sotto della sede stradale; questa presenta dei componenti emergenti (botola, griglie, scale di accesso), che mantengono la quota rialzata di 1 m rispetto al piano stradale.

Le banchine, che presentano una larghezza di 7,80 m, hanno parapetti laterali ed una copertura con struttura in acciaio sovrastata da pannelli fotovoltaici, che lasciano scoperta parte della zona dei binari.

2.3.1.2 Strutture

In corrispondenza di tutte le stazioni della linea la struttura dell'impalcato non è più realizzata con la sezione tipologica ad U prevista lungo le intertratte, ma si hanno una serie di sezioni variabili, che portano l'interasse dei binari da quello minimo in linea a quello massimo di 10,2 m presente in stazione con la banchina centrale.

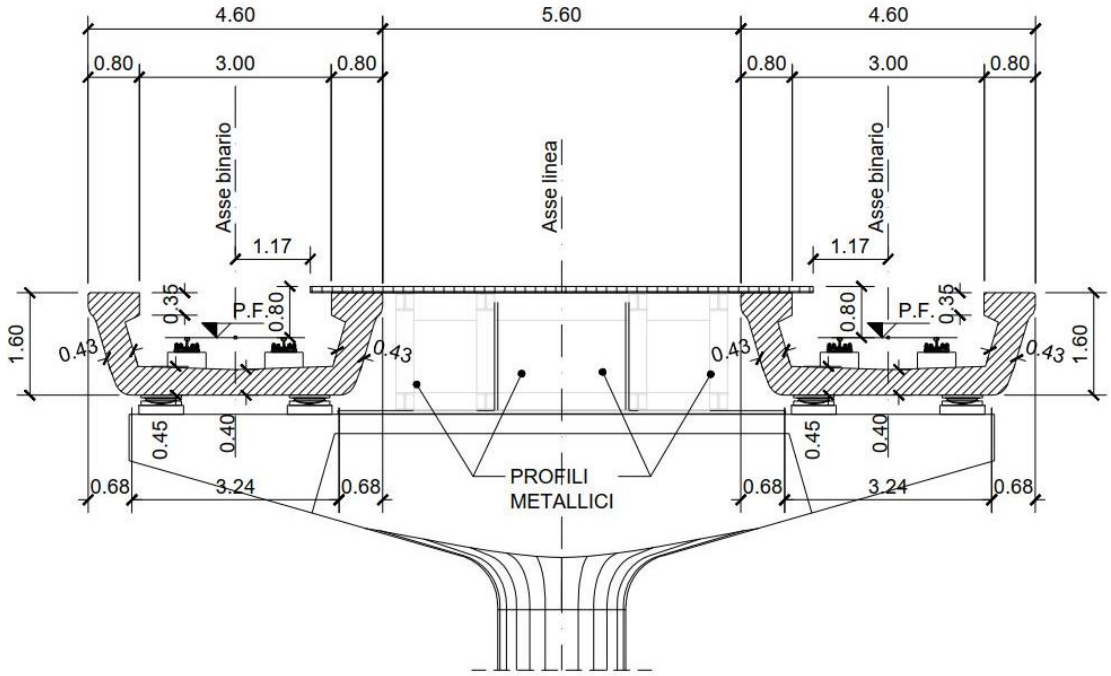


Figura 2. Sezione trasversale stazione

Le pile, sebbene uguali a quelle presenti lungo la linea (sezione circolare, con diametro pari a 2m, dalla testa fino al piano strada e dal piano strada fino al plinto di fondazione composte da una sezione circolare e un setto posto lato torrente), sono poste a un interasse pari a 16m e sono sormontate da un pulvino con dimensioni maggiori rispetto a quelli presenti lungo la linea per poter accogliere l'impalcato più largo.

Subito a valle dello sfiocco, in corrispondenza del quale la linea si porta da singolo a doppio binario, l'impalcato è costituito dal viadotto tipologico previsto per la sezione a doppio binario. A seguire è prevista una campata speciale che accoglie la fase di diramazione delle due linee, che richiede un graduale allargamento della sede. Quando le due linee sono sufficientemente distanti tra loro la sezione strutturale è composta da due viadotti a singolo binario posti esternamente e una fascia centrale costituita da una struttura reticolare in acciaio. La parte centrale fornisce anche il supporto alla banchina e alle risalite dal piano stradale, costituite, per ogni stazione, da 4 ascensori e tre scale fisse in acciaio.

Infine sono previste delle centine che si sviluppano trasversalmente da un'estremità all'altra della stazione, che fungono da supporto alla linea di contatto dei rotabili, ai pannelli fotovoltaici e agli elementi di copertura a protezione dei passeggeri dagli agenti atmosferici.

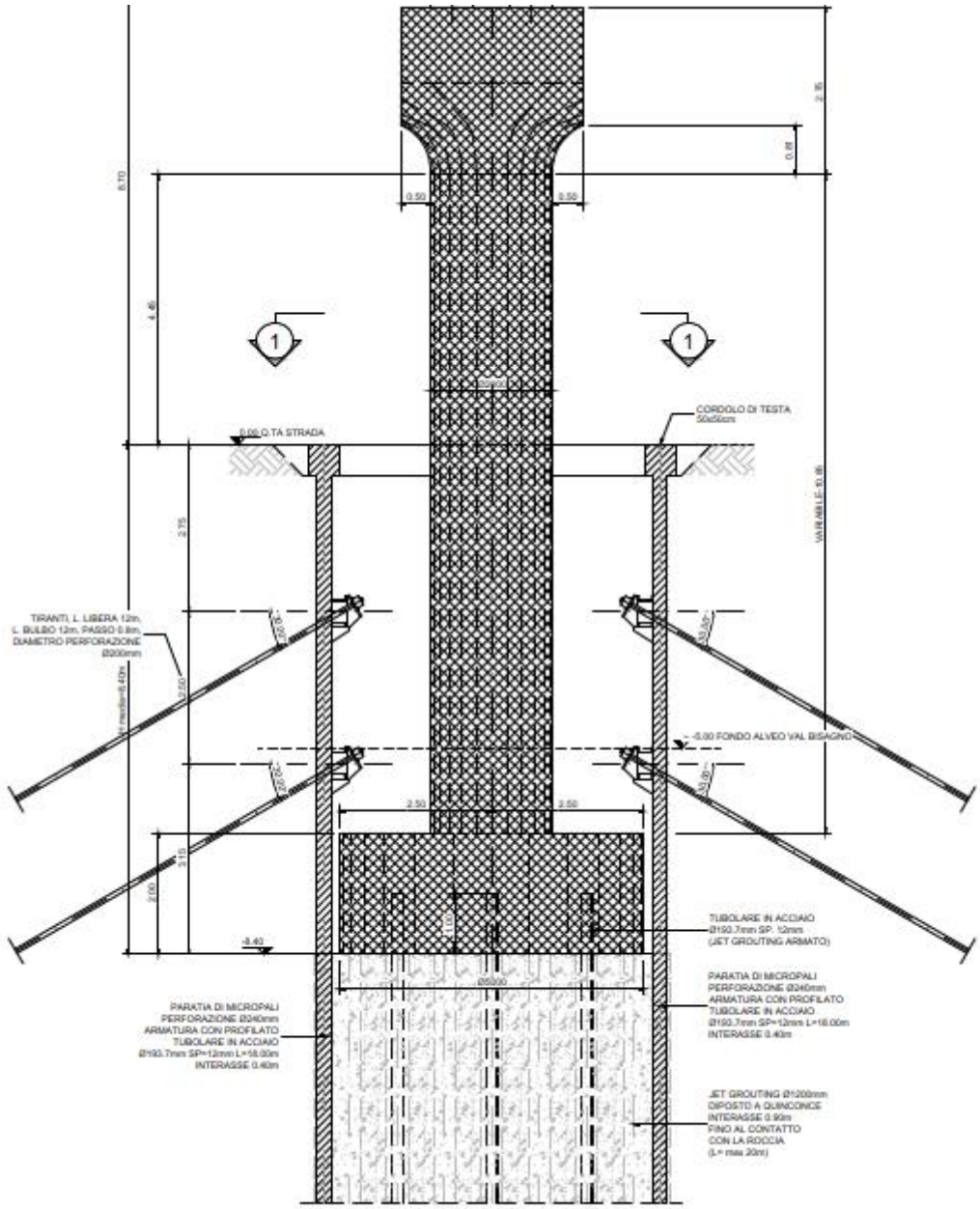


Figura 3. Sezione pila

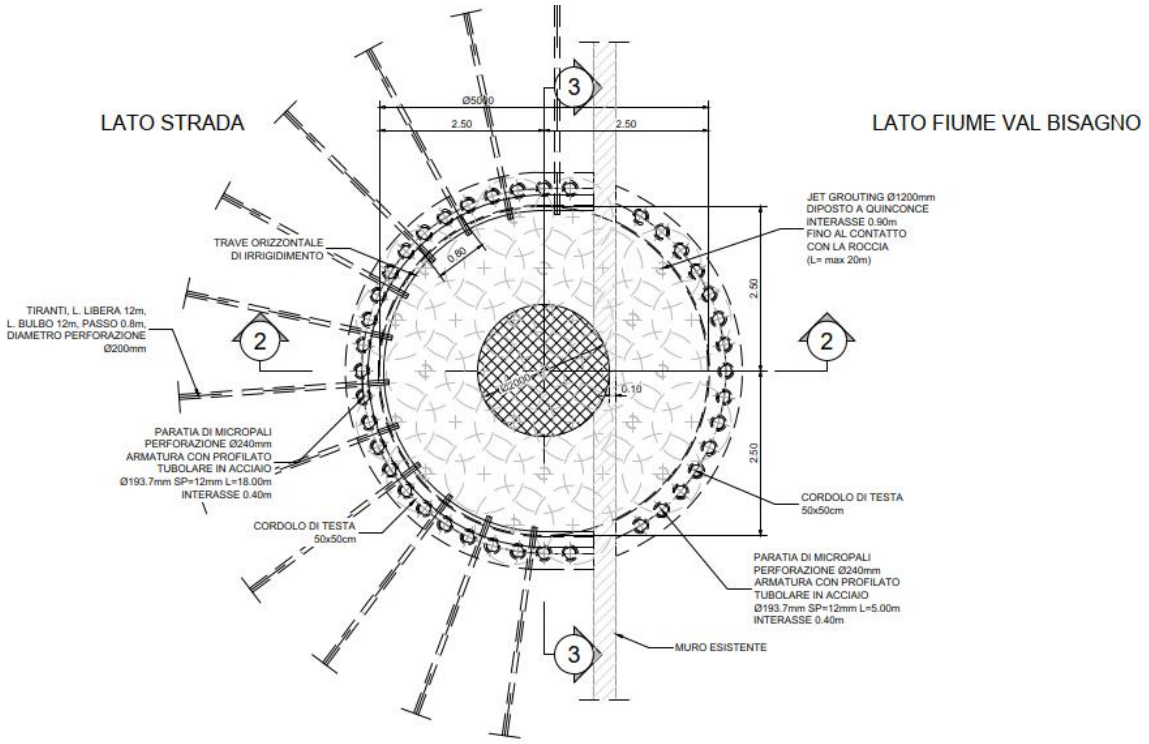


Figura 4. Pianta pila

I locali tecnici della stazione sono posizionati in un edificio in calcestruzzo separato, che solo nel caso della stazione di Parenzo è previsto sia interrato sotto la carreggiata stradale.

2.3.2 Pile e impalcato

L'opera oggetto di studio è costituita da un impalcato con sezione del tipo "U-shape" in calcestruzzo armato precompresso con cavi post-tesi.

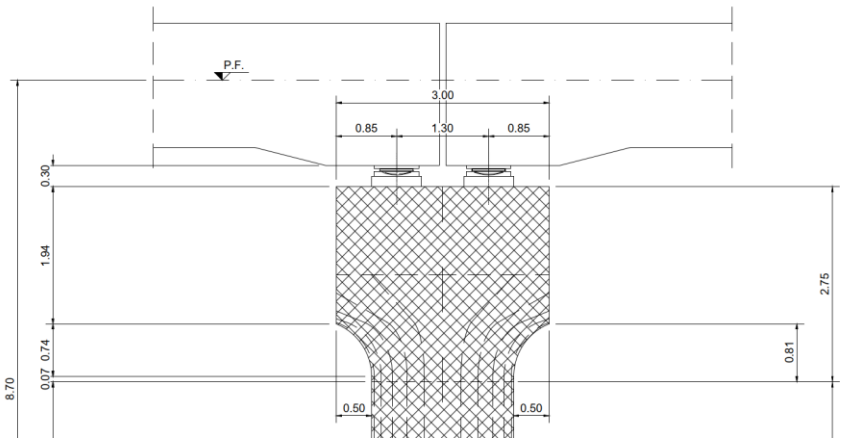


Figura 5. Prospetto impalcato

La sezione dell'impalcato risulta di larghezza variabile in funzione del numero di binari. Infatti, lungo la linea è presente un solo binario mentre, nelle zone di approccio alle stazioni, ne sono presenti due. Inoltre, in corrispondenza degli appoggi, la soletta inferiore della sezione risulta avere uno spessore maggiore.

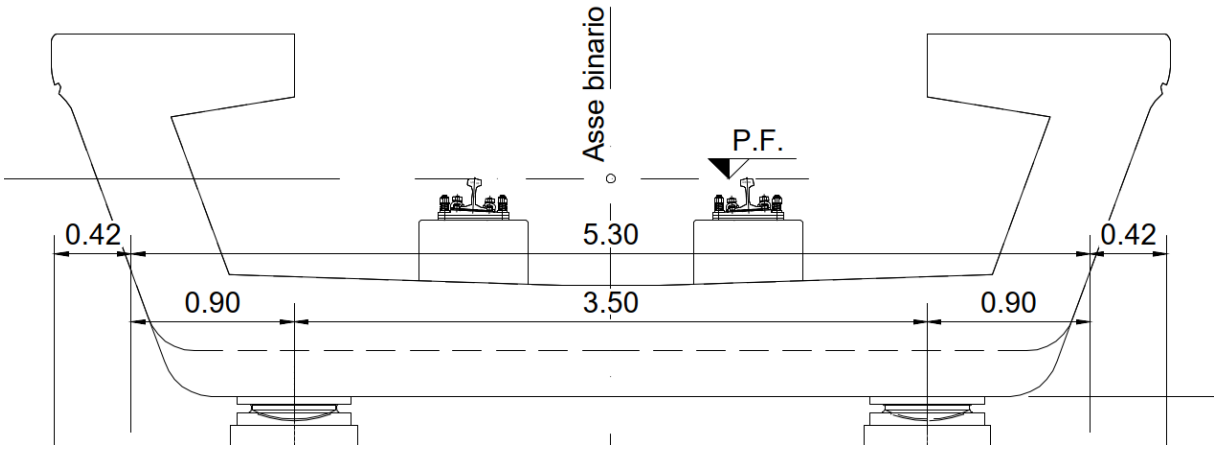


Figura 6. Sezione impalcato un binario

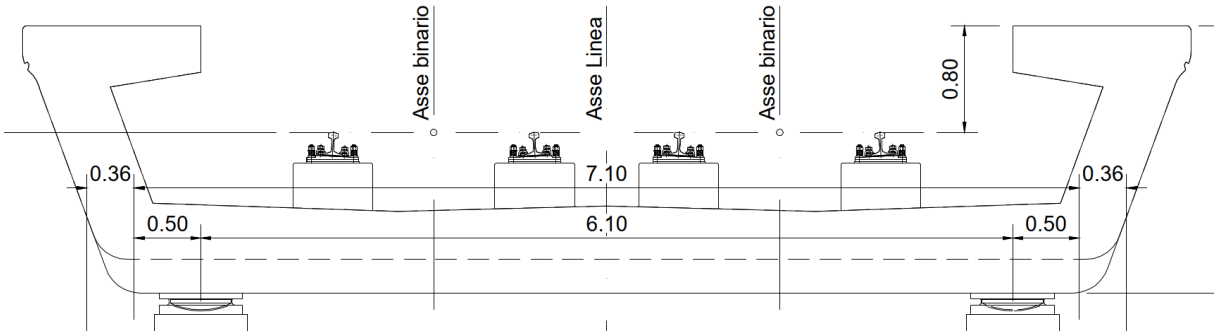


Figura 7. Sezione impalcato due binari

Le pile sono poste a un interasse massimo di 32m e sormontate da un pulvino in c.a. Hanno sezione circolare, con diametro pari a 2m, dalla testa fino al piano strada. Dal piano strada fino al plinto di fondazione le pile sono composte da una sezione circolare e un setto posto lato torrente, come riportato nel dettaglio seguente.

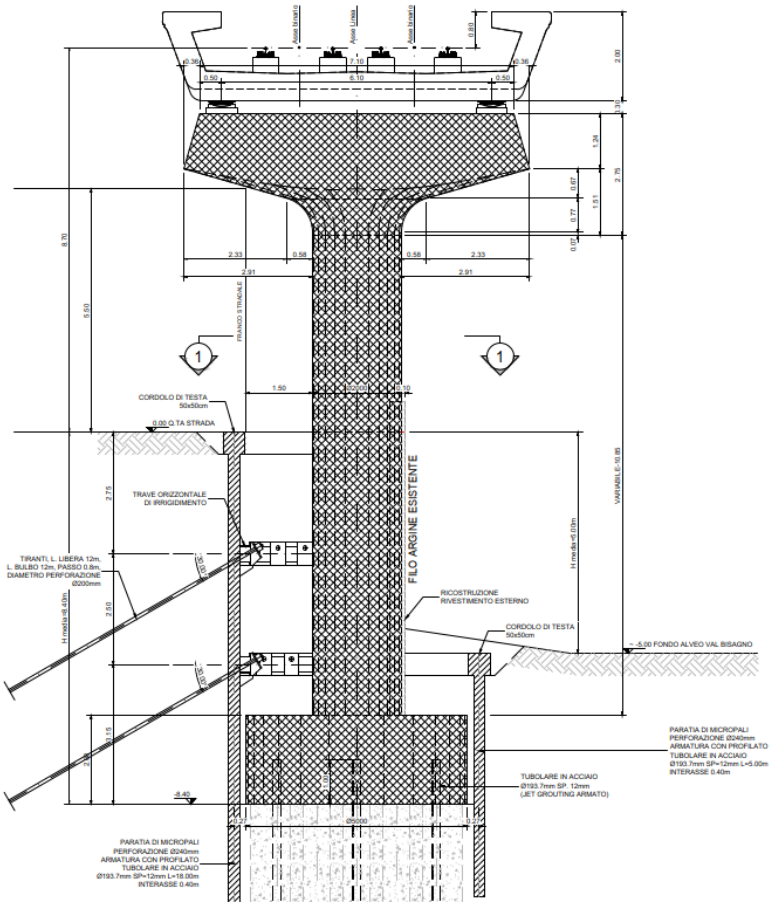


Figura 8. Pila lungo linea

In corrispondenza dello stadio Luigi Ferraris, zona Marassi, è presente una copertura del torrente predisposto a parcheggio. In questa zona le pile assumono una sezione diversa. Infatti, la parte sopra il piano strada ha forma pseudo rettangolare con i lati corti circolari, la parte interrata invece è costituita da un setto in c.a. di sezione pari a quello esistente.

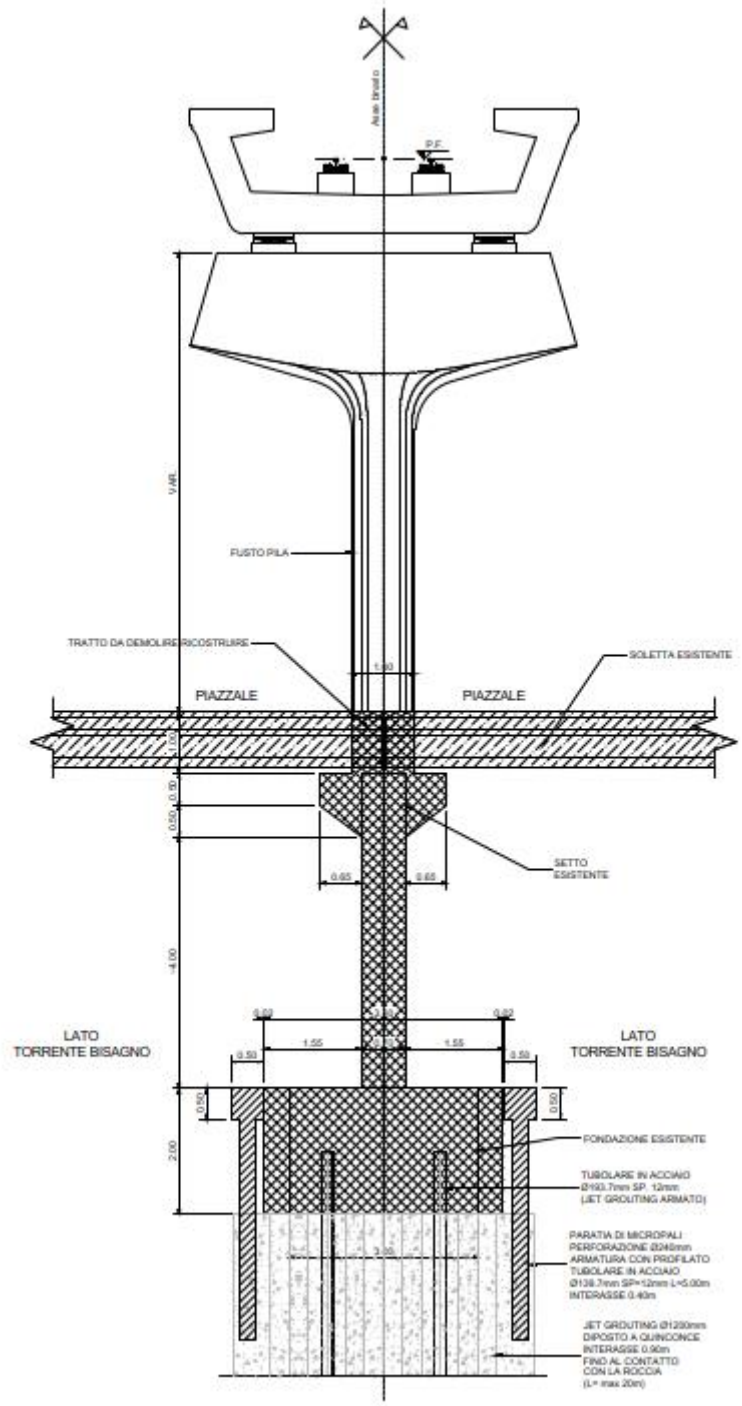


Figura 9. Pila zona Marassi

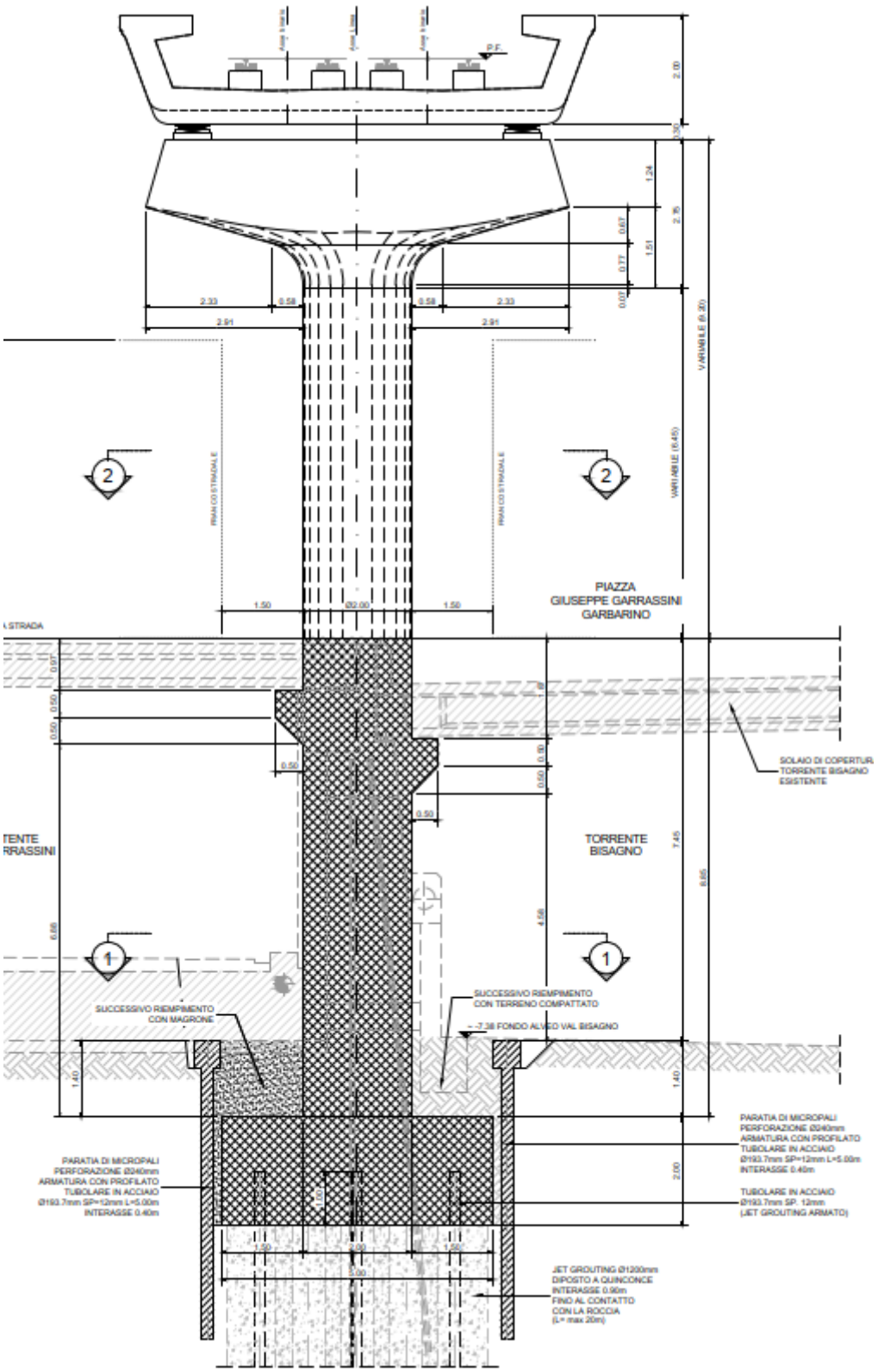


Figura 10. Pila zona sottopasso Garrassini

Nelle zone di passaggio del tracciato da lungo argine a centro strada, le sottostrutture sono costituite da telai. In particolare, non è previsto un pulvino bensì una trave di sezione variabile, poggiante su due pile. Le pile lato torrente presentato una sezione circolare sopra il piano strada e una parte interrata con una sezione composta da una sezione circolare e un setto. Le pile lato strada, invece, non presentano la parte interrata e sono semplicemente circolari, con un diametro di 2m.

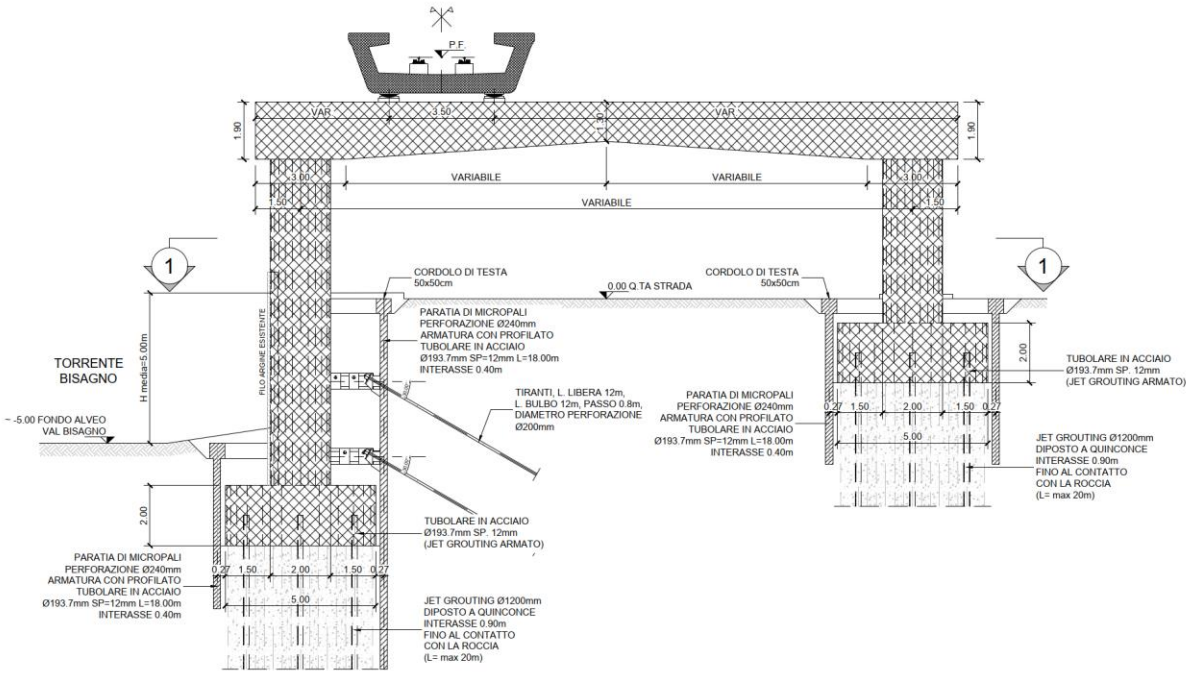


Figura 11. Sottostruttura a telaio

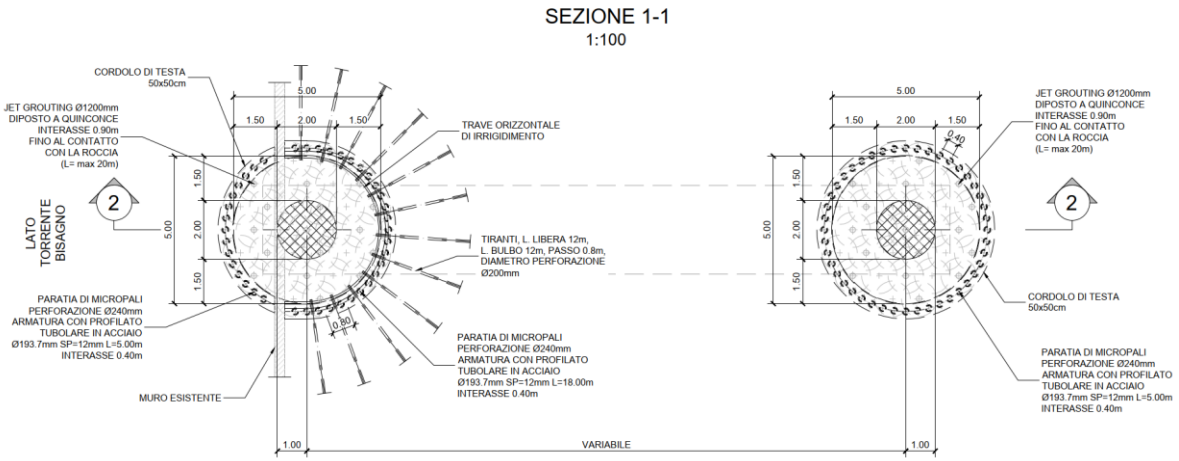


Figura 12. Sottostruttura a telaio - fondazioni

Data l'assenza di specifiche indagini eseguite in corrispondenza del tracciato di progetto, basandosi sui dati disponibili in letteratura su aree vicine a quella di progetto in cui sono presenti le stesse unità stratigrafiche, è prevista l'installazione di una fondazione a pozzo il cui consolidamento avverrà tramite jet grouting fino al contatto con il substrato roccioso.

Il pozzo avrà diametro pari a 5.00 metri e il consolidamento avverrà tramite colonne in jet grouting diametro ϕ1200 a quinconce con interasse pari a 0.9 metri, armati con tubolare 193.7 sp.12mm in modo alternato.

La fase realizzativa prevede l'esecuzione di un'opera di sostegno provvisoria costituita da una paratia di micropali multi tirantata per sostenere la spinta del versante.

2.3.3 Parcheggi di scambio

Sulla base delle indicazioni del progetto a base gara è stato progettato il parcheggio di scambio a Molassana, capolinea nord della tratta, dove è stato previsto anche un polo intermodale che permette lo scambio con bus, principalmente extraurbani, provenienti da monte. Il parcheggio di scambio di Gavette, anch'esso previsto nel progetto a base gara, è stato inizialmente progettato, ma poi stralciato, come da indicazione della Stazione Appaltante, per indisponibilità delle aree.

Il parcheggio di Molassana contiene circa 180 posti auto e, al fine di ottimizzare la resa energetica dell'infrastruttura, prevede l'utilizzo di pensiline coperte con pannelli fotovoltaici.

2.3.4 Ponte di Brignole

In uscita dalla stazione Brignole la linea si porta lungo la Val Bisagno con una curva verso sinistra molto stretta di raggio, che va ad appoggiarsi sull'argine della sponda sinistra del Bisagno. La curva continua poi il suo sviluppo andandosi a raccordare con un'opera di scavalco del Torrente, che riporta il tracciato sulla sponda destra.

La prima tratta in curva viene realizzata andando a prevedere una struttura in calcestruzzo a sbalzo sull'alveo, ricavata dalla demolizione e ricostruzione dell'argine, che raccoglie la sede metropolitana nel punto in cui è più prossima alla sponda sinistra. A questa struttura sono collegate poi delle travi in acciaio che raccordano lo sbalzo con il tratto inziale della linea sul ponte ferroviario esistente e con il tratto successivo sul nuovo ponte.

Figura 13. Struttura di sostegno della curva in uscita da Brignole

L'opera di scavalco vera e propria è realizzata in struttura composta acciaio/calcestruzzo con schema statico a travata appoggiata. L'altezza complessiva della travata è pari a 4,0 m in corrispondenza della mezzeria e 2,7m agli appoggi con una soletta in c.a. da 0,20m di spessore.

L'indeformabilità della sezione è garantita da diaframmi reticolari intermedi realizzati con profili composti, posti ad interasse longitudinale tipico pari a 4,85 m. Per la stabilità delle anime vengono predisposti irrigidimenti verticali d'anima posti ad interasse longitudinale pari a 2,425 m.

L'impalcato presenta uno sviluppo in asse di 97 m (distanza asse appoggi) ed è costituito da travi in acciaio poste ad interasse pari a 3,0 m e soletta in c.a. di larghezza 8,2 m.

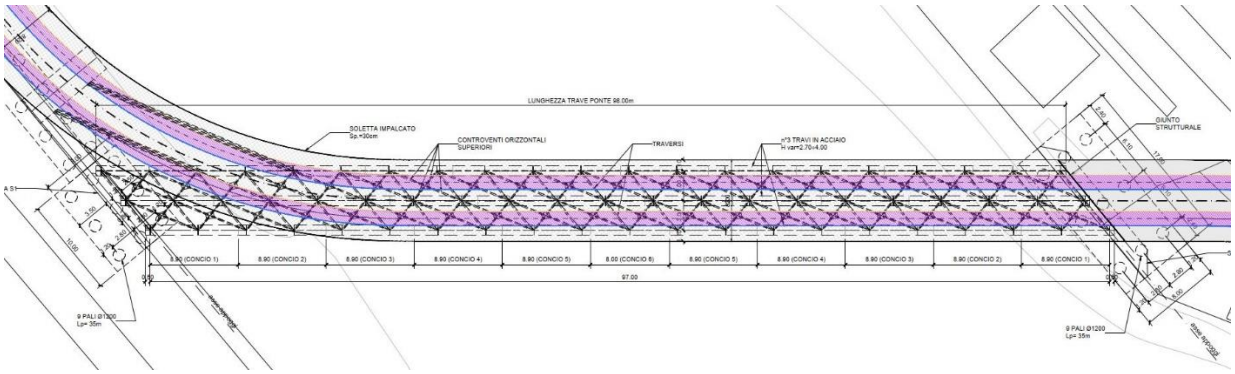


Figura 14. Ponte di Brignole – Planimetria

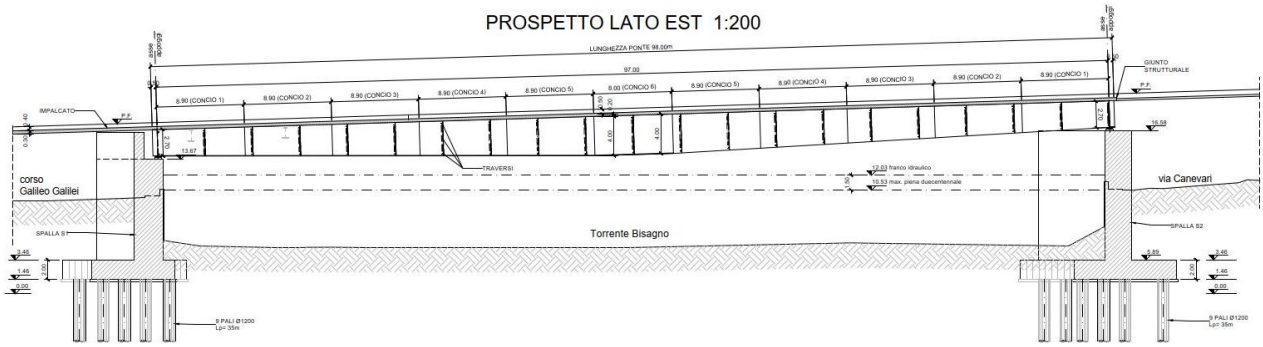


Figura 15. Ponte di Brignole - Prospetto

2.4 Organizzazione del sistema di cantierizzazione

2.4.1 Modalità operative fasi lavorative

Affinché la cantierizzazione non abbia un impatto eccessivamente negativo sullo svolgimento delle attività presenti lungo le aree di cantiere e sui flussi di traffico attuali, sia pedonale che veicolare, le lavorazioni andranno eseguite per fasi, avendo l'accortezza di individuare percorsi viabilistici alternativi per sopperire all'eventuale chiusura parziale o toltale di corsie viarie in prossimità delle aree interessate dalle lavorazioni.

Le attività principali da realizzare (a cui corrispondono diverse configurazioni di cantiere) si possono suddividere in:

- OOCC puntuali;
- OOCC di linea;
- Armamento e impianti;
- Campi base – parcheggio scambiatore;
- Fermate/stazioni.

Il cronoprogramma dei lavori pone l'inizio delle attività a luglio 2024, per terminare le attività entro la metà del 2027. Questo al fine di rispettare le tempistiche richieste dalla Stazione Appaltante, che seguono i requisiti del finanziamento ministeriale ricevuto, ossia fine lavori entro il 2027.

Pertanto, sono state previste in parallelo quelle attività necessarie a contrarre i tempi per stare nelle scadenze richieste. Anche l'adozione di elementi prefabbricati e la cantierizzazione dell'opera seguono l'obiettivo dato da questi presupposti temporali.

La durata tutale dei lavori è stata stimata di 1221 giorni, cioè da giugno 2024 a maggio 2027.

Per un maggiore dettaglio del cronoprogramma dei lavori si rimanda all'elaborato MGE1PRLVGENCOMR004-00_A.

2.4.2 Sistema della cantierizzazione

Per l'esecuzione delle opere in oggetto va precisato che saranno presenti vincoli soprattutto a livello viabilistico e idraulico/ambientale (numerose opere d'arte) che non consentiranno numerosi interventi contemporanei. Inoltre, alcune lavorazioni dovranno avvenire necessariamente in concatenazione ad altre o in progressione sequenziale, ponendo quindi dei precisi vincoli nella sequenza delle attività.

Le principali ipotesi che comunque dovranno essere prese in considerazione per la progettazione delle cantierizzazioni sono le seguenti:

- L'organizzazione dei cantieri in "aree di lavoro" differenziate per minimizzare l'impatto con il contesto di intervento;
- La previsione di aree di cantiere da adibire deposito materiale, installazione baracche, parcheggio mezzi, ecc.

Nell'organizzazione di dettaglio dei cantieri e durante la realizzazione delle opere si dovrà comunque tener presente i seguenti condizionamenti:

- Garantire gli accessi ai passi carrai;
- Garantire gli accessi ai mezzi di emergenza;
- Garantire per quanto più possibile la viabilità in prossimità dei cantieri della Skymetro (il periodo di eventuali interruzioni di viabilità dovrà essere limitato per il tempo strettamente necessario ai lavori);
- Garantire la realizzazione di itinerari alternativi per il traffico pubblico e privato in grado di garantire il più possibile livelli di sicurezza e livelli di prestazione analoghi a quelli originali;
- Evitare, per quanto possibile, la sovrapposizione di cantieri di natura diversa da quelli strettamente legati alla realizzazione della Skymetro;
- Garantire la movimentazione dei mezzi pesanti al di fuori degli orari di punta del traffico cittadino;
- Studiare la viabilità alternativa in funzione dell'entità del cantiere e della tipologia dello stesso;
- Predisporre tutta la segnaletica orizzontale e verticale necessaria per la viabilità provvisoria; essa dovrà garantire condizioni di sicurezza, chiarezza e visibilità per il traffico pubblico e privato;
- Predisporre una campagna di informazione e di concentrazione tra tutte le organizzazioni coinvolte per quanto riguarda il traffico, la viabilità provvisoria, gli interventi sui sottoservizi, gli accessi carrai, l'accesso agli esercizi commerciali, ecc… (cittadini, esercenti commerciali, pubblici servizi, vigilanza urbana, organi comunali, ecc.).

2.4.2.1 Aree di cantiere fisso

Si prevede l'individuazione di 2 aree di cantiere Base (CB01 e CB02) a nord del capolinea Molassana in adiacenza a Via Sponda Nuova (SS45). L'accesso principale ai campi base avverrà attraverso la SS45.

Per quanto concerne l'area CB01 si prevede un'area complessiva pari a 5'400 mq. Una parte di questa area sarà adibita a stoccaggio materiali.

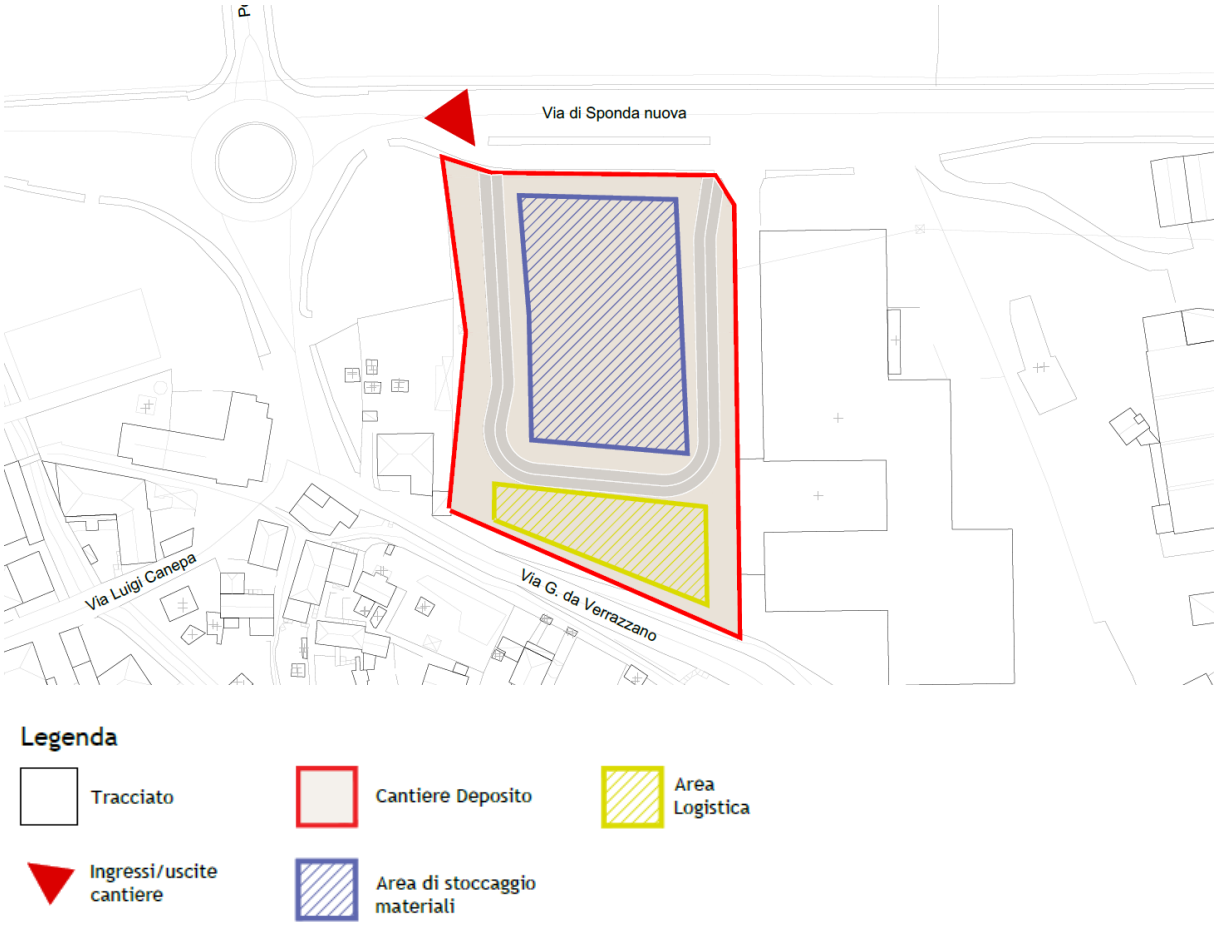


Figura 16. Area Campo Base CB01

Per quanto concerne l'area CB02 si prevede un'area (suddivisa in 2 parti dalla presenza di un canale esistente) complessiva pari a 4'100 mq. Una parte di questa area sarà adibita a stoccaggio materiali.

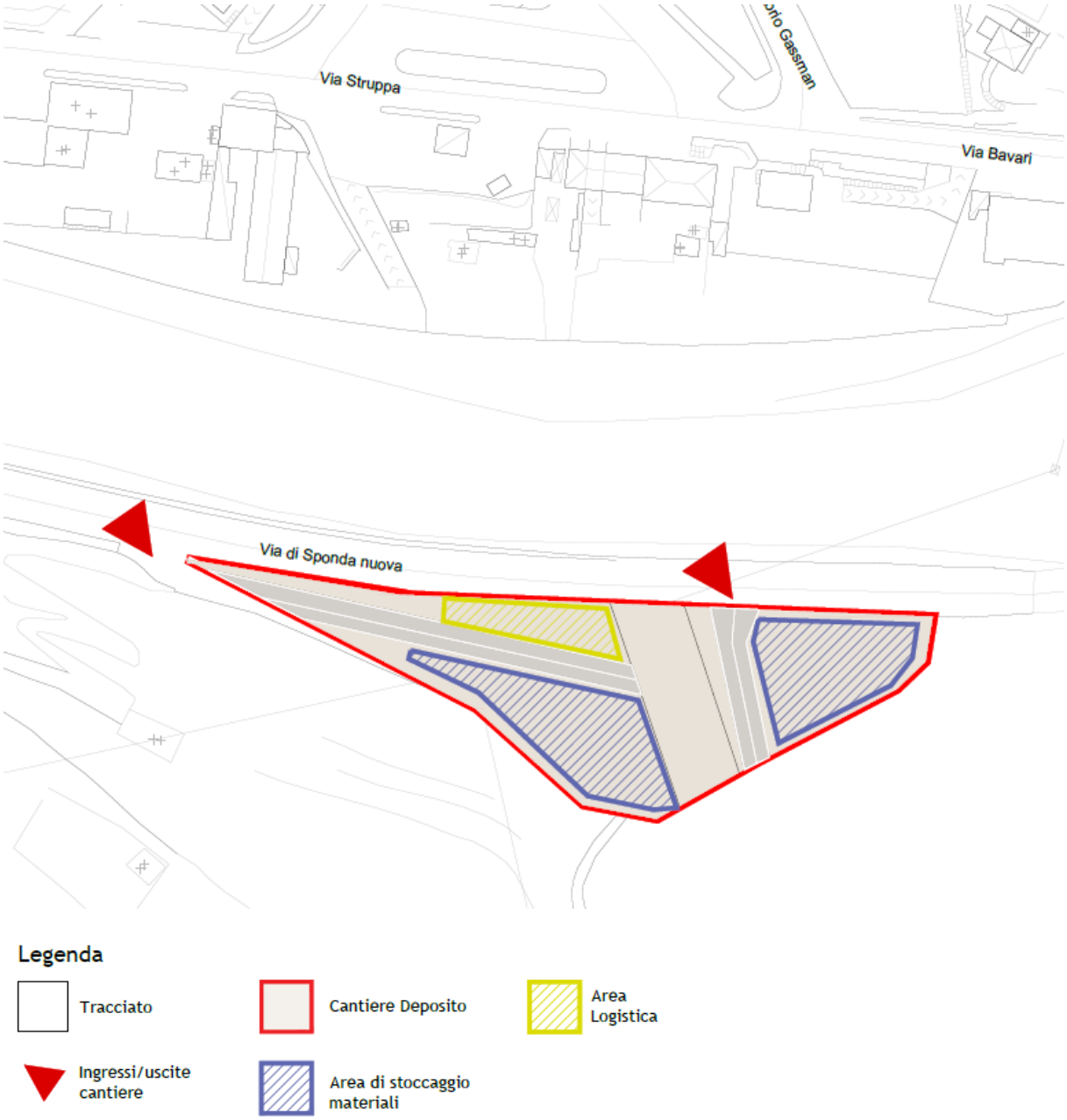


Figura 17. Area Cantiere Base CB02

2.4.2.2 Aree di cantiere per le opere di linea e per le opere puntuali

Per la realizzazione della Skymetro e delle opere connesse saranno presenti 2 tipologie di cantiere, una relativa alle opere puntuali e una relativa alle opere di linea.

Le opere puntuali, sono propedeutiche a quelle di linea, e si riferiscono:

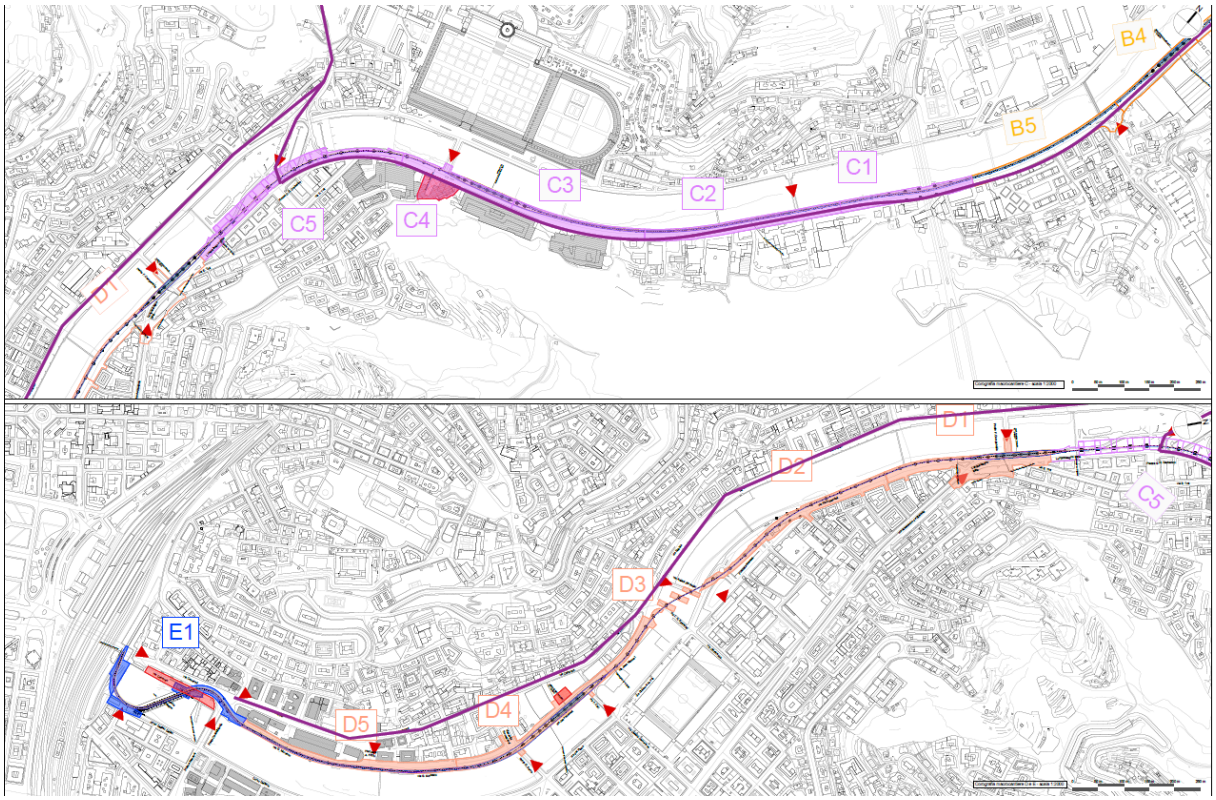
- allo spostamento di sottoservizi interferenti;
- alle attività di demolizioni necessarie;
- alla realizzazione fondazioni profonde;
- alle realizzazioni delle pile dell'impalcato della Skymetro;
- alla realizzazione di opere connesse alla Skymetro come il nuovo Ponte sul Bisagno in prossimità della stazione di Brignole.

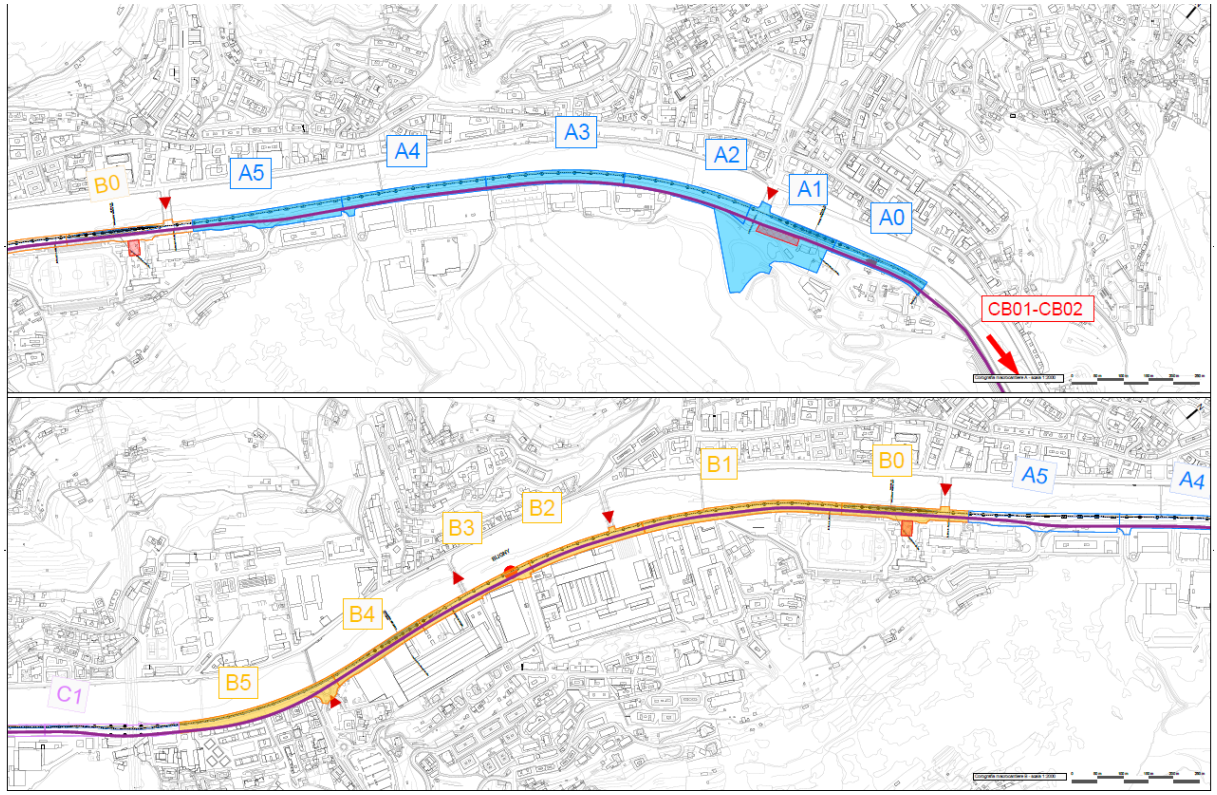
Per opere di linea si considera:

- il varo delle travi dell'impalcato linea e del Ponte sul Bisagno;
- il montaggio di coperture, pareti e dei parapetti;
- installazione armamento e dei cavidotti di linea;
- tutte le opere tecnologiche.

La cantierizzazione della nuova Skymetro e delle opere connesse in base alla localizzazione delle stesse, alla morfologia dell'ambiante circostante, al tessuto urbano attraversato, alle interferenze con infrastrutture esistenti e alle metodologie costruttive ipotizzate è stata concepita individuando 5 Macrocantieri relativi principalmente alle lavorazioni di linea:

- Macrocantiere A da Ponte Ugo Gallo a fine tracciato;
- Macrocantiere B dal ponte Ugo Gallo a via Laiasso;
- Macrocantiere C da via Laiasso a via Enrico Toti;
- Macrocantiere D da via Enrico Toti a Ponte Castelfidardo;
- Macrocantiere E dal Ponte Castelfidardo alla Stazione Genova Brignole.





Cantiere A - Ponte Ugo Galli - fine tracciato

Cantiere C - via Enrico Toti - Via Laiasso

Cantiere E - Ponte Castelfidardo - Stazione Genova Brignole

Cantiere B - Ponte Ugo Gallo - via Laiasso

Cantiere D - Ponte Castelfidardo - Via Enrico Toti

Campo Base CB1 - CB2

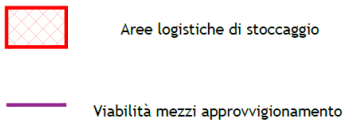


Figura 18. Corografia Aree di cantiere

Alcuni di questi macrocantieri in base alle viabilità di accesso, alla viabilità esistente e alla sequenza temporale di realizzazione delle opere sono stati suddivisi in cantieri più piccoli relativi principalmente alla realizzazione delle opere puntuali propedeutiche alle lavorazioni di linea.

2.4.2.3 Aree logistiche e stoccaggio materiali

Nella cantierizzazione della nuova Skymetro si prevede la predisposizione di apposite aree sia con funzione logistica che per lo stoccaggio provvisorio di medio-lungo termine dei materiali, nonché per il ricovero dei mezzi d'opera.

Tali aree sono state individuate presso le aree Campi Base, presso l'area di cantiere del futuro Ponte sul Bisagno (cant. E1) e presso aree lungo linea in prossimità delle fermate Molassana (cant. A1), San Gottardo (cant. B1), Staglieno (cant. C4) e Romagnosi (cant. D4).

In queste aree saranno allestiti i principali servizi di base, quali servizi igienici e sanitari, spogliatoi, infermeria, parcheggi e officina.

La realizzazione di tali aree comporta una rapida predisposizione delle stesse mediante lavorazioni che implicano la sola regolarizzazione delle superfici, non dovrebbero pertanto essere necessarie opere provvisionali di particolare impegno e/o difficoltà.

Le aree di stoccaggio saranno preparate e livellate in modo da facilitare lo scarico, il carico e l'ispezione dei materiali. La pavimentazione sarà realizzata con pietrisco stabilizzato di cava; tra il terreno e la pavimentazione verrà montato uno strato di geotessile non tessuto di separazione, al fine di ristabilizzare la superficie vergine del terreno alla fine della lavorazione. Per i mezzi meccanici presenti, verranno realizzate delle piazzole di sosta specifiche con pavimentazione impermeabile al fine di scongiurare la caduta di grassi o oli idrocarburi sul terreno e quindi la filtrazione nelle acque di falda.

Si prevedono inoltre varie aree di stoccaggio materiale provvisorio in piccole zone presso i cantieri per la realizzazione delle opere puntuali e di linea dove poter stoccare materiale di immediato utilizzo.

In tutti i cantieri dovranno essere previsti anche delle aree dove verranno posizionati i WC chimici e le baracche di cantiere.

2.4.2.4 Viabilità

Altra importante interferenza di cui si è tenuto conto è la viabilità sottostante l'infrastruttura, che si è cercato di mantenere il più possibile inalterata rispetto all'esistente, garantendo sempre le larghezze minime necessarie anche per il transito dei mezzi pubblici e/o pesanti. Dal punto di vista del trasporto pubblico nella tratta iniziale in sponda destra del Bisagno, si è tenuto conto, in particolare, della presenza del progetto dell'asse di forza, che sarà realizzato a breve, mantenendo le corsie preferenziali laddove previsto.

2.4.3 Principali modalità costruttive

Le opere da realizzare verranno affrontate secondo quattro diverse modalità costruttive:

1. costruzione da terra per le seguenti parti d'opera:

- spostamento sottoservizi interferenti;
- parte delle fermate di linea/stazioni;
- fondazioni e pile;
- sistemazioni urbane;
- parcheggi.

2. costruzione con varo in quota delle travi costituite da conci prefabbricati per le seguenti parti d'opera (cantiere parte in quota e parte da terra in corrispondenza della campata da varare):

- linea Skymetro macrocantieri A, B, C, D;

3. costruzione del nuovo Ponte sul Bisagno viadotto:

- linea Skymetro macrocantiere E.

4. completamento fermate/stazioni, realizzazione armamento e impianti (cantiere in quota) saranno presenti solo delle aree piccole aree a terra per lo stoccaggio materiali:

- linea Skymetro macrocantiere A, B, C, D, E.

2.4.3.1 Costruzioni da terra (OOCC puntuali)

Ovviamente non sarà possibile evitare i cantieri mobili relativi alle opere puntuali in particolare per la realizzazione delle pile e delle relative fondazioni, da realizzare prima di iniziare le operazioni di varo.

Molti di questi cantieri a causa della vicinanza viabilità esistente potranno avere un impatto sulla circolazione viaria, si tratta comunque di interferenze limitate nel tempo e negli spazi occupati a terra, che dovranno essere valutate nel dettaglio nelle successive fasi progettuali e durante la fase esecutiva.

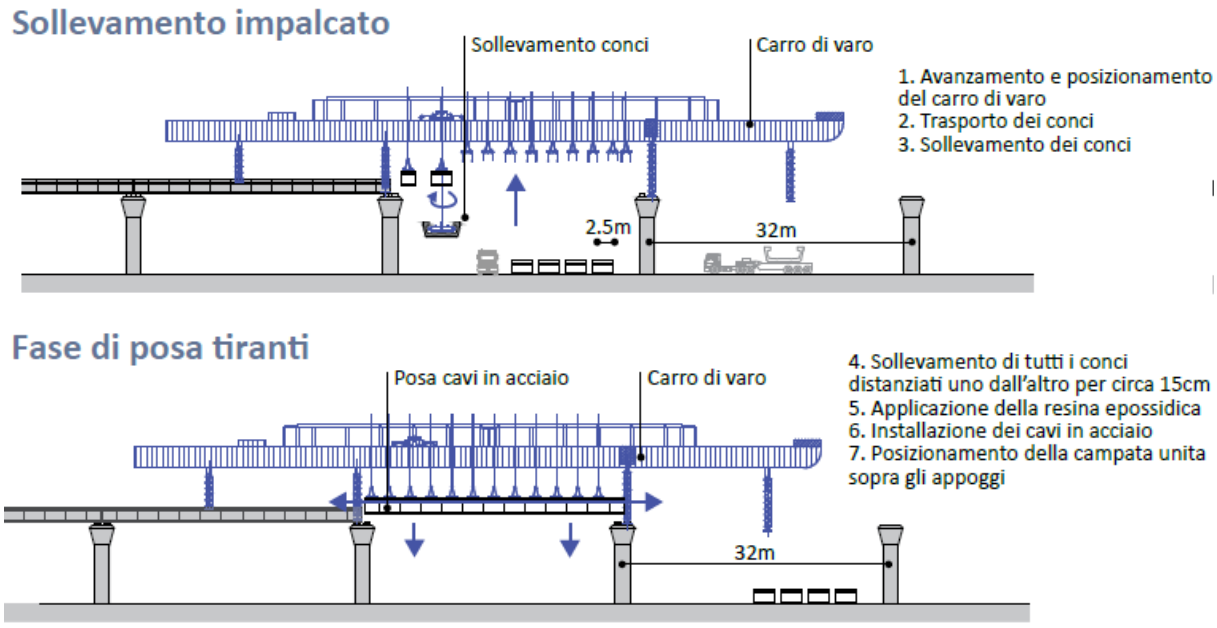
Per la realizzazione di molte pile dell'impalcato che costituirà la sede della Skymetro vista la vicinanza con l'argine del fiume è stato previsto, a seguito della realizzazione di opere provvisionali, la demolizione parziale del muro d'argine esistente, la realizzazione di pile tramite cantiere interno all'alveo del Bisagno e il successivo rispristino del muro d'argine.

2.4.3.2 Costruzioni con varo travi costituite da conci prefabbricati (OOCC di linea)

Fermo restando la necessità dei cantieri mobili da realizzare in sequenza per la costruzione delle pile, è possibile ridurre molto le interferenze dovute alla realizzazione delle vie di corsa in viadotto con l'uso della tecnologia del carro-varo per le travi costituite da conci prefabbricati.

Si ipotizza il trasposto dei conci prefabbricati (eventualmente stoccati presso le aree di stoccaggio CB01 e CB02 o presso le aree di stoccaggio lungo linea) mediante viabilità stradale prevedendo un cantiere mobile a terra solo in corrispondenza della campata da varare e di quelle immediatamente adiacenti.

Mediante il carro varo in quota si prevede il sollevamento di tutti conci della campata l'applicazione della resina epossidica, l'installazione dei cavi in acciaio e il successivo posizionamento della campata unita sopra gli appoggi.



Il varo delle travi, realizzato in quota, permette di realizzare l'intero viadotto con impatto ridotto sull'operatività delle infrastrutture sottostanti se non nel breve tempo necessario alle operazioni di varo e sempre limitatamente alla singola campata correntemente in costruzione.

2.4.3.3 Realizzazione Armamento e impianti tecnologici e finiture (di linea)

A seguito della realizzazione e varo travi impalcato si eseguiranno le attività relative all'armamento alla realizzazione degli impianti tecnologici e alle finiture, le attività si svolgeranno tutte dall'alto si potranno prevedere dei piccoli cantieri mobili a terra in prossimità delle aree attive per stoccaggio e trasposto materiale.

2.4.3.4 Costruzione del nuovo Ponte sul Bisagno viadotto

Una trattazione a parte merita il Il cantiere per la realizzazione del nuovo ponte sul Bisagno per il quale si prevedono le seguenti fasi lavorative

- Operazioni propedeutiche (BOE Spostamento sottoservizi);
- Demolizioni scavi;
- Realizzazione fondazioni spalle tramite palificatrici fuori argine;
- Realizzazione elevazioni spalle;

- Allestimento travi metalliche ponte;
- Realizzazione pile provvisorie in alveo;
- Varo travate metalliche su Spalle e pile provvisorie tramite Autogru;
- Saldatura travate metalliche in quota;
- Realizzazione soletta ponte;
- Realizzazione opere di raccordo con nuovo ponte metallico (comprensivo di demolizioni e ripristino argini esistenti).

L'area di cantiere sarà costituita da parte in alveo, una parte in prossimità della spalla su Corso Galileo Galilei e una parte su via Canevari.

PARTE B – ANALISI DEGLI ASPETTI AMBIENTALI

3. PIANIFICAZIONE E TUTELA TERRITORIALE

3.1 Pianificazione territoriale e locale

In merito allo stato della pianificazione territoriale e locale, nonché ai relativi contenuti, nell'ambito della presenta relazione l'attenzione è stata centrata sullo stato approvativo.

A tal riguardo, i livelli e gli strumenti di pianificazione presi in considerazione sono riportati nella seguente tabella:

Ambito	***Strumento***	***Estremi approvativi***
Regionale	Piano territoriale di coordinamento paesistico (Ptcp)	Approvato con deliberazione del Consiglio regionale n.6 del 26 febbraio 1990, e smi
Provinciale	Piano Territoriale di coordinamento provinciale PTCp	Approvato con D.C.P. n.1 del 22/01/2022
Comunale	Piano Urbanistico Comunale di Genova PUC	Procedimento concluso con DD n° 2015/118.0.0./18, entrato in vigore il 3/12/2015

Ai sensi dell'art. 3, 3 bis, 4 e 5 della LR 36/1997 e ss.mm.ii., gli strumenti per l'uso e la tutela del territorio a livello regionale, sono:

- il Piano territoriale regionale (PTR);
- il Piano paesaggistico.

Per quanto concerne il Piano territoriale regionale (PTR), con la deliberazione n.110 del 18 febbraio 2020, la Giunta regionale ha approvato, ai sensi dell'articolo 14 della LR n.36/1997, il Documento preliminare del progetto di Piano territoriale regionale e il relativo Rapporto ambientale preliminare. È stato quindi elaborato il progetto del Ptr sulla base del documento preliminare e tenuto conto degli esiti della fase di consultazione VAS e delle osservazioni, proposte e contributi ricevuti. Il Ptr è stato quindi adottato dal Consiglio Regionale con dcr n 2 del 25/01/2022 e 21/02/2022 e conseguentemente a partire dall'avviso pubblicato sul Burl n.12 del 23 marzo 2022 ha preso avvio la fase di pubblicazione del Piano, ai sensi dell'art.14, della LR n.36/1997.

Infine, si evidenza che la Regione Liguria, il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo e il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare hanno sottoscritto nell'agosto 2017 un Protocollo d'intesa per l'elaborazione congiunta del Piano Paesaggistico esteso a tutto il territorio regionale, secondo quanto previsto dal Codice dei beni culturali e del paesaggio. Il 19 ottobre 2017 si è insediato il Comitato tecnico che coordina la redazione del Piano, come stabilito dal disciplinare attuativo dell'intesa. Il 18 aprile 2019 con d.g.r. n.334 la Giunta regionale ha approvato il documento preliminare del Piano paesaggistico, secondo quanto previsto dalla LR 36/1997, costituito da Rapporto

preliminare e schema di Piano. Con tale atto è stata avviata la fase di scoping di cui all'articolo 8 della LR 32/2012 e le attività di consultazione previste dall'articolo 14bis della LR 36/1997.

L'articolo 68 della stessa legge, come modificato dall'articolo 15 della LR n.15/2018, stabilisce che "fino all'approvazione del Piano paesaggistico, si applica il Piano territoriale di coordinamento paesistico Ptcp approvato con deliberazione del Consiglio regionale n.6 del 26 febbraio 1990, e successive modificazioni e integrazioni, limitatamente all'assetto insediativo del livello locale, con le relative norme di attuazione in quanto applicabili".

A livello provinciale, per quanto riguarda la Città metropolitana di Genova, la pianificazione territoriale generale svolge il ruolo di organizzazione generale del territorio metropolitano riguardo ai temi insediativi, al sistema dei servizi ed alle infrastrutture attinenti all'ambito metropolitano, anche al fine della adozione del piano strategico per lo sviluppo socio-economico del relativo territorio, e riguardo alla gestione integrata dei servizi, delle infrastrutture e delle reti di comunicazione di interesse metropolitano, anche in forma associata. Lo strumento della pianificazione territoriale generale della Città metropolitana è rappresentato da:

- il Piano territoriale generale della Città metropolitana.

A livello comunale, infine la LR ribadisce che la pianificazione territoriale ha ad oggetto la disciplina del soprassuolo e del sottosuolo ed è volta a tutelare l'integrità fisica e l'identità culturale del territorio, a valorizzare le risorse ambientali e le economie locali, a favorire il governo del territorio nelle sue diverse componenti disciplinando prioritariamente gli interventi di recupero, di riqualificazione e di rigenerazione urbana e di prevenzione del dissesto, di mantenimento e di riqualificazione del patrimonio agricolo-rurale compatibili con i valori storico-culturali, paesaggistici ed ambientali e prevedendo le trasformazioni territoriali ammissibili sulla base degli atti di pianificazione territoriale di livello sovra comunale.

Gli strumenti della pianificazione territoriale di livello comunale sono

- il Piano urbanistico comunale (PUC),
- i Progetti urbanistici operativi (PUO),

anche mediante formazione di PUC e PUO intercomunali.

Per ulteriori approfondimenti e dettagli riguardo lo stato di pianificazione territoriale e locale si rimanda al documento "MGE1PRLVAMBCOMR003-00_A_*Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".*

3.2 Il sistema dei vincoli e delle discipline e di tutela paesistico-ambientale

Per il progetto in esame, le tipologie di vincoli rispetto ai quali la soluzione prescelta è stata oggetto di approfondimento sono le seguenti:

- Beni culturali di cui alla parte seconda del D.lgs. 42/2004 e smi e segnatamente dicui all'art. 10 del citato decreto
- Beni paesaggistici di cui alla parte terza del D.lgs. 42/2004 e smi e segnatamente ex artt. 136 "Immobili ed aree di notevole interesse pubblico" e 142 "Aree tutelate per legge"

- Aree naturali protette, così come definite dalla "Legge quadro sulle aree protette" Legge n.394/91 recepita dalla L.R. n.33 del 01/09/93, ed aree della Rete Natura 2000
- Vincolo idrogeologico ai sensi del RDL 3267/1923

Di sotto è riportata una tabella che definisce le interferenze tra cantiere e vincoli:

ID CANTIERE	TIPOLOGIA	VINCOLO PAESAGGISTICO
Macrocantiere A	Cantiere di linea	Vincolo idrogeologico ai sensi del RDL 3267/1923; Art. 142 lettera g) del D.Lgs 42/2004 (PUC Genova) "Aree tutelate per legge comprendono altresì "i territori coperti da foreste e boschi, …"
Cantiere CB02	Cantiere base	Vincolo idrogeologico ai sensi del RDL 3267/1923
Cantiere CB02	Cantiere di base	Art. 142 lettera g) del D.Lgs 42/2004 (PUC Genova) "Aree tutelate per legge comprendono altresì "i territori coperti da foreste e boschi, …"
Cantiere CB01	Cantiere di base	Vincolo idrogeologico ai sensi del RDL 3267/1923

Si segnala, inoltre, la vicinanza delle aree di cantiere di linea con vincoli architettonici puntuali e con aree di notevole interesse pubblico.

Per ulteriori approfondimenti circa il quadro vincolistico e tutela ambientale si rimanda all'elaborato "MGE1PRLVAMBCOMR003-00_A_*Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".*

3.2.1 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Sulla base delle verifiche condotte sia a livello di pianificazione che a carico del sistema dei vincoli, per quanto strettamente attiene alla fase di cantiere, si evidenzia la marginalità delle interferenze con la componente; pertanto, in riferimento ai criteri riportati nel capitolo 1.2.3 il livello di significatività stimata è di **livello "B"**

4. POPOLAZIONE E SALUTE UMANA

4.1 Inquadramento demografico

Il presente paragrafo riporta l'analisi della demografia e della distribuzione della popolazione nell'area in esame in riferimento all'ambito provinciale, regionale e nazionale. In particolare, lo scopo è quello di verificare se la presenza dell'infrastruttura rappresenterà un fattore enfatizzante sul sistema antropico complessivo del territorio rispetto alla salute della popolazione.

La popolazione censita in Liguria al 31 dicembre 2021 ammonta a 1.509.227unità (dati ISTAT: censimento permanente), con una riduzione di 9.268 abitanti (-0,61‰) rispetto all'anno precedente e di 58.112 abitanti (-0,62‰ in media ogni anno) rispetto al Censimento 2011.

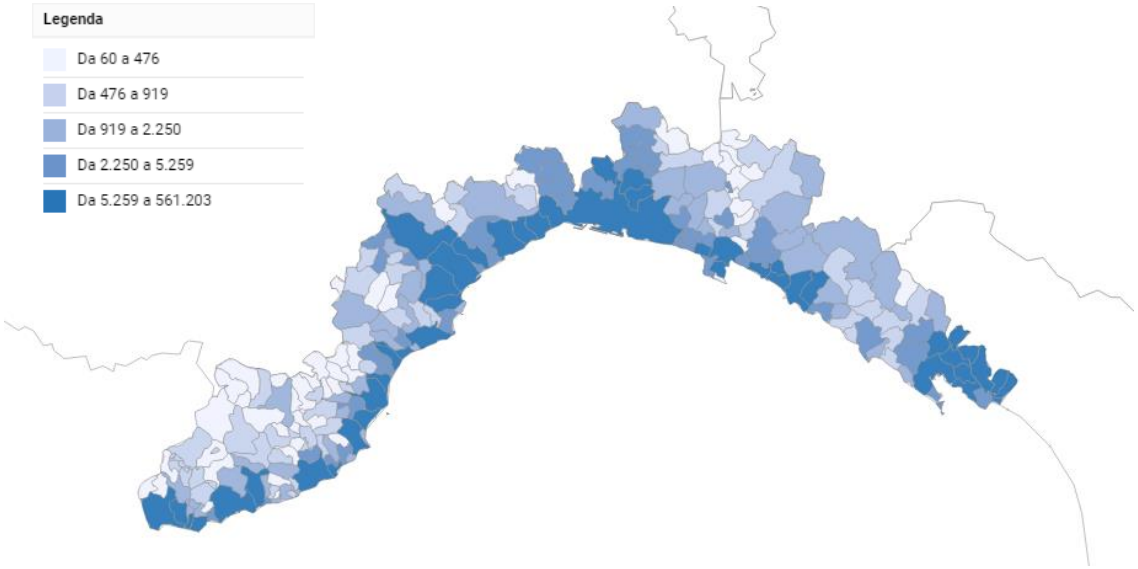


Figura 19. Popolazione residente per Comuni – Regione Liguria (Fonte: ISTAT)

La distribuzione territoriale della popolazione evidenzia un significativo squilibrio tra le aree più interne e quelle della costa ligure, in cui si rilevano i valori più elevati di densità di popolazione.

Nei 67 comuni della Città Metropolitana di Genova, che coprono circa il 34% della superficie regionale, si concentra più della metà della popolazione.

Tabella 1.Distribuzione della popolazione residente nelle province della Liguria nel triennio 2019-2021 (valori in migliaia) (Fonte: tuttitalia.it)

PROVINCIA	NUMERO COMUNI	POPOLAZIONE RESIDENTE		
		2021	2020	2019
Genova	67	817	824	826
Imperia	66	209	209	209
La Spezia	32	215	216	217
Savona	69	268	270	272
Totale Regione	234	1.509	1.518	1.525

La struttura per genere della popolazione residente si caratterizza per una maggiore presenza della componente femminile. Nel 2021 le donne sono 789.650 – il 52 % del totale – e superano gli uomini di 60.805 mila unità.

La popolazione ligure presenta una struttura per età sensibilmente meno giovane di quella italiana, evidenziata anche dalla diversa forma delle piramidi delle età. Con una età media di 49,4 anni contro i 46,2 dell'Italia: il 28,9% dei liguri ha più di 65 anni (il 23,8% a livello nazionale).

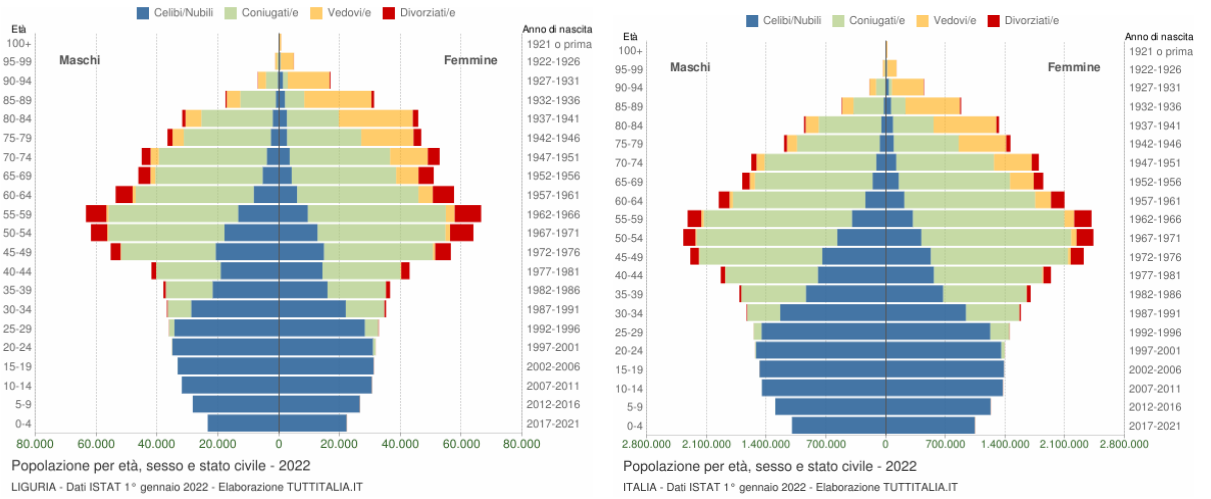


Figura 20. Piramidi delle età della popolazione residente, Liguria e Italia (Fonte: tuttitalia.it)

Il Comune di Genova si estende su una superficie di 240,29 km^2 e presenta una popolazione di 558.745 abitanti (densità abitativa di 2.325,29 abitanti/km^2) di cui 266.393 maschi e 292.352 femmine al 31 dicembre 2021 (dati provvisori relativi all'ultimo anno disponibile da Demo ISTAT, Sito Web). Nel grafico seguente viene analizzato l'andamento nel periodo 2001 – 2021 su base dati ISTAT registrati al 31 dicembre di ciascun anno.

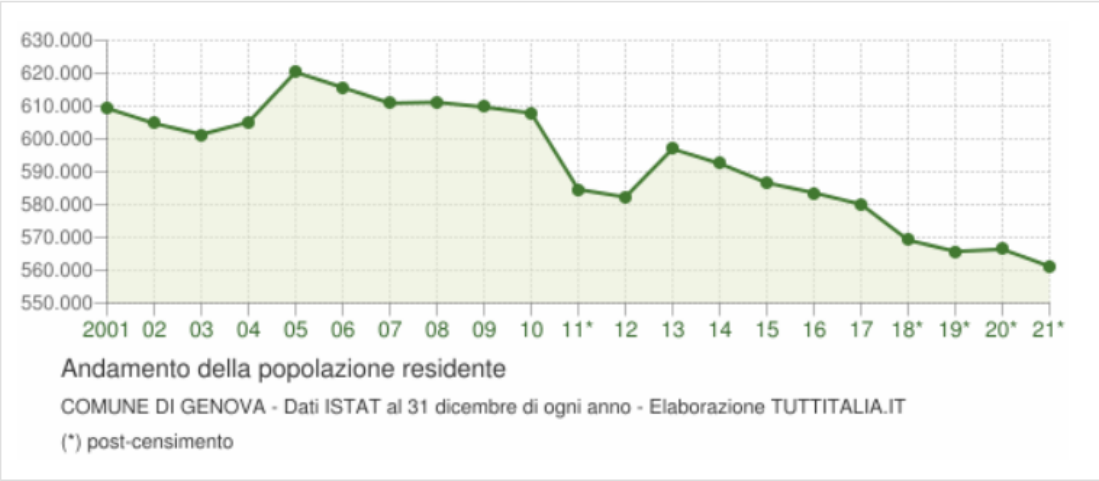


Figura 21. Andamento della popolazione residente nel comune di Genova. Anni 2001-2021 (Fonte: tuttitalia.it)

Nel grafico seguente viene invece riportata la variazione percentuale della popolazione comunale raffrontata con quella provinciale e regionale.

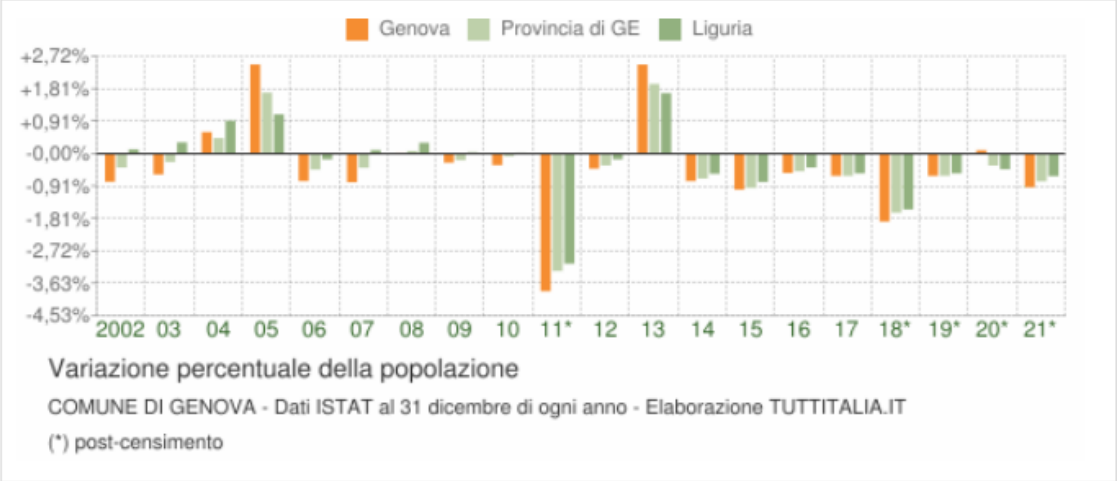


Figura 22. Variazione percentuale della popolazione dal 2001 al 2021 (Fonte: tuttitalia.it)

Le variazioni del Comune di Genova seguono generalmente lo stesso trend delle variazioni provinciali e regionali. Per il Comune le variazioni sono sempre in genere più contenute e di modesta entità. Le variazioni più consistenti si osservano negli anni 2005, 2011, 2013.

Per quanto riguarda la suddivisione della popolazione residente per classi di età, questa viene mostrata nel grafico successivo.

Rappresenta la distribuzione della popolazione residente a Genova per età, sesso e stato civile al 1° gennaio 2022. I dati tengono conto dei risultati del Censimento permanente della popolazione.

La popolazione è riportata per classi quinquennali di età sull'asse Y, mentre sull'asse X sono riportati due grafici a barre a specchio con i maschi (a sinistra) e le femmine (a destra). I diversi colori evidenziano la distribuzione della popolazione per stato civile: celibi e nubili, coniugati, vedovi e divorziati.

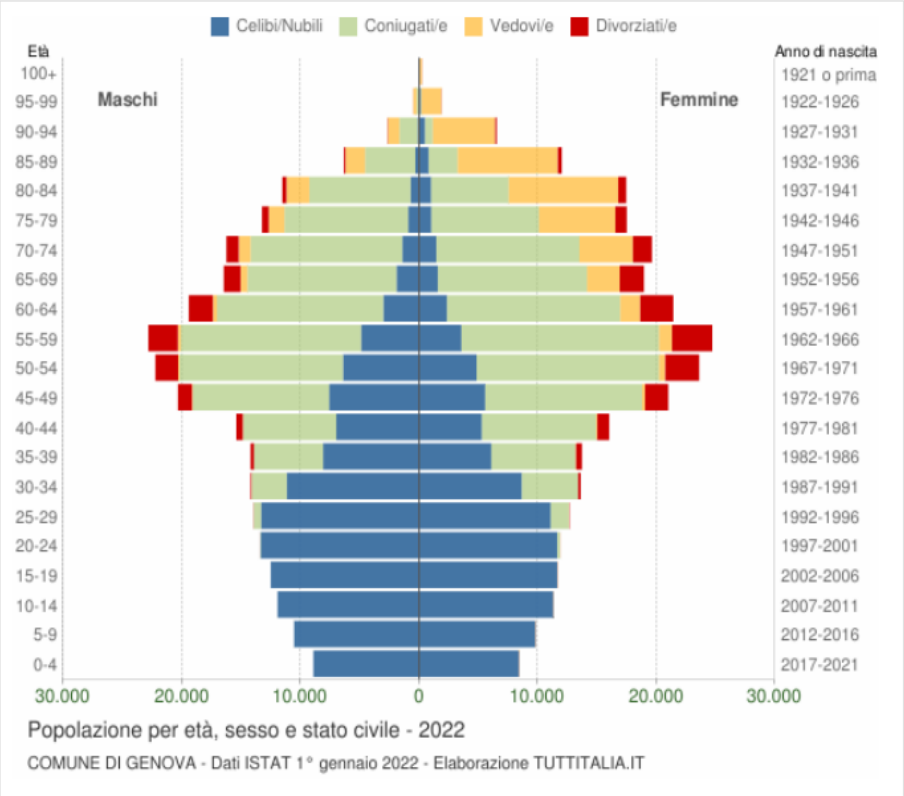


Figura 23. Popolazione per età, sesso e stato civile registrata al 1° gennaio 2022 (Fonte: tuttitalia.it)

4.2 Inquadramento epidemiologico sanitario

Per ottenere un corretto quadro dello stato di salute della popolazione dell'area di studio sono stati analizzati gli ultimi dati disponibili forniti da Istat. In particolare, vengono presentate informazioni sulla mortalità nell'anno 2018.

Per ciascuna patologia, sia causa di morte o di morbosità, l'Istat fornisce, oltre al numero di decessi e ricoverati:

- il dato standardizzato, ossia una media ponderata dei tassi specifici per età, con pesi forniti da una popolazione esterna ed interpretabili come il tasso che si osserverebbe nella popolazione in studio se questa avesse la stessa distribuzione per età della popolazione scelta come riferimento:

$$Tx_{std} = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^{m} w_i} \cdot k$$

dove:

$Ti=casiipopi/$ è il tasso specifico per l'età relativo alla i-ma classe di età nella popolazione in studio;

$casii$ rappresenta il numero di eventi osservati nella popolazione in studio nella classe di età i-ma;

$popi$ rappresenta la numerosità della popolazione in studio nella i-ma classe di età;

wi rappresenta il peso che ciascuna classe di età assume nella popolazione di riferimento;

m è il numero di classi di età considerate nel calcolo del tasso;

k una costante moltiplicativa che è stata posta pari a 100.000 nella mortalità e pari a 1000 nelle ospedalizzazioni;

La tabella seguente sintetizza le varie cause di morte e di morbosità tipicamente associate alla tossicità di inquinanti atmosferici e al disturbo causato dall'inquinamento acustico.

Cause di morte
Tumori
Tumori maligni
Tumori maligni a trachea bronchi e polmoni
Sistema cardiovascolare
Malattie del sistema circolatorio
Apparato respiratorio
Malattia dell'apparato respiratorio
Sistema nervoso
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso
Disturbi psichici

A seguire nella Tabella sono riportati i dati dati relativi alla mortalità registrati e calcolati dall'Istat relativi al 2020. Si ricorda che oltre ai dati provinciali di Genova, sono riportati anche i valori relativi alla regione Liguria e a livello nazionale.

Tabella 2. Mortalità per territorio di evento (Fonte: dati.istat.it)

	AREA	DECESSI	
		UOMINI	DONNE
Tumori maligni	Genova	1.604	1.400
	Liguria	2.831	2.451
	Italia	92.777	75.436
Tumori maligni a trachea, bronchi e polmoni	Genova	392	187
	Liguria	679	326
	Italia	22.188	10.110
Malattie sistema circolatorio	Genova	1.761	2.549
	Liguria	3.236	4.457
	Italia	98.850	128.500
Malattie del sistema respiratorio	Genova	588	492
	Liguria	1.056	887
	Italia	30.623	26.490
Malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	Genova	323	440
	Liguria	544	746
	Italia	14.539	18.625
Disturbi psichici	Genova	147	351
	Liguria	276	609
	Italia	8.850	18.121

Dallo studio del contesto epidemiologico effettuato sui dati messi a disposizione dall'Istat, è stato possibile confrontare lo stato di salute relativo alla Provincia di Genova con i valori dell'ambito regionale. Ne è emerso che le cause di decesso maggiormente incidenti risultano essere le malattie del sistema circolatorio, seguite dai tumori maligni e dalle malattie del sistema respiratorio.

In linea generale, confrontando i dati provinciali, con quelli regionali e nazionali, che per l'ambito in esame non sono presenti situazioni critiche sul piano della salute pubblica.

4.2.1 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Sulla base dello studio del contesto epidemiologico effettuato e sinteticamente riportato nei paragrafi precedenti sui dati messi a disposizione dall'Istat, è stato possibile inquadrare lo stato di salute della popolazione della Provincia di Genova rispetto a quello in ambito regionale e nazionale.

Dal quadro esaminato, si evince che lo stato di salute generale della popolazione nella Provincia di Genova, non scostandosi dalle medie generali regionali in merito a mortalità, non è interessato da specifici fattori di criticità. Si ricorda, inoltre, come gli eventuali fattori di pressione dovuti alla realizzazione dell'opera siano transitori e legati alla durata delle lavorazioni.

Stanti i fattori di specificità del caso in esame e, in tal senso, a fronte di quanto a tal riguardo illustrato nei precedenti paragrafi, riferiti rispettivamente alla descrizione del progetto nel suo complesso e alla analisi ambientale delle opere e del sistema di cantierizzazione, la modifica delle condizioni di esposizione della popolazione all'inquinamento può essere essenzialmente ricondotta alle tipologie di effetti con riferimento alle azioni di progetto che ne sono all'origine.

Gli aspetti del progetto che possono influire sullo stato di salute pubblica riguardano principalmente le emissioni di inquinanti nella matrice aria e l'alterazione del clima acustico.

I seguenti fattori ambientali saranno trattati, di seguito, nei relativi capitoli dedicati, attraverso l'analisi delle interferenze prodotte dal progetto sulle singole componenti ambientali. Di seguito si riportano, in modalità di sintesi, i risultati ottenuti dalle analisi sulle componenti atmosfera e rumore.

- Componente atmosfera: Secondo quanto emerso dalle simulazioni effettuate nella presente fase di progettazione, tutti i parametri inquinanti hanno restituito dei livelli di concentrazione ampiamente inferiori ai limiti di legge. I valori stimati massimi non impattano significativamente sulla qualità dell'aria esistente, sebbene tale impatto non sia del tutto trascurabile. Per ulteriori dettagli si rimanda al cap. 6.4 "Aria e Clima".

- Componente rumore: Dal punto di vista quantitativo, sulla base dei risultati delle simulazioni effettuate, vista la natura delle opere previste dal progetto, la possibile tipologia di macchinari impiegabili e l'entità delle opere da realizzare, si ritiene che durante le attività di costruzione possano essere rilevati livelli di rumorosità superiore ai limiti normativi in corrispondenza degli edifici più prossimi alle aree di cantiere. Tale effetto, laddove possibile, potrà essere contrastato mediante il ricorso a specifiche misure di mitigazione. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al Cap. 6.1 "Clima acustico".

Pertanto, tenendo conto che le aree di cantiere saranno attive per un tempo limitato, legato alla realizzazione dell'opera, in riferimento ai criteri riportati nel capitolo 1.2.3 il livello di significatività stimata è di **livello "B".**

5. RISORSE NATURALI

5.1 Suolo

5.1.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

5.1.1.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

Prima di entrare nel merito, si ricorda che, per ogni maggiore dettaglio, è possibile consultare la Relazione Geologica e gli specifici elaborati di progetto.

Il tracciato di progetto si sviluppa dalla zona di Brignole a Molassana e risale la Val Bisagno mantenendosi in fondovalle. Oltre l'attraversamento previsto su un ponte che supera diagonalmente l'alveo collegando la sponda sinistra, all'altezza di Corso Galliera, con la sponda destra, in zona Via Canevari – ponte di sant'Agata, l'infrastruttura risale la valle in sponda destra fino a Marassi e si porta quindi in sponda idrografica sinistra, dove resta fino a Molassana.

I lineamenti geomorfologici della valle evidenziano che dopo un primo andamento all'incirca Nord-Sud, all'altezza del Cimitero di Staglieno l'asse piega progressivamente verso Est. Dopo Molassana assume definitivamente una direzione Est/Ovest fino a Bargagli.

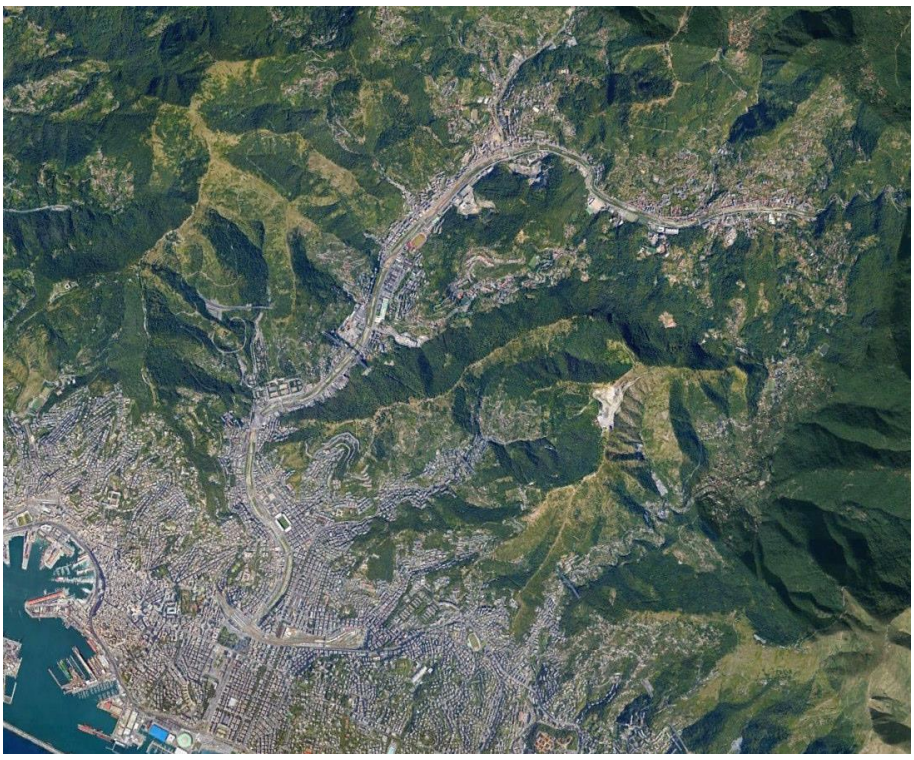


Figura 24. Veduta aerea della Val Bisagno (Google Earth)

Facendo riferimento all'allegato 4 e all'allegato 5 della Relazione Geologica, cioè allo stralcio della Carta Geologica d'Italia, Foglio 213-230 Genova e allo stralcio della Carta Geologica del Piano Urbanistico Comunale del comune di Genova, è possibile ottenere indicazioni rispetto alle formazioni geologiche

presenti a substrato, ai depositi alluvionali quaternari, ai principali corpi detritici e ai riporti antropici di particolare estensione e rilevanza.

Argilliti di Montoggio

La più antica formazione geologica della Val Bisagno è rappresentata dalle Argilliti di Montoggio, che comprende argilliti manganesifere di colore grigio nero, con livelli varicolori da rosso a verde, ad accentuata scistosità. Includono anche intercalazioni di strati centimetrici e decimetrici calcarei e arenacei. Dal punto di vista stratigrafico costituiscono la base del Flysch calcareo di Monte Antola e sono morfologicamente distinguibili perché originano blande pendenze in contrasto con i ripidi pendii calcarei. L'assetto strutturale scistoso le rende fittamente scagliettate e tipicamente degradate in un detrito scaglioso a matrice argillosa per alterazione, nei livelli più superficiali. Le argilliti rappresentano una superficie netta di discontinuità rispetto al soprastante ammasso calcareo e, insieme a questo, costituiscono l'Unità Tettonica Antola.

Formazione di Monte Antola

È il livello superiore dell'Unità tettonica Antola e comprende torbiditi calcareo marnose, marne e marne calcaree e, in subordine, argilliti talora scistose in strati decimetrici e bancate calcareo arenacee. Nell'ambito genovese prevale la componente calcarea e calcareo marnosa (70-80%), che si presenta in strati di spessore da sub metrico a metrico, di colore grigio. Le litologie eterogenee che compongono il flysch hanno comportamenti deformativi diversi essendo più rigidi I calcari arenacei e i calcari e progressivamente più duttili le marne e le argilliti. Anche lo stato fessurativo varia, come il grado di alterazione per esposizione agli agenti meteorici.

L'Unità Antola è stata interessata da diverse fasi plicative che hanno innanzitutto generato pieghe a scala chilometrica con assi Nord/Sud, cui ha fatto seguito una fase distensiva con piani di discontinuità all'incirca paralleli alla costa. Alle sollecitazioni tettoniche delle diverse fasi subite, i vari litotipi componenti l'Unità hanno reagito diversamente. Pertanto, i materiali duttili hanno generato pieghe a varia scala e di raggio differente, i materiali rigidi, maggiormente fragili, si sono fratturati con piani di rottura perpendicolari alla stratificazione e spesso tra loro reciprocamente intersecati.

Argille di Ortovero

Le Argille di Ortovero sono sedimenti marini pliocenici composti da marne e marne argillose, o argille marnose di colore grigio e grigio azzurro, con intercalazioni sottili di livelli sabbiosi. Si sono sedimentate all'interno di una fossa tettonica orientata all'incirca Est/Ovest e apertasi nella formazione calcarea per sprofondamento di una zolla del massiccio per qualche centinaio di metri. Nella fossa, delimitata da faglie e fianchi gradonati, si è inserito il mare, che ne ha determinato il riempimento con sedimenti fini, in ragione della profondità di deposizione. Il contatto con i calcari è dunque trasgressivo e, soprattutto in vicinanza ai margini della fossa, è annunciato dalla presenza di depositi di brecce e conglomerati di spessore fino a qualche metro, costituiti da frammenti e trovanti calcarei in matrice argillosa e limosa sempre grigia, che diminuisce avvicinandosi al substrato calcareo. Le Argille di Ortovero non sono mai visibili in affioramento poiché confinate e coperte nelle aree urbanizzate. È comunque appurato che il loro ambito di competenza, nel centro del genovesato, interessa una fascia della larghezza di circa un chilometro che si estende dalla Stazione di Porta Principe a ponente, al Torrente Sturla nel levante. Interseca l'asse del T. Bisagno all'altezza del rilevato ferroviario, dove sono ricoperte dai sedimenti alluvionali quaternari. La zona di Brignole – posta alla base della dorsale rocciosa strutturata in calcari marnosi,

su cui si snodano Via Montesano e Corso Monte Grappa – si colloca in corrispondenza delle Argille plioceniche, che comprendono limi e argille e argille marnose, con locali intercalazioni di livelli sabbiosi e livelli basali di brecce calcaree, tipicamente di colore grigio se sane, compatte, consistenti e sovraconsolidate. Tale formazione è stata successivamente interessata dall'impostazione del Torrente Bisagno, che dapprima ha inciso e rimaneggiato, in questo settore, il substrato argilloso-marnoso; quindi, ha depositato sedimenti alluvionali a variabile granulometria, da limi sabbiosi e ghiaiosi a ghiaia e ciottoli sabbiosi, trovando condizioni morfologiche favorevoli all'estensione della piana alluvionale nverso Est rispetto all'alveo attuale, in zona Terralba e Albaro. Le risultanze di diversi sondaggi perforati nell'areale Brignole – Viale Brigata Bisagno hanno rivelato la presenza del deposito alluvionale del T. Bisagno, di granulometria prevalentemente grossolana, ghiaioso-sabbiosa, con intercalazioni di livelli anche metrici di limi argillosi e sabbiosi, a copertura e parziale rimaneggiamento del substrato pliocenico. A Brignole, la linea ferroviaria taglia trasversalmente lo sviluppo della piana alluvionale, rispetto alla quale, l'alveo attuale arginato del corso d'acqua, è disassato e addossato alla sponda destra, dove, in zona Borgo Incrociati e Via Canevari, costeggia la dorsale calcarea di Corso Montegrappa, mentre la piana alluvionale resta sviluppata tutta in sinistra idrografica, in zona Foce e Terralba e riceve i contributi dei rivi laterali di cui il principale è il Rio Fereggiano e più a Est il Rio Noce e il Rio Rovare, che, come detto, presentano a substrato le più tenere ed erodibili Argille di Ortovero. Risalendo la Val Bisagno, la fascia pianeggiante del fondovalle si restringe nettamente a partire dalla zona di Marassi – Stadio L. Ferraris – Staglieno, per l'avanzamento delle dorsali rocciose laterali, impostate, come detto, in calcari. Lo stacco morfologico tra versante e fondovalle si fa netto ed evidenzia, in maniera inequivocabile, i rapporti geologico-stratigrafici che caratterizzano questo settore, impostato nella "Formazione di Monte Antola", che determina pendenze, in taluni settori, anche molto accentuate, ancorché modificate e risagomate a seguito d'interventi di natura antropica. Lungo la valle principale, si sussegue, quindi, un'alternanza di zone di restringimento in corrispondenza delle dorsali secondarie convergenti verso l'alveo (Quezzi, Montesignano e Montanasco in sinistra, San Sebastiano e San Gottardo in destra), proprio fino a Molassana. All'altezza dell'ultimo tratto del tracciato in esame, la piana, costretta dal contrafforte collinare del Monte Croce in sponda sinistra, si allarga verso la sponda destra, sia per la confluenza con il T. Geirato, sia per la presenza, a substrato, di rocce meno dure rispetto ai calcari: le argilliti scistose di colore grigio-nero, appartenenti alla formazione delle "Argilliti di Montoggio" sopra descritta. A contrasto con i versanti rocciosi laterali, la fascia pianeggiante di fondovalle è caratterizzata da sedimenti di origine alluvionale, competenti alla deposizione del Bisagno e costituiti da una sequenza indifferenziata di ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa. Le intercalazioni limose e limoso –sabbiose di estensione areale significativa e di spessore plurimetrico, compaiono solo nel tratto meridionale della valle, dove sono presenti a substrato le Argille di Ortovero. Il deposito alluvionale quaternario appoggia direttamente sulle formazioni geologiche di substrato che il T. Bisagno interessa nel suo percorso tra Molassana e Brignole e che, ricapitolando, vedono da Sud a Nord:

- le Argille di Ortovero nella zona di Brignole – Foce – Terralba;
- la Formazione di Monte Antola lungo la maggior parte dello sviluppo successivo risalendo la valle;
- le Argilliti di Montoggio a Molassana e lungo l'incisione del T. Mermi, affluente di sinistra del Bisagno.

5.1.1.2 Assetto geologico dell'area di intervento

Il progetto prevede che la nuova linea metropolitana della Val Bisagno corra su sede propria, a una quota sopraelevata rispetto alla strada per evitare conflitti con la viabilità ordinaria. La struttura appoggia su pile allineate lungo il corso d'acqua. In particolare:

- lungo l'argine di sponda idrografica destra, nel tratto tra il ponte di Sant'Agata e lo stadio Luigi Ferraris di Marassi;
- lungo l'argine di sponda idrografica sinistra nel successivo tratto verso Nord, tra Marassi e Molassana.

Per la connessione tra la struttura esistente di Brignole, di cui il nuovo asse rappresenta il prolungamento verso la Val Bisagno, e la Via Canevari, è previsto l'inserimento di un ponte strallato in curva della lunghezza di 100 m.

Sono previste, inoltre, sei stazioni di fermata e un parcheggio d'interscambio a Molassana, nel piazzale della cava Montanasco. Le problematiche geologiche connesse con la realizzazione dell'infrastruttura riguardano, in sostanza, la sequenza stratigrafica attesa lungo il tracciato previsto, rispetto alle tipologie fondazionali, da definire in relazione ai carichi di esercizio dei manufatti di progetto. A fronte di quanto sopra, all'interno della Relazione Geologica venogono analizzate, in via preliminare, le diverse porzioni del tracciato, proponendone una suddivisione in tratte omogenee per spessori e tipologie dei materiali che caratterizzano il sottosuolo in corrispondenza del sedime delle strade che corrono in aderenza al corso d'acqua, lungo le quali, appunto, prima in destra e poi in sinistra, saranno impostate le pile di appoggio dell'infrastruttura. Le planimetrie che si producono in **ALLEGATO 12** della Relazione Geologica illustrano graficamente la situazione stratigrafica per tratte omogenee, che si descrive a seguire, ricostruita e interpolata, si ribadisce, sulla base delle indagini geognostiche reperite nelle diverse banche dati consultate e già richiamate, precisate, nei punti disponibili, dalle risultanze dei sondaggi geognostici del PFTE.

Per ulteriore dettaglio si rimanda alla Relazione Geologica e agli elaborati specifici.

5.1.1.3 Siti contaminati e potenzialmente contaminati nei pressi dell'area di intervento

Nell'ambito dello studio degli interventi di progetto si è proceduto al riconoscimento di aree potenzialmente critiche dal punto di vista ambientale presenti nelle aree oggetto dei lavori, ovvero all'individuazione di siti contaminati e/o potenzialmente contaminati interferenti con l'opera in progetto.

Il censimento dei siti contaminati/potenzialmente contaminati è stato effettuato attraverso la consultazione del metadato "Anagrafe dei siti da bonificare" aggiornato all'anno 2023, all'interno della sezione "Ambiente" del Geoportale della Regione Liguria. Il censimento, effettuato considerando le aree dei siti e una distanza massima dalle opere in progetto di circa 1000 metri, ha evidenziato la presenza dei siti di seguito riportarti.

Figura 25. Elenco dei siti contaminati/potenzialmente contaminati in prossimità delle aree di cantiere

Codice identificazione regionale sito	Denominazione	Iter ambientale	Distanze (dalle aree di cantiere) [m]
GE116	RFI Stazione Brignole Piazza Raggi - Genova	Siti con progetto approvato di bonifca e/o messa in sicurezza	interferente
GE113	PV Q8 Kuwait 0114 Corso Sardegna 82 - Genova	Siti con certificazione di avvenuta bonifica e/o messa in sicurezza	180
GE151	PV ESSO 3401 Piazza Manin 20 R - Genova	Siti con Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR	270
GE219	PV Esso 3534 piazzale Parenzo - Genova	Siti con Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR	interferente
GE180	Impianto Ricupoil Via Laiasso 1 - Genova	Siti con Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR	interferente
GE119	Area Ex Italcementi Via Ponte Carrega - Genova	Siti con certificazione di avvenuta bonifica e/o messa in sicurezza	interferente
GE171	Sversamento condominio Via Emilia 6 - 8 - Genova	Siti con Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR	67
GE105	Autosilo "Olmo" Via Mantova - Genova Molassana	Siti con certificazione di avvenuta bonifica e/o messa in sicurezza	107
GE126	Ex stabilimento Boero Via Molassana 60 - Genova Molassana	Siti con certificazione di avvenuta bonifica e/o messa in sicurezza	116
GE178	Ex PV IP 43102 Piazza Terralba 26 B/R - Genova	Siti con Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR	715
GE121	Parco Ferroviario P.zza Terralba - Genova	Siti con progetto approvato di bonifca e/o messa in sicurezza	680
GE122	Ex PV TOTAL/ERG 1741 Via Carcassi 15 - Genova	Siti con certificazione di avvenuta bonifica e/o messa in sicurezza	738
GE125	Condominio Corso A. Podestà 9-9A - Genova	Siti con certificazione di avvenuta bonifica e/o messa in sicurezza	842
GE216	PV Q8 Kuwait 0113 Via Fereggiano 32 - Genova	Siti con Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR	750
GE196	Sversamento condominio Via Loria 217/291 - Genova	Siti con Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR	493

Nello specifico i siti interferenti le aree di cantiere sono:

- GE116: PV Esso 3534 piazzale Parenzo – Genova
- GE219: Impianto Ricupoil Via Laiasso 1 – Genova
- GE119: Area Ex Italcementi Via Ponte Carrega - Genova

I siti GE219 e G180 risultano essere caratterizzati da Analisi di Rischio approvata senza superamento CSR, mentre il sito GE116 e il sito GE119 rientra nei siti con progetto di bonifica e/o messa in sicurezza approvato.

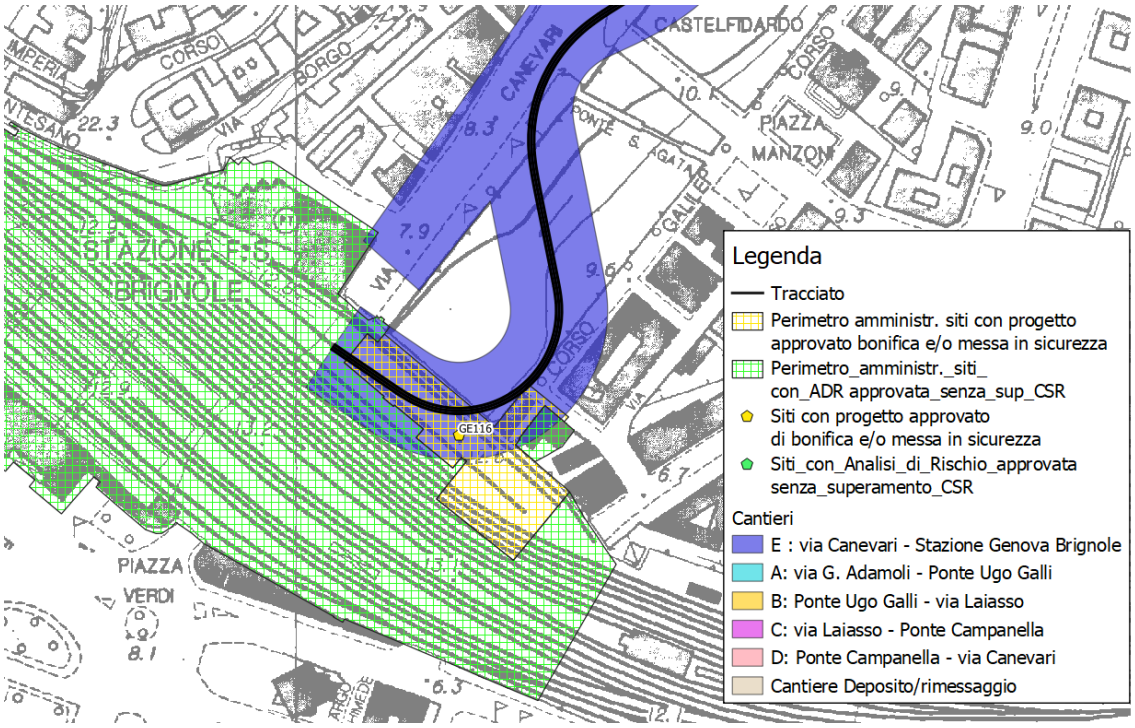


Figura 26. Interferenza sito GE116 con le aree di cantiere

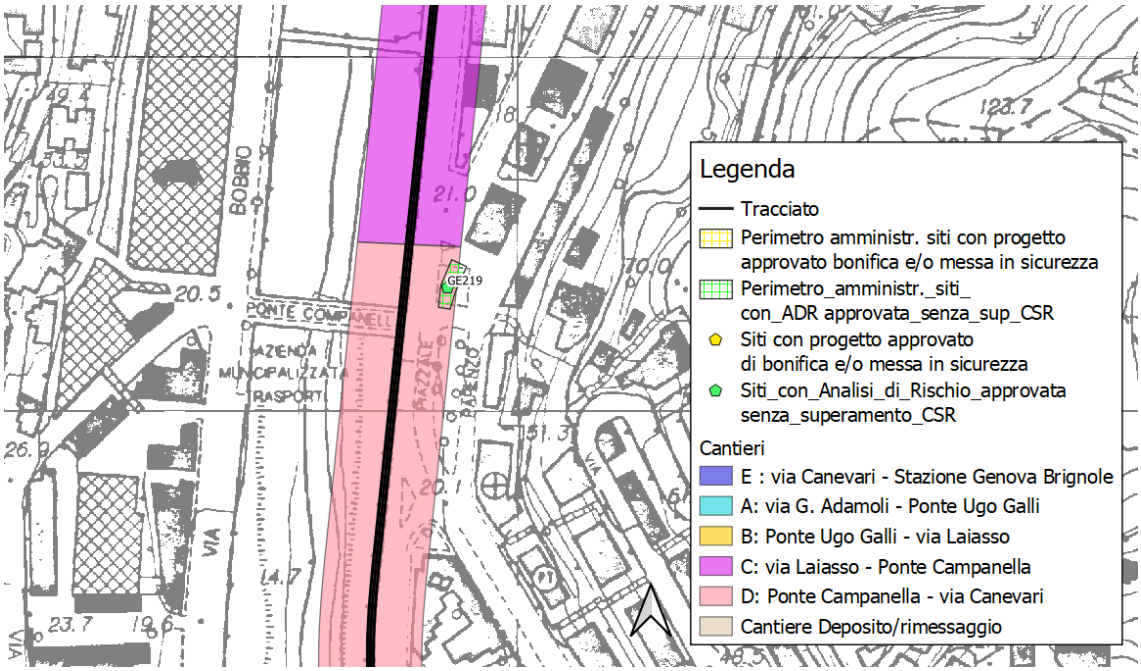


Figura 27. Interferenza sito GE219 con le aree di cantiere

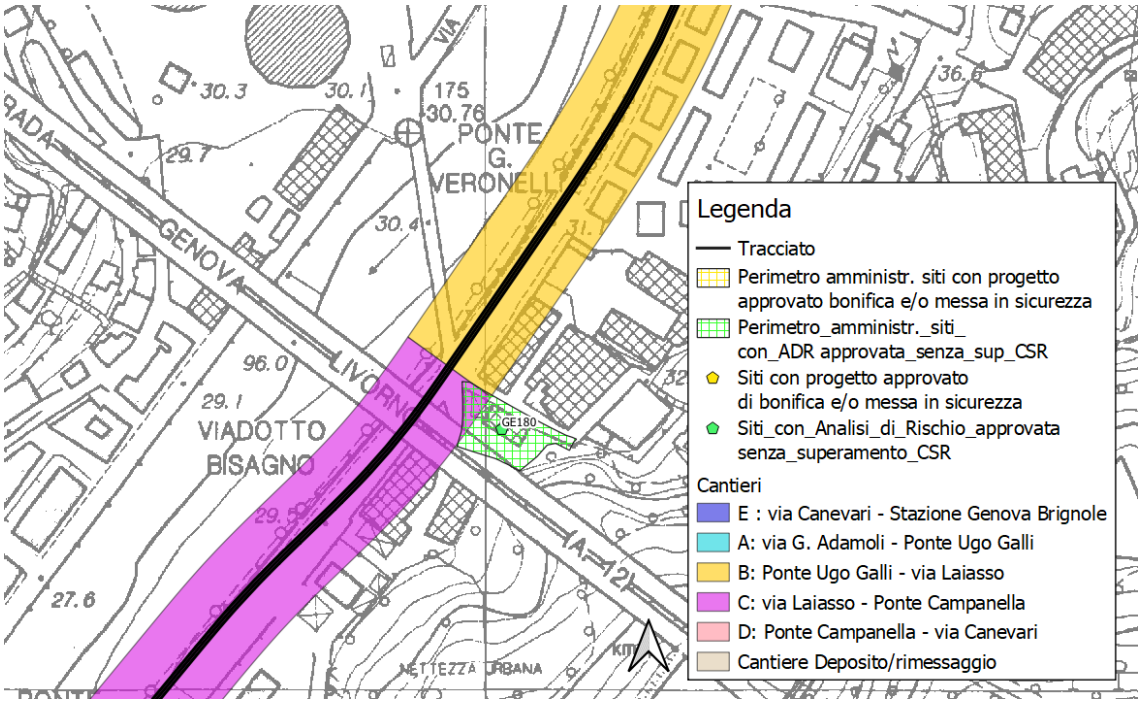


Figura 28. Interferenza sito GE180 con le aree di cantiere

Sarà cura dei successivi approfondimenti progettuali dettagliare quanto ad oggi studiato in relazione agli approfondimenti che l'appaltatore andrà ad eseguire sulle opere stesse.

5.1.1.4 Siti con presenza di amianto

Con il D.M. 101 del 18 marzo 2003 è stata realizzata la mappatura dell'amianto nella Regione Liguria. Il decreto riguarda il regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della legge 23 marzo 2001, n. 93.

La carta rappresenta la localizzazione di siti per i quali è segnalata la presenza di manufatti contenenti amianto. Le informazioni della carta sono ottenute da segnalazioni presentate da enti pubblici e privati sulla base di un rilievo eseguito da responsabili per la gestione della presenza di amianto in strutture, edifici ed impianti.

Il censimento effettuato, considerando una distanza massima dalle opere in progetto di circa 1000 metri, ha evidenziato la presenza dei siti di seguito riportarti.

ID SITO	NOME SITO
ASSTA010001	Tipografia Starnini
CO010025022	Palestra
CO010025025	Scuola

Figura 29. Ubicazione siti con presenza di amianto

Il censimento dei siti con presenza di amianto non ha evidenziato alcuna interferenza fra le aree di cantiere con i siti censiti.

5.1.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

5.1.2.1 Perdita di suolo

Se dal punto di vista ambientale il terreno pedogenizzato (suolo) rappresenta una risorsa indispensabile per lo sviluppo della vegetazione, da quello geotecnico tale tipologia di terreno costituisce un elemento disomogeneo, con presenza di elementi vegetali, spesso alterato e argillificato, soggetto a cedimenti. Tali caratteristiche sono ovviamente incompatibili con una corretta interazione terreno - struttura.

La realizzazione delle aree di cantiere, nel suo insieme, determina le necessarie operazioni di preparazione del suolo, consistenti nella rimozione della copertura vegetale presente su tutta l'area interessata dai cantieri stessi con lo scoticamento dello strato di terreno superficiale.

Il possibile riutilizzo del terreno vegetale, per il ripristino delle aree di cantiere al termine delle attività di costruzione dovrà avvenire seguendo alcuni accorgimenti; per mantenere le condizioni di permeabilità originarie si consiglia, in via cautelativa, di predisporre cumuli di accantonamento, generalmente di forma trapezoidale, con sviluppo verticale che non dovrebbe mai eccedere i 3 m di altezza per evitare un eccessivo compattamento. Gli accantonamenti dovranno essere previsti in aree situate a distanza di sicurezza da zone soggette a inquinamento potenziale (vicino a strade, cantieri, attività industriali o artigianali).

Tale prescrizione operativa si configura come scelta progettuale adeguata a prevenire la perdita della risorsa e consente di valutare la significatività dell'impatto come trascurabile.

Durante la fase di smobilizzo del cantiere sarà garantita la risistemazione delle aree, avendo cura di ripristinare le aree verdi, gli impianti e le opere preesistenti. Nel caso di aree verdi particolarmente soggette all'alterazione dello stato preesistente si prevede l'esecuzione di indagini ambientali ante e post operam in modo da garantire la qualità delle terre e delle aree da restituire.

Nel caso in specie, considerato che la metropolitana prevista in questa sede ha uno sviluppo interamente in viadotto, e le aree di lavoro si svilupperanno perlopiù su viabilità esistente, le operazioni di scotico finalizzate all'approntamento delle aree di lavoro, avranno un'estensione limitata. Lo stesso può essere riferito per quanto concerne le aree di cantiere fisso (CB01 e CB02).

In conclusione, le aree in cui verranno effettuate le attività di scotico si limitano quasi interamente all'area di cantiere A1 e dei cantieri CB01 e CB02

5.1.2.2 Consumo di risorse non rinnovabili

L'effetto in esame è determinato dal consumo di terre ed inerti necessari al soddisfacimento dei fabbisogni costruttivi dettati dalla realizzazione di rinterri di OO.CC; la tipologia di progetto in esame prevede un fabbisogno di circa 101.776 mc per tali interventi.

Nel par. 6.6 è stato effettuata una ricognizione finalizzata all'individuazione di siti di approvvigionamento dei materiali necessari alla realizzazione delle operee una descrizione della loro gestione.

Sarà onere dell'Appaltatore, propedeuticamente all'avvio dei lavori, verificare l'effettiva presenza nel territorio anche di ulteriori siti rispetto a quelli indicati nel presente progetto al fine di garantire la relativa disponibilità, per i quantitativi necessari e per tutta la durata dei lavori, sia dei siti di approvvigionamento degli inerti (cave) sia dei siti di destinazione finale (impianti di recupero/smaltimento) ove intende conferire i materiali di risulta da gestire in qualità di rifiuti.

In considerazione dell'entità dei fabbisogni connessi alle tipologie infrastrutturali e delle positive risultanze derivanti dal censimento dei siti di approvvigionamento, la significatività dell'effetto in esame può essere considerata mitigabile **il livello di significatività stimata è di livello "C".**

5.1.2.3 Modifica dell'assetto geomorfologico

Le possibili modificazioni della morfologia legate alle attività di cantiere nella fase costruttiva, per lo più a carattere temporaneo, riguardano esclusivamente le operazioni di eventuale abbancamento, movimentazione e trattamento dei materiali, provocate dalle attività di scavo e demolizione.

Si tratta di un effetto fisico temporaneo, in quanto limitato alla fase di realizzazione dell'opera, che comporta una alterazione minima dello stato dei luoghi e che, al termine dell'attività di cantiere, non produrrà praticamente alcuna modifica permanente dal punto di vista morfologico.

5.1.2.4 Modifica delle caratteristiche qualitative del suolo

La modifica delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee consiste in una variazione dei parametri chimico-fisici, microbiologici e biologici, che può derivare da un complesso di azioni che, seppur nel loro insieme ascrivibili alla fase costruttiva, presentano fattori causali tra loro differenti in ragione della diversa origine delle sostanze potenzialmente inquinanti prodotte durante il ciclo costruttivo.

In buona sostanza, procedendo per schematizzazioni, è possibile distinguere i fattori causali secondo due categorie.

La prima categoria si configura nei casi in cui la modifica della qualità delle acque discenda da attività strettamente funzionali al processo costruttivo, cioè sia intrinseca ai processi di realizzazione delle opere in progetto. Detta circostanza si può sostanziare, ad esempio, nel caso dell'uso di sostanze additivanti ai fini della realizzazione delle fondazioni indirette, al fine principale di sostenere le pareti delle perforazioni dei pali di fondazione, ovvero per effetto dell'interessamento diretto dell'acquifero sotterraneo durante le attività di scavo.

In tal caso, i parametri che concorrono a configurare l'effetto in esame sono schematicamente individuabili, sotto il profilo progettuale, nelle tecniche di realizzazione delle palificazioni di fondazione delle opere d'arte e nelle loro caratteristiche dimensionali, oppure nella profondità del livello di scavo e nella previsione di opere provvisionali atte ad intercettare l'acquifero; per quanto concerne le caratteristiche del contesto d'intervento, detti parametri possono essere identificati nella vulnerabilità degli acquiferi e nei diversi fattori che concorrono a definirla (soggiacenza, conducibilità idraulica, acclività della superficie topografica, etc.).

La seconda categoria di fattori causali attiene ai casi in cui la produzione di sostanze potenzialmente inquinati all'origine dell'effetto in esame, discenda da cause correlate (e non funzionali) alle lavorazioni o, più in generale, dalle attività di cantiere.

Dette cause possono essere così sinteticamente individuate:

- Produzione di acque che possono veicolare nei corpi idrici ricettori e/o nel suolo eventuali inquinanti, distinguendo tra:
  - Produzione delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici pavimentate delle aree di cantiere fisso, quali ad esempio quelle realizzate in corrispondenza dei punti di stoccaggio di sostanze potenzialmente inquinanti.
  - Produzione di acque reflue derivanti dallo svolgimento delle ordinarie attività di cantiere, quali lavaggio mezzi d'opera e bagnatura cumuli.

- Produzione di liquidi inquinanti derivanti dallo sversamento accidentale di olii o altre sostanze inquinanti provenienti dagli organi meccanici e/o dai serbatoi dei mezzi d'opera.

Entrando nel merito delle caratteristiche del contesto interessato dalla realizzazione dell'opera in progetto, come riportato nella "Relazione geologica" (MGE1PRLVGEOCOMR001-00_A), è possibile sintetizzare che la falda freatica superiore è direttamente dipendente dal regime idraulico del torrente Bisagno, di cui segue le oscillazioni stagionali, con una filtrazione che, nei periodi di magra, è verso l'alveo, mentre nei periodi di piena è verso l'esterno dell'alveo, nel senso che è il corso d'acqua che alimenta la falda laterale.

La permeabilità K dei depositi alluvionali varia mediamente tra 10^{-3} m/s e 10^{-6} m/s; tali dati verranno puntualmente definiti grazie alle risultanze delle prove di permeabilità in foro in via di esecuzione e completamento all'interno dei sondaggi geognostici previsti. Per quanto riguarda l'acquifero freatico, la piezometrica subisce repentine oscillazioni del livello statico in rapporto all'andamento pluviometrico. Per la ricarica del sistema acquifero, oltre agli apporti diretti, oltre agli apporti diretti, è importante il contributo laterale sotterraneo delle acque circolanti nel substrato roccioso e quello delle falde di subalveo degli affluenti minori.

Dato il posizionamento della linea in vicinanza se non in aderenza allo sviluppo del torrente Bisagno, è ragionevole attendersi risalite e oscillazioni della falda fino a quote interferenti con gli appoggi fondazionali, soprattutto nel caso in cui questi vengano impostati alla quota dell'alveo attuale.

Per quanto concerne la seconda categoria di fattori causali, ossia la produzione di sostanze potenzialmente inquinati derivante da cause correlate (e non funzionali) alle lavorazioni, sulla scorta di quanto previsto negli elaborati Relazione tecnica di Cantierizzazione (MGE1PRLVCANCOMR00100A), si evidenzia che, la pavimentazione delle aree di stoccaggio sarà realizzata con pietrisco stabilizzato di cava; tra il terreno e la pavimentazione verrà montato uno strato di geotessile non tessuto di separazione, al fine di ristabilizzare la superficie vergine del terreno alla fine della lavorazione. Per i mezzi meccanici presenti, verranno realizzate delle piazzole di sosta specifiche con pavimentazione impermeabile al fine di scongiurare la caduta di grassi o oli idrocarburi sul terreno e quindi la filtrazione nelle acque di falda.

Gli impatti potenziali sull'ambiente suolo e sottosuolo derivanti dalle lavorazioni elencate di seguito sono riconducibili tutti a sversamenti accidentali da parte delle macchine operatrici:

- scotico terreno vegetale,
- scavi e sbancamenti,
- esecuzione fondazioni,
- formazione rilevati,
- posa in opera di elementi strutturali/prefabbricati.

Per limitare gli impatti sul suolo e gli eventuali sversamenti da parte delle macchine operatrici, si evidenzia che in fase di cantiere verranno attuate idonee procedure operative e misure di gestione del cantiere tali da ridurre in maniera il rischio di contaminazione del suolo.

I rifornimenti di carburante e di lubrificante ai mezzi meccanici dovranno essere effettuati su pavimentazione impermeabile (da rimuovere al termine dei lavori), con rete di raccolta, allo scopo di raccogliere eventuali perdite di fluidi da gestire secondo normativa. Per i rifornimenti di carburanti e lubrificanti con mezzi mobili dovrà essere garantita la tenuta e l'assenza di sversamenti di carburante durante il tragitto adottando apposito protocollo. È necessario controllare la tenuta dei tappi dal

bacino di contenimento delle cisterne mobili ed evitare le perdite per traboccamento provvedendo a periodici svuotamenti. È necessario controllare giornalmente i circuiti oleodinamici dei mezzi operativi. Di conseguenza gli impatti sono da ritenersi moderati e perlopiù legati all'eccezionalità di un evento accidentale.

5.1.3 Misure di prevenzione e mitigazione

L'impatto legato all'asportazione di terreno vegetale, in fase di cantierizzazione verrà bilanciato al termine delle attività di realizzazione dell'opera, momento in cui verranno smantellati i cantieri o reinterrate le strutture sotterranee, mediante la restituzione dello spessore di terreno asportato nelle aree non occupate dalle strutture superficiali. Il possibile riutilizzo del suolo asportato da risistemare in luoghi che lo necessitino al termine delle attività di costruzione dovrà avvenire seguendo alcuni accorgimenti; per mantenere le condizioni di permeabilità originarie si consiglia, in via cautelativa, di predisporre cumuli di accantonamento non più alti di 2,5- 3 m per evitare un eccessivo compattamento. Gli accantonamenti dovranno essere previsti in aree situate a distanza di sicurezza da zone soggette a inquinamento potenziale (vicino a strade, cantieri, attività industriali o artigianali). Particolare attenzione dovrà essere posta nei confronti di possibili sversamenti accidentali di fluidi inquinanti nel corso delle lavorazioni.

Una riduzione del rischio di impatti significativi sulla componente in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti ed alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi, in analogia a quanto indicato per le acque.

Per ulteriori misure di prevenzione e mitigazione, si rimanda al par. 5.2.3.

5.2 Acque superficiali e sotterranee

5.2.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

5.2.1.1 Inquadramento normativo

La principale normativa di settore a cui si fa riferimento e costituita da:

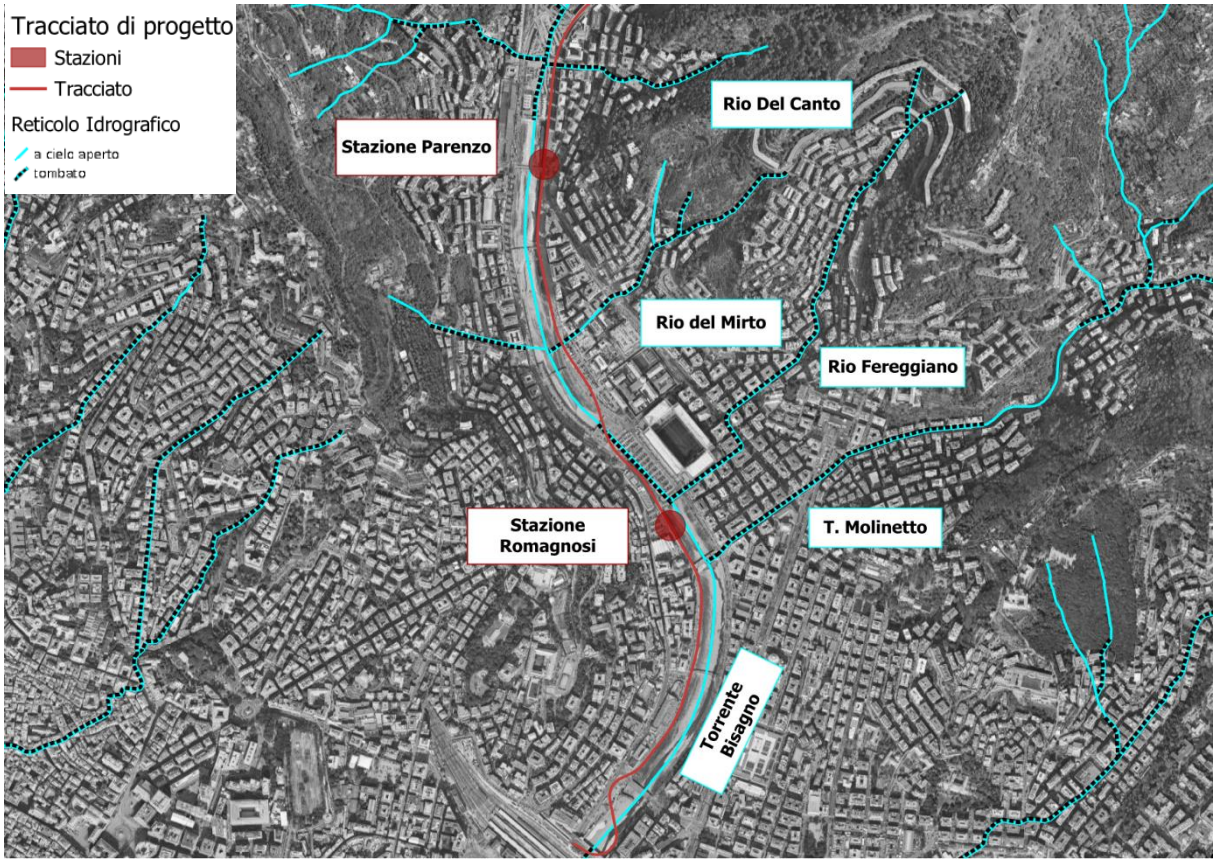
- Regio Decreto 25 Luglio 1904, n.523 recante “Testo unico sulle opere idrauliche” che ha classificato le opere idrauliche e rappresenta il riferimento nazionale riguardo i lavori ed atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese.
- Regolamento regionale n. 3/2011 recante “Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua” che ha fissato la disciplina delle aree di pertinenza dei corsi d’acqua ed ha fornito indicazioni omogenee in merito all’esercizio dell’attivita di polizia idraulica nell'applicazione della disciplina dell'uso del suolo nelle aree limitrofe ai corsi d'acqua sul territorio regionale ligure. Nel 2011 la materia di polizia idraulica era di competenza delle amministrazioni provinciali e la L.R. 15/2015 ha trasferito le relative competenze alla Regione.
- Deliberazione della Giunta Regionale 1205/2019 recante “Indirizzi applicativi in materia di polizia idraulica” nel rilascio di autorizzazioni e/o nulla-osta idraulici e pareri relativi sia ad interventi relativi ai corsi d'acqua con connesso eventuale rilascio di concessioni per utilizzo e occupazione di beni demaniali, sia ad opere nelle fasce di inedificabilita dei corsi d'acqua. La suddetta Delibera ha quindi l’obiettivo di dare chiarezza e di fornire indirizzi interpretativi omogenie a scala regionale.
- Piano di Bacino del T. Bisagno approvato con DCP n.62 del 04/12/2001 e la cui ultima variante approvata e stata DDG n. 6056 dell'11/10/2019 entrata in vigore il 30/10/2019. Il Piano di Bacino rappresenta uno strumento che permette di pianificare e programmate le azioni e le norme d’uso per la difesa idrogeologica del territorio: riperimetrazione delle fasce di inondabilita del tratto terminale del T. Bisagno e del rio Fereggiano (D.D.G. n.2204 del 07/04/2020).

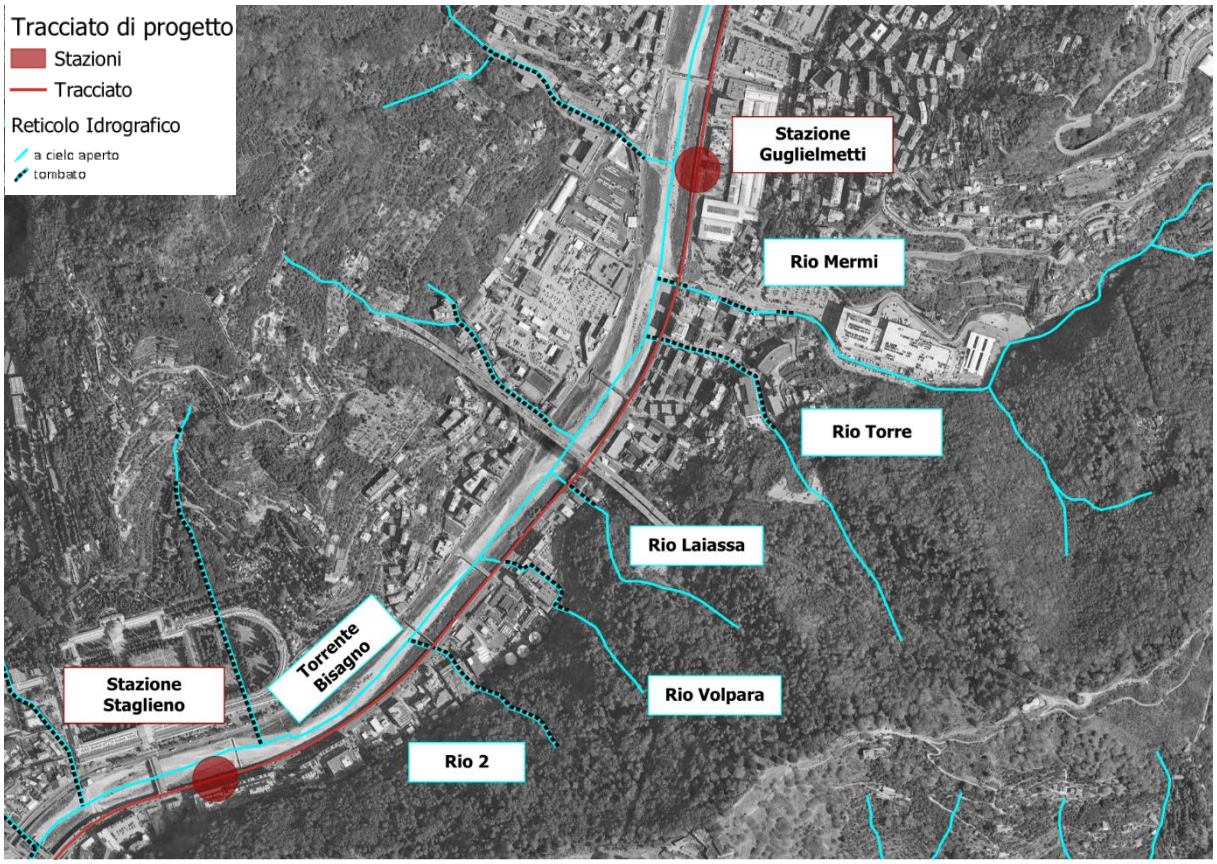
5.2.1.2 Reticolo idrografico

In relazione agli aspetti idrologici connessi alla realizzazione del progetto, si rimanda alla Relazione idrologica e alla Relazione Idraulica e agli elaborati ad esse connessi.

La nuova infrastruttura si collocherà nell’ambito delle aree afferenti al bacino e sottobacini del T. Bisagno. Nell’ambito della progettazione della nuova linea si rileva la necessità di approfondire lo stato, e la potenziale interferenza, dei bacini minori rispetto alla infrastruttura e del relativo reticolo di scolo. Fra questi si richiamano, in questa sede, da Nord verso Sud, il rio Aquila, il rio Tagliate, un rio privo di denominazione, il rio Sciorba, il rio Mermi, il Rio Torre, il rio Laiassa, il rio Volpara, un secondo rio privo di nome, il Rio del Canto (o Tortona), il rio del Mirto e il rio Fereggiano. A questi si aggiungono alcuni interbacini urbani, tutti recapitanti nel torrente Bisagno. Allo stato attuale l’area si presenta ancora caratterizzata da una elevata condizione di criticità idraulica, secondo quanto rilevato nella documentazione di Piano (pur con il livello di dettaglio della pianificazione a scala di bacino) e testimoniato dai numerosi eventi alluvionali anche recenti. L’area oggetto di studio, che ingloba il

tracciato della futura linea metropolitana, è costituita da una fascia di territorio che si sviluppa in direzione N – S su circa 5 km^2. È delimitata a sud dalla presenza della rete ferroviaria che attraversa ortogonalmente il T. Bisagno e si estende, da Sud a Nord, lungo la destra idrografica del Torrente Bisagno dalla stazione di Genova Brignole allo Stadio Luigi Ferraris per poi proseguire lungo la sponda in sinistra idrografica fino alla futura stazione di Molassana, attraversando i quartieri di Molassana, Staglieno, Marassi e San Fruttuoso. La zona d'intervento si inserisce all'interno di un comparto interamente urbanizzato in cui i lineamenti morfologici originari sono stati completamente modificati ed alterati nel tempo.




Tracciato di progetto
Stazioni
Tracciato
Reticolo Idrografico
a cielo aperto
tombato
Stazione Guglielmetti
Rio Mermi
Rio Torre
Rio Laiassa
Torrente Bisagno
Stazione Staglieno
Rio Volpara
Rio 2

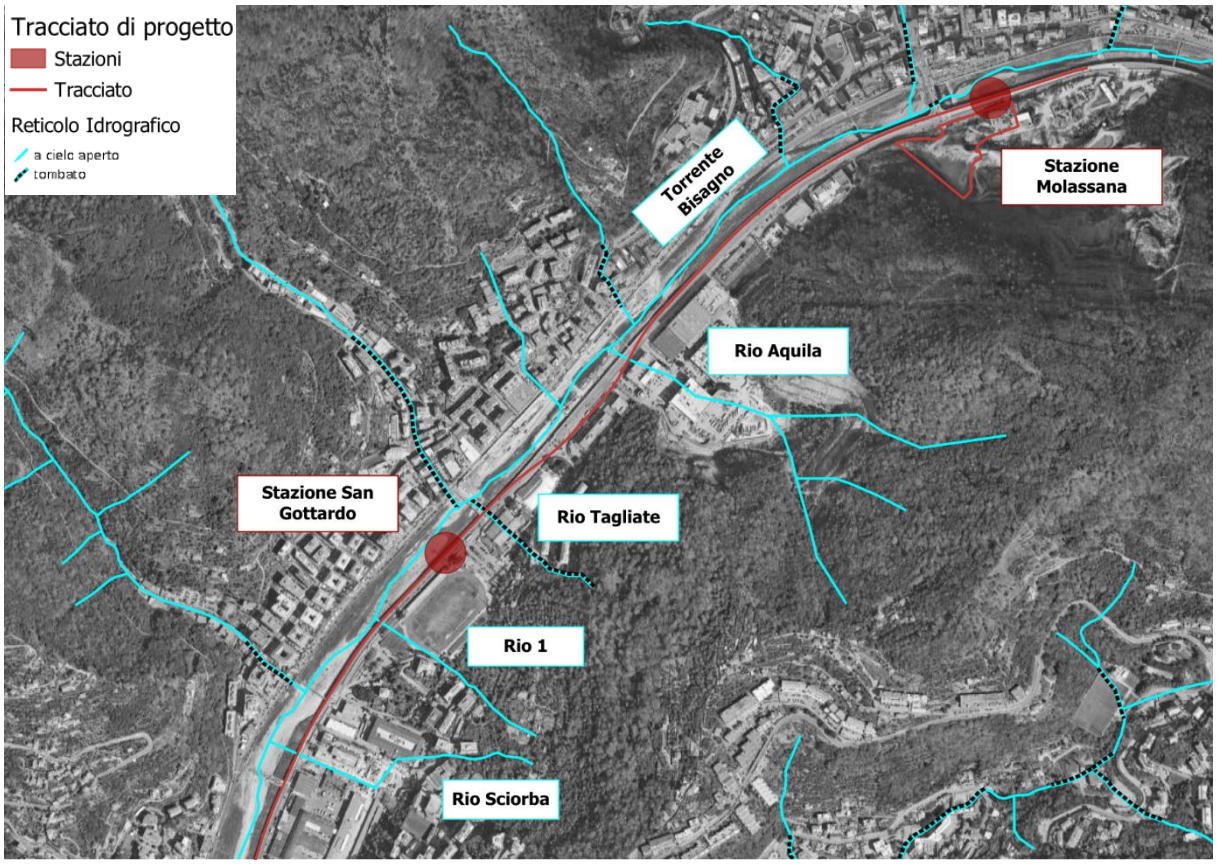


Figura 30. Reticolo idrografico in prossimità dell'intervento oggetto di studio

5.2.1.2.1 Descrizione della rete idrografica interferita

Rio Aquila

Il rio Aquila drena una superficie complessiva di 0,4 km^2 fino alla sua confluenza con il Torrente Bisagno. Esso ha origine in zona Molassana a quota di circa 280 m s.l.m., non risulta sottoposto ad interventi di tombamento e raggiunge lo sbocco sul Torrente Bisagno con una direzione SudEst-NordOvest. Il bacino del rio Aquila è delimitato a Nord dallo spartiacque con il bacino idrologico relativo alla cava Molassana e a Sud dal bacino del rio Tagliate. Il bacino è caratterizzato da un complesso urbanizzato di destinazione industriale e commerciale. È caratterizzato inoltre da pendenze dei versanti mediamente elevate in corrispondenza dell'origine del rio mentre la parte media e bassa del bacino, ad elevato livello di urbanizzazione, presenta caratteristiche di acclività più modeste.

Rio Tagliate

Il rio Tagliate drena una superficie di circa 0,148 km^2 fino alla sua confluenza con il Torrente Bisagno. Lo sbocco sul Torrente Bisagno avviene in corrispondenza del ponte Ugo Gallo, a Nord dello Stadio Sciorba. Il rio ha origine a quota di circa 118 m s.l.m. ed è completamente ricoperto. Il Bacino del rio Tagliate è delimitato a Nord dal bacino del rio Aquila e a sud dal bacino di un rio privo di codifica di riferimento che in seguito verrà definito come "rio 1".

Il bacino è caratterizzato da pendenze dei versanti mediamente elevate, la cui media è prossima al 22% corrispondente alla classe 3 delle Raccomandazioni Regionali che individuano le classi di acclività e che sono state riprese anche dal Piano di bacino del Bisagno.

Rio 1

Tale rio è naturale non segnalato come tombato in alcun tratto. Nel database presente all'interno del Geoportale della regione Liguria non è segnalato un nome che lo codifichi pertanto in questo studio è identificato con "Senza Nome 1". Il rio nasce a circa 100 m s.l.m. e scorre in direzione SudEst-NordOvest con sbocco sul torrente Bisagno a sud dello Stadio Sciorba. Il Bacino del rio 1 copre una superficie complessiva di circa 0,198 km^2 ed è delimitato a nord dal bacino del rio Tagliate e a sud dal bacino del rio Sciorba. Il bacino presenta una pendenza media del 15% circa ricavata dall'analisi del modello DTM.

Rio Sciorba

Il rio Sciorba è un piccolo affluente in sponda sinistra del torrente Bisagno nei pressi dell'area occupata dal Macello Civico di piazzale Bligny. L'area del bacino del rio Sciorba sottesa alla confluenza è pari a circa 0,2 km^2. Il tratto più a monte del corso d'acqua scorre a cielo libero e presenta le caratteristiche di alveo torrentizio con sistemazioni con salti di fondo; successivamente attraversa un tratto tombinato non ispezionabile; poi lungo la strada che separa l'ex canile municipale dal Mattatoio presenta una sezione rettangolare di dimensioni interne pari a 2x2 m nel tratto iniziale per ridursi a 1,3x1,4 m fino allo sbocco nel torrente Bisagno. Il bacino del rio Sciorba è delimitato a Nord dal bacino del "rio 1" e a Sud dal bacino del rio Mermi.

Esso è caratterizzato da pendenze dell'ordine del 17% in media, tale valore si inserisce all'interno della classe 2 di acclività del Piano di bacino. Nell'ambito dei lavori di realizzazione dello scolmatore del Bisagno è prevista la captazione anche del rio Sciorba all'interno della nuova galleria, in tal senso quindi trattasi di un rio studiato.

Rio Mermi

Il rio Mermi è un affluente in sinistra idraulica del torrente Bisagno che ha origine presso S. Eusebio a circa 280 m s.l.m. e confluisce nel T. Bisagno in prossimità di ponte Carrega. La parte terminale del corso è segnalata in alcune cartografie con il nome di rio Gambari. Il rio Mermi riceve anche un contributo dal rio Serra che ha origine nella località omonima. Con un'area sottesa alla confluenza pari a circa 2 km^2, il bacino del rio Mermi si presenta come il bacino più esteso fra quelli analizzati da questo studio. L'asta principale ha una lunghezza di circa 1,8 km, con una pendenza media dell'11 % circa, mentre la pendenza media del bacino è di circa 22% a cui corrisponde una classe 3 di acclività in media. Il tratto di monte è stato tombinato per attraversare una zona recentemente urbanizzata; poi, dopo un tratto in cui scorre in alveo naturale, ritorna nuovamente ad essere arginato e interessato da vari attraversamenti, a partire dalla "ex Cementifera" e fino allo sbocco nel Bisagno. Quest'ultimo tratto è stato interessato da un progetto di riqualificazione che ha condotto alla sistemazione idraulica dell'intero tratto di corso d'acqua; in tal senso quindi trattasi di un rio studiato nell'ambito del piano di bacino.

Rio Torre (o Bisagnetto)

Il rio Torre o rio Torre di Quezzi o Bisagnetto è sotteso da un bacino di circa 0,17 km2, di forma stretta e allungata con orientamento prevalente SudEst-NordOvest. Il Bacino è delimitato a Nord dal bacino

del rio Mermi e a sud dal bacino del rio Laiassa. L'asta principale del corso d'acqua ha una lunghezza di circa 0,7 km con una pendenza del 22% circa a cui corrisponde come per il Rio Mermi una classe 3 di acclività. Il tratto terminale è caratterizzato da due lunghi tratti coperti separati da un breve tratto a cielo aperto. Trattasi di rio studiato nell'ambito del Piano di Bacino del T. Bisagno.

Rio Laiassa

Il rio Laiassa drena una superficie complessiva pari a circa 0,135 km^2 fino allo sbocco nel Torrente Bisagno. Il rio Laiassa ha origine a quota 175 m s.l.m. circa, e raggiunge la confluenza seguendo un percorso con direzione prevalente SudEst-NordOvest. Il suo percorso risulta essere tombato solo in corrispondenza del tratto terminale in prossimità del Viadotto Bisagno dell'Autostrada. Il bacino del rio Laiassa è delimitato a Nord dal bacino del rio Torre e a sud dal bacino del rio Volpara. Il bacino è caratterizzato da pendenze dei versanti mediamente del 22% (classe 3 di acclività). La parte bassa del bacino, in corrispondenza con la confluenza è caratterizzata in maniera analoga agli altri rii dell'area di studio da un elevato livello di urbanizzazione.

Rio Volpara

Il rio Volpara drena una superficie complessiva pari a circa 0,102 km^2 fino allo sbocco nel Torrente Bisagno. Il rio ha origine a quota 172 m s.l.m. circa, e raggiunge la confluenza seguendo un percorso con direzione prevalente SudEst-NordOvest. Il suo percorso risulta essere tombato solo in corrispondenza del tratto terminale in prossimità del Ponte Bezzecca. Il tratto tombinato coincide con l'attraversamento di una zona urbanizzata a destinazione industriale. Il bacino del rio Volpara è delimitato a Nord dal bacino del rio Laiassa e sud dal bacino di un rio privo di codifica di riferimento che in seguito verrà definito "rio 2". Mediamente la pendenza all'interno dell'area del bacino è di circa 25% corrispondente ad alla classe 3 di acclività riportata nella Relazione Generale del Piano di Bacino con livelli più elevati in corrispondenza della parte alta del bacino.

Rio 2

Nel database presente all'interno del Geoportale della regione Liguria non è segnalato un nome che lo codifichi pertanto in questo studio è identificato con "rio 2". Il Rio 2 è un rio naturale segnalato come completamente tombato e che scorre in direzione nord-ovest. Nasce a circa 151 m s.l.m. e confluisce nel torrente Bisagno tra Ponte Giulio Monteverde e Ponte Bezzecca. Il bacino del rio copre una superficie complessiva di circa 0,063 km^2 ed è delimitato a nord dal bacino del rio Tagliate e a sud dal bacino del rio Sciorba. Esso presenta delle caratteristiche analoghe a quelle dei bacini limitrofi: nel settore a monte del bacino si identificano aree con acclività più alte, mentre in corrispondenza della parte basse esse vanno progressivamente riducendosi.

Rio del Canto (o Tortona)

Il rio del Canto drena una superficie complessiva di 0,4 km^2 fino alla sua confluenza con il Torrente Bisagno. Esso ha origine in località Staglieno a quota di circa 139 m s.l.m. e scorre da Est verso Ovest. Il rio risulta tombato per un tratto di circa 520 m in prossimità della confluenza con il Bisagno. Il bacino del rio del Canto è delimitato a Nord dallo spartiacque con il bacino del "rio 2" e a sud dal bacino del rio del Mirto. Il bacino è caratterizzato da pendenze dei versanti mediamente elevate, circa 21% (Classe 3 di acclività). La parte media e bassa del bacino è caratterizzata da un complesso urbanizzato a destinazione residenziale.

Rio del Mirto

Il rio del Mirto drena una superficie complessiva di 0.185 km^2 fino alla sua confluenza con il Torrente Bisagno. Esso ha origine in località Staglieno ad una quota di circa 165 m s.l.m. e scorre in direzione NE-SO. È prevalentemente tombato fin dall'attraversamento della località Marassi. Il bacino del rio del Mirto è delimitato a Nord dallo spartiacque con il bacino del rio del Canto e a sud dal bacino del rio del Vento non interessato da questo studio. È caratterizzato da pendenze medie di circa il 18% che si inseriscono all'interno della Classe 2 di acclività. Il bacino è prevalentemente occupato da un complesso urbanizzato di destinazione residenziale a tessuto denso. Come già detto a seguito dell'alluvione del 2011 si è reso disponibile un primo importante finanziamento con cui è stata realizzata l'opera di presa e la galleria del rio Fereggiano recuperando in buona parte la vecchia galleria già iniziata negli anni '90 al medesimo scopo. Tale intervento è già funzionale dal 2018 è ora ultimato. Nel medesimo appalto in corso relativo al Fereggiano sono già stati realizzati la galleria di collegamento del Rovare e parte della relativa opera di presa; tale intervento, insieme alla galleria e manufatto di presa del Noce, sarà di prossima realizzazione e completamento. L'opera idraulica agisce sui rii Rovare e Noce che sono esclusi dalla zona di studio, non interferendo con il nuovo tracciato metropolitano.

Rio Fereggiano

Il rio Fereggiano è un affluente di sinistra della parte bassa del t. Bisagno che ha origine alle pendici di monte Ratti e sfocia subito a valle di ponte Serra. Il tratto indagato si estende per circa 2600 m a monte della confluenza, in un tratto densamente urbanizzato; ad esso si aggiunge, a monte, un breve tratto del rio Finocchiara lungo circa 180 m. Il corso d'acqua risulta fortemente antropizzato, con numerose strutture che interferiscono con il regolare deflusso della corrente, bruschi restringimenti, abitazioni in fregio all'alveo, ponti e tombinature. Sul rio Fereggiano è stata costruita una galleria scolmatrice delle piene al fine di superare la forte criticità idraulica legata alle dimensioni insufficienti del tratto terminale tombinato; infatti, l'adeguamento della geometria delle sezioni, tenuto conto del contesto cittadino fortemente urbanizzato, non risulta una soluzione perseguibile. Pertanto, è stata realizzata una nuova galleria, del diametro di 5,20 m e lunghezza complessiva di circa 3,7 km, prolungando verso monte il tratto di galleria già realizzata negli anni '90 nell'ambito del c.d. progetto "Italstrade". Lo sbocco a mare, posizionato in corso Italia nei pressi dello stabilimento balneare Benvenuto, è stato dimensionato in modo da contenere anche la costruenda galleria scolmatrice del torrente Bisagno.

5.2.1.3 Fasce di inondabilità

Il piano di Bacino Stralcio del Torrente Bisagno articola il territorio in categorie di aree relative alla pericolosità idrogeologica. Una delle categorie individuate riguarda le *fasce di inondabilità* che, in riferimento all'art. 12 delle Norme di Attuazione, sono articolate nel modo seguente:

1. Fascia A – pericolosità idraulica molto elevata (P_{i3}): aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 50 anni;

1. Fascia B – pericolosità idraulica media (P_{i2}): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 200 anni;

2. Fascia C – pericolosità idraulica bassa (P_{i1}): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni, o aree storicamente inondate ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento;

3. Fascia B* (ovvero A*): aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altre evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.

Sulla base di studi di maggior dettaglio, sono inoltre individuate le aree corrispondenti agli ambiti normativi relativi alle fasce di inondabilità, come di seguito articolati in conformità ai criteri approvati con DGR 91/2013:

4. Ambito BB: aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno T=200 anni a "maggior pericolosità relativa" rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale;

5. Ambito B0: aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena a tempo di ritorno T=200 anni a "minor pericolosità relativa" rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale;

Per le porzioni di territorio relativamente alle quali nel presente piano siano stati individuati i suddetti ambiti, gli stessi sostituiscono, ai soli fini normativi, le fasce di inondabilità di cui sopra.

Le norme di attuazione del Piano di Bacino del torrente Bisagno definiscono quanto segue:

nella fascia A, […] non sono consentiti:

[…]

c) la realizzazione di nuove infrastrutture non inquadrabili tra le opere di attraversamento, fatti salvi gli interventi necessari ai fini della tutela della pubblica incolumità e quelli relativi a nuove infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità, previo parere favorevole dell'Ufficio regionale competente, purché progettate sulla base di uno specifico studio di compatibilità idraulica, non aumentino le condizioni di rischio, e risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.

d) interventi di manutenzione, ampliamento o ristrutturazione di infrastrutture pubbliche connesse alla mobilità esistenti, fatti salvi quelli che non aumentano le condizioni di rischio, ed in relazione ai quali risultano assunte le azioni e misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.

Nella fascia B non sono consentiti:

[…]

c) gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture connesse alla mobilità non inquadrabili tra le opere di attraversamento, salvi quelli progettati sulla base di uno specifico studio di compatibilità

idraulica, che non aumentino le condizioni di rischio, e in relazione ai quali risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile di cui al presente Piano e ai piani comunali di protezione civile.

Negli ambiti BB e B0 si applica la norma prevista per la fascia B, relativamente agli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture.

Nella fascia C è consentito ogni tipo di intervento purché realizzato con tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e, quindi, del rischio per la pubblica incolumità, e coerenti con le azioni e misure di protezione civile previste dal presente Piano e dai piani di protezione civile comunali.

Infine, l'art. 17 bis riguarda la "Fascia di rispetto dello scolmatore delle piene" e riporta che "nella fascia di rispetto individuata nella Carta delle fasce di inondabilità inerente il progetto del canale scolmatore del torrente Bisagno, gli interventi edilizi eccedenti il restauro e risanamento conservativo, devono essere sottoposti a parere preventivo rilasciato dell'Ufficio regionale competente, volto ad accertare la compatibilità degli stessi con l'assetto previsto nel progetto dell'opera idraulica".

L'opera infrastrutturale in progetto dunque dovrà essere subordinata, a parere favorevole dell'Ufficio regionale competente, e a specifico studio di compatibilità idraulica, finalizzato a valutare che l'intervento in progetto sia compatibile con le condizioni idrauliche dell'area e che non aumenti le condizioni di rischio.

5.2.1.4 Stato qualitativo delle acque superficiali

La qualità ambientale delle acque superficiali nel territorio ligure è nel complesso molto diversificata. In generale, nei tratti dei corsi d'acqua localizzati nelle zone a monte, la qualità ambientale risulta solo lievemente alterata dal punto di vista biologico e/o fisico-chimico-microbiologico; in questi casi le principali fonti di contaminazione sono rappresentate dalle case sparse e dall'inquinamento diffuso di vocazione agricola e zootecnica. Al contrario, I tratti localizzati a valle che attraversano zone fortemente antropizzate come il Comune di Genova e le zone costiere del Ponente, risultano spesso significativamente alterati dal punto di vista soprattutto biologico. Nell'ambito dell'aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque (DCR 11/2016), Regione ed ARPAL hanno effettuato una classificazione delle acque basata sui risultati del periodo 2014-2019. Fra gli altri indicatori di seguito riportati, figurano i due indicatori di sintesi previsti dalla normativa, lo Stato Chimico e lo Stato Ecologico, calcolati rispetto ai dati 2014-2019 per la revisione del Piano di Tutela. Il numero totale delle stazioni attualmente oggetto di campionamento da parte di ARPAL ai fini degli adempimenti di cui al D.lgs. 152/06 per la rete di monitoraggio dei corpi idrici fiumi è pari a 119 stazioni su un totale di 186 corpi idrici tipizzati con DGR 430/2009. Tale rete è già in parte stata incrementata da ARPAL rispetto alla DGR 1525/2011 che prevedeva per i fiumi 105 stazioni. Si riporta di seguito lo stato qualitativo monitorato per il Torrente Bisagno in quanto direttamente interferito dall'opera in progetto.

5.2.1.4.1 Stato chimico delle acque superficiali

Lo Stato Chimico è la classificazione risultante in base agli standard di qualità ambientale (Decreto Ministeriale 260/2010, Tab. 1/A) per le sostanze dell'elenco di priorità. Dall'analisi della "Relazione sullo stato dell'ambiente in Liguria - anno 2022 - Risorse idriche: Acque Superficiali – fiumi" dove stati riportati, per il sessennio 2014-2019, i risultati ottenuti sul totale dei corpi idrici soggetti a monitoraggio. I Corpi Idrici monitorati per lo Stato Chimico sono stati scelti sulla base delle pressioni e riguardano situazioni a rischio di non raggiungere l'obiettivo di qualità. La maggior parte dei corpi idrici

non monitorati per lo Stato Chimico concerne corsi d'acqua dove, per la tipologia delle pressioni, non era necessario ricercare le sostanze pericolose e prioritarie.

La classificazione prevede due sole classi: Buono e Non Buono.

Per lo Stato Chimico si evidenzia che su 185 corpi idrici fluviali, 153 corpi idrici, pari a circa l'82% del totale, raggiungono l'obiettivo di buono stato previsto dalla normativa ambientale, mentre i restanti 32, pari a circa il 18% del totale, tra cui il Torrente Bisagno, non raggiungono tale obiettivo.

In generale, le criticità legate ad uno stato chimico "non buono" si riscontrano nei corpi idrici localizzati nelle vicinanze di importanti realtà industriali o aree metropolitane, come nel caso dell'opera in progetto.

Figura 31. Classi di qualità per lo stato chimico attribuite al Torrente Bisagno (periodi 2009-2013 e 2014-2019)

Nome Corpo Idrico	Superi SQA 2009-2013	Stato Chimico 2009-2013	Superi SQA 2014-2019	Stato chimico 2014-2019
T. Bisagno 1		Buono		Buono
T. Bisagno 2		Buono		Buono
T. Bisagno 3		Buono	benzo(a)pirene	Non Buono
T. Bisagno 4		Buono	benzo(a)pirene	Non Buono
T. Bisagno 5		Buono	benzo(a)pirene	Non Buono

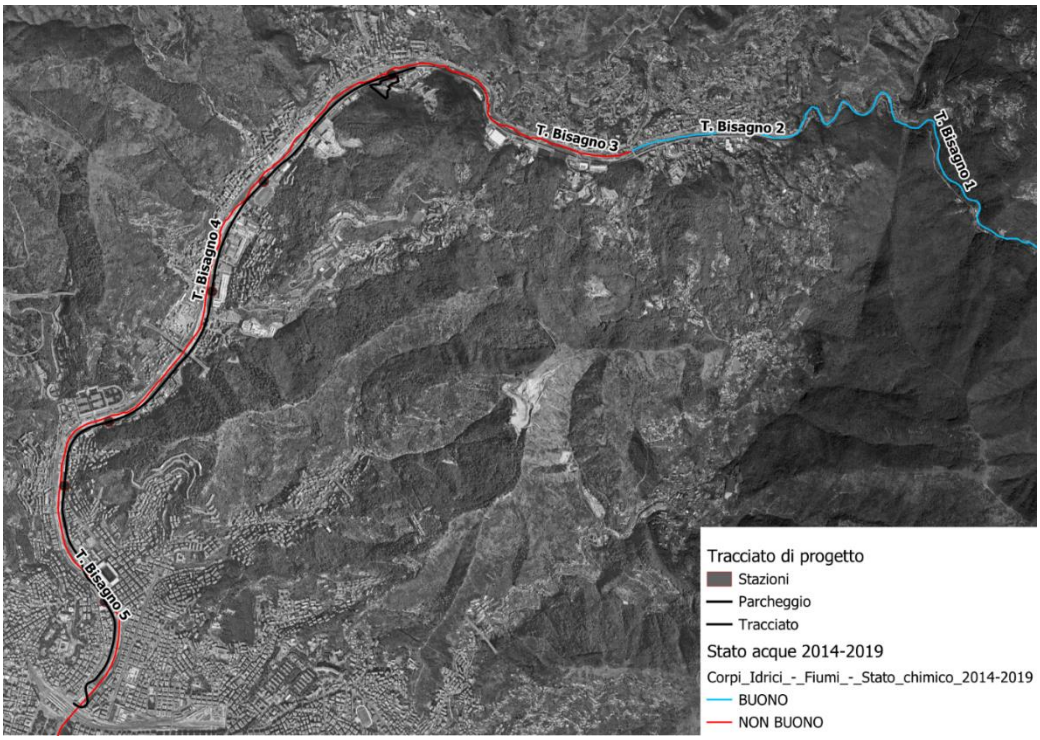


Figura 32. Stralcio cartografico stato chimico del Torrente Bisagno (2014-2019). In nero è indicato il tracciato di progetto

Come mostrato nello stralcio sovrastante, i corpi idrici monitorati interferenti con l'opera in progetto sono: Torrente Bisagno 3, Torrente Bisagno 4 e Torrente Bisagno 5.

Rispetto al periodo 2009-2013, il Torrente Bisagno ha subito un peggioramento dello stato qualitativo, registrando inoltre dei superamenti per il parametro benzo(a)pirene.

5.2.1.4.2 Stato ecologico acque superficiali

Lo Stato Ecologico è la classificazione che si ottiene in base alla classe peggiore risultante dai dati di monitoraggio relativi a: elementi biologici, elementi chimico-fisici a sostegno, elementi chimici a sostegno (Decreto Ministeriale 260/2010 tab. 1/B).

Dall'analisi della "Relazione sullo stato dell'ambiente in Liguria - anno 2022 - Risorse idriche: Acque Superficiali – fiumi", i parametri che condizionano la classificazione dello Stato Ecologico sono quasi esclusivamente i parametri biologici; il LIMeco e gli altri parametri chimici che entrano nello Stato Ecologico (Tab. 1/B del D. M. 260/2010) non si sono mai rivelati fattori limitanti (il giudizio è migliore o pari a quello dei parametri biologici, non peggiore).

Per lo Stato Ecologico si evidenzia che su 185 corpi idrici fluviali ad oggi monitorati, 83 corpi idrici, pari a circa il 45% del totale, raggiungono l'obiettivo di stato ecologico "buono" previsto dalla normativa ambientale mentre i restanti 102, pari a circa il 55% del totale, non raggiungono tale obiettivo. Nel periodo 2014-2019 il Torrente Bisagno 3 e 4 presenta uno stato ecologico pari a "sufficiente", mentre il Torrente Bisagno 5 presenta uno stato ecologico pari a "cattivo", tutti peggioramenti rispetto allo stato ecologico nel periodo 2009-2013.

Figura 33. Classi di qualità per lo Stato Ecologico relative al Torrente Bisagno (periodi 2009-2013 e 2014-2019)

Corpo Idrico	Stato Ecologico 2009-2013	Stato Ecologico 2014-2019
T. Bisagno 1	Buono	Sufficiente
T. Bisagno 2	Buono	Sufficiente
T. Bisagno 3	Buono	Sufficiente
T. Bisagno 4	Buono	Sufficiente
T. Bisagno 5	Buono	Cattivo

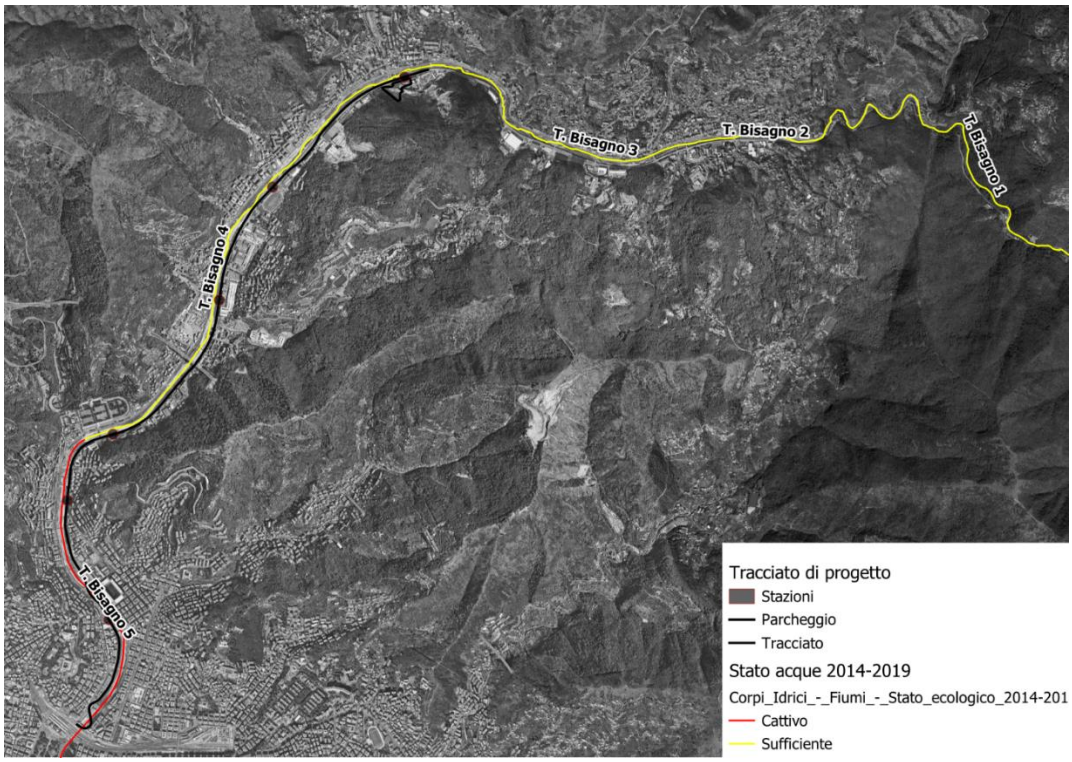


Figura 34. Stralcio cartografico stato ecologico del Torrente Bisagno (2014-2019). In nero è indicato il tracciato di progetto

5.2.1.5 Inquadramento idrogeologico

Le valutazioni in merito alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nell'area del bacino del Torrente Bisagno sono generali e indicative poiché dedotte dall'esame della permeabilità relativa delle diverse litologie descritte nel par. 5.1.1.1.
Per quanto riguarda le formazioni rocciose del substrato si distinguono:

- i calcari, permeabili per fratturazione e fessurazione e localmente per carsismo;
- le argilliti, da semipermeabili a impermeabili se in condizioni d'integrità, possono ammettere circolazione idrica al loro interno in associazione ai sistemi di fratturazione;

- le argille marnose plioceniche, dotate di scarsa o nulla permeabilità per porosità. Ammettono debole circolazione idrica in corrispondenza dei livelli sabbiosi intercalati.

Nei litotipi argillosi e nelle relative coperture detritiche, a spiccata componente fine, sono possibili circolazioni idriche di ridotta entità, riconducibili a uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati, discontinui e spesso isolati.

Di maggiore rilevanza è invece la circolazione idrica sotterranea all'interno dell'ammasso calcareo, in corrispondenza delle zone fratturate e tettonizzate, in fasce e orizzonti delimitati e per vie preferenziali.

Per quanto riguarda i depositi alluvionali si evidenzia che questi sono sede di un importante acquifero, sfruttato anche a uso idropotabile, tramite pozzi che si trovano disseminati nel fondovalle. I più importanti e a uso idropotabile, sono ubicati nella zona di Piazza Giusti, a San Fruttuoso e in zona Via Casaregis – Via Montesuello a Sud della ferrovia. Si ha notizia poi di alcuni pozzi nell'acquifero alluvionale superficiale all'altezza del Ponte Gallo, in sinistra, nel complesso sportivo della Sciorba, all'altezza del Rio Mermi e nell'ex mattatoio municipale.

L'acquifero, unico nella media e alta valle, assume la connotazione di un acquifero stratificato nella zona meridionale, dove, come già detto, il deposito alluvionale grossolano è intersecato da sequenze fini limose e sabbiose di spessore anche metrico, che rappresenta un acquicludo nella sequenza e determina, localmente, condizioni di artesianità nella falda alluvionale profonda.

In particolare:

- da Molassana a Marassi è presente un'unica sequenza di depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi che sono sede di una falda freatica, la quale evidenzia un livello piezometrico stabile a profondità generalmente allineate a quella dell'alveo attivo, quindi a 4,00 – 5,00 dalla quota delle strade che lo costeggiano. Di fatto, è la falda di subalveo del corso d'acqua che però, in questo periodo particolarmente siccitoso, é assestata tra 6,00 e 8,00 m circa da p.c. quindi ben al di sotto della quota dell'alveo;
- da Marassi alla Foce, nei depositi alluvionali di natura ghiaiosa e sabbiosa si registra la presenza di un orizzonte prevalentemente limoso, che suddivide la sequenza delle alluvioni in depositi superficiali ghiaiosi, sede di una falda freatica di subalveo a profondità analoghe a quelle del tratto a Nord, e depositi ghiaiosi profondi, sede di una falda in pressione con caratteristiche artesiane.

La falda freatica superiore è direttamente dipendente dal regime idraulico del Torrente Bisagno, di cui segue le oscillazioni stagionali, con una filtrazione che, nei periodi di magra, è verso l'alveo, mentre nei periodi di piena è verso l'esterno dell'alveo, nel senso che è il corso d'acqua che alimenta la falda laterale.

La permeabilità K dei depositi alluvionali varia mediamente tra 10^{-3} m/sec e 10^{-6} m/sec. Per quanto riguarda l'acquifero freatico, la piezometrica subisce repentine oscillazioni del livello statico in rapporto all'andamento pluviometrico. Per la ricarica del sistema acquifero, oltre agli apporti diretti, è

importante il contributo laterale sotterraneo delle acque circolanti nel substrato roccioso e quello delle falde di subalveo degli affluenti laterali.

5.2.1.6 Stato qualitativo delle acque sotterranee

La normativa di riferimento prevede che siano valutati i risultati di ogni singola stazione di monitoraggio, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo. Il periodo 2014-2019 rappresenta l'ultimo riferimento utilizzato per la classificazione dei corpi idrici liguri. I monitoraggi eseguiti annualmente vengono pertanto finalizzati, non alla classificazione annuale del corpo idrico, ma all'osservazione dell'andamento puntuale dello stato di salute delle acque sotterranee rispetto al periodo di riferimento precedente.

La classificazione di ogni singola stazione avviene attraverso la determinazione analitica di oltre 60 sostanze con frequenza semestrale o quadrimestrale a seconda dello stato di salute dell'intero corpo idrico a cui appartiene.

La normativa fissa valori soglia per ogni parametro analizzato e se il valore medio di concentrazione di uno solo dei parametri ricercati risulta maggiore del valore limite la stazione viene classificata in stato NON BUONO. A livello di corpo idrico si valuta anche la rappresentatività di questi superi: laddove essi siano limitati nel tempo (una sola misura in una serie storica positiva) o nello spazio (una sola stazione rispetto a numerose altre senza criticità) lo stato qualitativo potrà essere mantenuto BUONO, pur mantenendo un livello di attenzione sulla criticità locale.

Le stazioni di monitoraggio delle acque sotterranee più prossime all'area oggetto di intervento sono collocate nei pressi del Torrente Bisagno, di cui si riportano di seguito, le classificazioni allo stato ambientale delle risorse idriche sotterranee contenute nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Liguria.

Figura 35. Stato chimico dei corpi idrici sotterranei (periodi 2009-2013 e 2014-2019)

CODICE CORPO IDRICO	NOME	STATO 2009-2013	SOSTANZE CON SUPERI	STATO 2014-2019	SOSTANZE CON SUPERI	TREND
CI_AGE02	BISAGNO	NON BUONO	IPA Tetracloroetilene Triclorometano Dibromoclorometano	NON BUONO	IPA Tetracloroetilene Triclorometano Bromodiclorometano Dibromoclorometano	

Rispetto al periodo 2009-2013, il Torrente Bisagno non ha mostrato miglioramenti dello stato di qualità, ma ha registrato inoltre superamenti anche per il parametro Bromodiclorometano.

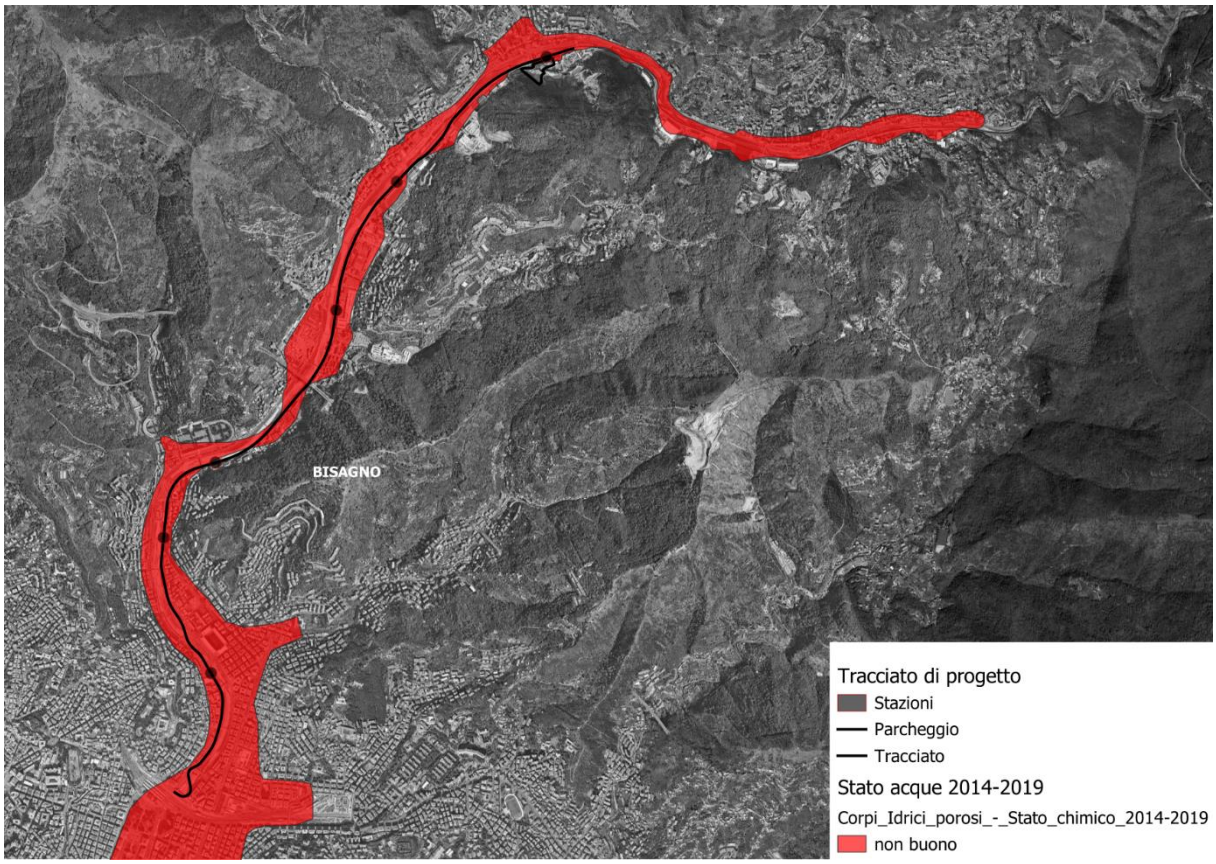


Figura 36. Stralcio cartografico stato chimico delle acque sotterrane del Piano di Tutela delle Acque della Regione Liguria (2014-2019). In nero è indicato il tracciato di progetto

5.2.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

5.2.2.1 Modifica delle caratteristiche qualitative delle acque

Nei confronti delle acque superficiali e/o sotterranee possono verificarsi azioni che possono compromettere la qualità dei corpi idrici. Possono infatti verificarsi eventuali sversamenti accidentali di fluidi inquinanti da mezzi d'opera o da depositi di materiali dei medesimi inquinanti potenziali ricorrenti (gasolio per rifornimento, oli e grassi lubrificanti e vernici).

Il rifornimento di gasolio delle macchine operatrici (in linea e cantiere) sarà effettuato con mezzi idonei. Nei principali cantieri verranno posizionati dei kit di pronto intervento, contenenti panne assorbenti e altro materiale idoneo a contenere, fermare e riassorbire almeno parzialmente lo sversamento.

Per evitare sversamenti durante le operazioni di manutenzione delle macchine, verranno utilizzate vasche di contenimento o altro sistema idoneo, da porre in corrispondenza dei punti di manutenzione. Inoltre, i contenitori di oli lubrificanti saranno posizionati, a loro volta, su vasche di contenimento a tenuta stagna.

L'eventuale contaminazione dovuta all'infiltrazione in falda di sostanze inquinanti prodotte dalle lavorazioni sarà oggetto di monitoraggio, pertanto in corrispondenza delle aree di cantiere che

ricadono in porzioni del territorio caratterizzate da permeabilità significativa e in corrispondenza delle quali il rischio di infiltrazione, anche in ragione della intrinseca vulnerabilità all'inquinamento dei terreni all'interno dell'area di interesse è effettivamente un potenziale impatto, saranno previsti dei punti di monitoraggio per le acque sotterranee.

5.2.2.2 Sviluppo dei cantieri in zone soggette ad esondazione fluviale

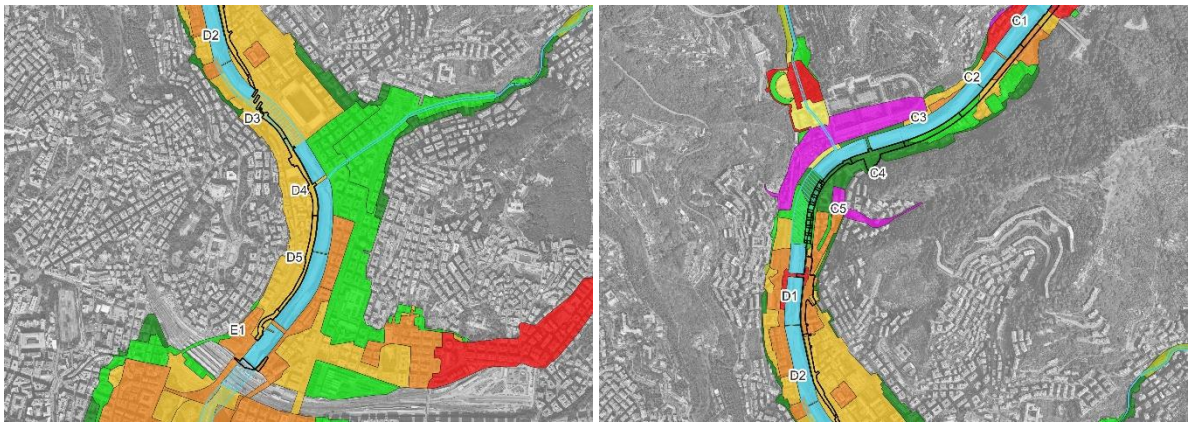
Le aree esondabili o a deflusso difficoltoso si riferiscono a molteplici fattori, tra cui permeabilità scarsa per le caratteristiche litologiche dei sedimenti più superficiali, soggiacenza della falda, assetto morfologico depresso, presenza di rilevati antropici che impediscono il deflusso naturale.

Di seguito è stata definita la sovrapposizione delle aree di cantiere con le diverse fasce di inondablità.

LEGENDA

FASCE DI INONDABILITA'	NORME DI ATTUAZIONE
FASCIA A	Art. 15, c. 2
FASCIA A*	Art. 15, c. 4bis
FASCIA B	Art. 15, c. 3
FASCIA B - AMBITO BB	Art. 15, c. 3bis
FASCIA B - AMBITO B0	Art. 15, c. 3bis
FASCIA B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, c. 4bis
FASCIA C	Art. 15, c. 4
FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
FASCIA C (Aree ex inondabili)	Art. 15, c. 4
ALVEO A CIELO APERTO ALVEO TOMBINATO	Art. 13
FASCIA DI RISPETTO DELLO SCOLMATORE	Art. 17bis

— Perimetro aree di cantiere



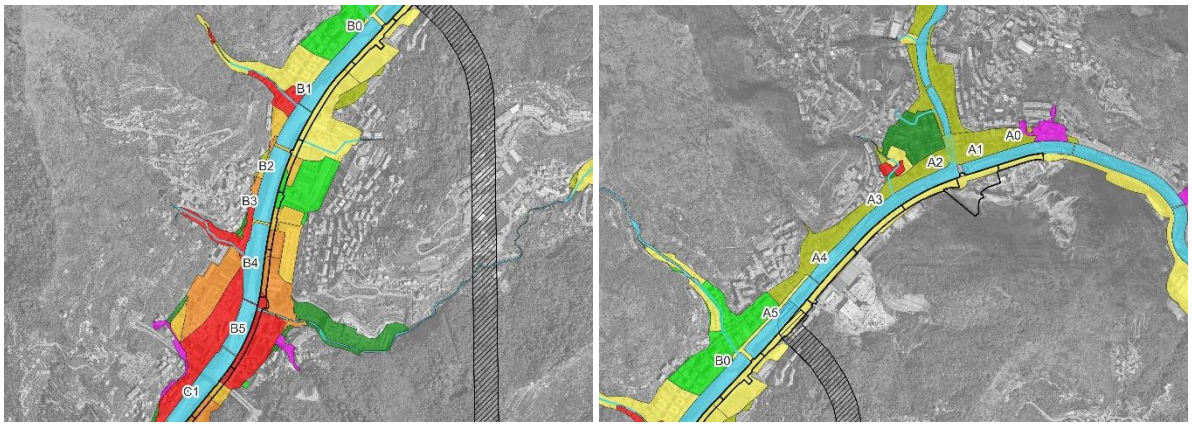


Figura 37. Sovrapposizione delle aree di cantiere con le diverse fasce di inondablità (elaborazione GIS)

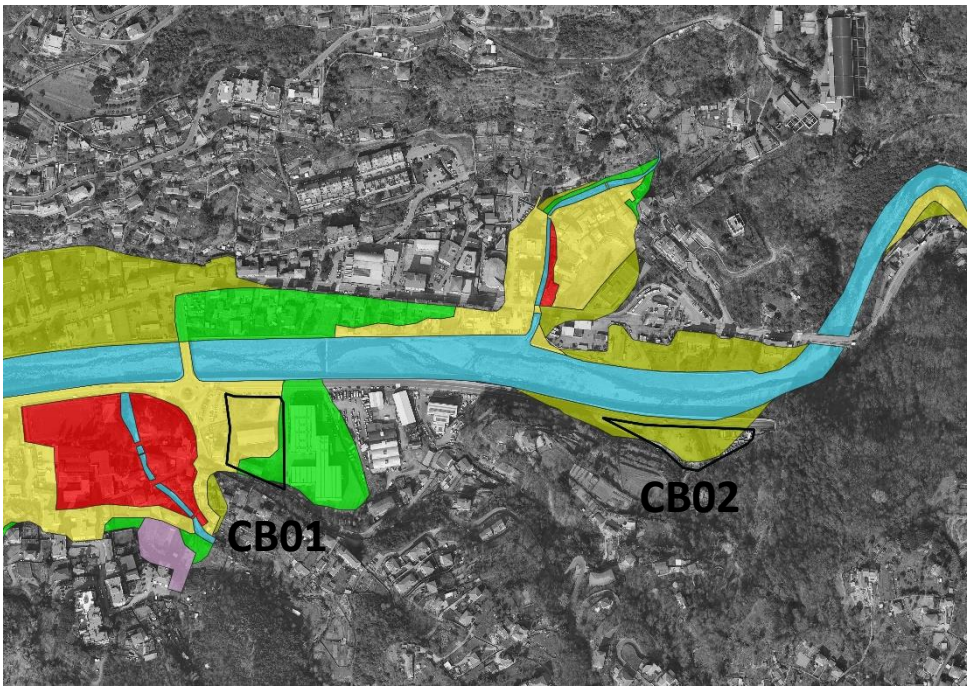


Figura 38. Sovrapposizione delle aree di cantiere base con le diverse fasce di inondablità (elaborazione GIS)

Come illustrato nello stralcio cartografico, le aree di cantiere ricadono, per l'intero sviluppo, all'interno delle diverse fasce di inondabilità nel seguito riepilogate:

- Fascia A per un breve tratto di circa 450 metri;
- Fascia B – Ambito B0;
- Fascia B – Ambito BB;
- Fascia B;
- Fascia C;
- Fascia di rispetto dello scolmatore per un breve tratto di circa 450 metri.

Di seguito si riporta un maggiore dettaglio delle fasce di inondabilità in cui ricadono le aree di cantiere fisso CB01 e CB02

Dalla sovrapposizione delle aree di cantiere fisso con le diverse fasce di inondablità, si osserva che: **il cantiere CB01 ricade in aree caratterizzate da fasce di inondabilità B e C, mentre il cantiere CB02 ricade in aree caratterizzate da fasca di inondabilità C (aree storicamente inondate in tratti indagati).**

Si sottolinea come l'occupazione delle aree di cantiere sarà limitata alla realizzazione dell'opera, inoltre le aree di cantiere verranno perimetrate in sicurezza idraulica, a garanzia del rispetto del territorio e della sicurezza delle maestranze, in modo tale che tutte le lavorazioni avvengano all'asciutto; le interferenze di tipo idraulico saranno pertanto intrinsecamente connaturate alla sola possibilità di lievi e temporanei fenomeni di intorbidimento delle acque superficiali, dovuti alla movimentazione dei materiali, agli eventuali scavi e all'attività dei mezzi d'opera. Si tratta tuttavia di fenomeni temporanei, transitori e totalmente reversibili.

Si considera infatti, per la valutazione della significatività di tale impatto, che la realizzazione dell'intervento non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area in futuro e non costituisce ostacolo al deflusso delle piene, non modificando in maniera significativa né le condizioni di rischio nell'area in cui insiste, né delle aree limitrofe. Per le valutazioni sopra espresse, per i dettagli delle quali si rimanda agli studi specialistici, si ritiene dunque che l'impatto sulla componente in questione non sia significativo. (Livello di significatività B).

5.2.2.3 Modifica della circolazione idrica sotterranea

I valori di soggiacenza della falda indicati nella Relazione geologica (rif. – doc. MGE1PRLVGEOCOMR001-00_A) mostrano, in generale, un andamento del livello freatimetrico non molto variabile, dove la falda è assestata alla quota dell'alveo e segue le oscillazioni del torrente in funzione dei regimi meteorici e degli andamenti stagionali.

Le valutazioni in merito alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nell'area hanno carattere generale ed indicativo in quanto dedotte dall'esame della permeabilità relativa delle diverse litologie presenti. Nel definire il diverso grado di permeabilità relativa si sono analizzate le diverse caratteristiche litologico-strutturali nonché la presenza o meno di contatti di permeabilità o particolari zone d'impregnazione idrica. Sono state individuate quattro classi fondamentali di permeabilità associate alle diverse litologie, in particolare sono state classificate generalmente "impermeabili" le litologie a prevalente comportamento argilloso. Le litologie a prevalente comportamento calcareo sono state invece classificate come "permeabili per fratturazione e localmente per carsismo", mentre i litotipi appartenenti alla Formazione di Ronco sono stati considerati, rispetto ad una scala relativa di permeabilità, «semipermeabili per fratturazione». Infine, sono stati classificati "permeabili per porosità" i depositi alluvionali di fondovalle. Le litologie caratterizzate da elevata permeabilità per fratturazione sono sede di circuiti idrici fortemente condizionati dall'andamento (orientazione e densità) e dalla persistenza delle discontinuità presenti. Nei litotipi semipermeabili ed impermeabili la circolazione idrica lungo le discontinuità è fortemente influenzata da fenomeni d'alterazione che interessano i materiali argillosi; i prodotti d'alterazione, infatti, tendono ad intasare le discontinuità presenti rallentando e limitando i processi di circolazione idrica. Nell'ambito della zona di studio l'infiltrazione in tali litologie va ad alimentare una circolazione idrica prevalentemente superficiale caratterizzata da una rete di flusso discontinua. In particolare, nell'ambito delle coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente matrice fine argillosa sono possibili circolazioni idriche di ridotta entità riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati,

discontinui e spesso isolati. In prossimità del substrato roccioso fenomeni di impregnazione idrica del terreno di copertura possono essere connessi con sorgenti poste nel substrato stesso mentre, in corrispondenza del piano campagna, la circolazione idrica è in stretta connessione con gli apporti meteorici. Con riferimento alla descrizione del progetto riportata nel paragrafo 2.1, le principali opere che potrebbero interferire con il naturale deflusso della falda acquifera sono rappresentate principalmente dalle pile dei viadotti. L'opera oggetto di studio prevede uno sviluppo interamente in viadotto, pertanto, necessita di elementi di sostegno verticali composti da pile. In alcuni passaggi singolari l'impalcato richiede dei sostegni a telaio con due pile di minori dimensioni poste ai lati della strada sottostante mentre generalmente e sufficiente una pila circolare di 2 m di diametro. I punti singolari sopra citati sono l'attraversamento del Fiume Bisagno e alcune zone critiche (intersezioni stradali, interferenze), dove non era possibile realizzare la pila standard. Le pile previste da progetto prevedono una sezione circolare e un plinto interrato. Esse sono posizionate ad una distanza minima lungo la sponda del fiume dai muri di difesa del Torrente Bisagno con lo scopo principale di interferire il meno possibile con la viabilita e mantenersi il piu possibile distante dai fabbricati posti sul lato opposto della strada.

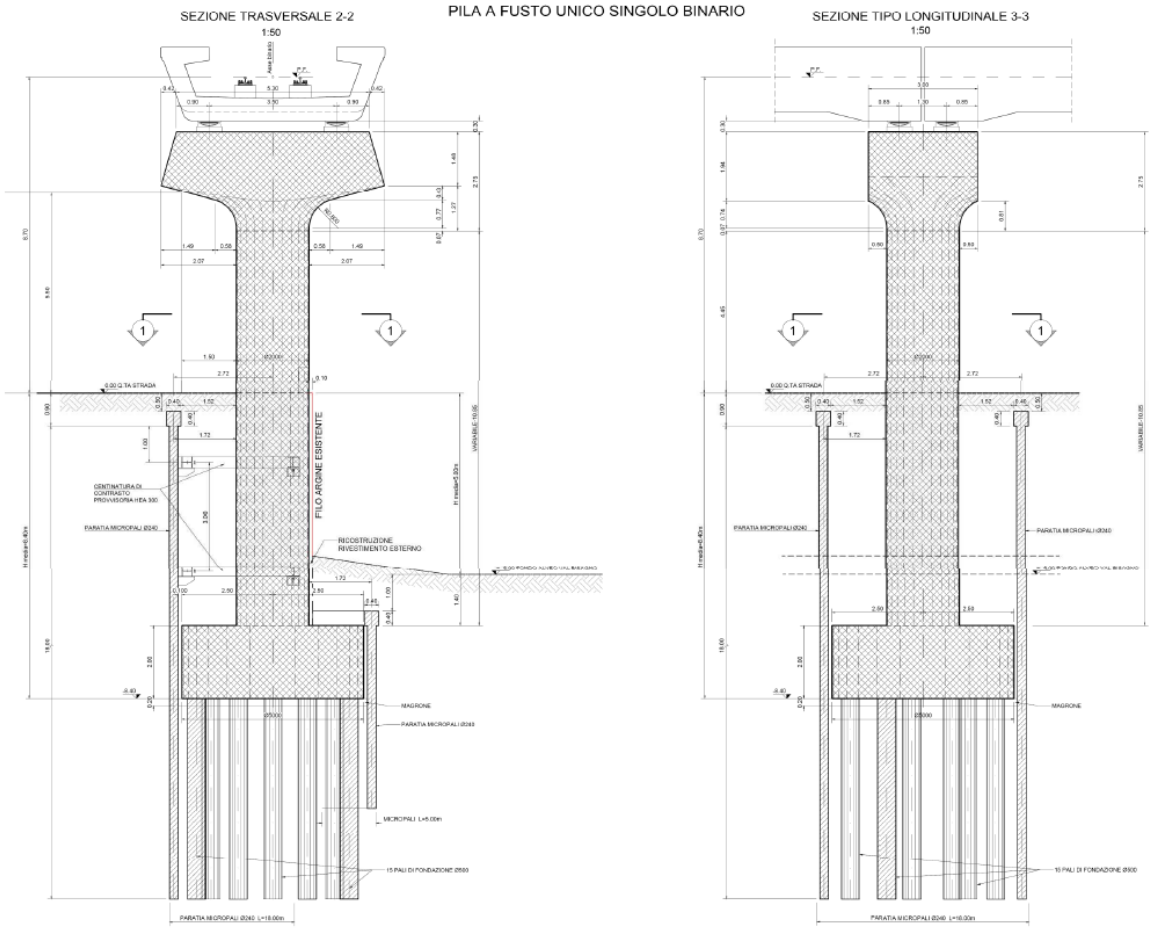


Figura 39. Sezioni tipo opere di sostegno: pila a fusto unico con singolo binario

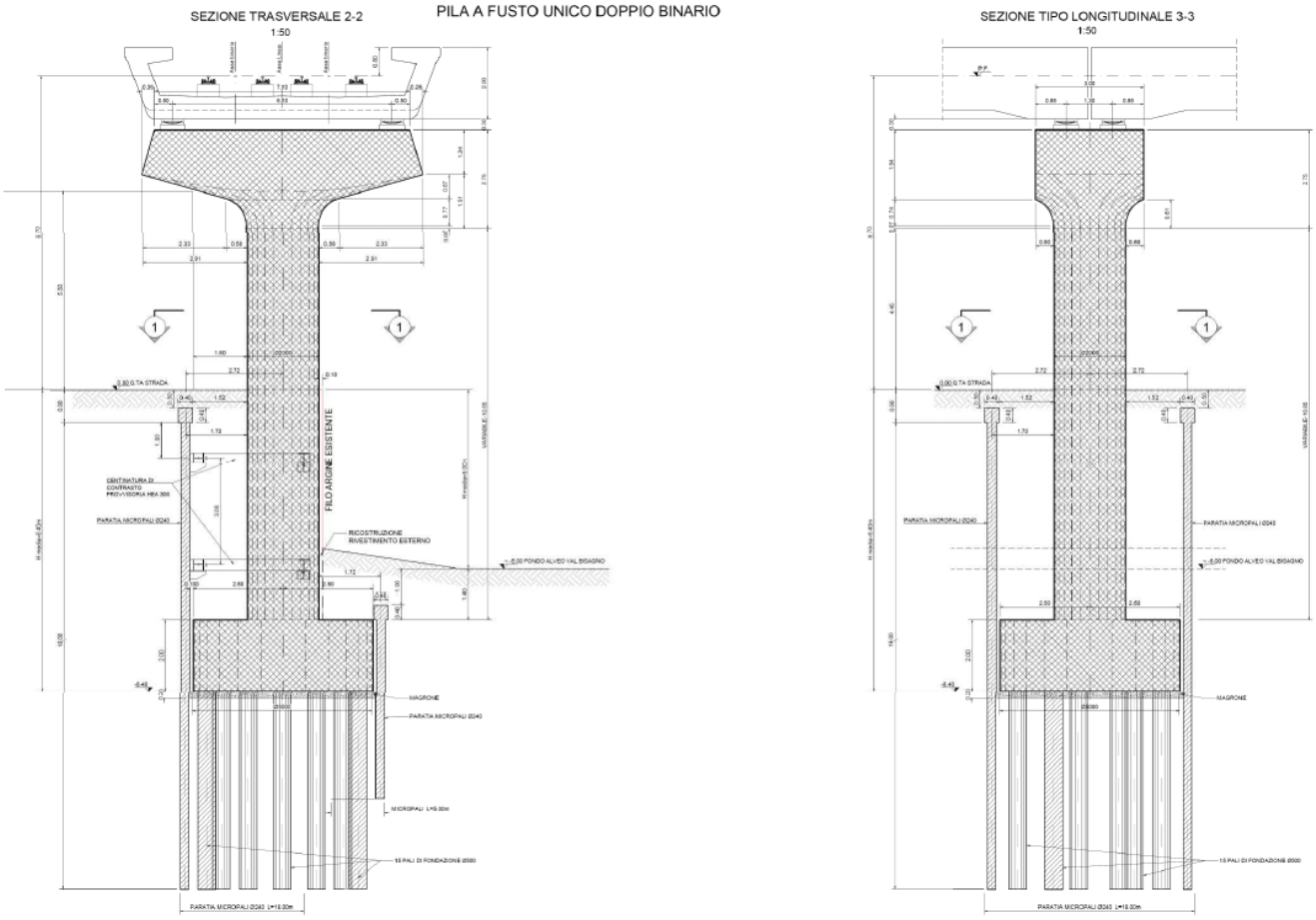


Figura 40. Sezioni tipo opere di sostegno: pila a fusto unico con singolo binario

Rispetto ai rivi minori non studiati, potenzialmente non idonei idraulicamente, si lascia sempre una fascia planimetrica di 3 metri di inedificabilita assoluta ed anche il plinto andra realizzato con estradosso posto almeno 1 m al di sotto dell'attuale fondo alveo. Il tutto per eventuali futuri adeguamenti del rivo minore. Le pile sono posizionate ad interasse variabile.

5.2.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Gli impatti sull'ambiente idrico sotterraneo non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma piuttosto impatti potenziali.

Una riduzione del rischio di impatti significativi sull'ambiente idrico in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti e dei prodotti di natura cementizia, alla prevenzione dello sversamento di oli ed idrocarburi.

Di seguito sono illustrate una serie di procedure operative che dovranno essere seguite a questo scopo dall'impresa esecutrice nel corso dei lavori.

Lavori di movimento terra - L'annaffiatura delle aree di cantiere tesa a prevenire il sollevamento di polveri deve essere eseguita in maniera tale da evitare che le acque fluiscano direttamente verso un corpo ricettore superficiale, trasportandovi dei sedimenti (a questo fine occorrerà in generale realizzare un fosso di guardia a delimitazione dell'area di lavoro).

Costruzione di fondazioni e interventi di consolidamento dei terreni di fondazioni - La contaminazione delle acque sotterranee durante le attività di realizzazione degli interventi di consolidamento dei terreni può essere originata da:

- danneggiamento di sottoservizi esistenti, sia in maniera diretta per perforazione degli stessi, sia in maniera indiretta a causa di cedimenti indotti dal peso dei macchinari impiegati per la perforazione;
- perdite dei fanghi di perforazione e/o di miscela cementizia all'interno dei terreni permeabili;
- contaminazione per dilavamento incontrollato delle acque dal sito di cantiere;
- perdite di oli e carburante da parte dei macchinari impiegati nei lavori.

In generale tali rischi possono essere evitati tramite un'accurata organizzazione dell'area di cantiere, comprendente: un rilievo accurato dei sottoservizi e dei manufatti interrati esistenti nell'area di lavoro, la realizzazione di fossi di guardia intorno all'area di lavoro e la predisposizione di apposite procedure di emergenza.

Operazioni di casseratura a getto - Le casserature da impiegare per la costruzione delle opere in c.a. devono essere progettate e realizzate in maniera tale che tutti i pannelli siano adeguatamente a contatto con quelli accanto o che gli stessi vengano sigillati in modo da evitare perdite di calcestruzzo durante il getto. Le casserature debbono essere ben mantenute in modo che venga assicurata la perfetta aderenza delle loro superfici di contatto. Durante le operazioni di getto in corrispondenza del punto di consegna occorrerà prendere adeguate precauzioni al fine di evitare sversamenti dalle autobetoniere, che potrebbero tradursi in contaminazione delle acque sotterranee.

Lavori in alveo di corsi d'acqua o aree prossime - Oltre a lavorare preferibilmente in periodi di magra, è necessario adottare idonei sistemi di deviazione delle acque superficiali con apposite casseforme o paratie al fine di evitare rilasci di miscele cementizie e relativi additivi e/o altre parti solide nelle acque correnti e/o in alveo. In caso di lavori in prossimità di corsi d'acqua l'alveo non dovrà essere occupato da materiali di cantiere.

Prima dell'inizio dei lavori in tali aree è opportuno, quando non necessario, effettuare una comunicazione preventiva agli enti di controllo.

Particolare attenzione dovrà essere posta a tutte le lavorazioni che riguardano perforazioni e getti di calcestruzzo in prossimità delle falde idriche sotterranee, che dovranno avvenire a seguito di preventivo intubamento ed isolamento del cavo al fine di evitare la dispersione in acque sotterranee del cemento e di altri additivi.

È importante porre attenzione alle caratteristiche degli oli disarmanti, se impiegati nella costruzione, allo scopo di scegliere preferibilmente prodotti biodegradabili e atossici. Analoghe attenzioni devono

essere poste, in tali aree, nella scelta delle tecniche di perforazione preferendo quelle che richiedano un minore ricorso a sostanze chimiche impattanti sull'ambiente.

Trasporto del calcestruzzo - Al fine di prevenire fenomeni di inquinamento delle acque e del suolo è necessario che la produzione, il trasporto e l'impiego dei materiali cementizi siano adeguatamente pianificate e controllate.

I rischi di inquinamento indotti dall'impiego delle autobetoniere possono essere limitati applicando le seguenti procedure:

- il lavaggio delle autobetoniere dovrà essere effettuato presso l'impianto di produzione del calcestruzzo;
- nel caso in cui l'appaltatore scelga di svolgere in sito il lavaggio delle autobetoniere, esso dovrà provvedere a realizzare un apposito impianto collegato ad un sistema di depurazione; - secchioni, pompe per calcestruzzo ed altre macchine impiegate per i getti dovranno essere anch'esse lavate presso lo stesso impianto;
- gli autisti delle autobetoniere, qualora non dipendenti direttamente dall'appaltatore, dovranno essere informati delle procedure da seguire per il lavaggio delle stesse;
- tutti i carichi di calcestruzzo dovranno essere trasportati con la dovuta cautela al fine di evitare perdite lungo il percorso; per lo stesso motivo, le autobetoniere dovranno sempre circolare con un carico inferiore di almeno il 5% al massimo della loro capienza;
- in aree a particolare rischio, quali quelle in vicinanza di corsi d'acqua, occorrerà usare particolare prudenza durante il trasporto, tenendo una velocità particolarmente moderata; nelle stesse aree l'appaltatore dovrà curare la manutenzione delle piste di cantiere e degli incroci con la viabilità esterna.

Alterazione del ruscellamento in fase di costruzione - Durante la fase di costruzione riveste particolare importanza garantire il deflusso della rete idrica, anche secondaria nelle aree interessate dai lavori; a tale scopo saranno realizzati gli opportuni sistemi per il convogliamento e il rallentamento dei flussi superficiali delle acque.

Utilizzo di sostanze chimiche - La possibilità d'inquinamento dei corpi idrici da parte delle sostanze chimiche impiegate sul sito di cantiere deve essere prevenuta da parte dell'Appaltatore tramite apposite procedure che comprendono:

- la scelta, tra i prodotti che possono essere impiegati per uno stesso scopo, di quelli più sicuri (ad esempio l'impiego di prodotti in matrice liquida in luogo di solventi organici volatili);
- la scelta della forma sotto cui impiegare determinate sostanze (prediligendo ad esempio i prodotti in pasta a quelli liquidi o in polvere);
- la definizione di metodi di lavoro tali da prevenire la diffusione nell'ambiente di sostanze inquinanti (ad esempio tramite scelta di metodi di applicazione a spruzzo di determinate sostanze anziché metodi basati sul versamento delle stesse);

- la delimitazione con barriere di protezione (formate da semplici teli o pannelli di varia natura) delle aree dove si svolgono determinate lavorazioni;
- l'utilizzo dei prodotti potenzialmente nocivi per l'ambiente ad adeguata distanza da aree sensibili del territorio come i corsi d'acqua;
- la limitazione dei quantitativi di sostanze mantenuti nei siti di lavoro al fine di ridurre l'impatto in caso di perdite (ciò si può ottenere ad esempio acquistando i prodotti in recipienti di piccole dimensioni);
- la verifica che ogni sostanza sia tenuta in contenitori adeguati e non danneggiati, contenenti all'esterno una chiara etichetta per l'identificazione del prodotto;
- lo stoccaggio delle sostanze pericolose in apposite aree controllate;
- lo smaltimento dei contenitori vuoti e delle attrezzature contaminate da sostanze chimiche secondo le prescrizioni della vigente normativa;
- la definizione di procedure di bonifica per tutte le sostanze impiegate nel cantiere;
- la formazione e l'informazione dei lavoratori sulle modalità di corretto utilizzo delle varie sostanze chimiche;
- la pavimentazione delle aree circostanti le officine dove si svolgono lavorazioni che possono comportare la dispersione di sostanze liquide nell'ambiente esterno.

Modalità di stoccaggio delle sostanze pericolose - Qualora occorra provvedere allo stoccaggio di sostanze pericolose, il Responsabile del cantiere, di concerto con il Direttore dei Lavori e con il Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione, provvederà ad individuare un'area adeguata. Tale area dovrà essere recintata e posta lontano dai baraccamenti e dalla viabilità di transito dei mezzi di cantiere; essa dovrà inoltre essere segnalata con cartelli di pericolo indicanti il tipo di sostanze presenti.

Lo stoccaggio e la gestione di tali sostanze verranno effettuati con l'intento di proteggere il sito da potenziali agenti inquinanti. Le sostanze pericolose dovranno essere contenute in contenitori non danneggiati; questi dovranno essere collocati su un basamento in calcestruzzo o comunque su un'area pavimentata e protetti da una tettoia.

Drenaggio delle acque e trattamento delle acque reflue - I piazzali del cantiere dovranno essere provvisti di un sistema di adeguata capacità per la raccolta delle acque meteoriche. Inoltre, per l'area destinata a cantiere operativo, dove sono installati i magazzini, le officine e gli impianti di lavaggio dei mezzi e di distribuzione del carburante potranno essere realizzate una vasca per la sedimentazione dei materiali in sospensione ed una vasca per la disoleazione prima dello scarico in fognatura delle acque di piazzale.

Manutenzione dei macchinari di cantiere - La manutenzione dei macchinari impiegati nelle aree di cantiere è di fondamentale importanza anche al fine di prevenire fenomeni d'inquinamento. Gli addetti

alle macchine operatrici dovranno a questo fine controllare il funzionamento delle stesse con cadenza periodica, al fine di verificare eventuali problemi meccanici.

Ogni perdita di carburante, di liquido dell'impianto frenante, di oli del motore o degli impianti idraulici deve essere immediatamente segnalata al responsabile della manutenzione. L'impiego della macchina che abbia problemi di perdite dovrà essere consentito solo se il fluido in questione può essere contenuto tramite un apposito recipiente o una riparazione temporanea ed alla sola condizione che la riparazione del guasto sia effettuata nel più breve tempo possibile. In ogni altro caso la macchina in questione non potrà operare, ed in particolare non potrà farlo in aree prossime a corsi d'acqua.

La contaminazione delle acque superficiali può avvenire anche durante operazioni di manutenzione o di riparazione. Al fine di evitare ogni problema è necessario che tali operazioni abbiano luogo unicamente all'interno del cantiere, in aree opportunamente definite e pavimentate, dove siano disponibili dei dispositivi e delle attrezzature per intervenire prontamente in caso di dispersione di sostanze inquinanti.

Il lavaggio delle betoniere, delle pompe, dei secchioni e di altre attrezzature che devono essere ripulite del calcestruzzo dopo l'uso dovrà essere svolto in aree appositamente attrezzate.

Controllo degli incidenti in sito e procedure d'emergenza - Nel caso di versamenti accidentali di sostanze inquinanti sarà cura del Responsabile del Cantiere, di concerto con il Direttore dei Lavori, mettere immediatamente in atto i provvedimenti di disinquinamento ai sensi della normativa vigente.

5.3 Biodiversità

5.3.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

Al fine di inquadrare le comunità vegetali del territorio e in particolare la vegetazione potenziale è importante identificare la regione climatica di appartenenza dell'area di studio, in modo da definire le condizioni termiche e pluviometriche, che incidono in modo diretto sull'assetto vegetazionale di un dato territorio.

La regione Liguria ha un clima estremamente variegato. Di tipo mediterraneo che risente moltissimo della morfologia accidentata del suo territorio in gran parte montuoso, aperto su un mare decisamente caldo in rapporto alla sua latitudine relativamente elevata.

Le temperature variano in base alla quota del territorio; lungo le coste le acque marine smorzano le escursioni termiche stagionali e giornalieri. In Estate raramente si raggiungono i 30°C e difficilmente d'Inverno si scende sotto ai 10°C. Molto brevi sono gli episodi di freddo intenso ed ancor più le nevicate; tuttavia, durante le irruzioni artiche in presenza di venti di Tramontana scura, questa riesce a raggiungere anche le coste in particolare in corrispondenza dei valichi più bassi dell'Appennino Ligure, apportando improvvisi cali termici e talora nevicate. Ad ogni modo anche durante gli Inverni più freddi raramente la neve resiste più di un giorno. Verso le vallate interne e sui rilievi Appenninici le temperature si abbassano progressivamente e specie i versanti esposti a Nord risentono in modo ridotto dell'azione mitigatrice del mare e perciò il comportamento climatico diviene più continentale con Inverni freddi ed Estati calde, anche se naturalmente le massime estive sono attenuate in corrispondenza dei rilievi più alti. Ad ogni modo l'elevato tasso di umidità rende molto afoso il clima delle coste anche a fronte di valori estivi non molto elevati.

In particolare, il comune di Genova appartiene al clima temperato continentale, caratterizzato da un termotipo mesotemperato e ombrotipo umido-subumido.

Grazie alla posizione ambientale, al centro del golfo, sul mare, riparata dai monti e esposta a mezzogiorno, la città gode di un clima mediterraneo e in generale favorevole. L'escursione termica tra la temperatura massima diurna e la minima notturna è contenuta, mediamente tra i 6 °C ed i 7 °C.

Quanto alle piogge, esse ricadono nella media dei climi mediterranei. Nel corso degli anni, si sono registrati però episodi temporaleschi di forte entità, improvvisi che con la loro intensità e durata hanno provocato alcuni eventi alluvionali.

L'opera di progetto ricade nella Val Bisagno, nell'entroterra genovese. I tipi di vegetazione più rappresentativi di questo paesaggio sono i boschi, che nello specifico sono misti, di castagno, di querce. In particolare, sui versanti Nord e Nord-Ovest sono localizzati in prevalenza boschi di castagno (*Castanea sativa*) oppure di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), accompagnato da orniello (*Fraxinus ornus*). I boschi misti sono composti in prevalenza da carpino nero in associazione alla roverella (*Quercus pubescens*). Lungo i versanti Sud e Sud-Est invece, dominano i boschi di roverella. La limitata presenza di questi ultimi è dovuta sicuramente al taglio a cui sono stati sottoposti per la realizzazione di terrazzamenti adibiti alle coltivazioni di cui ancora vediamo le tracce. Infine, alle spalle del "Biscione", è presente una pineta di impianto artificiale composta da pineta *Pinus pinaster* e *Pinus pinea*. Sono presenti numerose specie della macchia come mirto (*Myrtus communis*), corbezzolo (*Arbutus unedo*), alaterno (*Rhamnus alaternus*), cisto (*Cistus salvifolius*). In alcuni casi la specie dominante è l'erica arborea (*Erica arborea*), mentre in altre aree sono prevalenti le ginestre.

5.3.1.1 Aree di interesse ambientale e connessioni ecologiche

In Ecologia per *ecosistema* si intende l'unità funzionale di base all'interno della quale interagiscono: gli organismi della comunità biotica (biocenosi), con l'ambiente fisico (biotopo), l'interazione è caratterizzata dalla circolazione di materia e da un flusso di energia. Le unità ecosistemiche o biomi, sono riconoscibili spazialmente in relazione alla scala di osservazione e sono difficilmente discretizzabili in quanto continuamente interagenti e tra loro rilegati all'unità sistemica.

In qualche modo quindi la tassonomia risulta appropriata solo in relazione alla distanza dell'osservatore dal contesto osservato.

Il paradigma sistemico, secondo il quale le unità ecologiche scambiano e si relazionano tra di loro trasferendo dall'una all'altra patrimonio genetico delle diverse specie da habitat ad habitat in ambiti spazialmente distinti, modella il concetto di rete ecologica.

Il modello è strettamente operativo, ovvero attiene la sfera delle azioni di pianificazione degli usi e trasformazione del territorio finalizzate a consentire la diffusione e la conservazione del patrimonio genetico, ed è operato creando e/o rafforzando il sistema di collegamento e di interscambio tra aree ed elementi naturali altrimenti isolati. Come per l'individuazione spaziale degli ecosistemi, così l'individuazione della rete ecologica è un problema di scala.

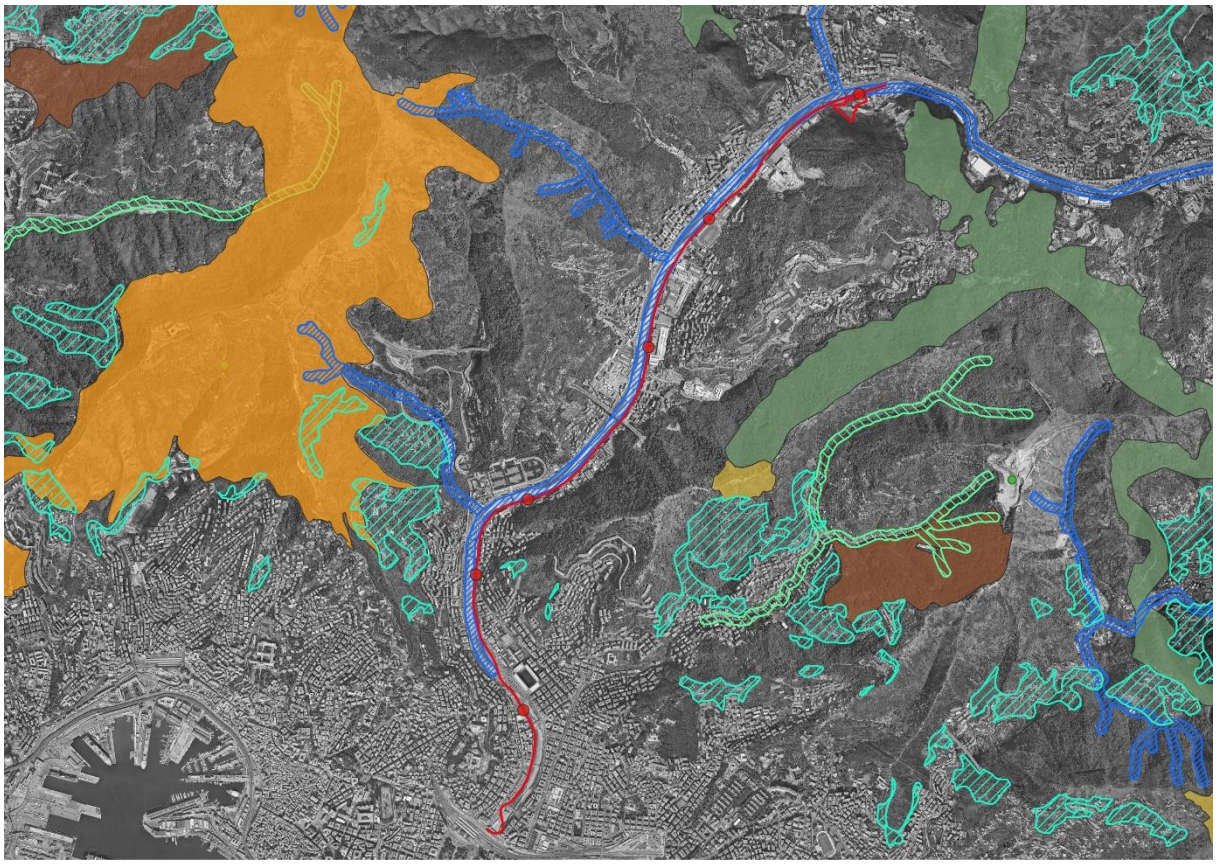
Le reti ecologiche sono costituite da quattro elementi:

- *core areas*
  aree ad alta naturalità che sono già, o possono essere, soggette a regime di protezione

- *buffer zones*
  aree di transizione attorno alle *core areas* al fine di garantire la diluizione degli impatti e delle pressioni.
- *corridoi ecologici*
  sono strutture lineari continue che connettono tra di loro le *core areas* e rappresentano l'elemento chiave delle reti ecologiche poiché consentono il trasferimento delle specie e l'interscambio genetico
- *stepping zones*
  aree che, per la loro posizione o per composizione, sostengono il transito delle specie oppure ospitare microambienti in situazioni di habitat critici.

Compongono il sistema della rete ecologica le aree classificate ai fini della rete Natura 2000 i parchi le riserve e le oasi riconosciute come aree naturali protette oltre ai sistemi ambientali tessutali, come ad esempio gli agroambienti che permettono comunque un certo grado di permeabilità alla dispersione del patrimonio genetico.

Come più volte evidenziato, le opere di progetto, rientrano prevalentemente in un ambito urbanizzato; tuttavia, come è possibile osservare dallo stralcio sottostante, la presenza del Torrente Bisagno definisce un corridoio ecologico per Specie di ambienti acquatici



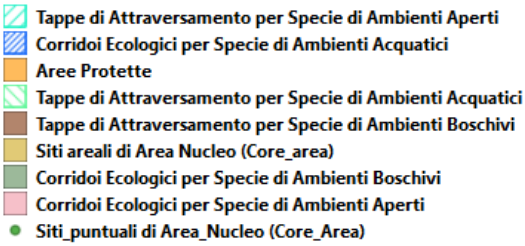


Figura 41. Rete ecologica in prossimità delle opere di progetto

Per maggiore dettaglio ed informazioni si rimanda a "MGE1PRLVAMBCOMR003-00_A_*Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".*

5.3.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Prima di entrare nel merito della valutazione in esame, si ritiene necessario condurre alcune precisazioni in merito all'effetto oggetto della presente analisi.

L'effetto in esame consiste nella sottrazione di habitat e biocenosi, ossia nella perdita di specie vegetali e di lembi di habitat, nonché – conseguentemente - di possibili siti di nidificazione, riposo, alimentazione, ecc. per la fauna locale, ed è determinato dalle operazioni di taglio ed eradicazione della vegetazione, che si rendono necessarie ai fini dell'approntamento delle aree di cantiere fisso e delle aree di lavoro.

In tal senso, l'azione di progetto all'origine dell'effetto in esame è rappresentata dall'approntamento delle aree di cantiere fisso/aree di lavoro e, come tale, detta azione è ascrivibile alla fase di cantierizzazione.

Ciò premesso, affrontando l'analisi sotto il profilo strettamente concettuale, l'effetto in esame non è unicamente attribuibile alla sola fase di cantierizzazione, quanto anche alla presenza fisica dell'opera in progetto. In tal senso, occorre distinguere le aree oggetto dell'azione di progetto, ossia le aree di cantiere fisso/aree di lavoro, rispetto a due distinte situazioni.

La prima di dette due situazioni riguarda la quota parte di aree di cantiere fisso/aree di lavoro che, al termine delle lavorazioni, saranno ripristinate nel loro stato originario; in tal caso, l'azione di progetto è data dalle attività necessarie al loro approntamento e l'effetto si esaurisce all'interno della fase di cantierizzazione. La seconda situazione è riferita a quella restante parte delle aree di cantiere fisso/aree di lavoro che sarà impegnata dall'impronta dell'opera in progetto, intesa con riferimento ai tratti di opere di linea in rilevato ed in trincea, alle opere connesse (i.e. fabbricati di stazione, fabbricati tecnologici e relative aree pertinenziali). In questo secondo caso, l'azione di progetto è più propriamente rappresentata dalla presenza del corpo stradale ferroviario, delle aree di localizzazione di tutte le opere accessorie, nonché delle opere viarie connesse, e di conseguenza l'effetto è ascrivibile alla dimensione fisica dell'opera in progetto. Ciò premesso, pur nella consapevolezza di dette differenze di ordine concettuale, nell'economia della presente trattazione è stata operata la scelta di considerare l'effetto in esame come esito dell'attività di approntamento delle aree di cantiere fisso/aree di lavoro, assunta nella sua totalità, con ciò prescindendo dall'essere dette aree restituite allo stato originario o interessate dall'opera in progetto. Per coerenza logica, tale differenza è stata quindi considerata sotto il profilo delle caratteristiche dell'effetto, temporaneo e reversibile, nel primo caso, e definitivo ed irreversibile, nel secondo.

C2
C3
C4
C1
D1
D2
D3
D4
D5
E1

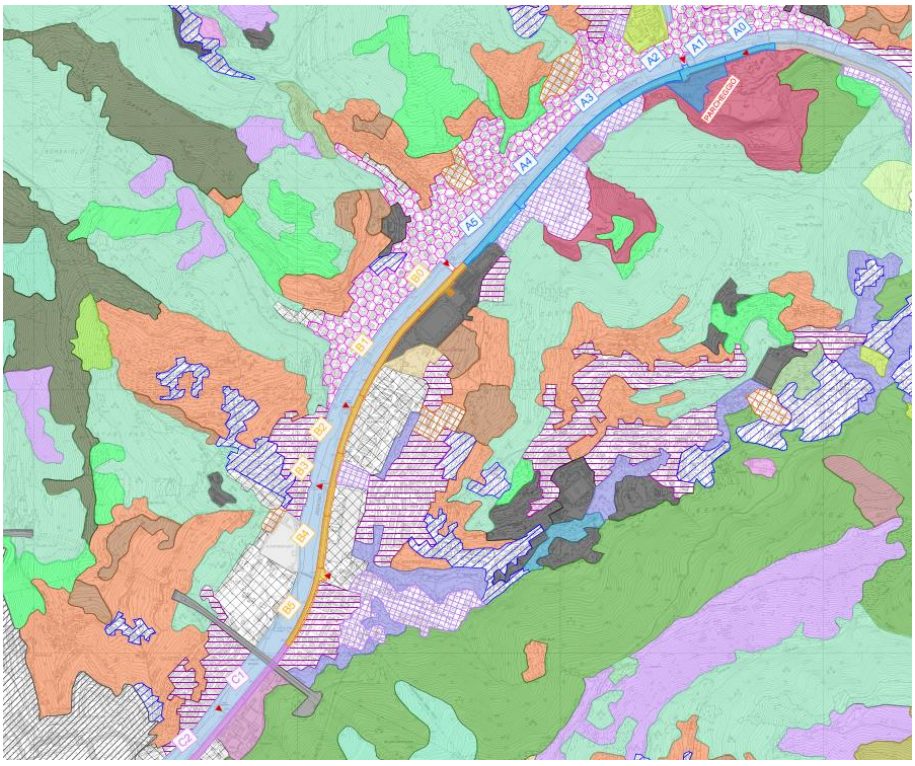

A0
A1
A2
A3
A4
A5
P1
P2
P3
P4
P5
C1

Figura 42. Carta Uso del suolo – Ed. 2019. Sovrapposizione con aree di cantiere

Chiarito l'approccio metodologico assunto ai fini della presente analisi, entrando nel merito delle aree di cantiere e, in particolare, delle aree di cantiere di linea, queste ricadono principalmente all'interno di un'area definita come "Superstrade, grandi arterie di viabilità e spazi accessori" (codice d'uso 1222) e "tessuto residenziale discontinuo e mediamente denso (1121)" costeggiando inoltre, per quasi l'intero tracciato, aree di "Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa" (codice d'uso 5111). Con il suo tratto iniziale nei pressi della stazione di Brignole, oltre alle aree già citate precedentemente, le aree di cantiere ricadono anche in aree definite come "Reti ferroviarie e spazi accessori" (codice d'uso 1224), "aree industriali o artigianali (1211)".

L'opera in progetto, intesa nella sua totalità, si sviluppa quindi in un contesto territoriale caratterizzato da un elevato grado di antropizzazione.

Ciò premesso, entrando nel merito dell'area di cantiere A1 (dove verrà realizzato il parcheggio) e, in particolare, delle aree di cantiere fisso, come già precedentemente descritto, la prima di queste, presso il capolinea Molassana, sorgerà all'interno di un'area estrattiva all'interno della quale vengono prodotti calcestruzzi, mentre l'area di cantiere base CB01 ricade in "Aree industriali o artigianali" e quella CB02 prevalentemente in "Terreni non utilizzati e/o abbandonati all'interno delle aree urbane" e solo in minima parte in "Bosco a prevalenza di castagno" e "Sistemi colturali e particellari complessi".

Figura 43. Carta Uso del suolo – Ed. 2019

In merito alle aree di cantiere A1, CB01 e CB02 è possibile osservare come la limitata vegetazione interessata dalle aree di cantiere sia costituita da formazioni di estrema marginalità.

Figura 44. Vegetazione presente in ordine in corrispondenza del Cantiere A1 del Cantiere CB001 e CB02.

Per quanto riguarda le aree di cantiere di lavoro che si sviluppano in aderenza al torrente Bisagno, è da considerarsi la relazione tra le lavorazioni ed il corridoio ecologico per specie di ambienti aquatici individuati dalla Rete Ecologica Regionale.

Figura 45. Vegetazione dominante presente lungo l'argine del Torrente Bisagno

La vegetazione lungo il tratto di alveo interessato dall'intervento è scarsa e costituita, perlopiù, da rampicanti lungo le sponde (Hedera helix e Parthenocissus tricuspidata), le euforbie e le graminacee.

Tale vegetazione potrà comunque essere interessata dalle lavorazioni, in quanto, per la realizzazione di molte pile dell'impalcato che costituirà la sede della Skymetro, vista la vicinanza con l'argine del fiume è stato previsto, a seguito della realizzazione di opere provvisionali, la demolizione parziale del muro d'argine esistente, la realizzazione di pile tramite cantiere interno all'alveo del Bisagno e il successivo rispristino del muro d'argine.

Ad ogni modo, durante la fase di smobilizzo del cantiere sarà garantita la risistemazione delle aree, avendo cura di ripristinare le aree verdi, gli impianti e le opere preesistenti. Nel caso di aree verdi particolarmente soggette all'alterazione dello stato preesistente (depositi, piste di cantiere, campi base ecc.) si prevede che vengano eseguite delle indagini ambientali pre (da allegare al verbale di constatazione) e post opera in modo da garantire la qualità delle terre e delle aree da restituire.

In conclusione, a fronte della composizione specifica delle formazioni vegetali interessate dalle aree di cantiere e considerato il fatto che la sottrazione di vegetazione conseguente alla localizzazione delle citate aree di cantiere si connota quale effetto a carattere temporaneo, l'effetto in esame può essere considerato poco significativo.

6. EMISSIONE E PRODUZIONE

6.1 Clima acustico

6.1.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

6.1.1.1 Inquadramento normativo

Ai fini dell'inquadramento del clima acustico dell'ambito interessato dagli interventi, si evidenzia che il regolamento Comunale disciplina le competenze in materia di inquinamento acustico, come esplicitamente indicato alla lettera e), comma 1, art. 6 della Legge n. 447/1995.

Pertanto, si attribuisce, alle diverse aree del territorio comunale, la classe acustica di appartenenza in riferimento alla classificazione introdotta dal DPCM 1 Marzo 1991 e confermate nella Tab. A del DPCM 14 Novembre 1997 "Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore".

Tabella 3.Descrizione delle classi acustiche (DPCM 14/11/1997

CLASSE	DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO
I	**aree particolarmente protette:** rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
II	**aree destinate ad uso prevalentemente residenziale:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.
III	**aree di tipo misto:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
IV	**aree di intensa attività umana:** rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.
V	**aree prevalentemente industriali:** rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali con scarsità di abitazioni.
VI	**aree esclusivamente industriali**: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

In relazione alla sopra descritte Classi di destinazione d'uso del territorio, il DPCM 14/11/1997 fissa, in particolare, i seguenti valori limite:

- i valori limiti di emissione - valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;
- i valori limiti assoluti di immissione - il valore massimo di rumore, determinato con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale, che può essere immesso dall'insieme delle sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno misurato in prossimità dei ricettori.

Tabella 4. Valori limite di emissione - Leq in dBA

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06:00 – 22:00)	Notturno (22:00 – 06:00)
I - aree particolarmente protette	45	35
II - aree prevalentemente residenziali	50	40
III - aree di tipo misto	55	45
IV - aree di intensa attività umana	60	50
V - aree prevalentemente industriali	65	55
VI - aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 5.Valori limite assoluti di immissione- Leq in dBA

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06:00 – 22:00)	Notturno (22:00 – 06:00)
I - aree particolarmente protette	50	40
II - aree prevalentemente residenziali	55	45
III - aree di tipo misto	60	50
IV - aree ad intensa attività umana	65	55
V - aree prevalentemente industriali	70	60
VI - aree esclusivamente industriali	70	70

I limiti sopra indicati vengono presi in considerazione per la valutazione dell'impatto acustico nei confronti dell'ambiente circostante l'area di intervento, fermo restando che per le aree di pertinenza ferroviaria valgono i limiti stabiliti dal D.P.R. 459/98 riportati nella seguente tabella.

Tabella 6.Valori limite assoluti di immissione previsti dal DPR 459/98

TIPO DI INFRASTRUTTURA	VELOCITA' DI PROGETTO Km\h	FASCIA DI PERTINENZA	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
ESISTENTE	≤ 200	A=100mt	50	40	70	60
	≤ 200	B=150mt	50	40	65	55
NUOVA (*)	≤ 200	A=100mt (**)	50	40	70	60
	≤ 200	B=150mt (**)	50	40	65	55
NUOVA (*)	> 200	A+B (**)	50	40	65	55

(*) il significato di infrastruttura esistente si estende alle varianti ed alle infrastrutture nuove realizzate in affiancamento a quelle esistenti.

(**) per infrastrutture nuove e per i ricettori sensibili nella fascia di pertinenza

Con riferimento agli aspetti acustici che verranno trattati nei successivi paragrafi, il contesto ambientale e territoriale è descritto, dove presenti, dai Piani di Zonizzazione Acustica (PCCA) dei Comuni interessati dagli interventi.

Nella successiva tabella si riporta lo stato della pianificazione acustica in riferimento al presente studio.

Tabella 7.Stato della pianificazione acustica nei Comuni di localizzazione delle aree di intervento

Aree di cantiere	Tipologia cantiere	Comune	PCCA
A1	Cantiere mobile (FAL)	Genova	Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 51 del 08/09/2020
A2	Cantiere mobile (FAL)		
A3	Cantiere mobile (FAL)		
A4	Cantiere mobile (FAL)		
A5	Cantiere mobile (FAL)		
B1	Cantiere mobile (FAL)		
B2	Cantiere mobile (FAL)		
B3	Cantiere mobile (FAL)		
B4	Cantiere mobile (FAL)		
B5	Cantiere mobile (FAL)		
C1	Cantiere mobile (FAL)		
C2	Cantiere mobile (FAL)		
C3	Cantiere mobile (FAL)		
C4	Cantiere mobile (FAL)		
C5	Cantiere mobile (FAL)		
D1	Cantiere mobile (FAL)		
D2	Cantiere mobile (FAL)		
D3	Cantiere mobile (FAL)		
D4	Cantiere mobile (FAL)		
D5	Cantiere mobile (FAL)		
E1	Cantiere mobile (FAL)		
Stazione	Cantiere mobile (FAL)		

6.1.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

6.1.2.1 Descrizione degli impatti potenziali

6.1.2.1.1 Caratteristiche fisiche del rumore

Il rumore è un fenomeno fisico, definibile come un'onda di pressione che si propaga attraverso un gas. Nell'aria le onde sonore sono generate da variazioni della pressione sonora sopra e sotto il valore statico della pressione atmosferica, e proprio la pressione diventa quindi una grandezza fondamentale per la descrizione di un suono.

La gamma di pressioni è però così ampia da suggerire l'impiego di una grandezza proporzionale al logaritmo della pressione sonora, in quanto solamente una scala logaritmica è in grado di comprendere l'intera gamma delle pressioni.

In acustica, quando si parla di livello di una grandezza, si fa riferimento al logaritmo del rapporto tra questa grandezza ed una di riferimento dello stesso tipo.

Al termine livello è collegata non solo l'utilizzazione di una scala logaritmica, ma anche l'unità di misura, che viene espressa in decibel (dB). Tale unità di misura indica la relazione esistente tra due quantità proporzionali alla potenza.

Si definisce, quindi, come livello di pressione sonora, corrispondente ad una pressione p, la seguente espressione:

$$Lp = 10 \log (P/p_o)^2 \text{ dB} = 20 \log (P/p_o) \quad \text{dB}$$

dove p_o indica la pressione di riferimento, che nel caso di trasmissione attraverso l'aria è di 20 micro pascal, mentre P rappresenta il valore RMS della pressione.

I valori fisici riferibili al livello di pressione sonora non sono, però, sufficienti a definire l'entità della sensazione acustica. Non esiste, infatti, una relazione lineare tra il parametro fisico e la risposta dell'orecchio umano (sensazione uditiva), che varia in funzione della frequenza.

A tale scopo, viene introdotta una grandezza che prende il nome di intensità soggettiva, che non risulta soggetta a misura fisica diretta e che dipende dalla correlazione tra livello di pressione e composizione spettrale.

I giudizi di eguale intensità a vari livelli e frequenze hanno dato luogo alle curve di iso-rumore, i cui punti rappresentano i livelli di pressione sonora giudicati egualmente rumorose da un campione di persone esaminate.

Dall'interpretazione delle curve iso-rumore deriva l'introduzione di curve di ponderazione, che tengono conto della diversa sensibilità dell'orecchio umano alle diverse frequenze; tra queste, la curva di ponderazione A è quella che viene riconosciuta come la più efficace nella valutazione del disturbo, in quanto è quella che si avvicina maggiormente alla risposta della membrana auricolare.

In acustica, per ricordare la curva di peso utilizzata, è in uso indicarla tra parentesi nell'unità di misura adottata, che comunque rimane sempre il decibel, vale a dire dB(A).

Allo scopo di caratterizzare il fenomeno acustico, vengono utilizzati diversi criteri di misurazione, basati sia sull'analisi statistica dell'evento sonoro, che sulla quantificazione del suo contenuto energetico nell'intervallo di tempo considerato.

Il livello sonoro che caratterizza nel modo migliore la valutazione del disturbo indotto dal rumore è rappresentato dal livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, Leq, definito dalla relazione analitica:

$$Leq = 10 \cdot Log[1/T \int_0^T (p(t)/p_0)^2 dt]$$

essendo:

p(t) = valore istantaneo della pressione sonora seconda la curva A;

p_0 = valore della pressione sonora di riferimento, assunta uguale a 20 micro pascal in condizioni standard;

T = intervallo di tempo di integrazione.

Il Leq costituisce la base del criterio di valutazione proposto sia dalla normativa italiana che dalla raccomandazione internazionale I.S.O. n. 1996 sui disturbi arrecati alle popolazioni, ed inoltre viene adottato anche dalle normative degli altri paesi.

Il livello equivalente continuo costituisce un indice dell'effetto globale di disturbo dovuto ad una sequenza di rumore compresa entro un dato intervallo di tempo; esso corrisponde cioè al livello di rumore continuo e costante che nell'intervallo di tempo di riferimento possiede lo stesso "livello energetico medio" del rumore originario.

Il criterio del contenuto energetico medio è basato sull'individuazione di un indice globale, rappresentativo dell'effetto sull'organo uditivo di una sequenza di rumori entro un determinato intervallo di tempo; esso in sostanza commisura, anziché i valori istantanei del fenomeno acustico, l'energia totale in un certo intervallo di tempo.

Il Leq non consente di caratterizzare le sorgenti di rumore, in quanto rappresenta solamente un indicatore di riferimento; pertanto, per meglio valutare i fenomeni acustici è possibile considerare i livelli percentili, i livelli massimo e minimo, il SEL.

I livelli percentili (L1, L5, L10, L33, L50, L90, L95, L99) rappresentano i livelli che sono stati superati per una certa percentuale di tempo durante il periodo di misura:

- l'indice percentile L1 connota gli eventi di rumore ad alto contenuto energetico (livelli di picco);
- l'indice percentile L10 è utilizzato nella definizione dell'indicatore "clima acustico", che rappresenta la variabilità degli eventi di rumore rilevati;
- l'indice L50 è utilizzabile come indice di valutazione del flusso autoveicolare;
- l'indice percentile L95 è rappresentativo del rumore di fondo dell'area;
- il livello massimo (Lmax), connota gli eventi di rumore a massimo contenuto energetico;
- il livello minimo (Lmin), consente di valutare l'entità del rumore di fondo ambientale;
- il SEL rappresenta il livello sonoro di esposizione ad un singolo evento sonoro.

6.1.2.1.2 Cenni sulla propagazione

Nella propagazione del suono avvengono più fenomeni che contemporaneamente provocano l'abbassamento del livello di pressione sonora e la modifica dello spettro in frequenza.

Principale responsabile dell'abbassamento del livello di pressione sonora é la divergenza del campo acustico, che porta in campo libero (propagazione sferica) ad una riduzione di un fattore quattro dell'intensità sonora (energia per secondo per unità di area) per ogni raddoppio della distanza. Di minore importanza, ma capace di grandi effetti su grandi distanze, è l'assorbimento dovuto all'aria, che dipende però fortemente dalla frequenza e dalle condizioni meteorologiche (principalmente dalla temperatura e dall'umidità).

Vi sono poi da considerare l'assorbimento da parte del terreno, differente a seconda della morfologia (suolo, copertura vegetativa e altimetria) dell'area in analisi, inoltre l'effetto dei gradienti di temperatura, della velocità del vento ed effetti schermanti vari causati da strutture naturali e create dall'uomo.

La differente attenuazione delle varie frequenze costituenti il rumore da parte dei fattori citati e la contemporanea tendenza all'equipartizione dell'energia sonora tra le stesse portano ad una modifica dello spettro sonoro "continua" all'aumentare della distanza da una sorgente, specialmente se questa è complessa ed estesa come una struttura stradale o ferroviaria.

6.1.2.1.3 Influenza dell'orografia sulla propagazione sonora

La presenza di ostacoli modifica la propagazione teorica delle onde sonore generando sia un effetto di schermo e riflessione, sia un effetto di diffrazione, ovvero di instaurazione di una sorgente secondaria. Quindi, come è nell'esperienza di tutti, colli o, in alcuni casi, semplici dossi o trincee sono in grado di limitare sensibilmente la propagazione del rumore, o comunque di variarne le caratteristiche. Tale attenuazione aumenta al crescere della dimensione dell'ostacolo e del rapporto tra dimensione dell'ostacolo e la distanza di questo dal ricettore; in particolare le metodologie di analisi più diffuse utilizzano il cosiddetto "numero di Fresnel" che prende in considerazione parametri come la lunghezza d'onda del suono e la differenza del cammino percorso dall'onda sonora in presenza o meno dell'ostacolo.

Infine, si segnala tra gli altri, il fenomeno della concentrazione dell'energia sonora che può essere determinato da riflessioni multiple su ostacoli poco fonoassorbenti. Tipicamente tale fenomeno può creare un effetto di amplificazione con le sorgenti poste nelle gole.

6.1.2.2 Metodologia per la valutazione dell'impatto acustico mediante il modello di simulazione SoundPlan

La determinazione dei livelli di rumore indotti è stata effettuata con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN 8.2 della soc. Braunstein + BerntGmbH.

La scelta di applicare tale modello di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche del modello, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni già effettuate in altri studi analoghi.

SoundPLAN è un modello previsionale ad "ampio spettro" in quanto permette di studiare fenomeni acustici generati da rumore stradale, ferroviario, aeroportuale e industriale utilizzando di volta in volta gli standard internazionali più ampiamente riconosciuti.

Per quanto riguarda i cantieri per la realizzazione delle opere e dei manufatti in progetto, non essendo al momento possibile determinare le caratteristiche di dettaglio dei macchinari di cantiere, con le relative fasi di utilizzo (queste dipenderanno infatti dall'organizzazione propria dell'appaltatore), sono state eseguite le simulazioni ipotizzando quantità e tipologie di sorgenti standard.

Per il calcolo del rumore emesso durante la realizzazione delle opere in progetto sono state valutate le relative fasi di lavoro, individuando quella più rumorosa; per tale fase sono state individuate le sorgenti sonore attive con i relativi livelli di potenza sonora, ed inserite nel modello di simulazione

SoundPLAN in cantieri tipo, per i quali sono state effettuate simulazioni per consentire la determinazione dell'impatto acustico provocato nell'intorno delle stesse.

I dati di input funzionali alla definizione del modello di simulazione derivano dall'analisi congiunta dei seguenti elaborati:

- Relazione di cantierizzazione;
- Programma dei lavori;
- Tavole di progetto (comprendenti tracciati planimetrici, profili altimetrici ed elaborati di cantierizzazione);

Per la realizzazione del modello sono poi stati utilizzate informazioni derivanti da:

- cartografia numerica digitale 3D ed ortofoto geo riferite dell'area di studio;
- livelli di pressione sonora o dati di targa delle sorgenti inserite.

L'analisi congiunta dei seguenti dati di input ha permesso di giungere alla definizione dello scenario maggiormente critico. Ovvero quello che prevede:

- Contemporaneità delle lavorazioni
- Massima vicinanza ricettori
- Maggiore presenza di macchinari e mezzi d'opera.

Il materiale documentale è stato integrato da sopralluoghi in sito mirati a definire le porzioni di territorio interessate dallo studio, di analizzarne la relativa morfologia e corografia e in particolar modo di individuare i principali recettori.

Sulla scorta del materiale disponibile si è proceduto all'inserimento nel software dei seguenti elementi:

- modello digitale del terreno (DGM Digital Ground Model) ottenuto sulla base di punti di elevazione provenienti dal rilievo plano-altimetrico, che descrive con sufficiente accuratezza la morfologia del terreno, opportunamente modificata tenendo conto degli interventi sul terreno previsti dal progetto stesso;
- modelli tridimensionali degli edifici ottenuti sulla base delle quote della cartografia digitale e mediante integrazioni dovute a sopraluoghi;
- modello tridimensionale del progetto;
- caratterizzazione delle sorgenti.

La disponibilità di dati cartografici in formato numerico permette di ottenere un controllo completo ed un'accuratezza elevata nella modellazione dello stato reale. Inoltre, ciascuno degli elementi è caratterizzato mediante l'attribuzione di tutte le grandezze e le caratteristiche d'esercizio idonee per simulare con accuratezza lo stato reale. Considerate le condizioni conservative adottate per la realizzazione del modello e la scelta di considerare i risultati delle simulazioni entro i limiti solo nel caso di un livello calcolato sempre minore e mai uguale al limite vigente, si può ritenere di aver adoperato impostazioni modellistiche di tipo ampiamente cautelativo. Altri parametri impostati nel modello di calcolo sono l'imposizione di calcolare almeno una riflessione, l'imposizione di un campo libero davanti

alle superfici di almeno 1 mt lineare, la condizione di propagazione sottovento, la predisposizione di una griglia i cui elementi hanno dimensioni 5 m x 5 m.

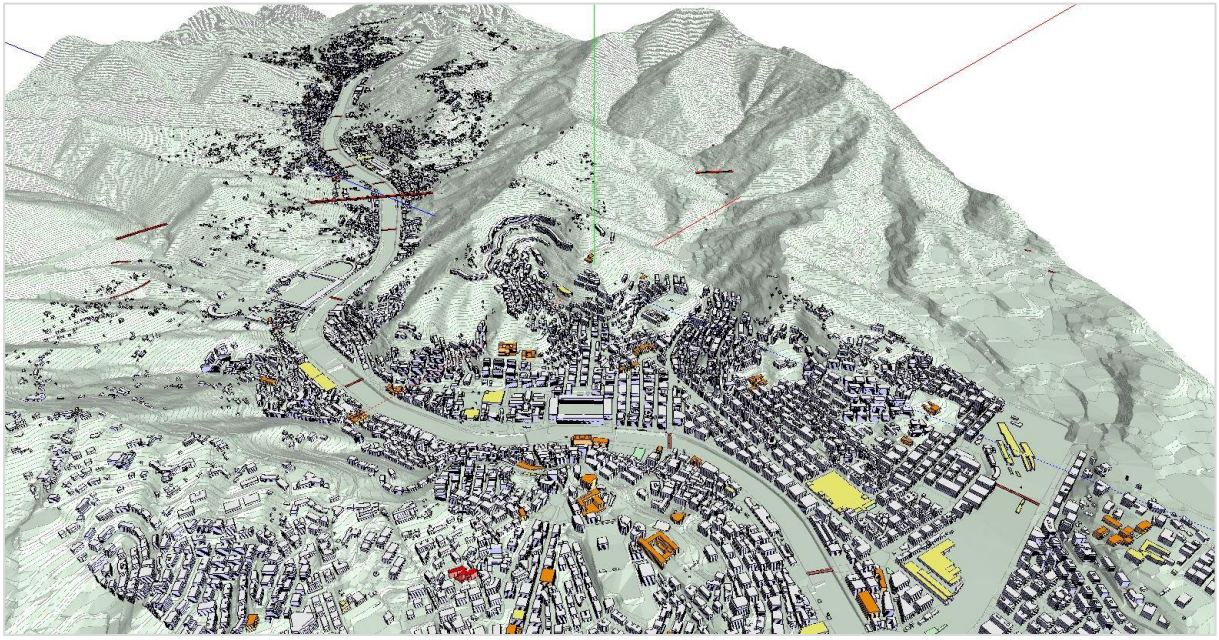


Figura 46. Restituzioni grafiche generali e di dettaglio del modello con rappresentazione degli edifici nelle aree di intervento

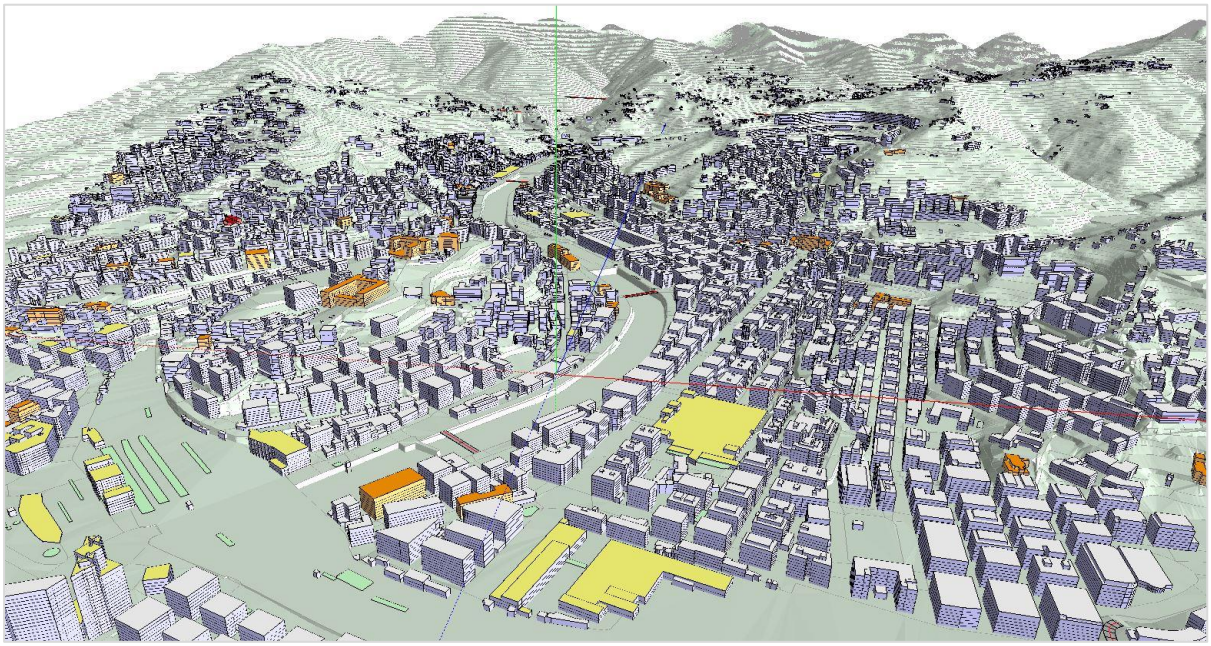


Figura 47. Restituzioni grafiche generali e di dettaglio del modello con rappresentazione degli edifici nelle aree di intervento

Figura 48. Restituzioni grafiche generali e di dettaglio del modello con rappresentazione degli edifici nelle aree di intervento

6.1.2.3 Impatto acustico dei cantieri mobili

Per quanto riguarda i cantieri mobili del fronte di avanzamento lavori sono state valutate le principali tipologie di opere previste per la realizzazione della sede metro tranviaria e delle opere connesse.

Non essendo possibile nella presente fase progettuale determinare le caratteristiche di dettaglio dei macchinari di cantiere, con le relative fasi di utilizzo (queste dipenderanno infatti dall'organizzazione propria dell'Appaltatore), sono state eseguite le **simulazioni ipotizzando quantità e tipologie di sorgenti standard.**

Per il calcolo del rumore emesso durante la realizzazione delle diverse opere sono state valutate le relative **fasi di lavoro**, individuando quelle **più rumorose;** per tali fasi sono state individuate le sorgenti sonore attive con i relativi livelli di potenza sonora, ed inserite nel modello di simulazione SoundPLAN per consentire la determinazione dell'impatto acustico nell'intorno delle stesse.

Per la determinazione del livello di emissione sonora prodotta dalla realizzazione delle opere (come viadotti, e altre O.C.) e le conseguenti opere di mitigazione è stato considerato un fronte di lavorazione come sorgente aerale calcolata come la totalità delle macchine utilizzate per la realizzazione dell'opera ipotizzate in fronti di 50 metri ciascuno.

Alla luce di quanto ipotizzato per il calcolo della potenza sonora distribuita Lw/mq si applicherà la formula:

$$Lw/m^2 = 10 * \log\left(\frac{10^{\frac{Lw}{10}}}{A}\right))$$

Dove:

Lw: potenza sonora totale realizzazione opera

A: Area fronte di lavorazione

Pertanto, ipotizzando la realizzazione di un'opera e stimando il livello Lw totale con area di lavorazione di 100 metri quadrati otterremo:

$$Lw/m^2 = 10 * \log\left(\frac{10^{\frac{Lwtot}{10}}}{100}\right))$$

La stima dei livelli di pressione sonora indotti sui ricettori è stata effettuata con una simulazione di dettaglio, predisponendo un modello tridimensionale semplificato; per quanto riguarda gli ostacoli diversi dal terreno si è ritenuto, in favore di sicurezza, di inserire solamente gli edifici maggiormente esposti.

La determinazione dei livelli di rumore indotti è stata effettuata con l'ausilio del software SoundPLAN della soc. Braunstein + Bernt GmbH, che consente di predisporre un DGM (Digital Ground Model) a partire da input in formati CAD - compatibili con informazioni vettoriali, implementando un sistema di coordinate tridimensionale. Il modello consente di inserire gli edifici con le relative quote rispetto al piano campagna e di caratterizzare le sorgenti, in termini di geometria, caratteristiche spettrali e parametri di emissione.

L'orografia è stata ottenuta dalla CTR disponibile in rete, opportunamente corretta ed implementata sulla base di immagini satellitari recenti. In figura sono mostrate alcune restituzioni grafiche del modello.

Tutte le simulazioni sono state effettuate nella seguente configurazione di calcolo:

1. Riflessioni: sono state considerate riflessioni di ordine adeguato;
2. Fattore di assorbimento del suolo (Ground factor): 0.2;
3. Raggio di ricerca delle sorgenti: 1000 metri;
4. Angolo di ricerca delle sorgenti: 360°;
5. Incremento angolare: 1°;
6. Diffrazione: abilitata l'opzione che tiene conto della diffrazione laterale;
7. Calcolo di mappe isofoniche in pianta: maglia quadrata a passo 10x10 metri con metodo di calcolo grid noise map;

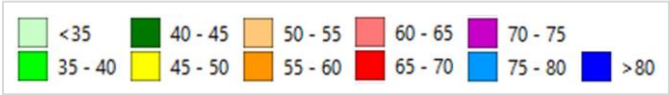


Figura 49. Scala cromatica dei livelli acustici conforme alla UNI 9884

La mappatura al continuo presenta la distribuzione dei livelli di emissione istantanea all'altezza standard di 4 metri dal piano campagna locale, con campiture a colori a passo 5 dB(A) in conformità alla UNI 9884 come riportato in figura. Il contributo della riflessione di facciata è inglobato nella restituzione effettuata dal modello.

I risultati delle simulazioni saranno confrontati con i limiti imposti dal DPCM del 14 novembre 1997, laddove presente, o in alternativa con i limiti imposti dal DPCM 1 marzo 1991.

6.1.2.4 Caratterizzazione acustica dei cantieri e delle sorgenti sonore

L'alterazione del clima acustico dell'area durante la realizzazione delle opere è riconducibile, a carattere generale, alle diverse fasi di lavorazione che caratterizzano i lavori previsti.

Le emissioni acustiche durante le lavorazioni possono essere di tipo continuo, legate agli impianti fissi nei diversi cantieri stabili, e discontinue, dovute alle lavorazioni sulla linea ed al transito dei mezzi per la movimentazione dei materiali.

L'entità degli impatti è molto variabile in relazione alla conformazione del territorio, alle opere accessorie che vengono costruite, agli eventuali ostacoli presenti.

La molteplicità delle sorgenti, degli ambienti e delle posizioni di lavoro tipiche in cantieri di questo genere individua numerose tipologie di macchinari ed attività la cui contemporaneità, oltre che intensità, determina un certo grado di complessità nel poter rappresentare con precisione l'impatto acustico indotto dalla realizzazione delle opere sui ricettori presenti nella zona di studio.

Per il caso in esame, l'analisi della componente rumore nell'ambito delle attività di cantiere può essere svolta rispetto a una macrotipologia di lavorazioni: quelle relative ai cantieri mobili.

All'interno di ogni cantiere sono state ipotizzate le tipologie di lavorazioni previste, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della lavorazione e l'eventuale contemporaneità di lavorazione.

Come anticipato sopra, poiché le tipologie di cantieri previsti, la loro organizzazione interna, i macchinari e gli impianti presenti al loro interno sono solo ipotizzati nella presente fase progettuale, si è operato in maniera quanto più realistica possibile nel ricostruire i vari scenari, con ipotesi adeguatamente cautelative, sulla base di analisi pregresse di cantieri analoghi a quelli qui considerati per la costruzione di opere ferroviarie.

Ai fini dell'analisi delle interferenze di tipo acustico, si considerano le fasi di lavoro e le sorgenti di maggiore emissione rumorosa in zone con presenza di ricettori abitativi.

Si ritengono dunque non impattanti tutte le fasi di lavoro e le aree di cantiere dove non vi sia presenza costante di macchinari rumorosi o che si trovino a distanza tale dai ricettori da essere ininfluenti sul

clima acustico. Ciò premesso, si ipotizza pertanto che le sorgenti di rumore presenti sui cantieri, ed i rispettivi valori di emissione sonora, siano quelle indicate nella tabella seguente.

Si riporta in Tabella l'elenco di sorgenti di pertinenza dei cantieri con i relativi livelli di potenza acustica, si prevede in generale un tempo di attività dei macchinari pari a 6 ore in periodo diurno.

I dati di potenza sonora delle macchine sono desunti da misure effettuate presso analoghi cantieri Italferr, da dati bibliografici, da dati tecnici delle macchine, o da valori massimi prescritti dalla normativa (D. Lgs. 262/2002)

Tabella 8.Mezzi di cantiere e relativa potenza acustica LwA [dB(A)]

Macchinari	LwA [dB(A)]
Palificatrice (150-250 kW)	105,0
Auto gru (100-300 kW)	104,0
Pompa cls	100,0
Escavatore	106,0
Autocarro	97,1
Auto gru (100-300 kW)	104,0
Autocarro	97,1
Auto gru (100-300 kW)	104,0
Escavatore	106,0
Autocarro	97,1
Pompa cls	100,0

Di seguito si riportano i dati di input utilizzati per determinare l'impatto acustico nei diversi scenari nei quali è stata suddivisa la realizzazione dei lavori in progetto, determinati usando assunzioni cautelative per i ricettori esposti. In particolare, in funzione della tipologia delle sorgenti, del numero dei macchinari presenti e della rumorosità degli stessi, nonché della presenza contemporanea di diverse aree di cantiere, si riportano di seguito le configurazioni di sorgenti maggiormente impattanti, che saranno inserite negli scenari di modellazione acustica.

Come già accennato nei paragrafi precedenti, si è in particolare proceduto come segue:

- I **cantieri mobili** (Fronte Avanzamento Lavori) sono stati schematizzati come sorgenti di tipo aerale. La potenza sonora distribuita (L_w/m^2) è stata calcolata considerando il contributo di tutte le singole sorgenti presenti, mediato sul tempo di impegno delle stesse, e distribuendolo su un fronte di avanzamento standard di 50 metri.
- In maniera cautelativa nel modello è stata considerata la totalità dell'opera come sorgente di lunghezza pari all'intera opera. La reale emissione sonora prodotta dal fronte di lavorazione prevederebbe un avanzamento dei lavori per sezioni, le quali sono state considerate di 50 metri ciascuna per la stima del livello di potenza sonora Lw/m. La lavorazione eseguita in

sezioni oltre a garantire un livello Lw inferiore a quanto simulato permette di utilizzare le mitigazioni spostandole in concomitanza con le lavorazioni in esecuzione.

Nella tabella sono indicati i cantieri inseriti nella modellazione per ciascuno scenario presentato nel paragrafo introduttivo, mentre alle pagine successive sono riportate le sorgenti di cantieri mobili.

Tabella 9.Scenari considerati nella simulazione

Scenario	Aree di cantiere	Tipologia lavorazione	Tipologia cantiere
1	A1 - A2 - C1 - C2 - E1	OOCC Sottostrutture viadotto	Cantiere mobile (FAL)
	Stazioni	OCC Stazioni	Cantiere mobile (FAL)
2	A3 - A4 - C3 - C4 - E1	OOCC Sottostrutture viadotto	Cantiere mobile (FAL)
	A1 - A2 - C1 - C2	OOCC Linea	Cantiere mobile (FAL)
	Stazioni	OOCC Stazioni	Cantiere mobile (FAL)
3	A5 - B1 - C5 - D1	OOCC Sottostrutture viadotto	Cantiere fisso
	A3 - A4 - C3 - C4 - E1	OOCC Linea	Cantiere mobile (FAL)
	Stazioni	OOCC Stazioni	Cantiere mobile (FAL)
4	B2 - B3 - D2 - D3	OOCC Sottostrutture viadotto	Cantiere mobile (FAL)
	A5 - B1 - C5 - D1 - E1	OOCC Linea	Cantiere mobile (FAL)
	Stazioni	OOCC Stazioni	Cantiere mobile (FAL)
5	B4 - B5 - D4 - D5	OOCC Sottostrutture viadotto	Cantiere mobile (FAL)
	B2 - B3 - D2 - D3	OOCC Linea	Cantiere mobile (FAL)
	Stazioni	OOCC Stazioni	Cantiere mobile (FAL)
6	B4 - B5 - D4 - D5	OOCC Linea	Cantiere mobile (FAL)
	Stazioni	OOCC Stazioni	Cantiere mobile (FAL)

Tabella 10. Lavorazione FAL OOCC Sottostrutture viadotto

FAL – OOCC Sottostrutture viadotto				
Mezzi	**LwA [dB(A)]**	**Unità**	**Ore di lavoro [h]**	**LwA totale [dB(A)]**
Palificatrice (150-250 kW)	105,0	1	6	100,7
Auto gru (100-300 kW)	104,0	1	6	99,7
Pompa cls	100,0	1	6	95,7
Escavatore	106,0	1	6	101,7
Autocarro	97,1	3	6	97,6
Lw tot				106,6
Area [m^2]				100
LW''				**86,6**

Tabella 11. Lavorazione FAL OOCC Linea

FAL – OOCC Linea				
Mezzi	**LwA [dB(A)]**	**Unità**	**Ore di lavoro [h]**	**LwA totale [dB(A)]**
Auto gru (100-300 kW)	104,0	2	6	99,7
Autocarro	97,1	4	6	97,6
Lw tot				104,2
Area [m^2]				100
LW''				**84,2**

Tabella 12. Lavorazione FAL OOCC Stazioni

FAL – OOCC Stazioni				
Mezzi	**LwA [dB(A)]**	**Unità**	**Ore di lavoro [h]**	**LwA totale [dB(A)]**
Auto gru (100-300 kW)	104,0	1	6	99,7
Escavatore	106,0	1	6	101,7
Autocarro	97,1	3	6	97,6
Pompa cls	100,0	1	6	95,7
Lw tot				105,3
Area [m^2]				100
LW''				**85,3**

6.1.2.5 *Inquadramento territoriale aree di cantiere*

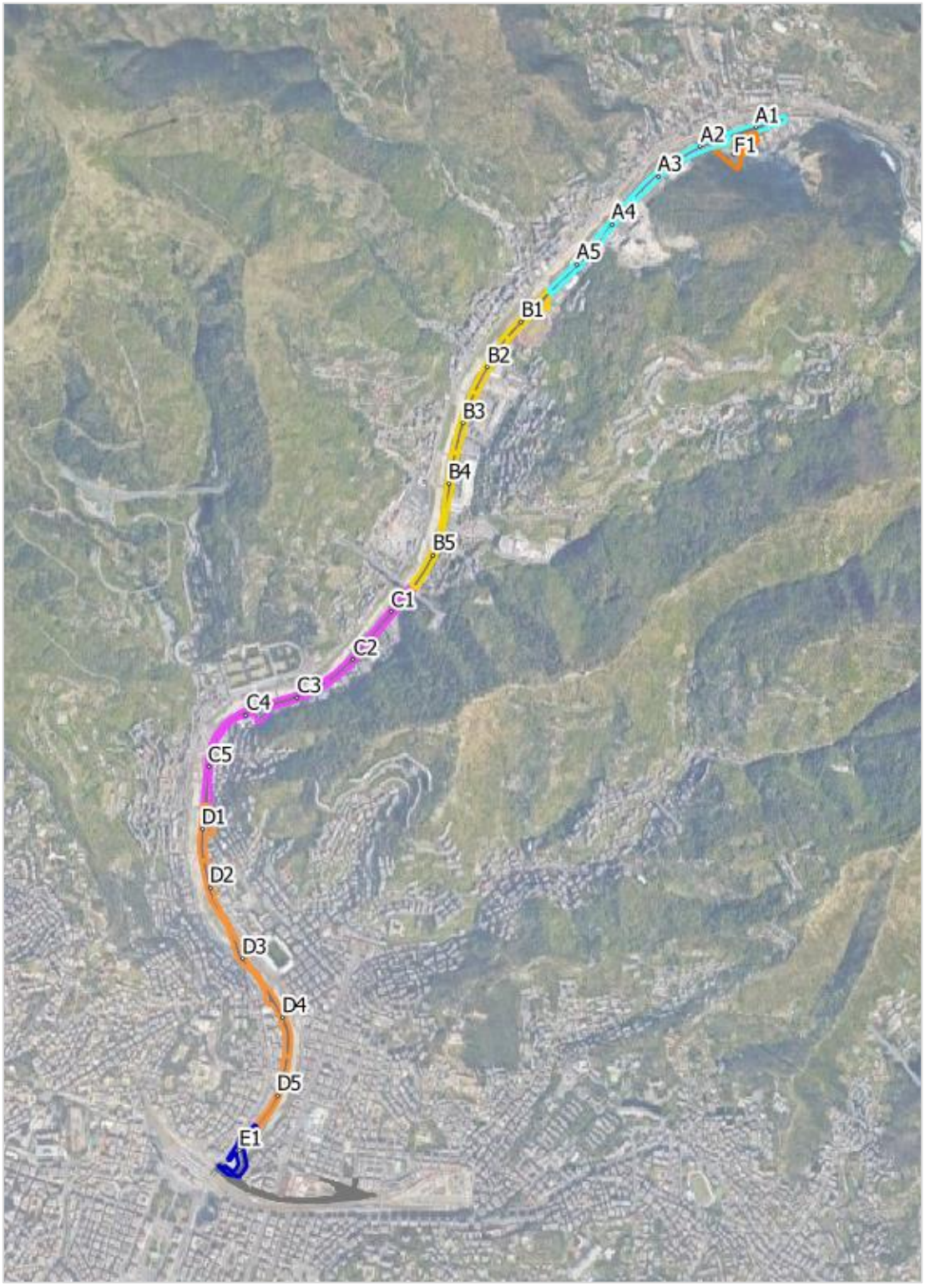


Figura 50. Inquadramento territoriale aree di cantiere

La cantierizzazione della nuova Skymetro e delle opere connesse in base alla localizzazione delle stesse, alla morfologia dell'ambiante circostante, al tessuto urbano attraversato, alle interferenze con infrastrutture esistenti e alle metodologie costruttive ipotizzate, è stata concepita individuando 5 Macro cantieri relativi principalmente alle lavorazioni di linea:

- Macrocantiere A da Ponte Ugo Gallo a fine tracciato;
- Macrocantiere B dal ponte Ugo Gallo a via Laiasso;
- Macrocantiere C da via Laiasso a via Enrico Toti;
- Macrocantiere D da via Enrico Toti a Ponte Castelfidardo;
- Macrocantiere E dal Ponte Castelfidardo alla Stazione Genova Brignole.

Alcuni di questi macro cantieri in base alle viabilità di accesso, alla viabilità esistente e alla sequenza temporale di realizzazione delle opere, sono stati suddivisi in cantieri più piccoli relativi principalmente alla realizzazione delle opere puntuali propedeutiche alle lavorazioni di linea.

6.1.2.6 *Inquadramento acustico aree di cantiere*

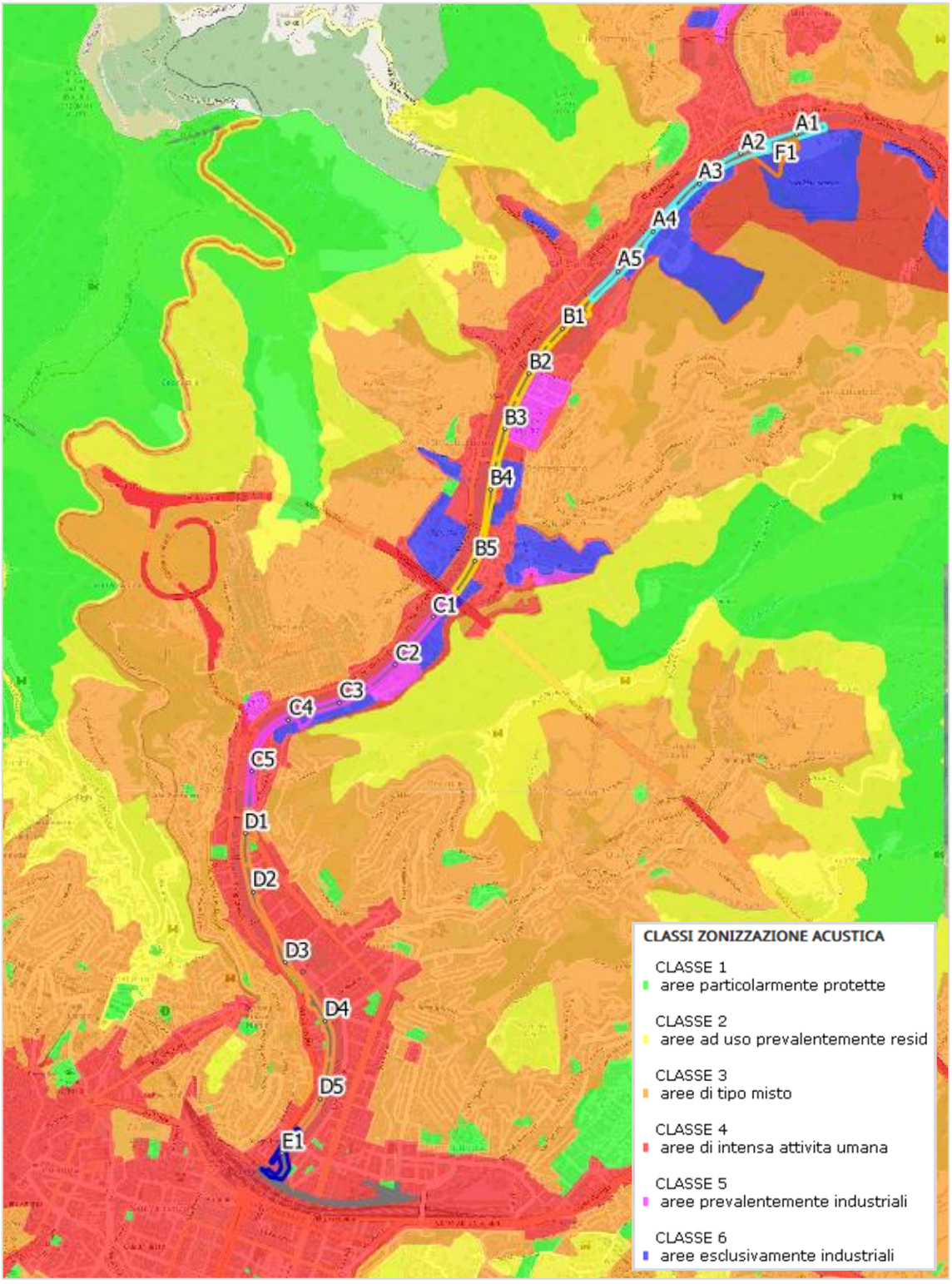


Figura 51. Stralcio piano di classificazione acustica

Come evidenziato nella figura precedente le zone in cui si inseriscono le aree di cantiere sono classificate dal PCCA del comune di Genova (Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 51 del 08/09/2020) in classe IV, V e VI, con limiti di emissione rispettivamente di 60 dB, 65 dB e 65 dB.

6.1.2.7 Risultati delle simulazioni acustiche

Si riportano alle pagine successive i risultati delle simulazioni acustiche per ogni singolo scenario, effettuate secondo i criteri descritti nei paragrafi precedenti. Tali risultati si riferiscono alle condizioni di emissione maggiormente penalizzanti in termini di impegno delle sorgenti ed avvicinamento ai ricettori; questa situazione costituisce di fatto un caso limite che si verificherà in periodi estremamente circoscritti, mentre per la maggior parte della durata delle attività di cantiere i livelli saranno più contenuti. I risultati proposti nelle mappature, riferiti alla situazione estrema di cui sopra, mostrano in alcuni casi livelli acustici consistenti in facciata in virtù dell'entità delle lavorazioni svolte, come sarà di volta in volta segnalato nei commenti dedicati ai singoli scenari.

Al fine di contenere l'impatto ambientale (in termini non solo di emissioni acustiche, ma anche di impatto paesaggistico e di contenimento delle emissioni polverulente) nelle aree di cantiere si è pertanto proceduto a definire opere di mitigazione di tipo schermante (barriere antirumore). Le caratteristiche di tali elementi, i criteri utilizzati per stabilire il posizionamento nonché i risultati della modellazione in presenza degli stessi saranno mostrati nei paragrafi successivi.

La legenda per la classificazione degli edifici è mostrata di seguito.

Edificio Sensibile

Edificio non residenziale

Edifici Residenziale

Figura 52. Legenda edifici

6.1.2.7.1 Scenario 1 – 2° Semestre del 2024

Lavorazioni	Aree di cantiere	Periodo
OOCC sottostrutture viadotto	A1 - A2 - C1 - C2 - E1	2° Semestre del 2024
OOCC Stazioni	Stazioni	

Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 1 in assenza di elementi mitigativi

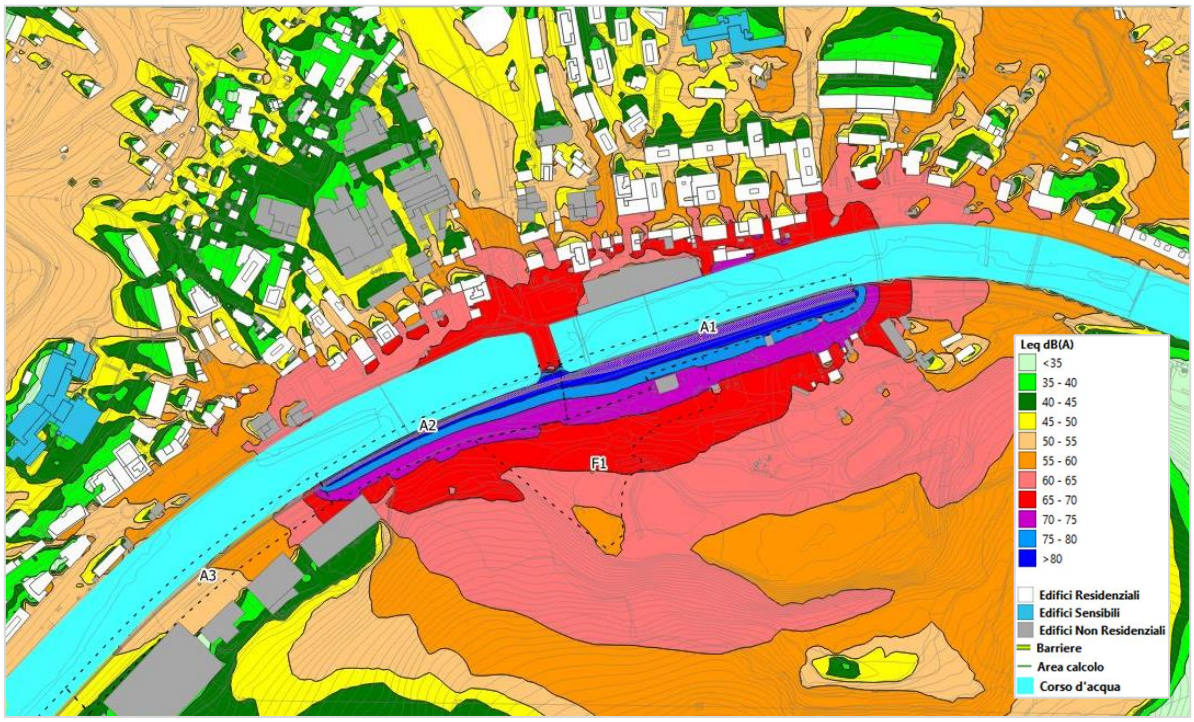


Figura 53. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 1 – stralcio A (Aree di cantiere A1 e A2)

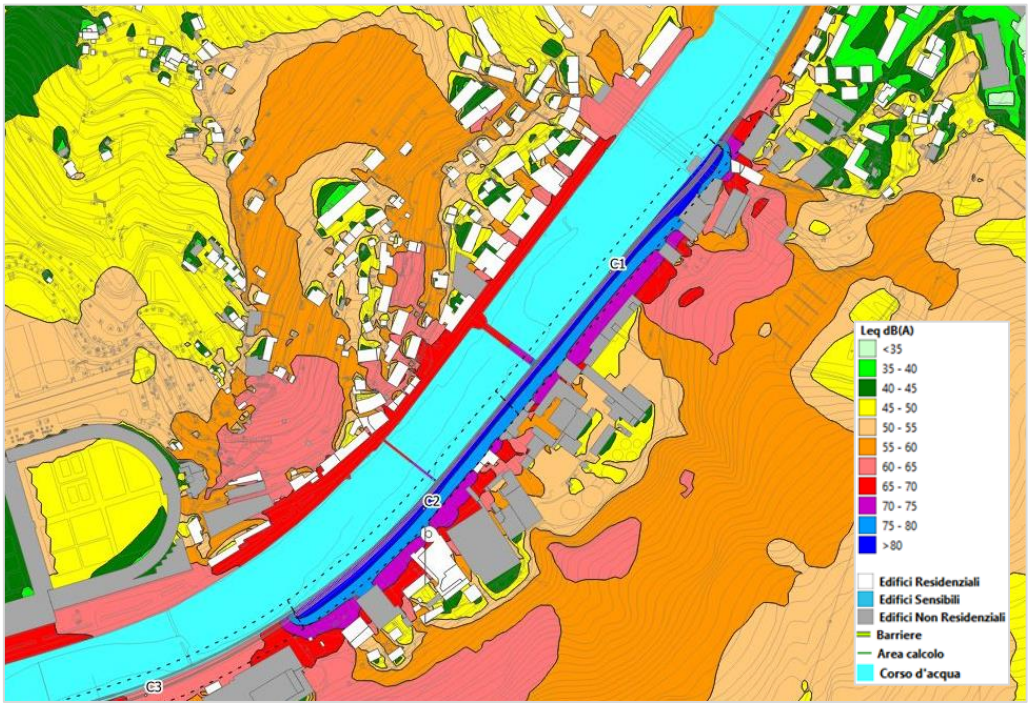


Figura 54. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 1 – stralcio B (Aree di cantiere C1 e C2)

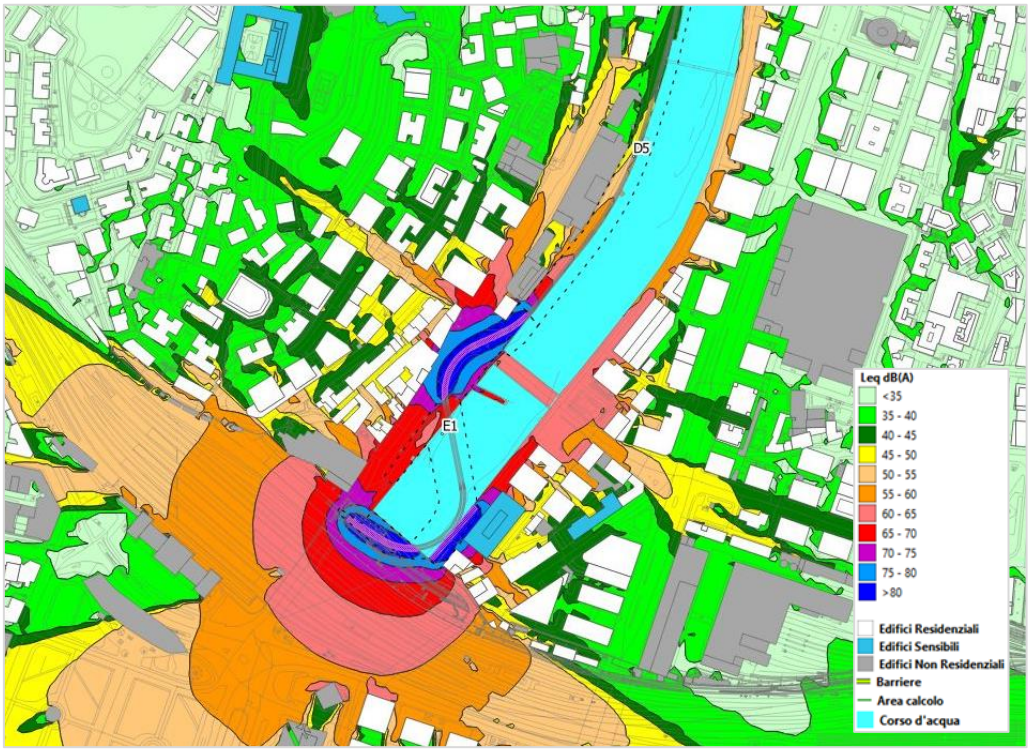


Figura 55. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 1 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Nel presente scenario sono state simulate le lavorazioni che avranno luogo da cronoprogramma nel 2° semestre del 2024, che comprendono la realizzazione delle opere civili sottostruttura viadotto nelle aree di cantiere A1 - A2 - C1 - C2 - E1 e la realizzazione delle stazioni.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che per le aree di cantiere C1, C2 e E1 (stralcio B e C) vi è la necessità di utilizzare delle barriere antirumore. Per le aree di cantiere A1 e A2 si riscontrano dei possibili superamenti sulla riva opposta del Bisagno rispetto alle lavorazioni, in questo caso non sono stati previsti elementi mitigativi per la difficoltà della loro messa in opera nelle immediate vicinanze del corso d'acqua. Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 1 in presenza di elementi mitigativi.

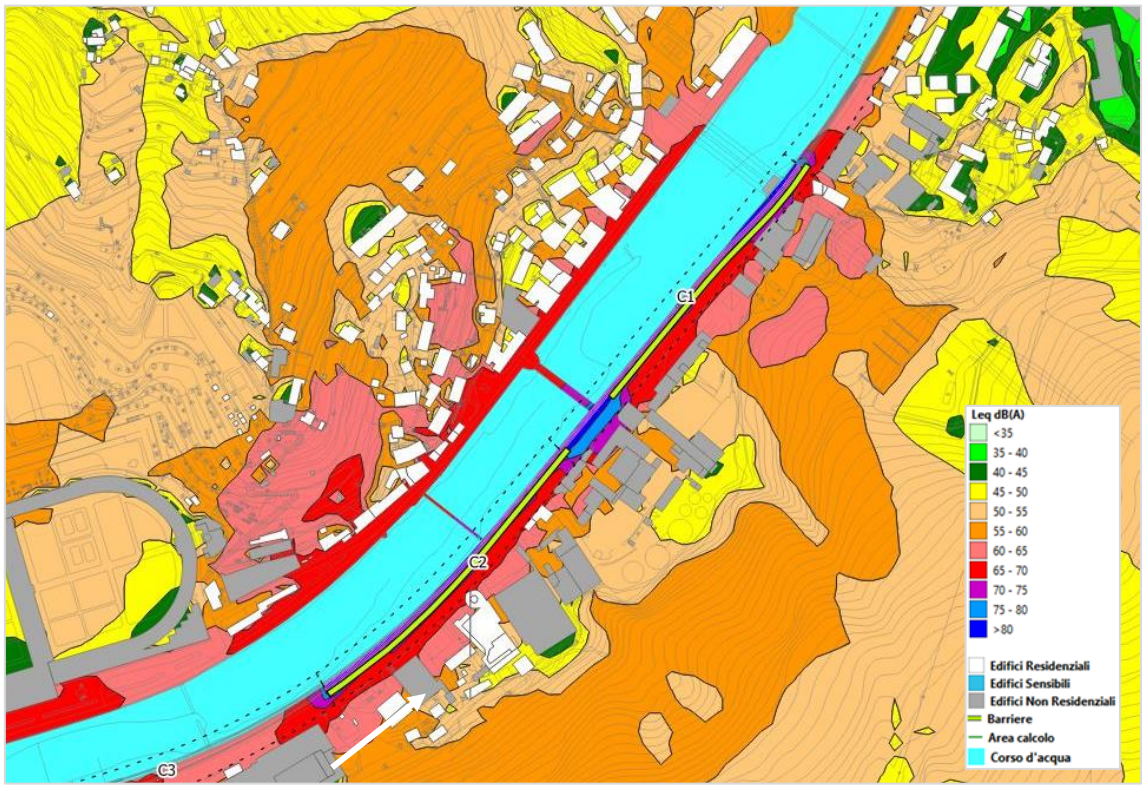


Figura 56. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 1 – stralcio B (Aree di cantiere C1 e C2)

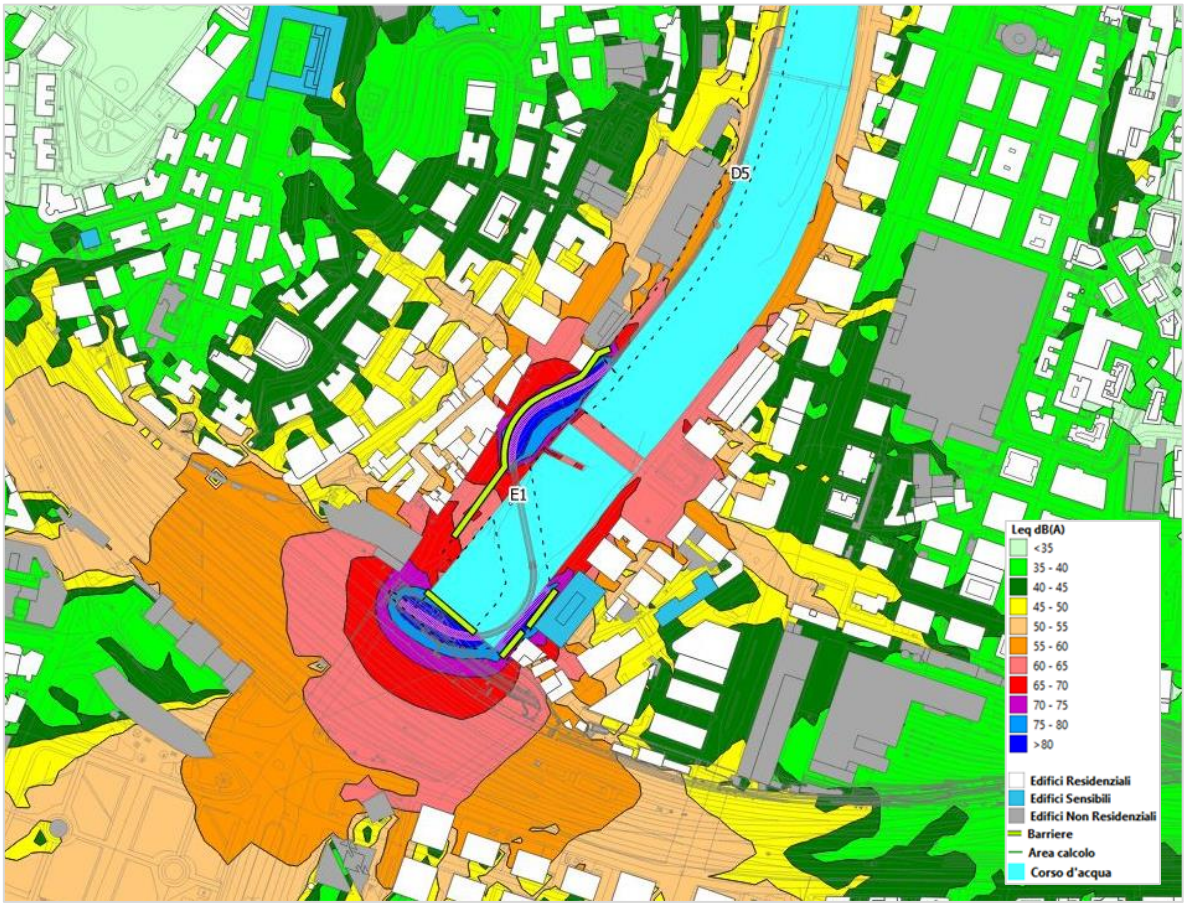


Figura 57. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 1 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Per lo scenario 1 sono state previsti barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 m descritte nel sinottico in basso:

Figura 58. Sinottico barriere scenario 1

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-E1-001	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	49	49	3
BA-E1-002	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	23	23	3
BA-E1-003	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	34	34	3
BA-E1-004	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	215	100	3
BA-C1-001	Lungo fronte avanzamento C1	Mobile (segue FAL)	268	100	3
BA-C2-001	Lungo fronte avanzamento C2	Mobile (segue FAL)	303	100	3

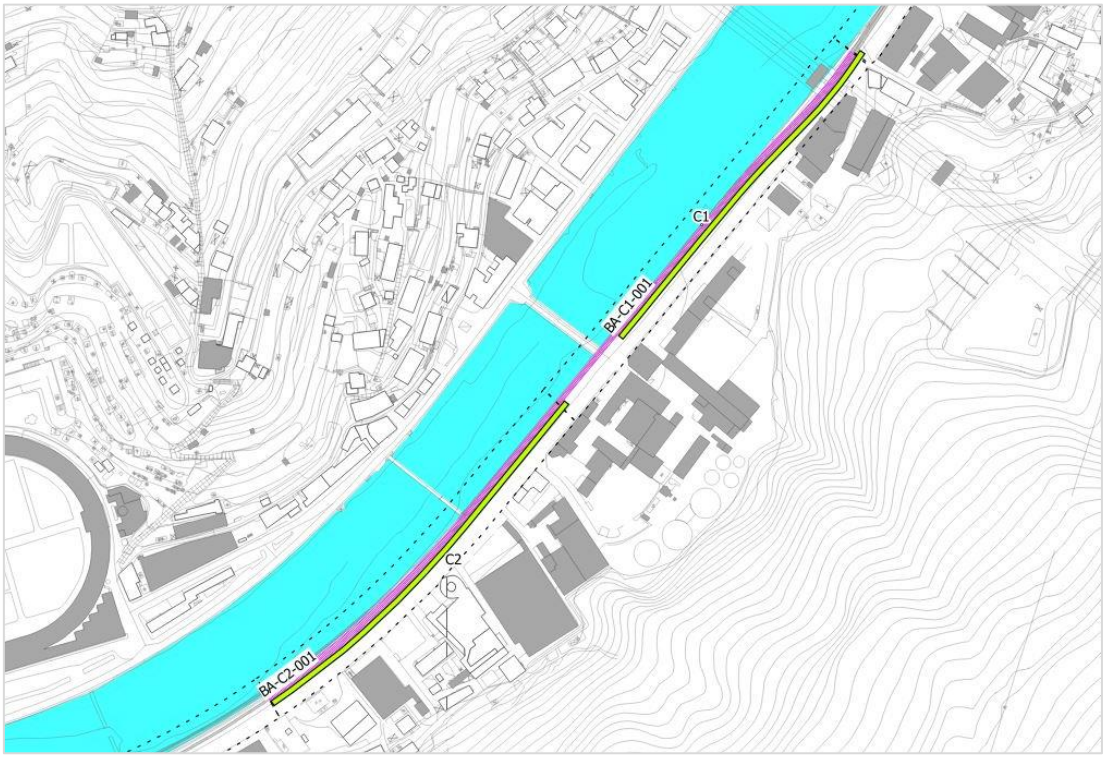


Figura 59. Barriere antirumore - scenario 1 – stralcio B (Aree di cantiere C1 e C2)

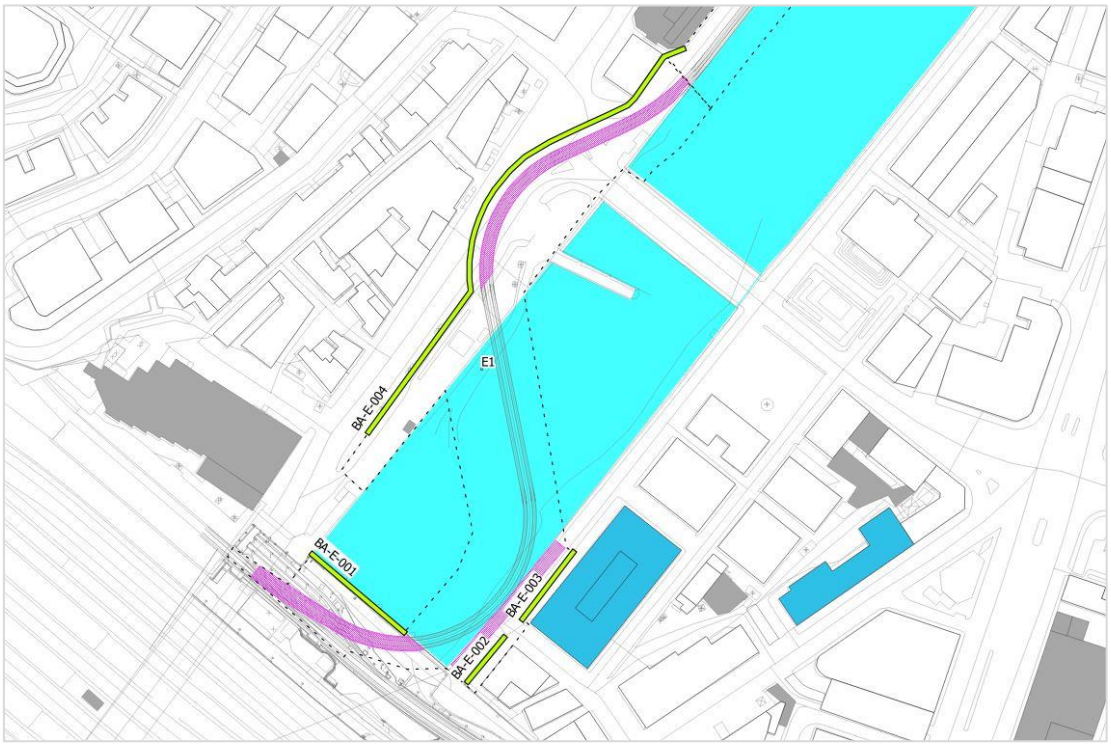


Figura 60. Barriere antirumore - scenario 1 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

6.1.2.7.2 Scenario 2 – 1° Semestre del 2025

Lavorazioni	Aree di cantiere	Periodo
OOCC sottostrutture viadotto	A3 - A4 - C3 - C4 - E1	1° Semestre del 2025
OOCC linea	A1 - A2 - C1 - C2	
OOCC Stazioni	Stazioni	

Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 2 in assenza di elementi mitigativi:

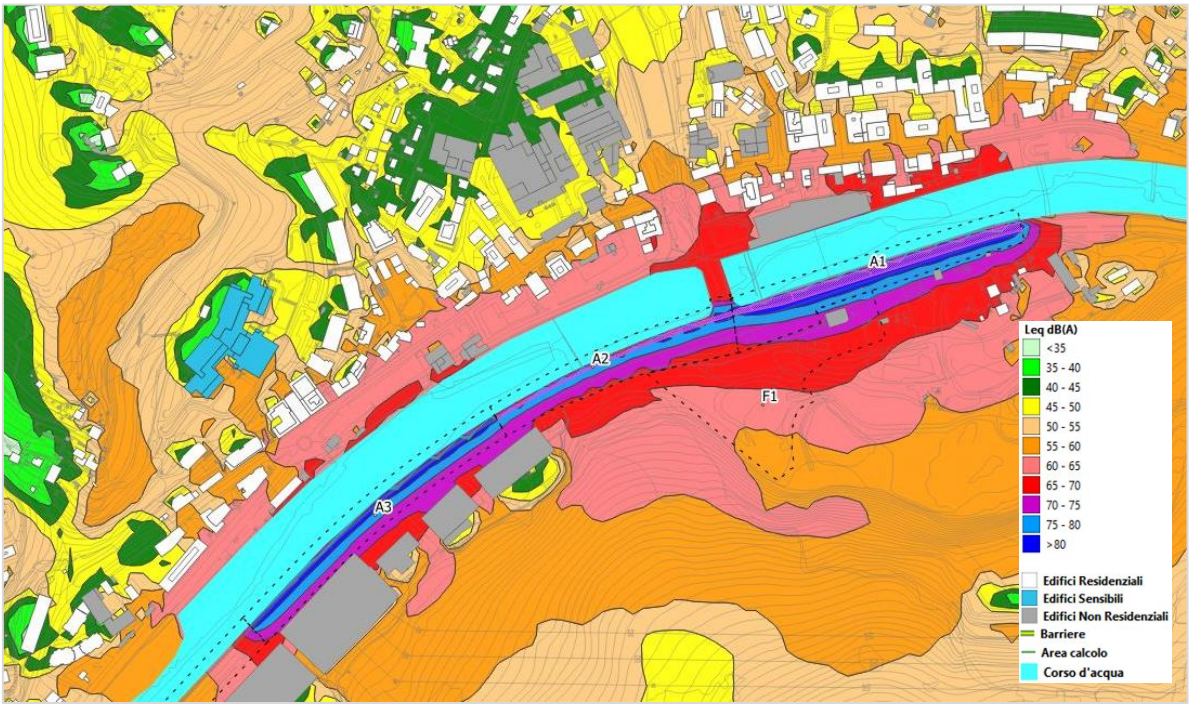


Figura 61. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 2 – stralcio A (Aree di cantiere A1, A2 e A3)

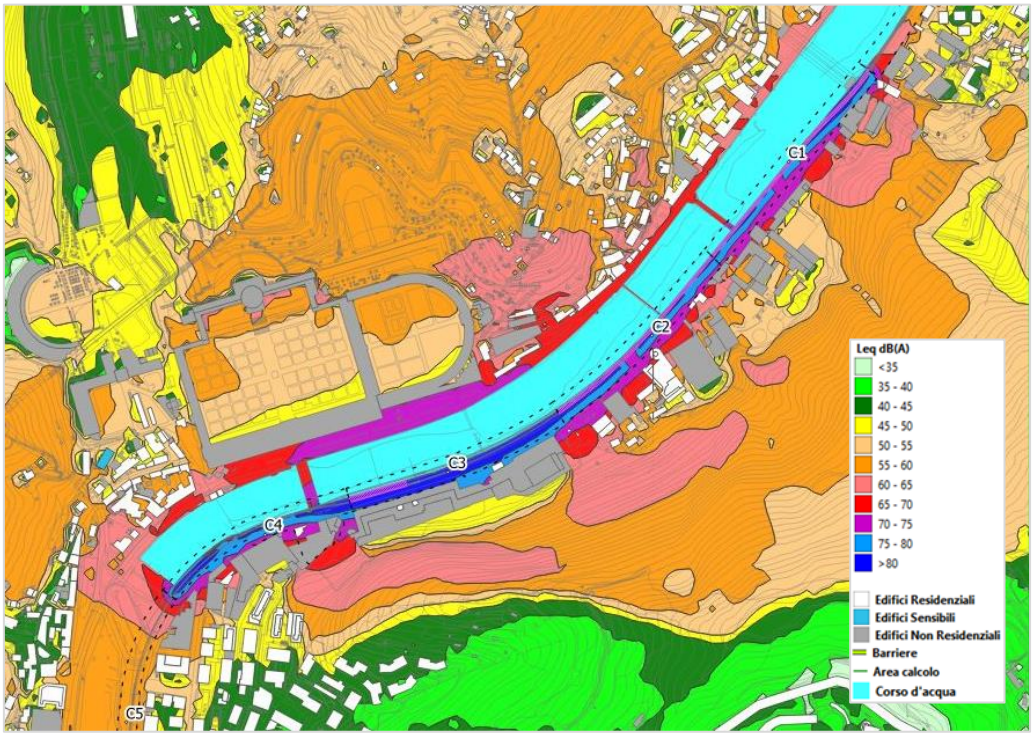


Figura 62. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 2 – stralcio B (Aree di cantiere C1, C2, C3 e C4)

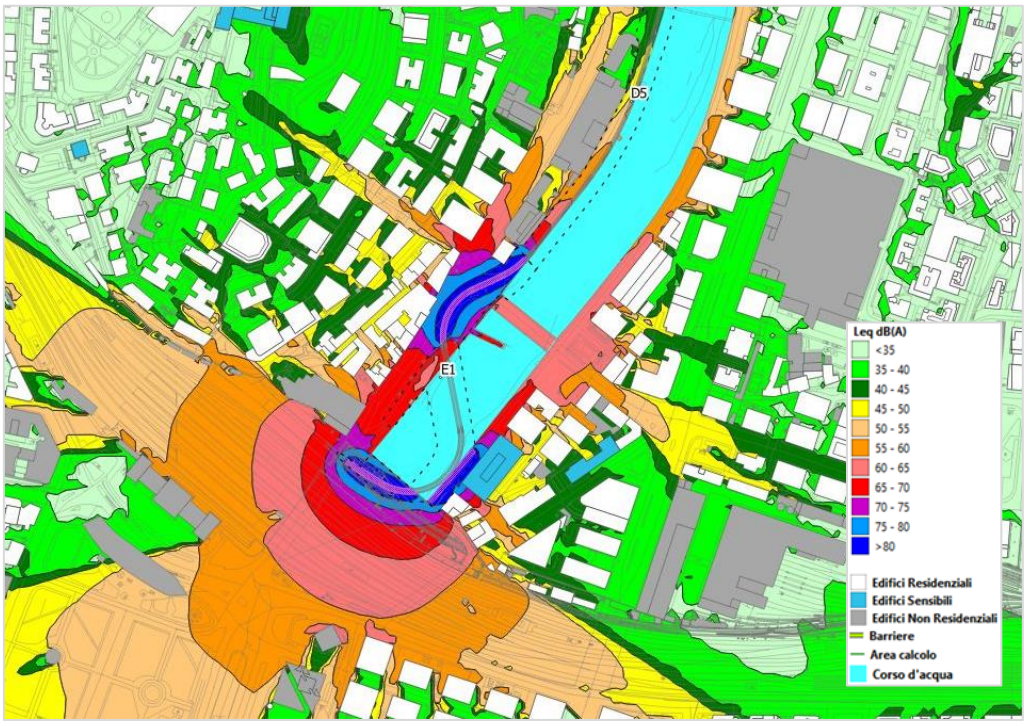


Figura 63. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 2 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Nel presente scenario sono state simulate le lavorazioni che avranno luogo da cronoprogramma nel 1° semestre del 2025, che comprendono la realizzazione delle opere civili sottostruttura viadotto nelle aree di cantiere A3 - A4 - C3 - C4 - E1, la realizzazione delle opere di civili di linea nelle aree di cantiere A1 - A2 - C1 - C2 e la realizzazione delle stazioni.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che per le aree di cantiere C1, C2, C3, C4 e E1 (stralcio B e C) vi è la necessità di utilizzare delle barriere antirumore. Per le aree del macro-cantiere A (stralcio A) si riscontrano dei possibili superamenti sulla riva opposta del Bisagno rispetto alle lavorazioni, in questo caso non sono stati previsti elementi mitigativi per la difficoltà della loro messa in opera nelle immediate vicinanze del corso d'acqua. Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 2 in presenza di elementi mitigativi.

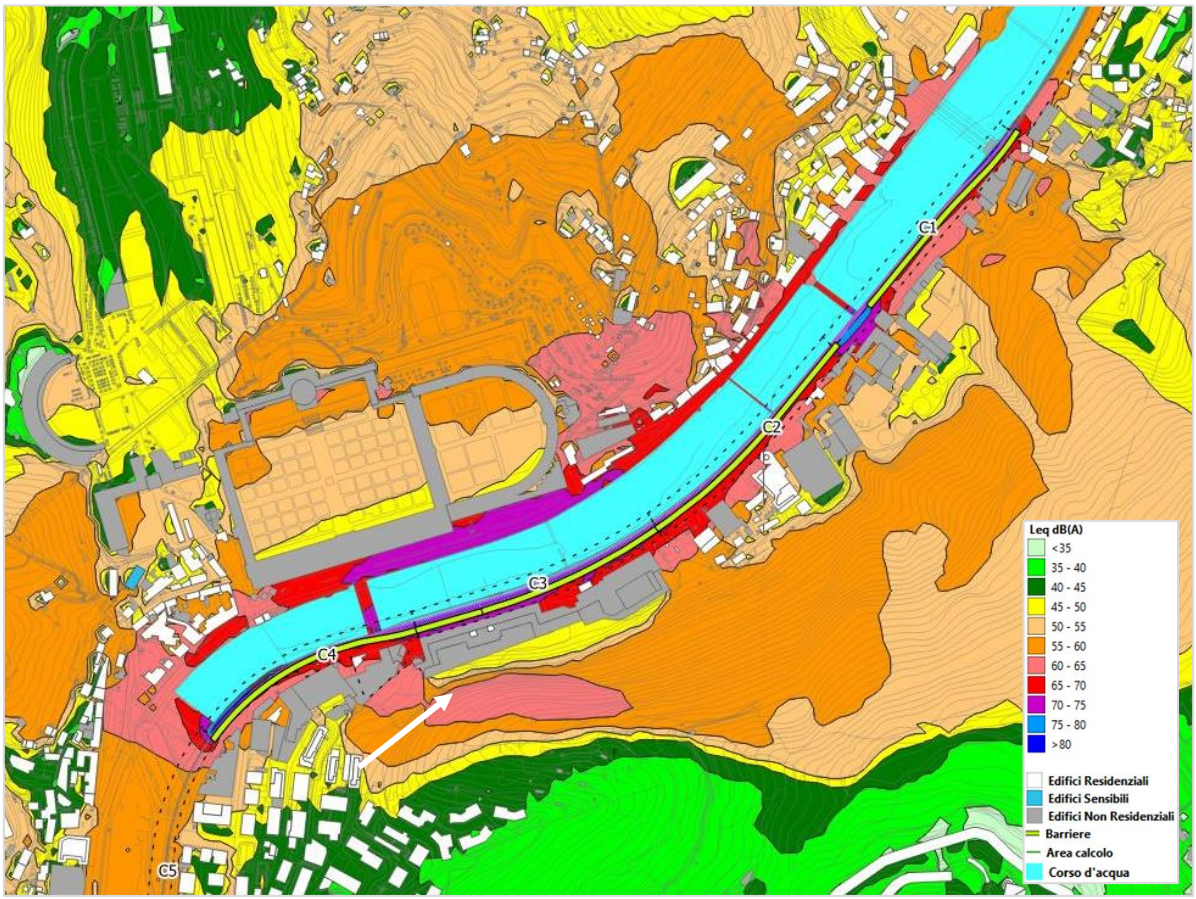


Figura 64. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 2 – stralcio B (Aree di cantiere C1, C2, C3, C4)

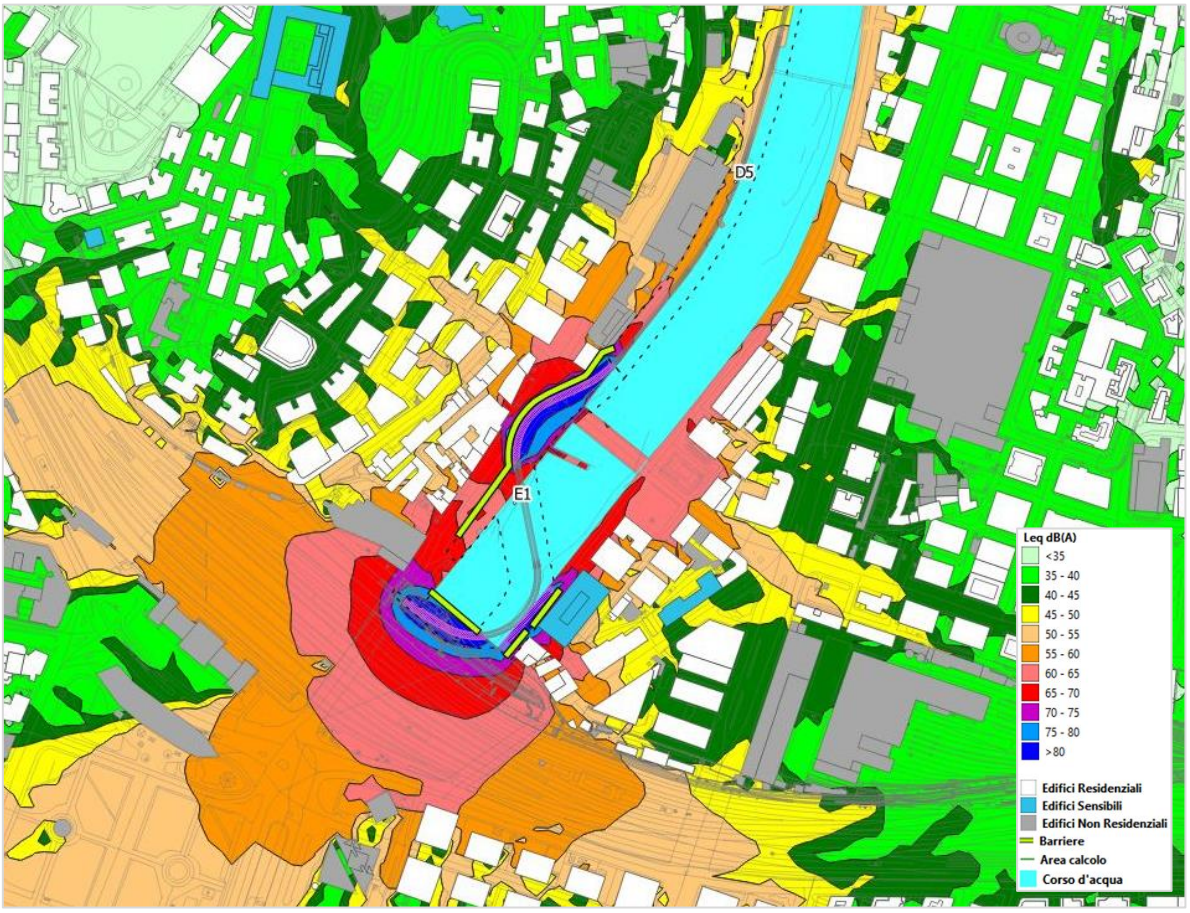


Figura 65. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 2 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Per lo scenario 2 sono state previsti barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 m descritte nel sinottico e dagli stralci in basso:

Figura 66. Sinottico barriere scenario 2

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-C1-001	Lungo fronte avanzamento C1	Mobile (segue FAL)	268	100	3
BA-C2-001	Lungo fronte avanzamento C2	Mobile (segue FAL)	303	100	3
BA-C3-001	Lungo fronte avanzamento C3	Mobile (segue FAL)	75	75	3
BA-C3-002	Lungo fronte avanzamento C3	Mobile (segue FAL)	238	100	3
BA-C4-001	Lungo fronte avanzamento C4	Mobile (segue FAL)	284	100	3
BA-E1-001	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	49	49	3
BA-E1-002	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	23	23	3
BA-E1-003	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	34	34	3
BA-E1-004	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	215	100	3

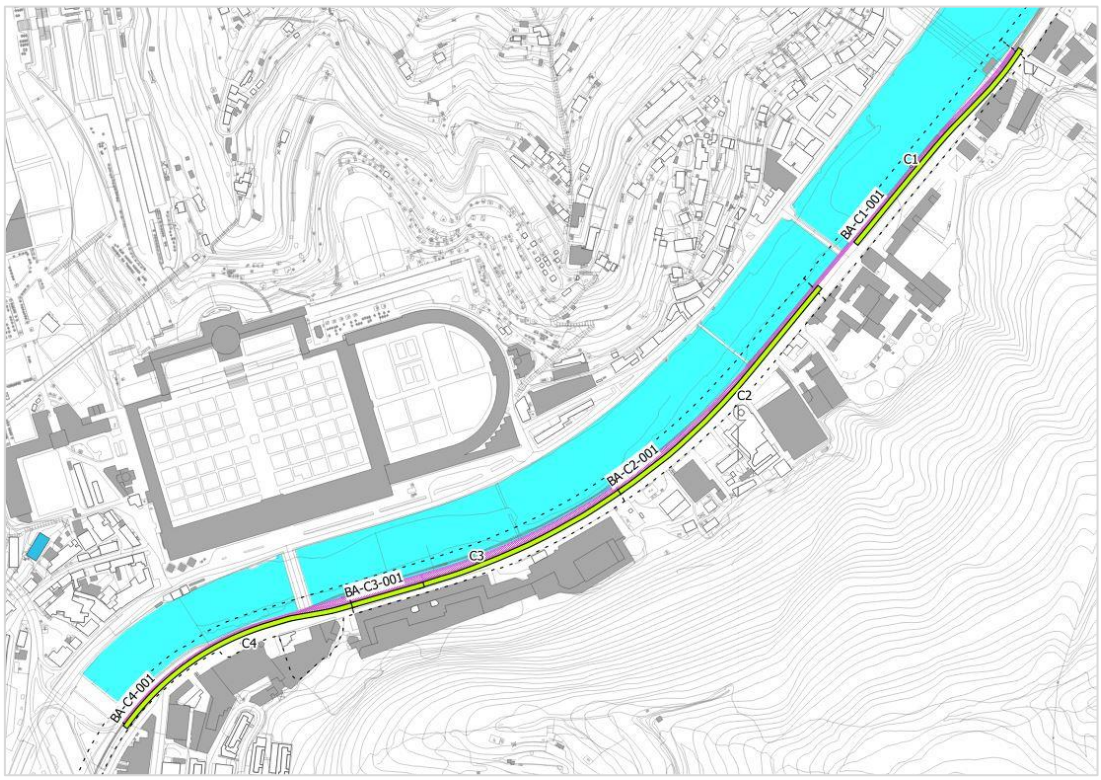


Figura 67. Barriere antirumore - scenario 2 – stralcio B (Aree di cantiere C1, C2, C3 e C4)

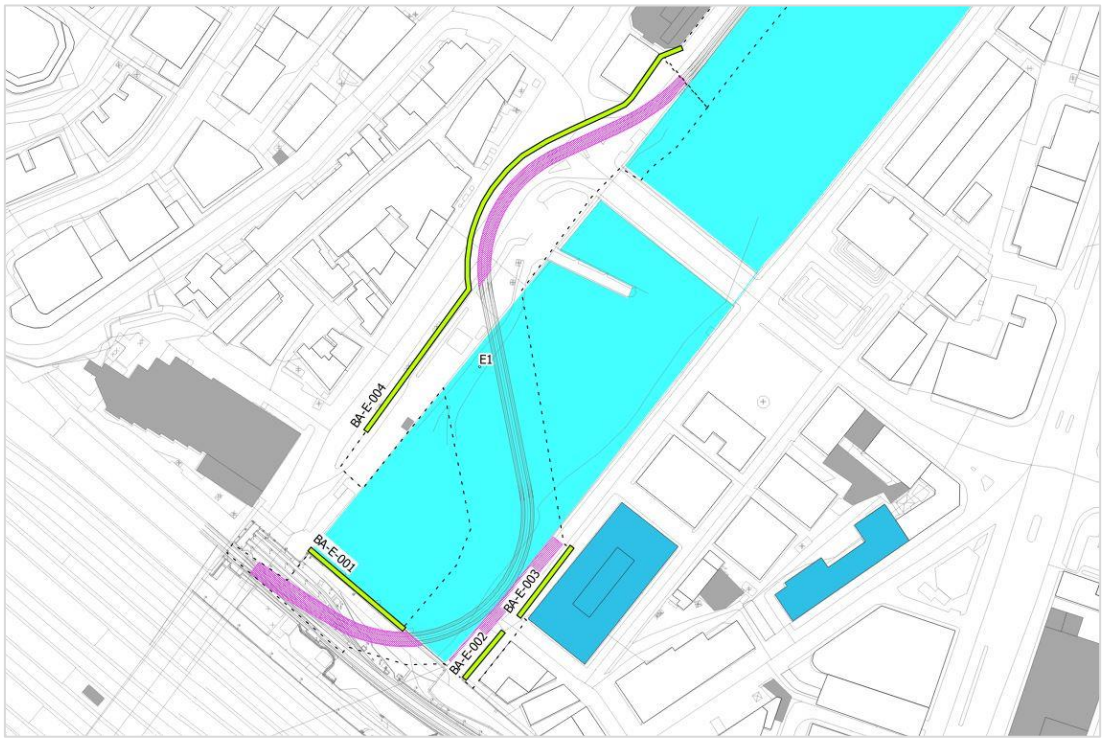


Figura 68. Barriere antirumore - scenario 2 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

6.1.2.7.3 Scenario 3 – 2° Semestre del 2025

Lavorazioni	Aree di cantiere	Periodo
OOCC sottostrutture viadotto	A5 - B1 - C5 - D1	2° Semestre del 2025
OOCC linea	A3 - A4 - C3 - C4 - E1	
OOCC Stazioni	Stazioni	

Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 3 in assenza di elementi mitigativi:

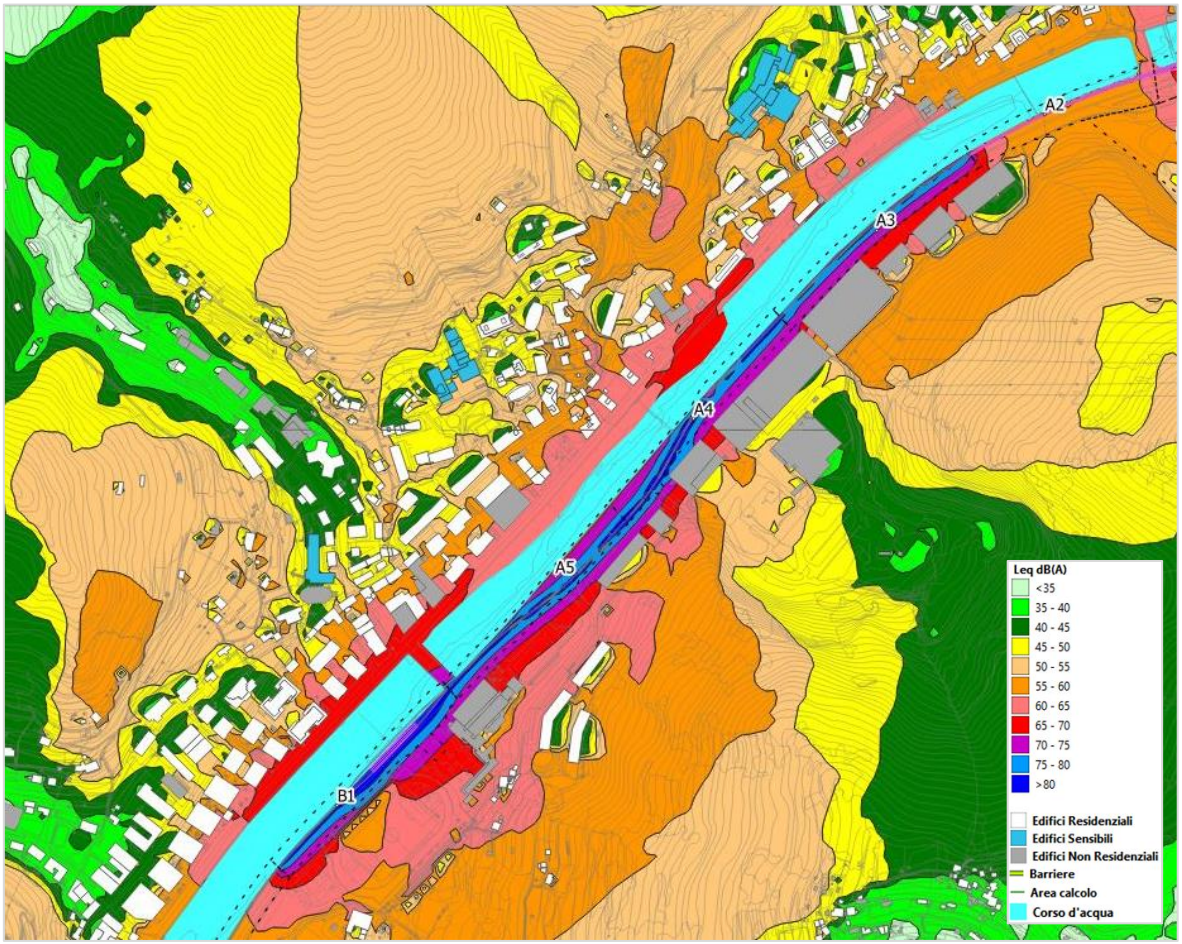


Figura 69. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 3 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1)

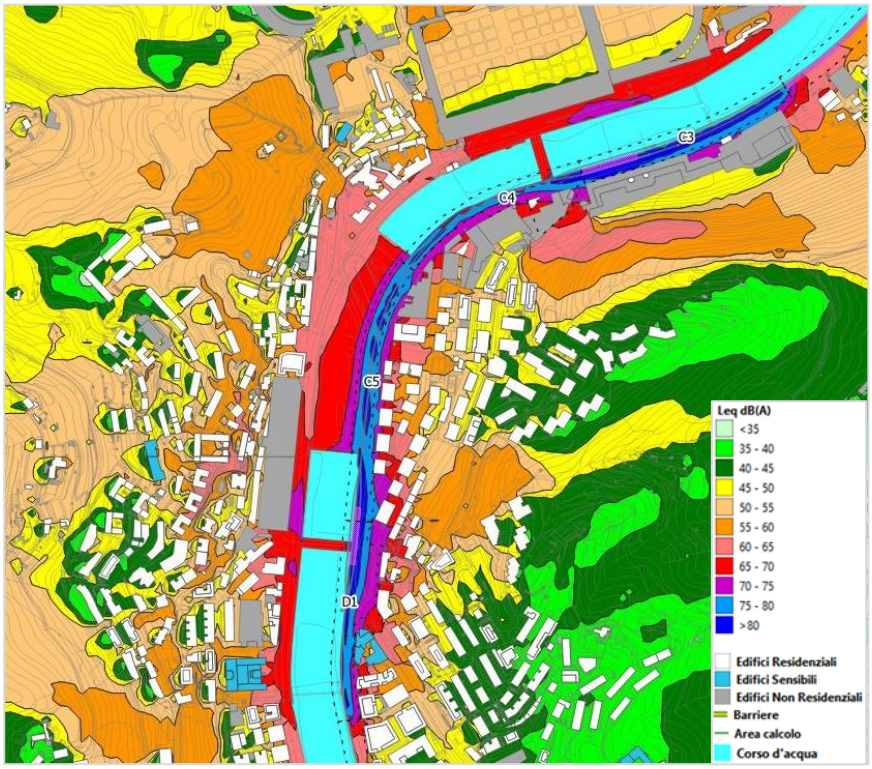


Figura 70. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 3 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1)

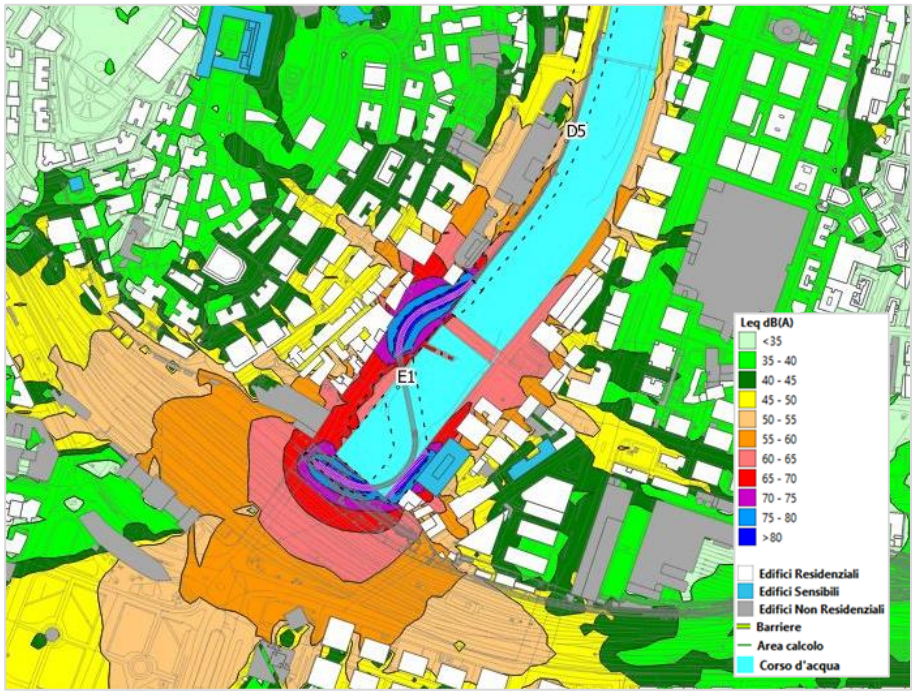


Figura 71. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 3 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Nel presente scenario sono state simulate le lavorazioni che avranno luogo da cronoprogramma nel 2° semestre del 2025, che comprendono la realizzazione delle opere civili sottostruttura viadotto nelle aree di cantiere A5 - B1 - C5 - D1, la realizzazione delle opere di civili di linea nelle aree di cantiere A3 - A4 - C3 - C4 - E1 e la realizzazione delle stazioni.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che per le aree di cantiere A4, A5, B1, C3, C4, C5, D1 e E1 (stralcio A, B e C) vi è la necessità di utilizzare delle barriere antirumore. Per le aree di cantiere B1, A5 e D1 (stralcio A e B) si riscontrano dei possibili superamenti sulla riva opposta del Bisagno rispetto alle lavorazioni, in questo caso non sono stati previsti elementi mitigativi per la difficoltà della loro messa in opera nelle immediate vicinanze del corso d'acqua. Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 3 in presenza di elementi mitigativi.

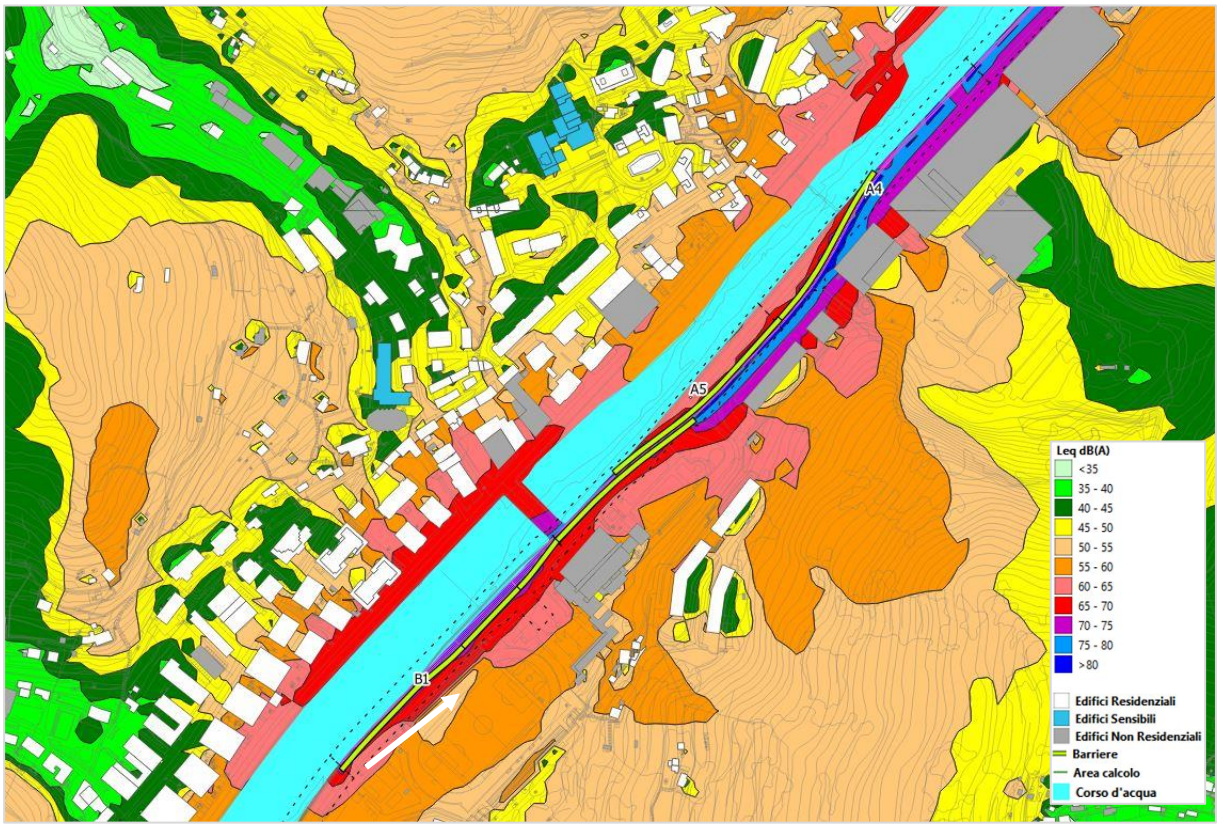


Figura 72. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 3 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1)

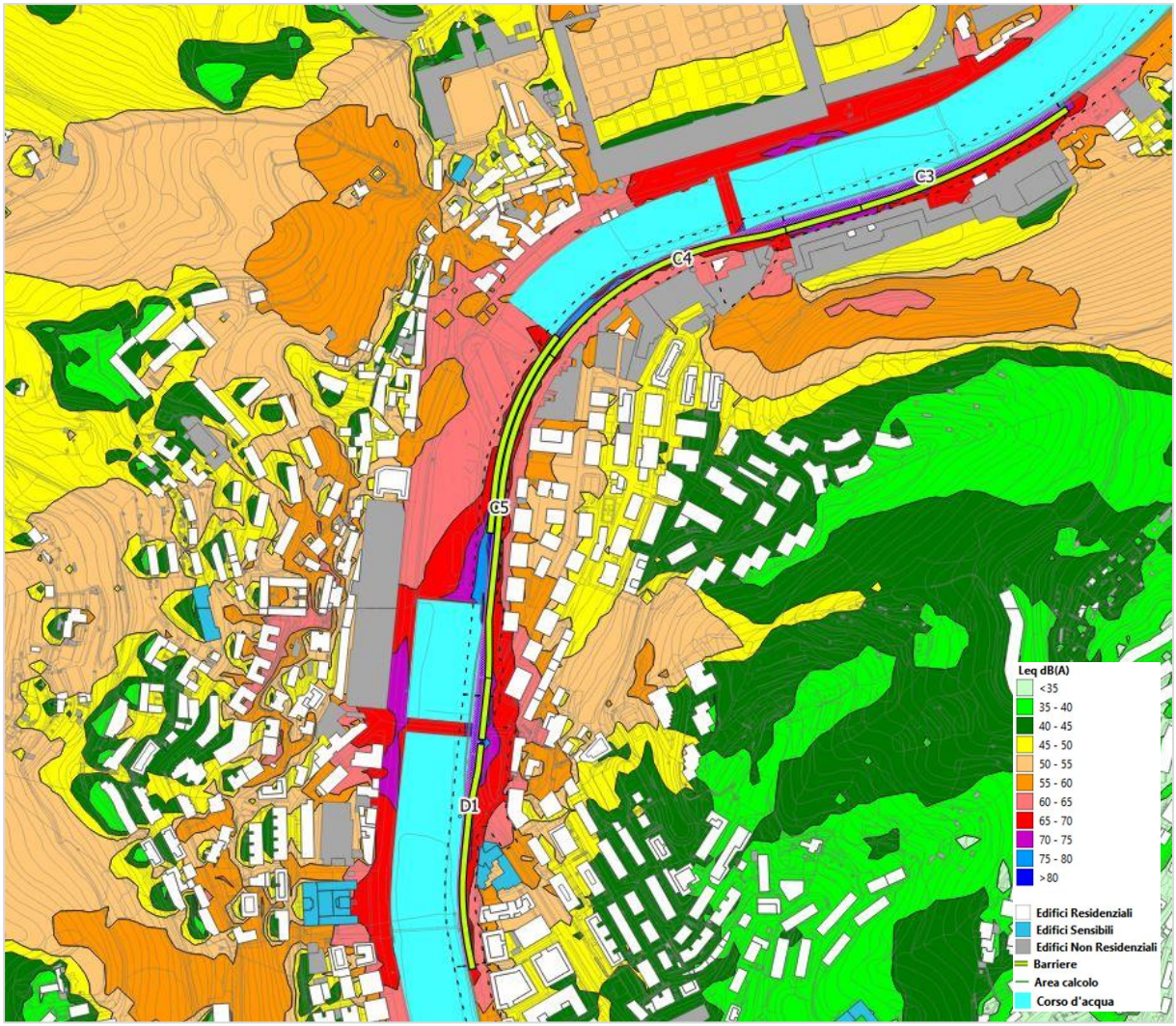


Figura 73. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 3 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1)

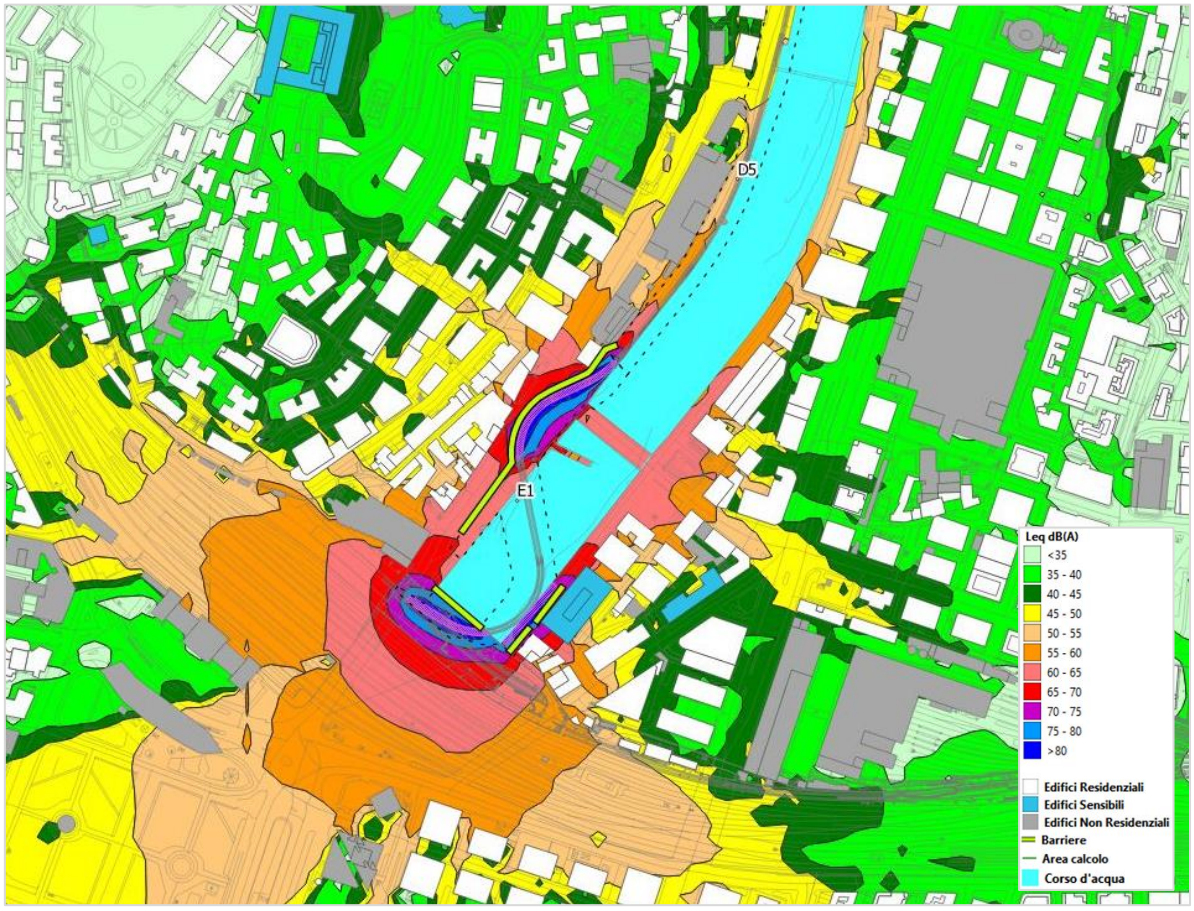


Figura 74. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 3 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Per lo scenario 2 sono state previsti barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 m descritte nel sinottico e dagli stralci in basso:

Tabella 13. Sinottico barriere scenario 3

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-A4-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	173	100	3
BA-A5-001	Lungo fronte avanzamento A5	Mobile (segue FAL)	176	100	3
BA-A5-002	Lungo fronte avanzamento A5	Mobile (segue FAL)	220	100	3
BA-B1-001	Lungo fronte avanzamento B1	Mobile (segue FAL)	172	100	3
BA-B1-002	Lungo fronte avanzamento B1	Mobile (segue FAL)	80	80	3
BA-B1-003	Lungo fronte avanzamento B1	Mobile (segue FAL)	61	61	3
BA-C3-001	Lungo fronte avanzamento C3	Mobile (segue FAL)	75	75	3
BA-C3-002	Lungo fronte avanzamento C3	Mobile (segue FAL)	238	100	3
BA-C4-001	Lungo fronte avanzamento C4	Mobile (segue FAL)	284	100	3
BA-C5-001	Lungo fronte avanzamento C5	Mobile (segue FAL)	353	100	3
BA-C5-002	Lungo fronte avanzamento C5	Mobile (segue FAL)	213	100	3
BA-D1-001	Lungo fronte avanzamento D1	Mobile (segue FAL)	229	100	3

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-D1-002	Lungo fronte avanzamento D1	Mobile (segue FAL)	57	57	3
BA-E1-001	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	49	49	3
BA-E1-002	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	23	23	3
BA-E1-003	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	34	34	3
BA-E1-004	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	215	215	3

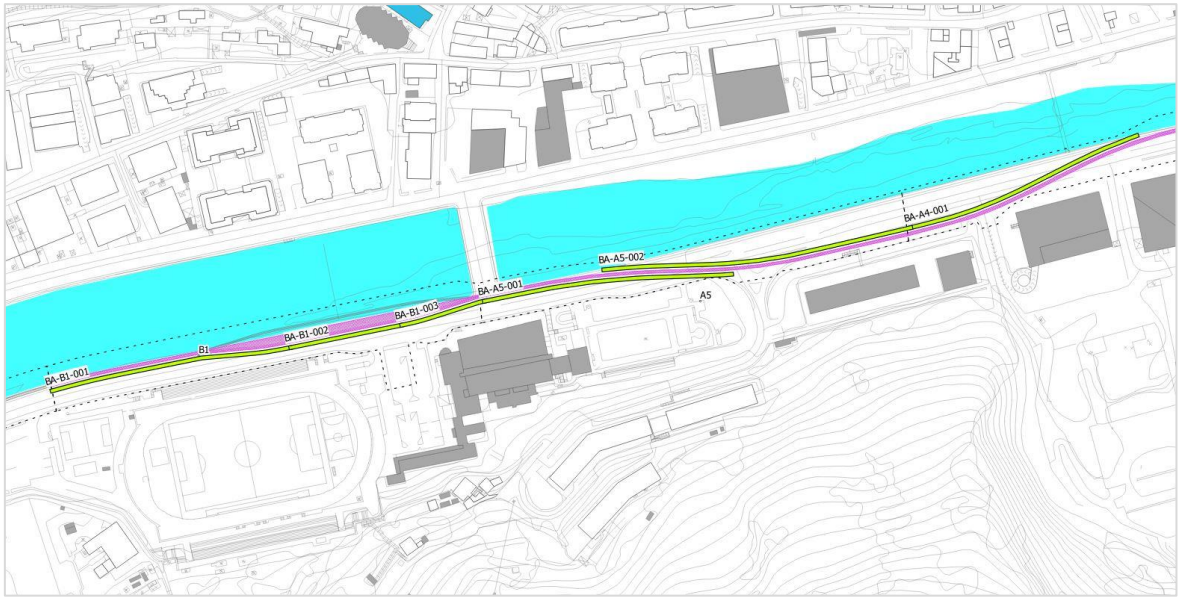


Figura 75. Barriere antirumore - scenario 3 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1)

Figura 76. Barriere antirumore - scenario 3 - stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1)

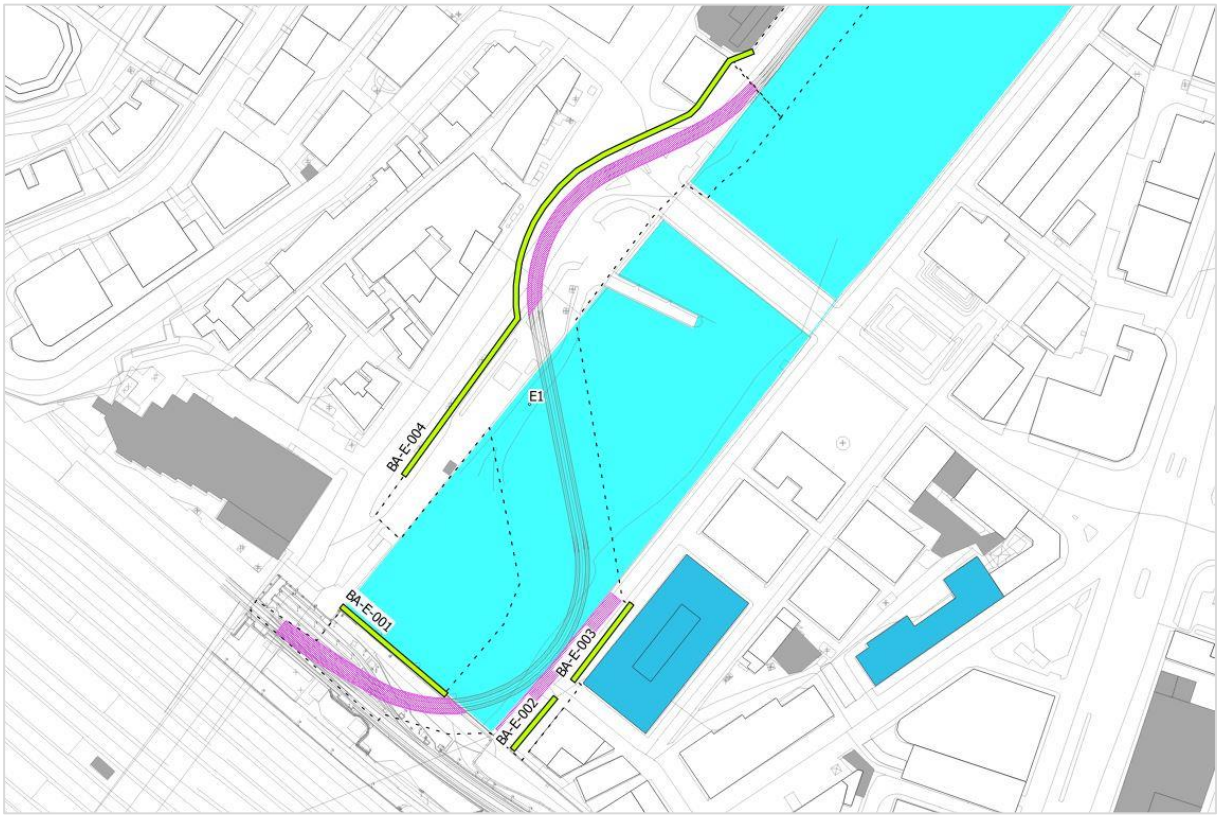


Figura 77. Barriere antirumore - scenario 3 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

6.1.2.7.4 Scenario 4 – 1° Semestre del 2026

Lavorazioni	Aree di cantiere	Periodo
OOCC sottostrutture viadotto	B2 - B3 - D2 - D3	1° Semestre del 2026
OOCC linea	A5 - B1 - C5 - D1 - E1	
OOCC Stazioni	Stazioni	

Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 4 in assenza di elementi mitigativi:

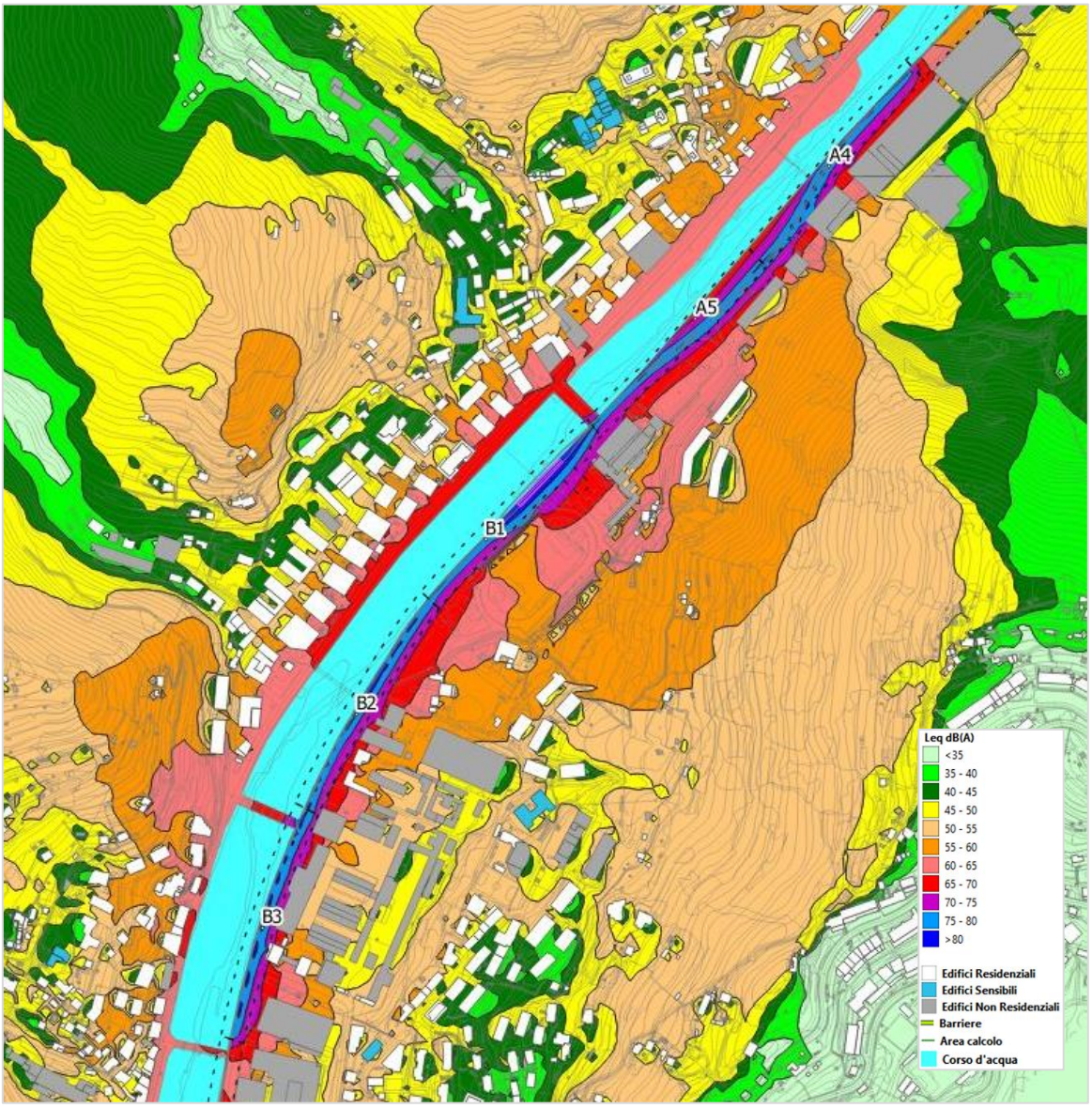


Figura 78. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 4 – stralcio A1 (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1)

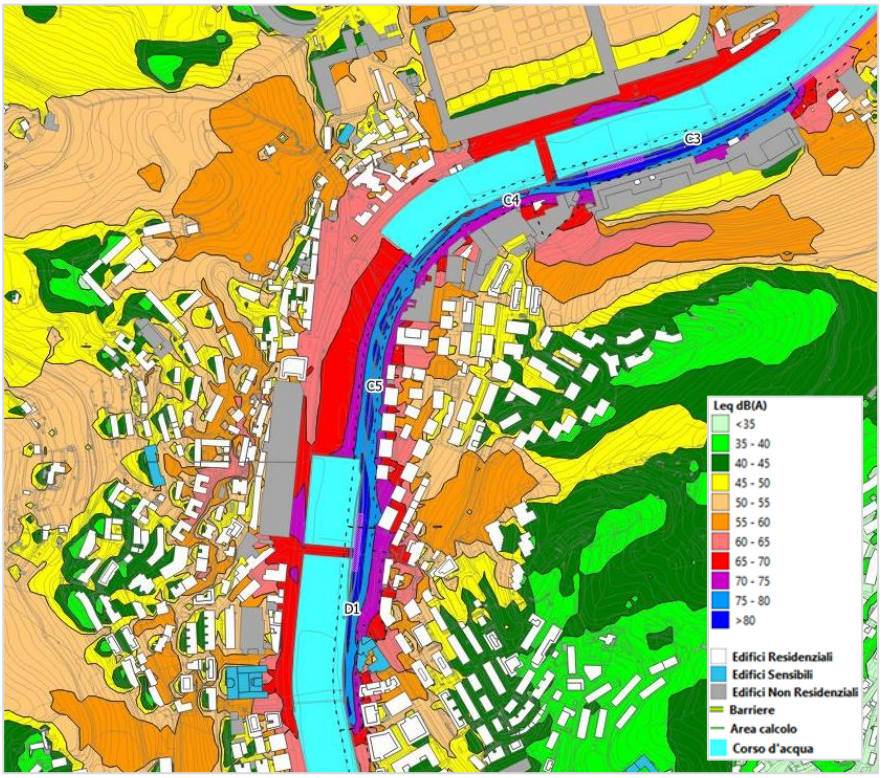


Figura 79. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 4 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1)

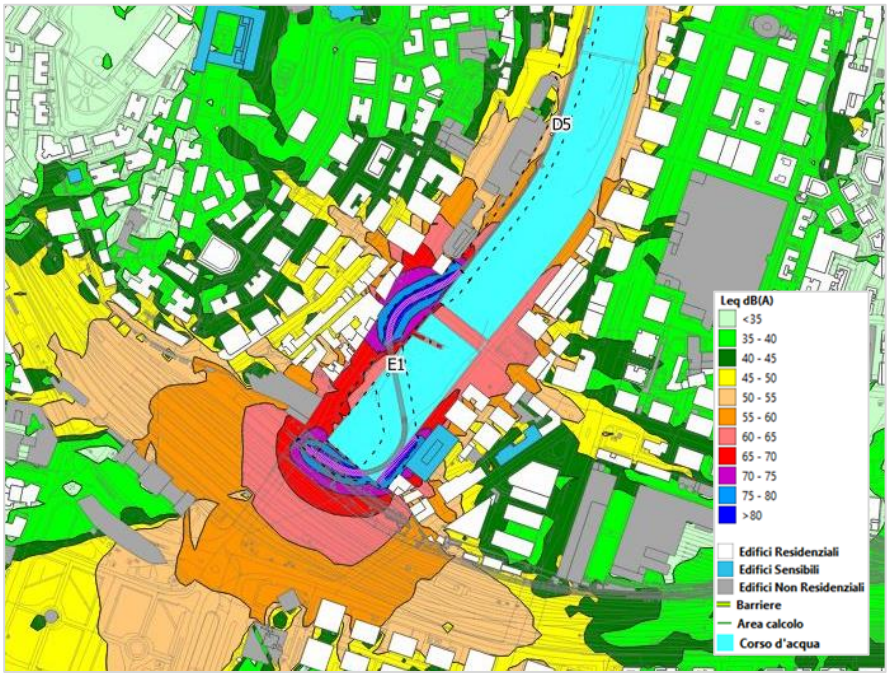


Figura 80. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 4 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Nel presente scenario sono state simulate le lavorazioni che avranno luogo da cronoprogramma nel 2° semestre del 2025, che comprendono la realizzazione delle opere civili sottostruttura viadotto nelle aree di cantiere B2 - B3 - D2 - D3, la realizzazione delle opere di civili di linea nelle aree di cantiere A5 - B1 - C5 - D1 - E1 e la realizzazione delle stazioni. I risultati ottenuti hanno evidenziato che per le aree di cantiere A4, A5, B1, B2, B3, C3, C5, D1, D2, D3 e D4 (stralcio A, B e C) vi è la necessità di utilizzare delle barriere antirumore. Per le aree di cantiere B1, A5 e D1 (stralcio A e B) si riscontrano dei possibili superamenti sulla riva opposta del Bisagno rispetto alle lavorazioni, in questo caso non sono stati previsti elementi mitigativi per la difficoltà della loro messa in opera nelle immediate vicinanze del corso d'acqua. Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 4 in presenza di elementi mitigativi.

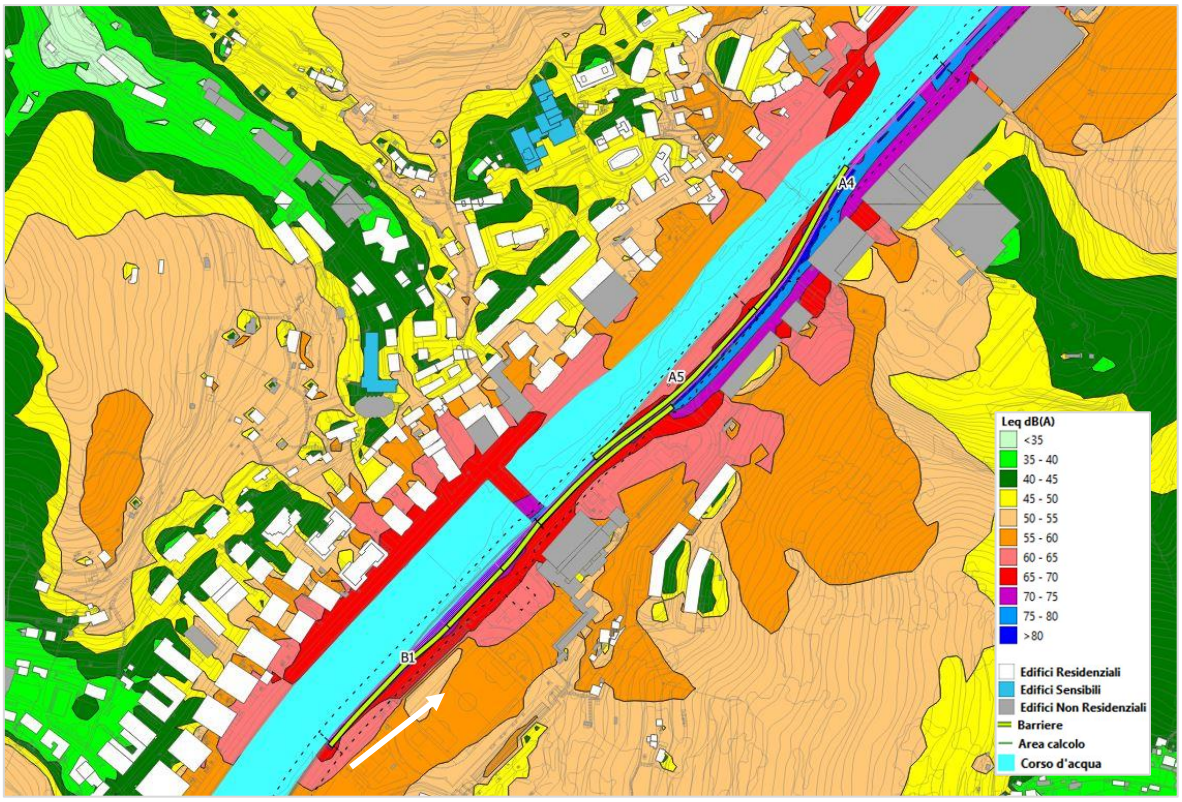


Figura 81. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 4 – stralcio A (Aree di cantiere A3, A4, A5 e B1)

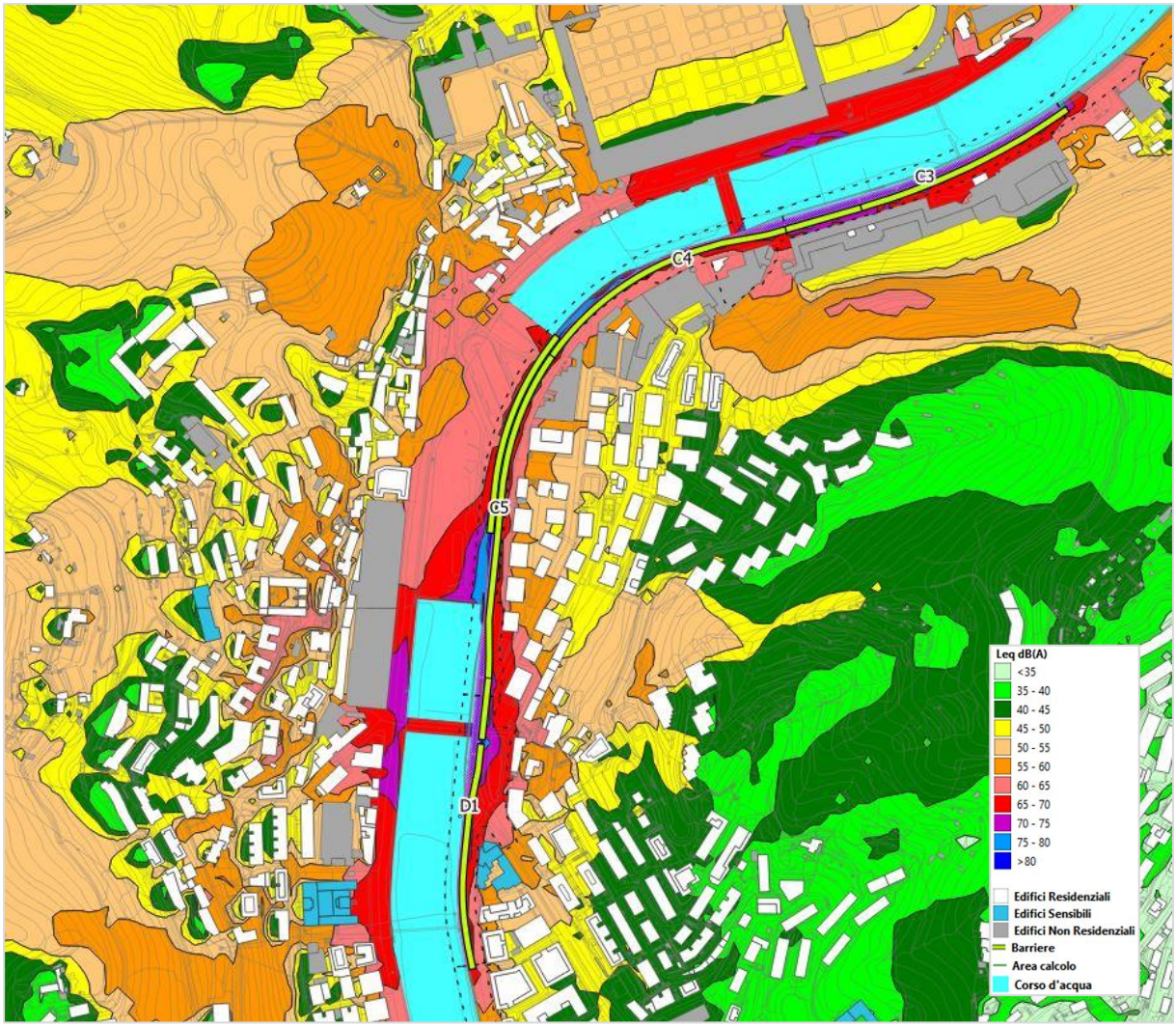


Figura 82. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 4 – stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1)

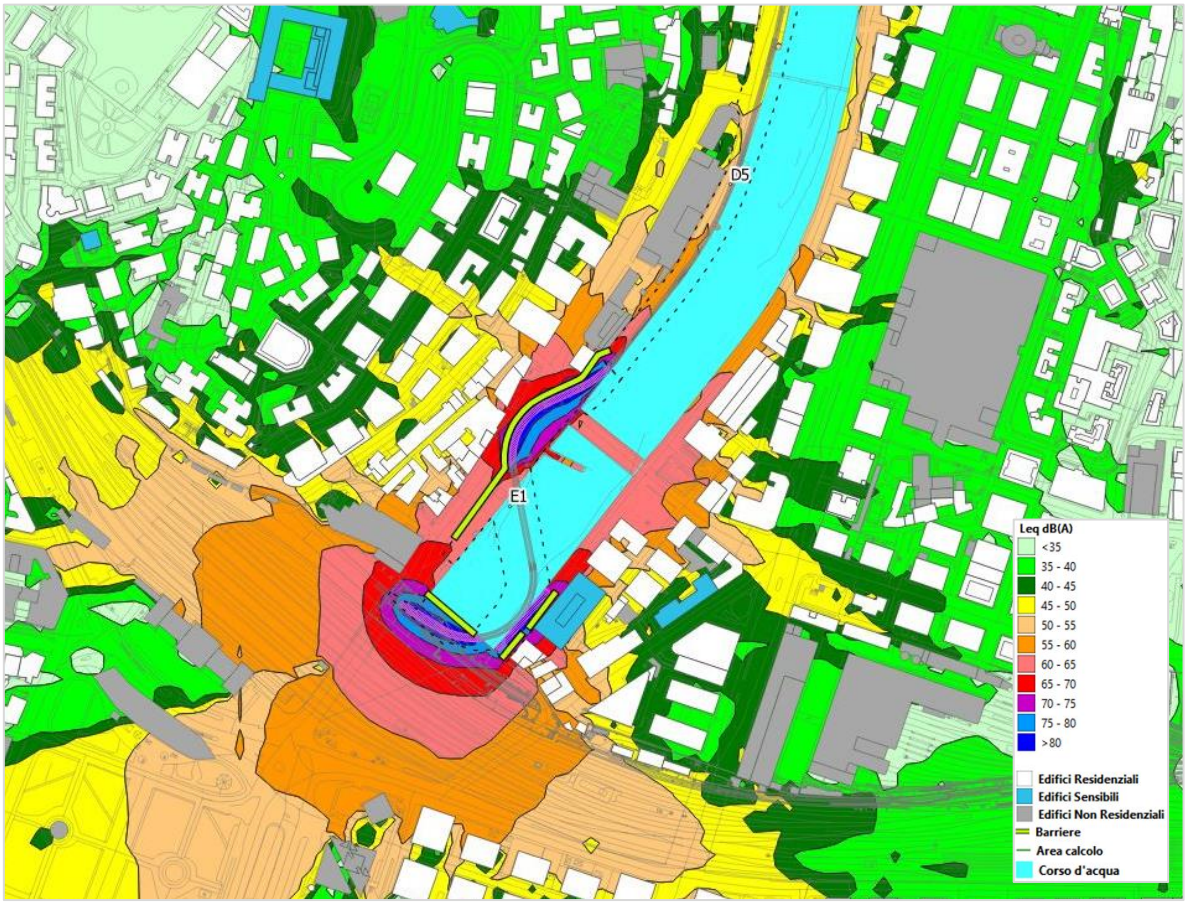


Figura 83. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 4 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

Per lo scenario 4 sono state previsti barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 m descritte nel sinottico e dagli stralci in basso:

Tabella 14. Sinottico barriere scenario 4

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-A4-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	173	100	3
BA-A5-001	Lungo fronte avanzamento A5	Mobile (segue FAL)	176	100	3
BA-A5-002	Lungo fronte avanzamento A5	Mobile (segue FAL)	220	100	3
BA-B1-001	Lungo fronte avanzamento B1	Mobile (segue FAL)	172	100	3
BA-B1-002	Lungo fronte avanzamento B1	Mobile (segue FAL)	80	80	3
BA-B1-003	Lungo fronte avanzamento B1	Mobile (segue FAL)	61	61	3
BA-C3-001	Lungo fronte avanzamento C3	Mobile (segue FAL)	75	75	3
BA-C3-002	Lungo fronte avanzamento C3	Mobile (segue FAL)	238	100	3
BA-C4-001	Lungo fronte avanzamento C4	Mobile (segue FAL)	284	100	3
BA-C5-001	Lungo fronte avanzamento C5	Mobile (segue FAL)	353	100	3
BA-C5-002	Lungo fronte avanzamento C5	Mobile (segue FAL)	213	100	3
BA-D1-001	Lungo fronte avanzamento D1	Mobile (segue FAL)	229	100	3

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-D1-002	Lungo fronte avanzamento D1	Mobile (segue FAL)	57	57	3
BA-E1-001	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	49	49	3
BA-E1-002	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	23	23	3
BA-E1-003	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	34	34	3
BA-E1-004	Lungo fronte avanzamento E1	Mobile (segue FAL)	215	215	3

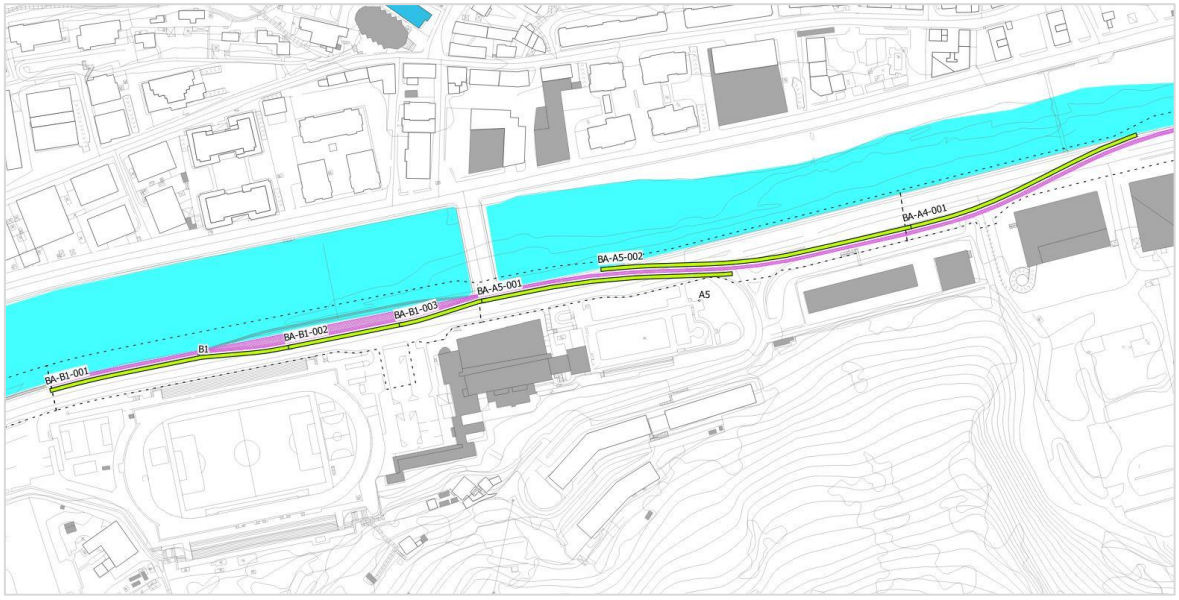


Figura 84. Barriere antirumore - scenario 4 – stralcio A (Aree di cantiere A4, A5 e B1)

Figura 85. Barriere antirumore - scenario 4 - stralcio B (Aree di cantiere C3, C4, C5 e D1)

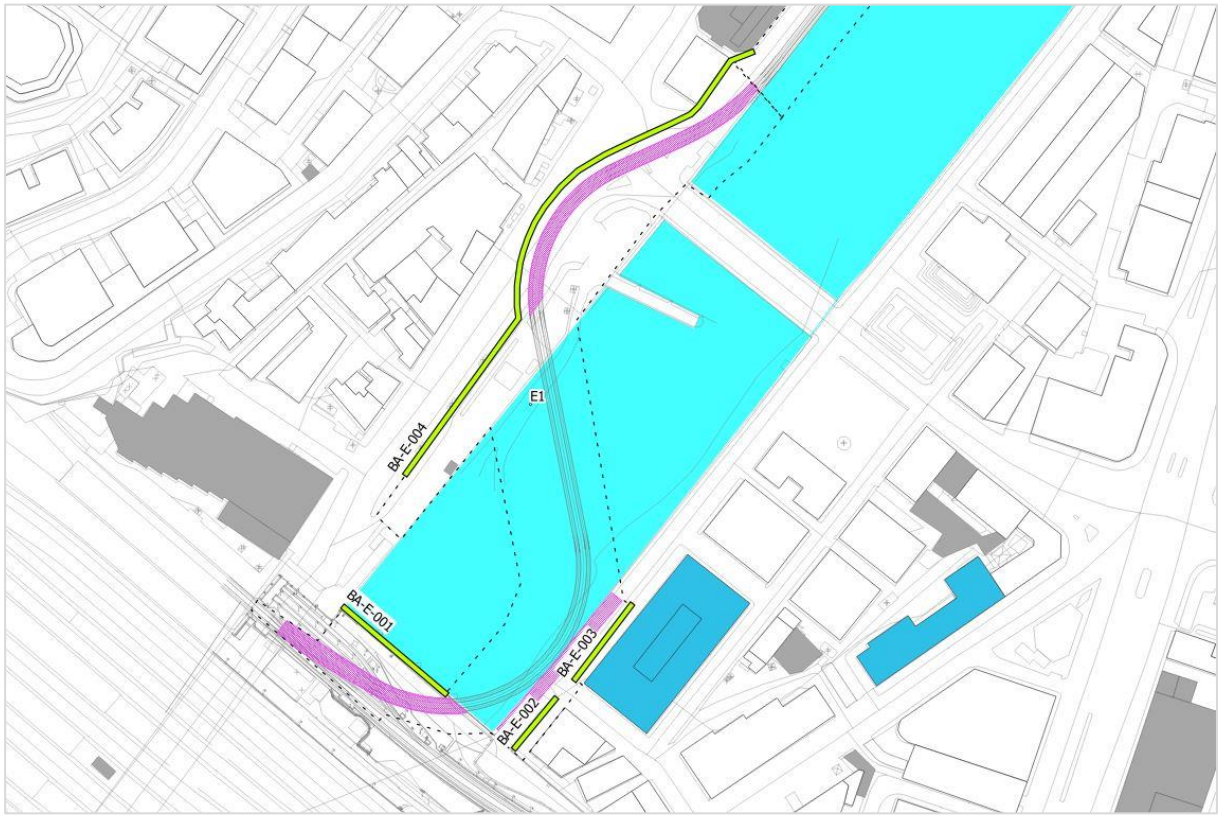


Figura 86. Barriere antirumore - scenario 4 – stralcio C (Aree di cantiere E1)

6.1.2.7.5 Scenario 5 – 1° Semestre del 2026

Lavorazioni	Aree di cantiere	Periodo
OOCC sottostrutture viadotto	B4 - B5 - D4 - D5	2° Semestre del 2026
OOCC linea	B2 - B3 - D2 - D3	
OOCC Stazioni	Stazioni	

Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 5 in assenza di elementi mitigativi:

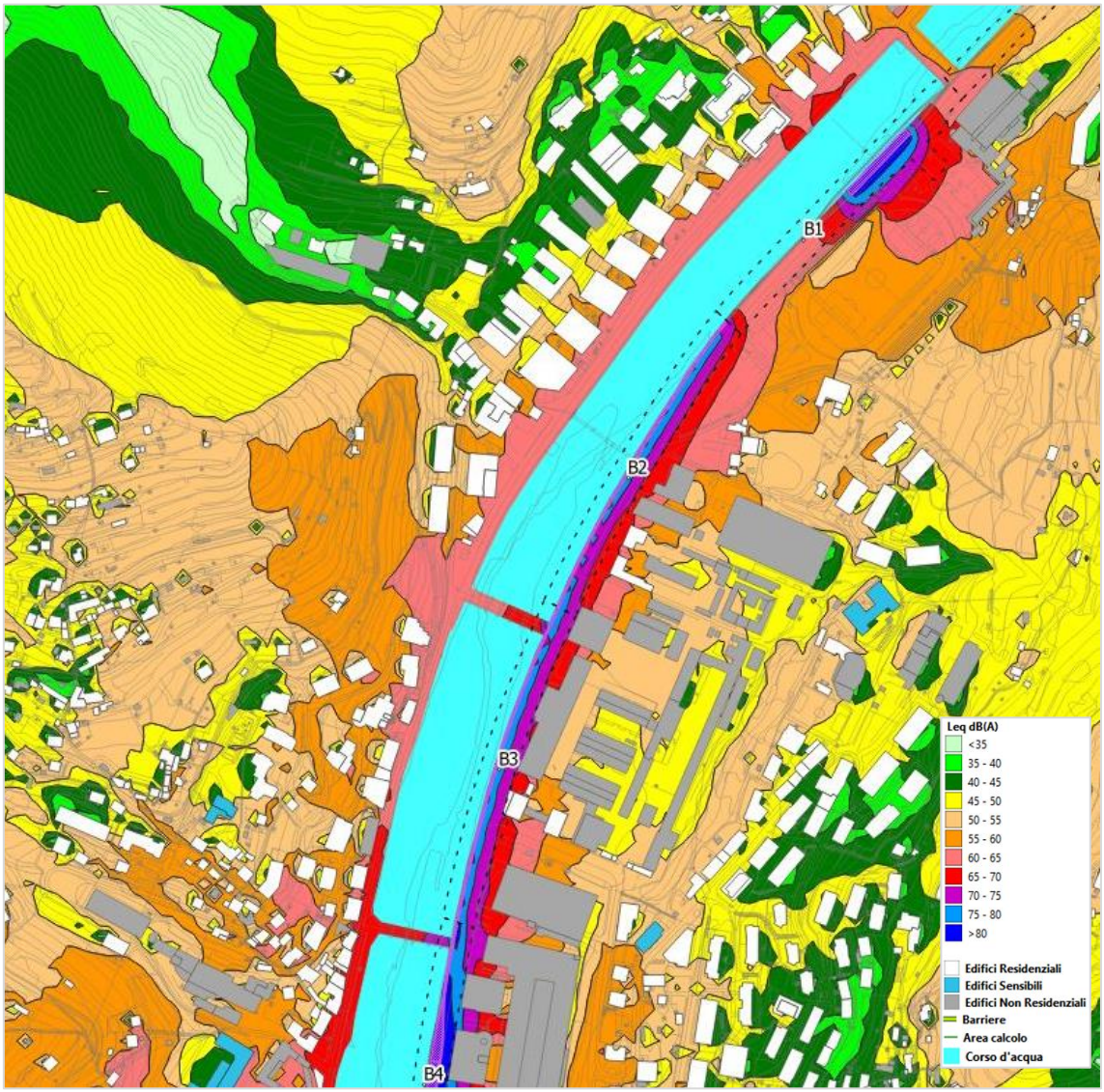


Figura 87. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B2, B3 e B4)

Figura 88. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio B (Aree di cantiere B4 e B5)

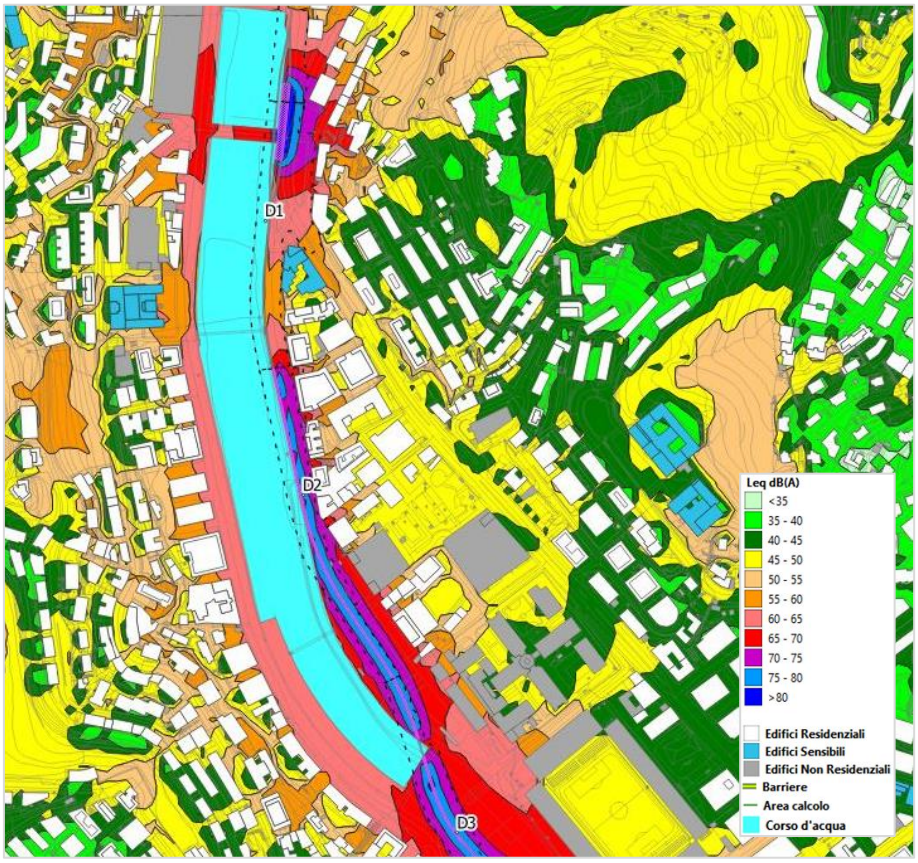


Figura 89. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio C (Aree di cantiere D1, D2 e D3)

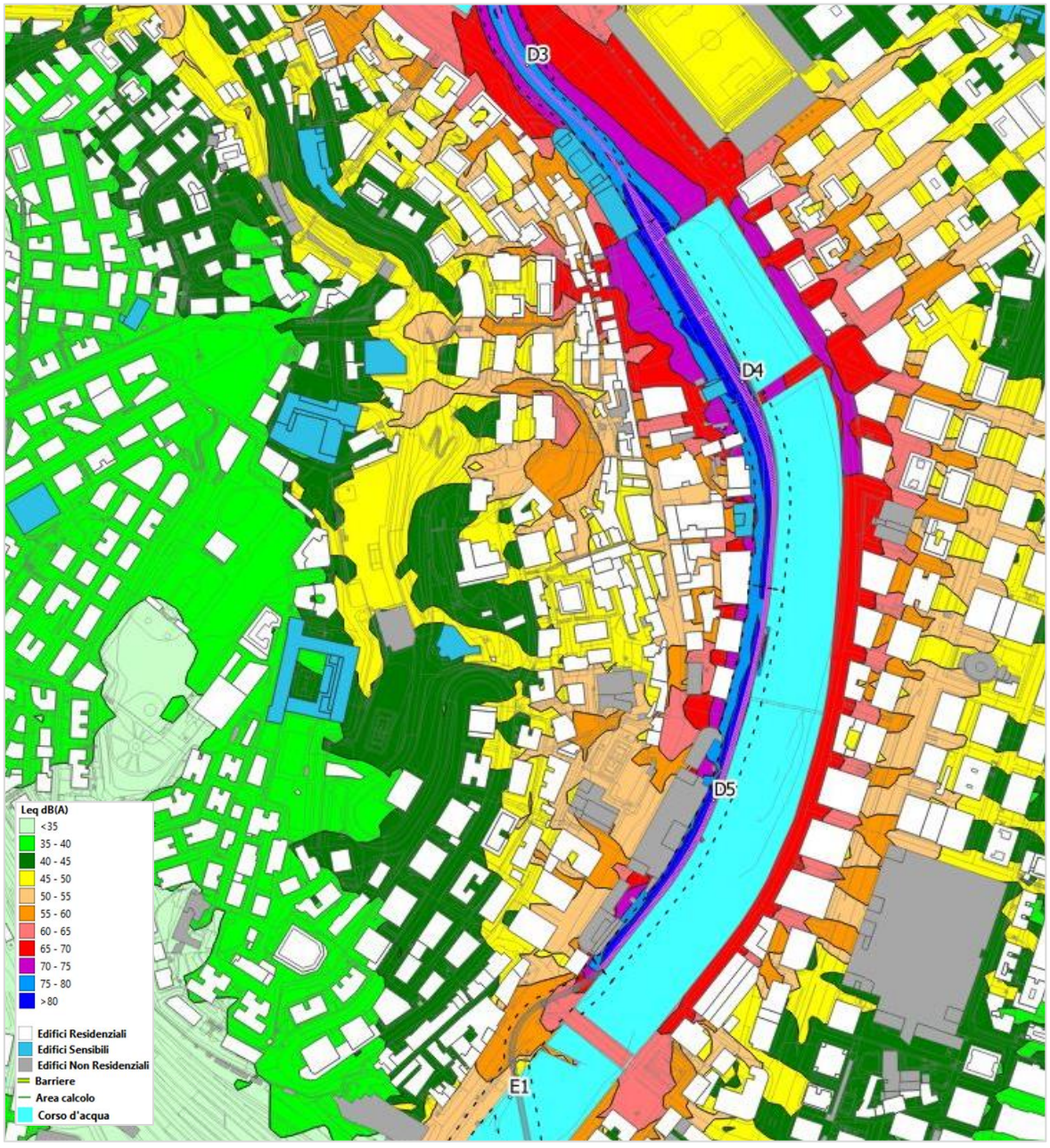


Figura 90. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 5 – stralcio D (Aree di cantiere D3, D4 e D5)

Nel presente scenario sono state simulate le lavorazioni che avranno luogo da cronoprogramma nel 2° semestre del 2026, che comprendono la realizzazione delle opere civili sottostruttura viadotto nelle aree di cantiere B4 - B5 - D4 - D5, la realizzazione delle opere di civili di linea nelle aree di cantiere B2 - B3 - D2 - D3 e la realizzazione delle stazioni.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che per le aree di cantiere B1, B2, B3, B4, B5, D1, D2, D3, D4 e D5 (stralcio A, B, C e D) vi è la necessità di utilizzare delle barriere antirumore. Per le aree di cantiere B4, B5, D4 e D5 si riscontrano dei possibili superamenti sulla riva opposta del Bisagno rispetto alle lavorazioni, in questo caso non sono stati previsti elementi mitigativi per la difficoltà della loro messa in opera nelle immediate vicinanze del corso d'acqua. Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 5 in presenza di elementi mitigativi.

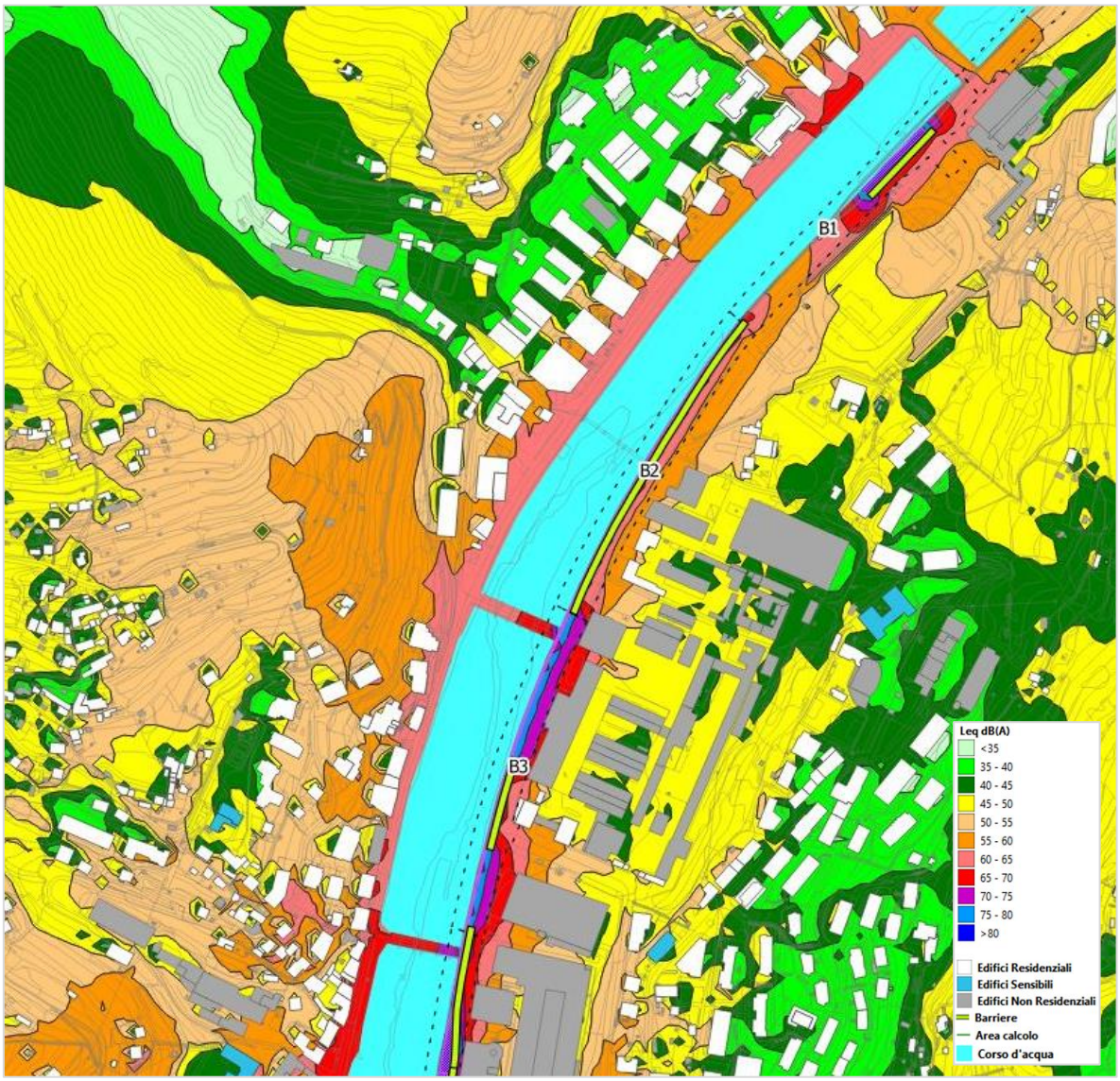


Figura 91. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B2 e B3)

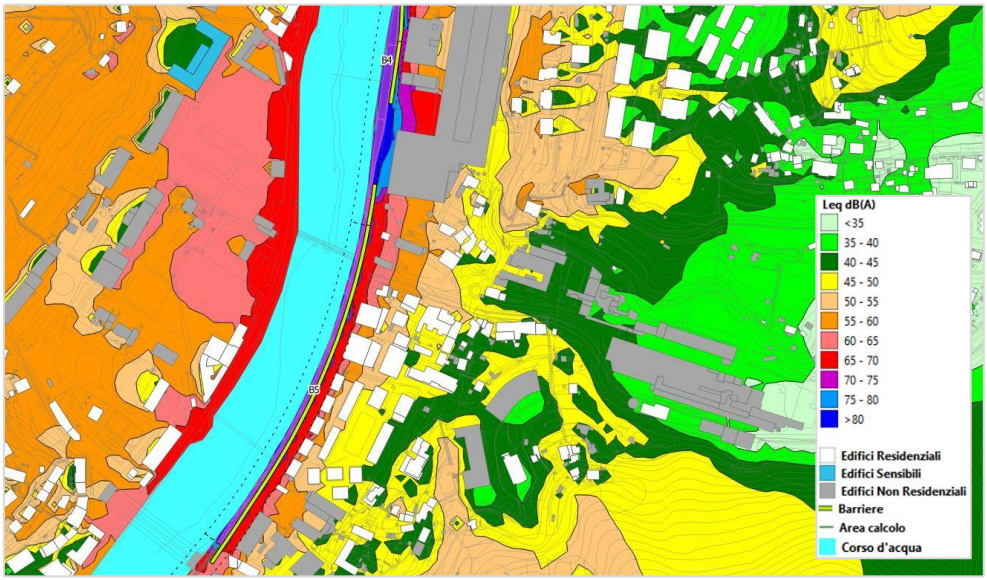


Figura 92. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5)

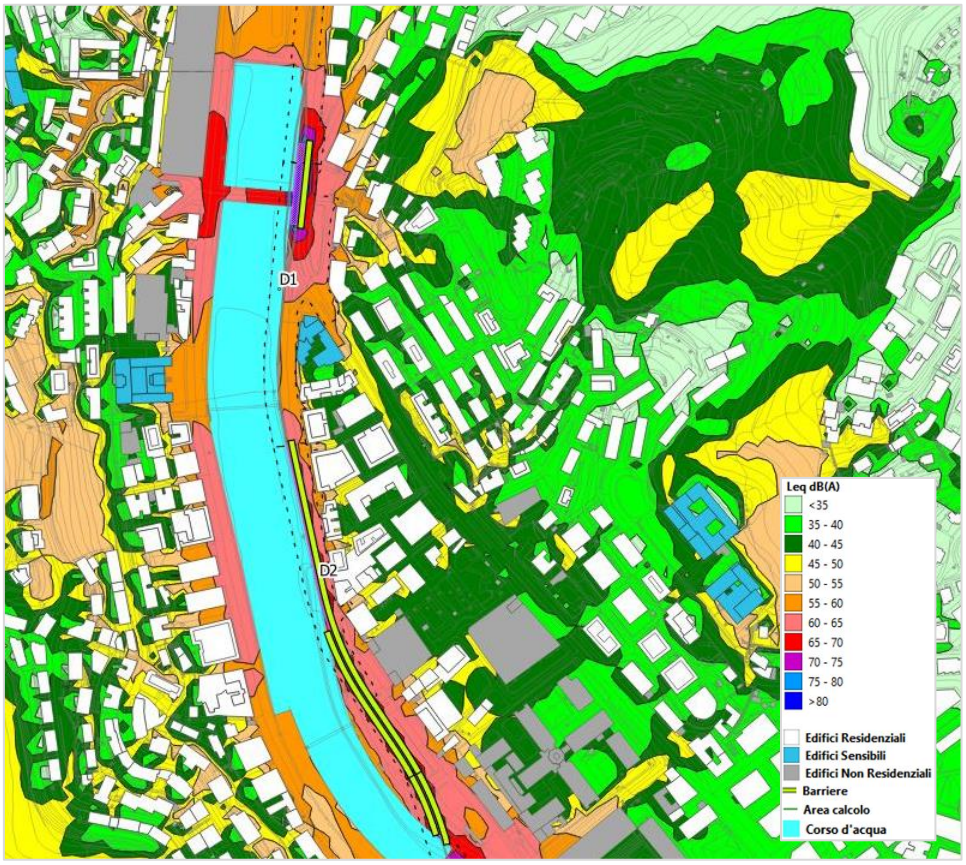


Figura 93. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D1 e D2)

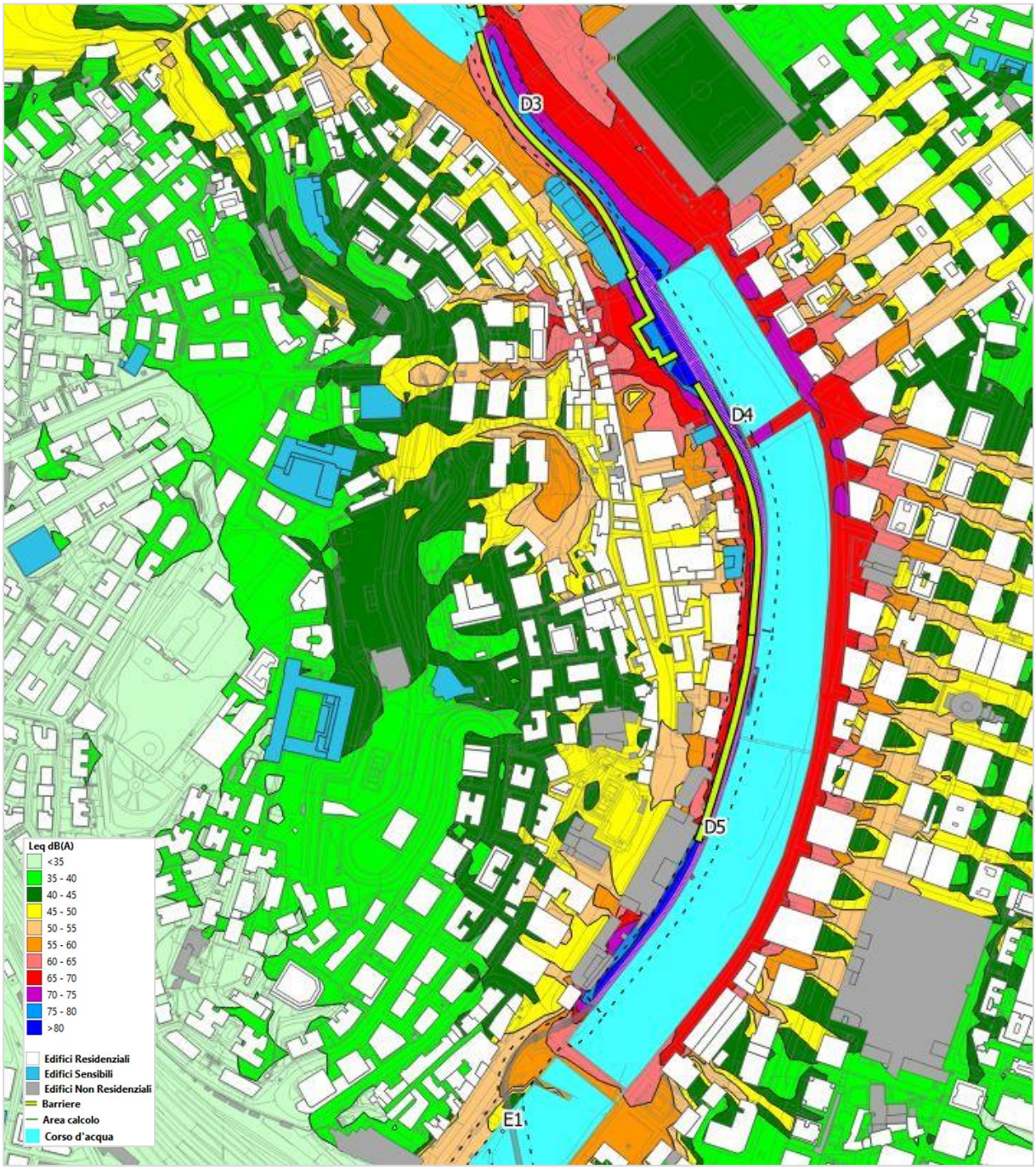


Figura 94. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D3, D4 e D5)

Per lo scenario 5 sono state previsti barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 m descritte nel sinottico e dagli stralci in basso:

Tabella 15. Sinottico barriere scenario 5

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-B1-001	Lungo fronte avanzamento B1	Mobile (segue FAL)	172	100	3
BA-B2-001	Lungo fronte avanzamento B2	Mobile (segue FAL	312	100	3
BA-B3-001	Lungo fronte avanzamento B3	Mobile (segue FAL	82	82	3
BA-B4-001	Lungo fronte avanzamento B4	Mobile (segue FAL	40	40	3
BA-B4-002	Lungo fronte avanzamento B4	Mobile (segue FAL	63	63	3
BA-B4-003	Lungo fronte avanzamento B4	Mobile (segue FAL	134	100	3
BA-B5-001	Lungo fronte avanzamento B5	Mobile (segue FAL	380	100	3
BA-D1-001	Lungo fronte avanzamento D1	Mobile (segue FAL	229	100	3
BA-D2-001	Lungo fronte avanzamento D2	Mobile (segue FAL	339	100	3
BA-D2-002	Lungo fronte avanzamento D2	Mobile (segue FAL	161	100	3
BA-D3-001	Lungo fronte avanzamento D3	Mobile (segue FAL	273	100	3
BA-D3-002	Lungo fronte avanzamento D3	Mobile (segue FAL	63	63	3
BA-D3-003	Lungo fronte avanzamento D3	Mobile (segue FAL	76	76	3
BA-D4-001	Lungo fronte avanzamento D4	Mobile (segue FAL	243	100	3
BA-D4-002	Lungo fronte avanzamento D4	Mobile (segue FAL	122	100	3
BA-D5-001	Lungo fronte avanzamento D5	Mobile (segue FAL	191	100	3

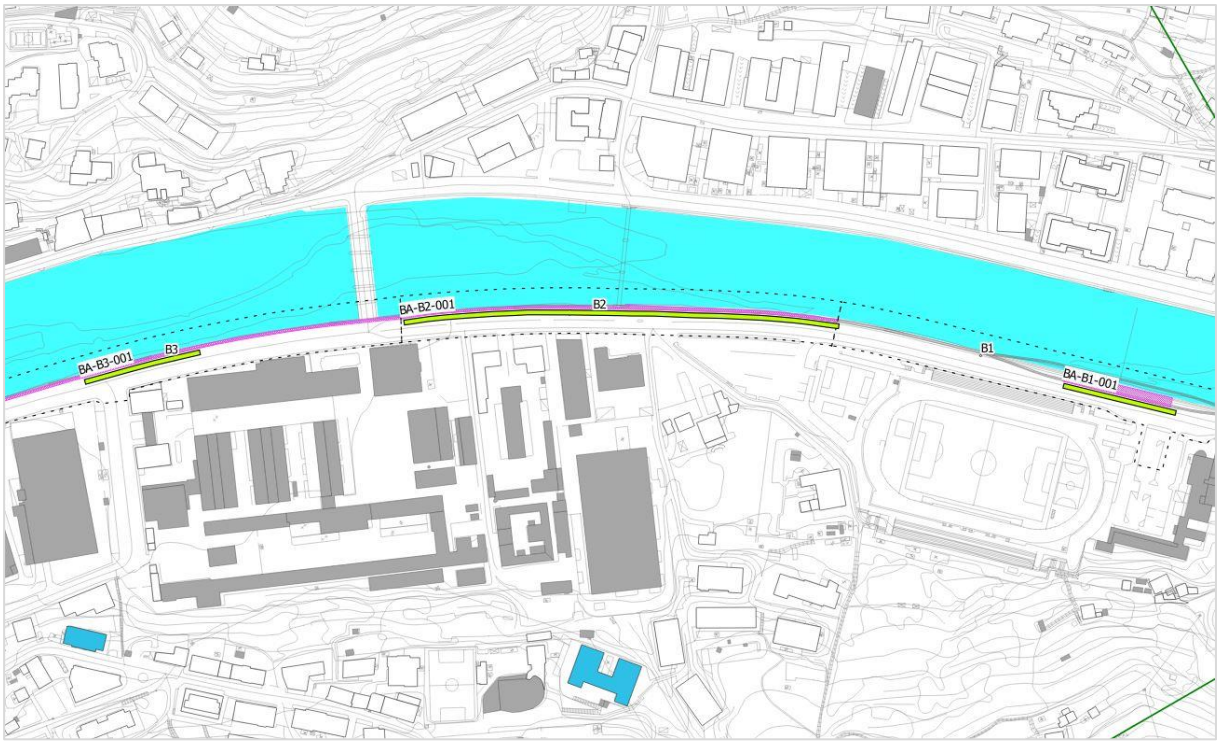


Figura 95. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio B (Aree di cantiere B1, B2 e B3)

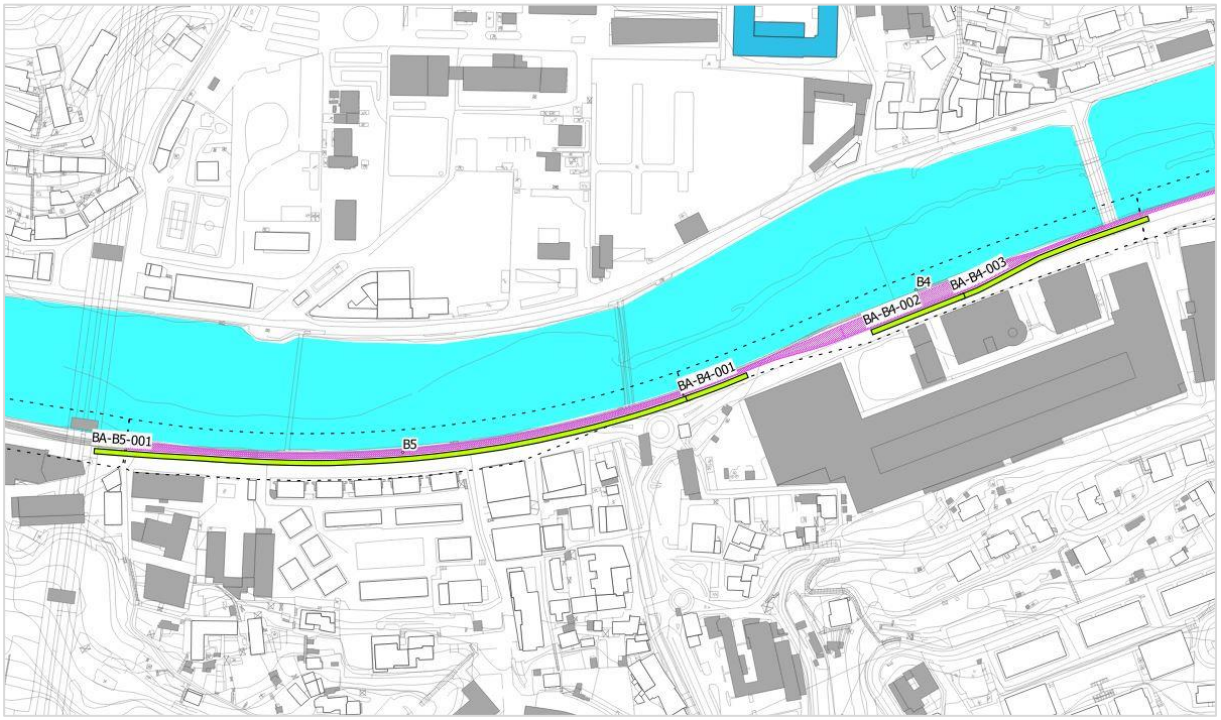


Figura 96. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5)

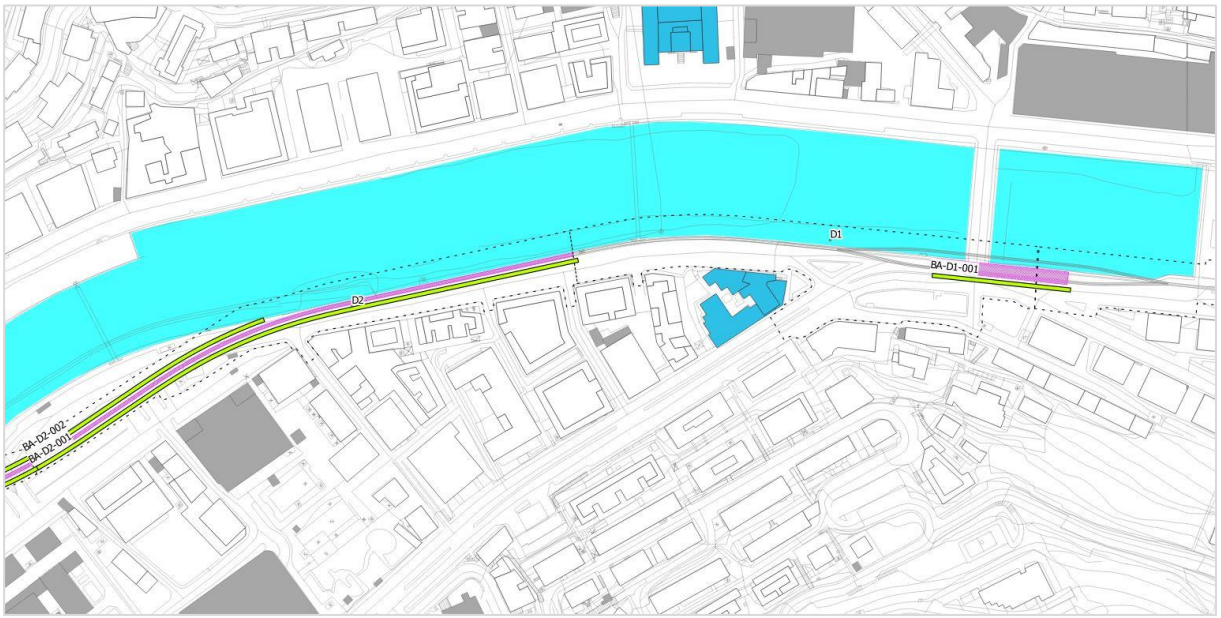


Figura 97. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio C (Aree di cantiere D1 e D2)

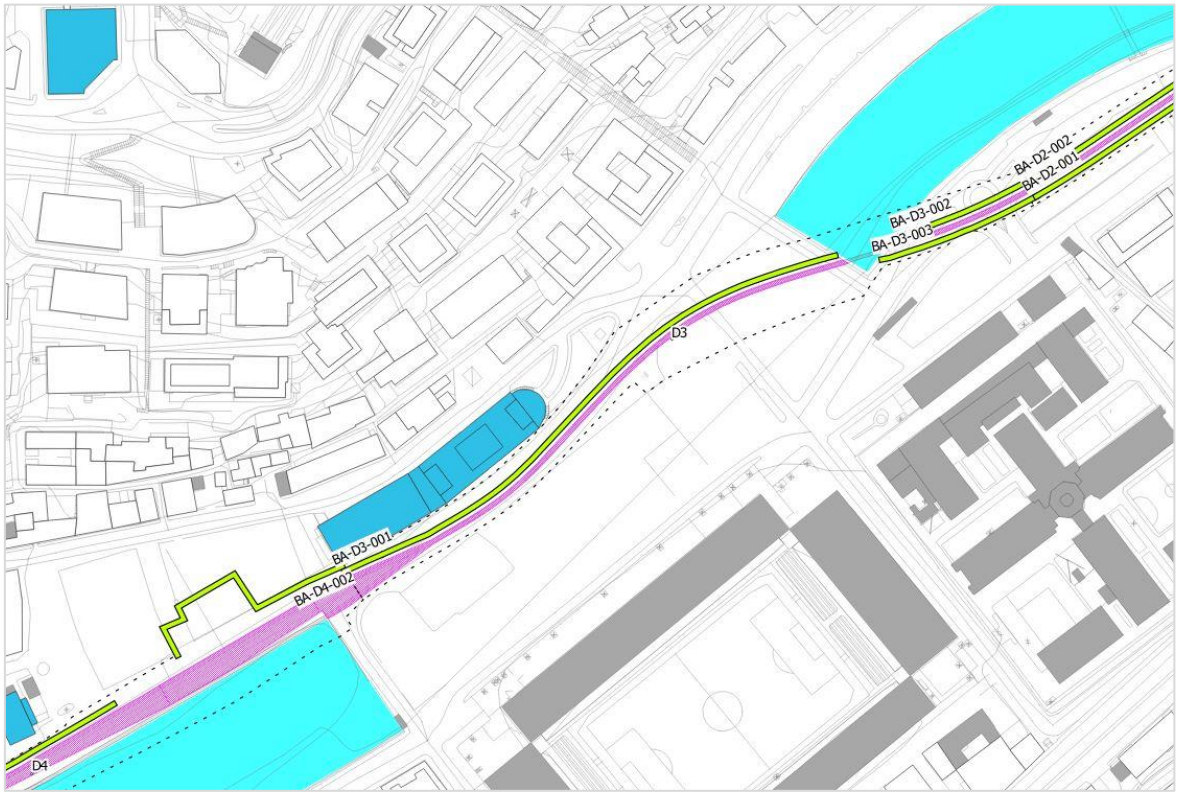


Figura 98. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D2, D3 e D4)

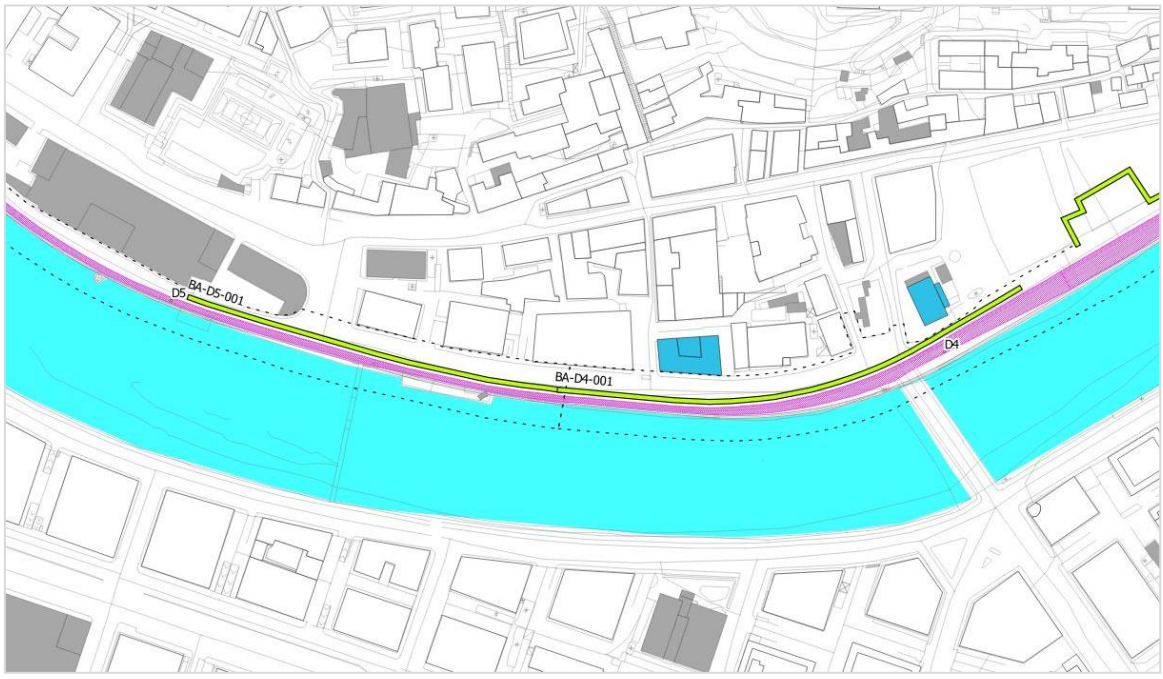


Figura 99. Barriere antirumore - scenario 5 – stralcio A (Aree di cantiere D4 e D5)

6.1.2.7.6 Scenario 6 – 1° Semestre del 2026

Lavorazioni	Aree di cantiere	Periodo
OOCC linea	B4 - B5 - D4 - D5	1° Semestre del 2027
OOCC Stazioni	Stazioni	

Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 6 in assenza di elementi mitigativi:

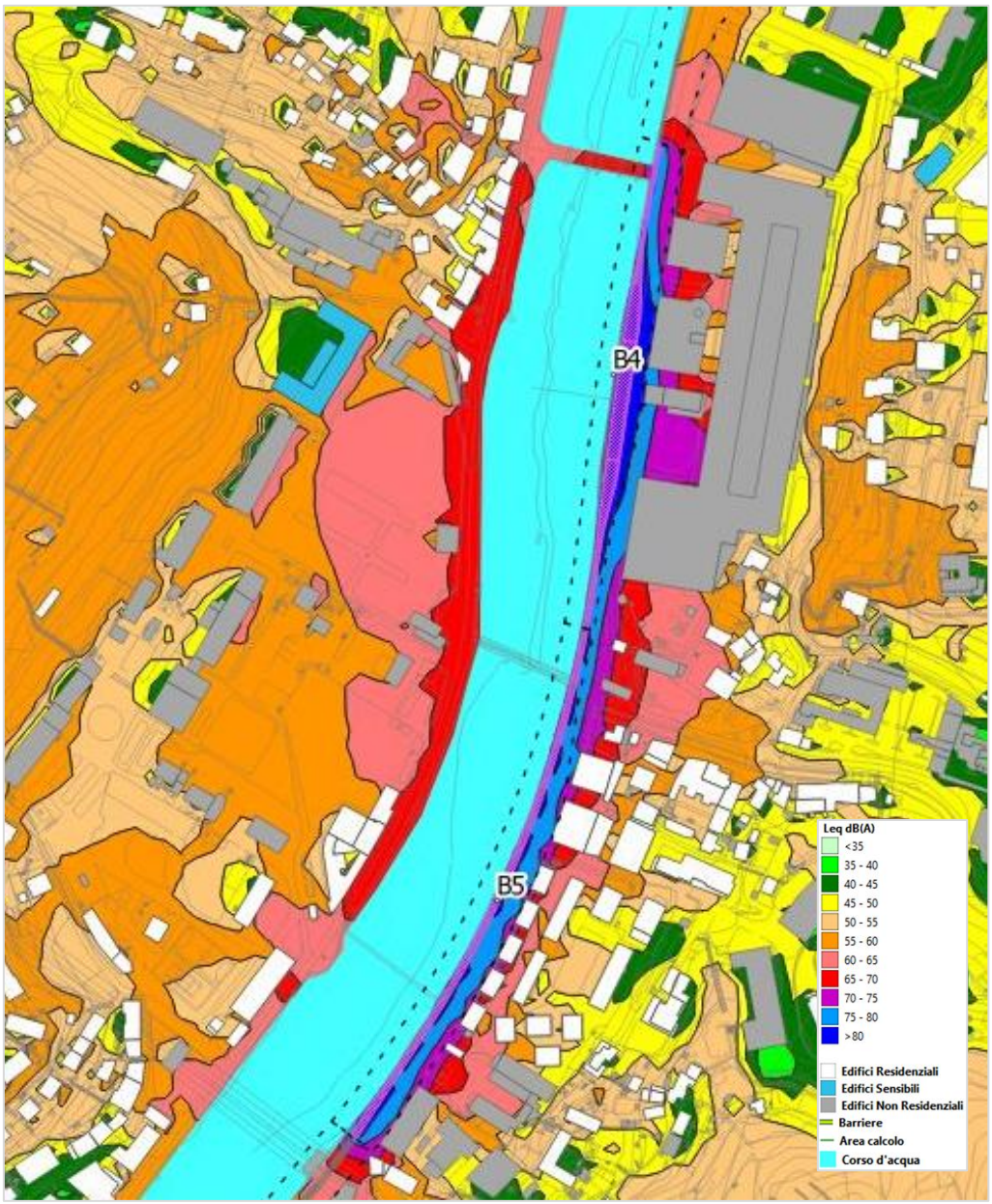


Figura 100. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5)

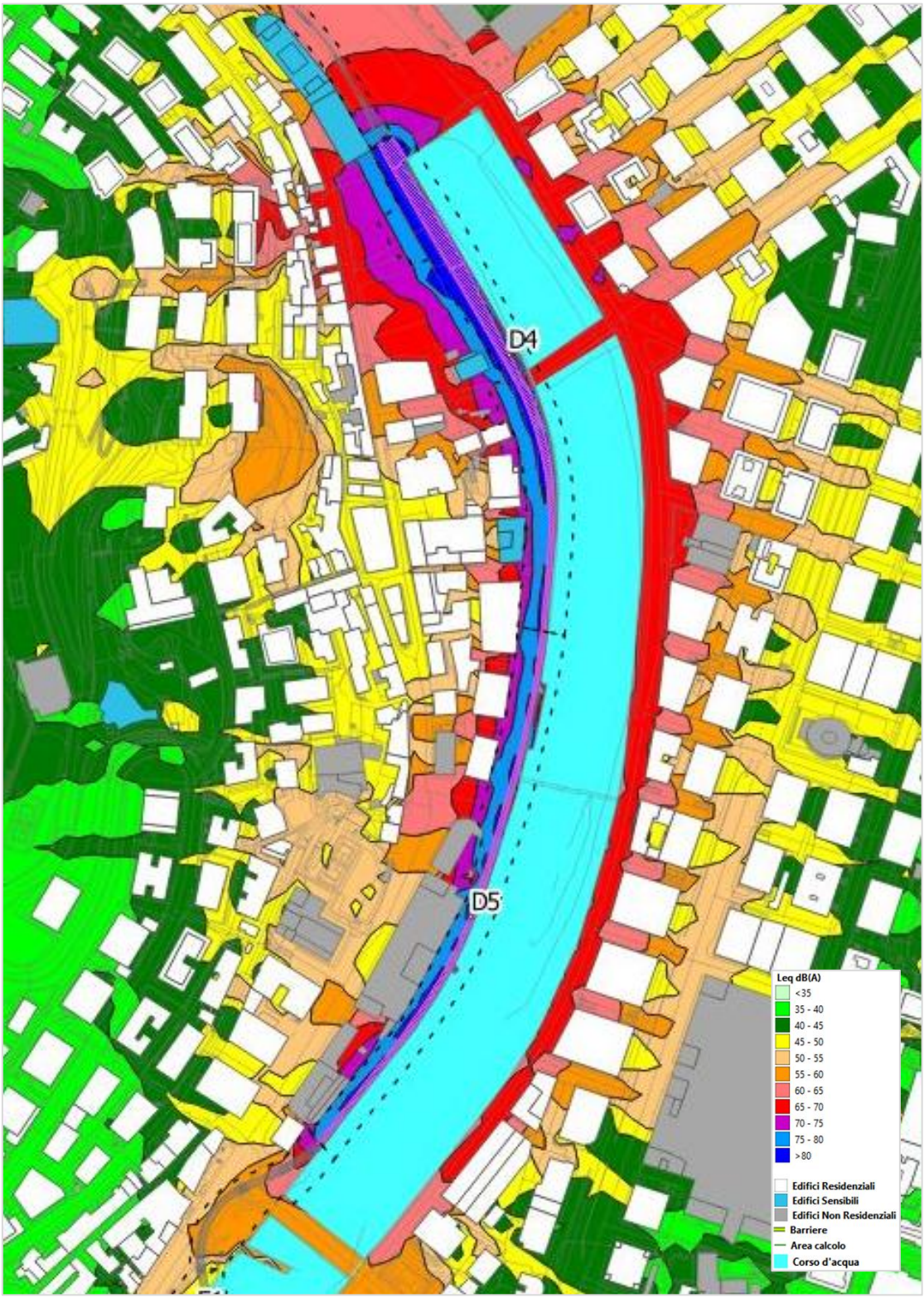


Figura 101. Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi – scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere D4 e D5)

Nel presente scenario sono state simulate le lavorazioni che avranno luogo da cronoprogramma nel 1° semestre del 2027, che comprendono la realizzazione delle opere di civili di linea nelle aree di cantiere B4 - B5 - D4 - D5 e la realizzazione delle stazioni. I risultati ottenuti hanno evidenziato che per le aree di cantiere B1, B2, B3, B4, B5, D1, D2, D3, D4 e D5 (stralcio A, B, C e D) vi è la necessità di utilizzare delle barriere antirumore. Per le aree di cantiere B4, B5, D4 e D5 si riscontrano dei possibili superamenti sulla riva opposta del Bisagno rispetto alle lavorazioni, in questo caso non sono stati previsti elementi mitigativi per la difficoltà della loro messa in opera nelle immediate vicinanze del corso d'acqua. Si riportano di seguito gli stralci delle simulazioni per lo scenario 5 in presenza di elementi mitigativi.

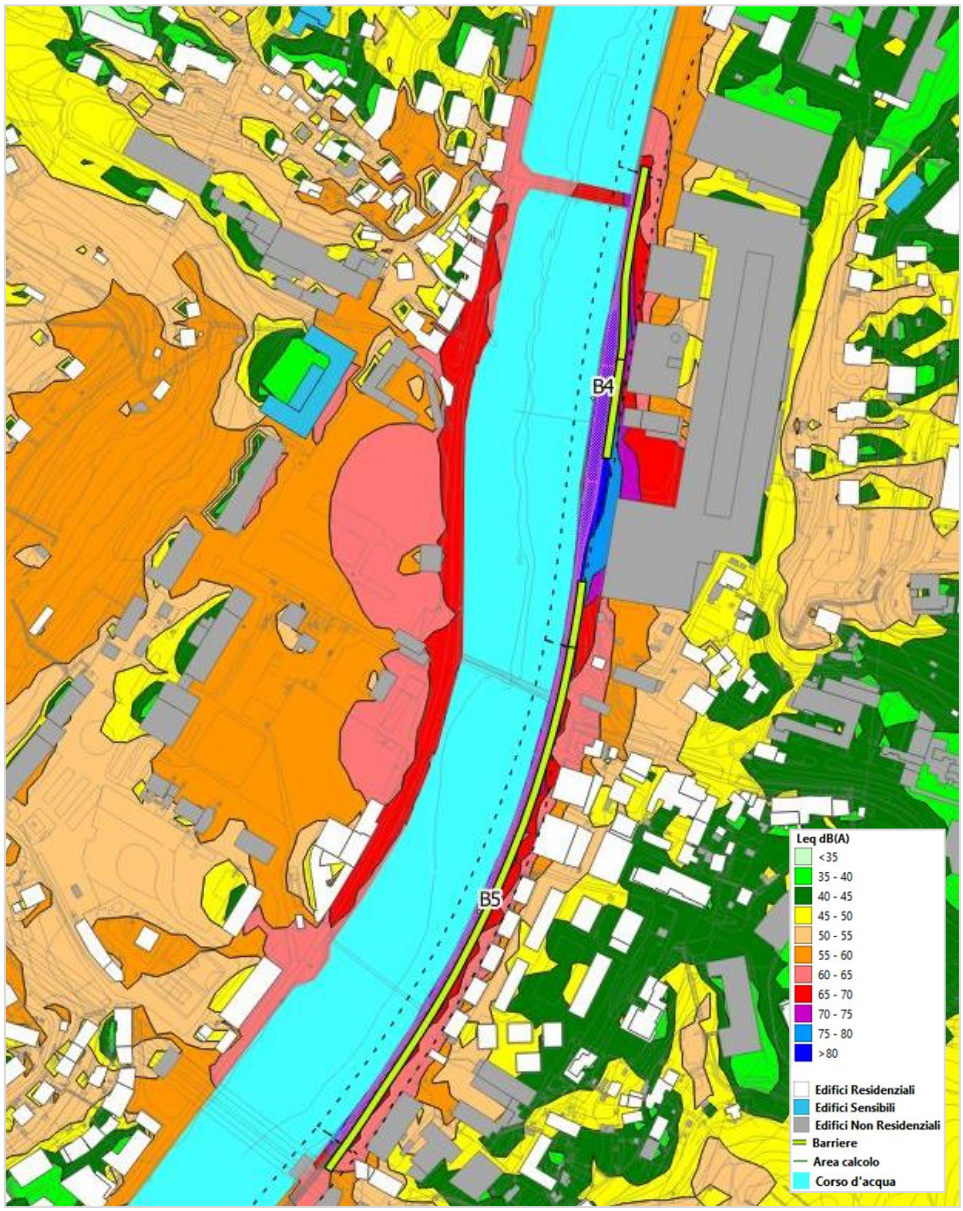


Figura 102. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5)

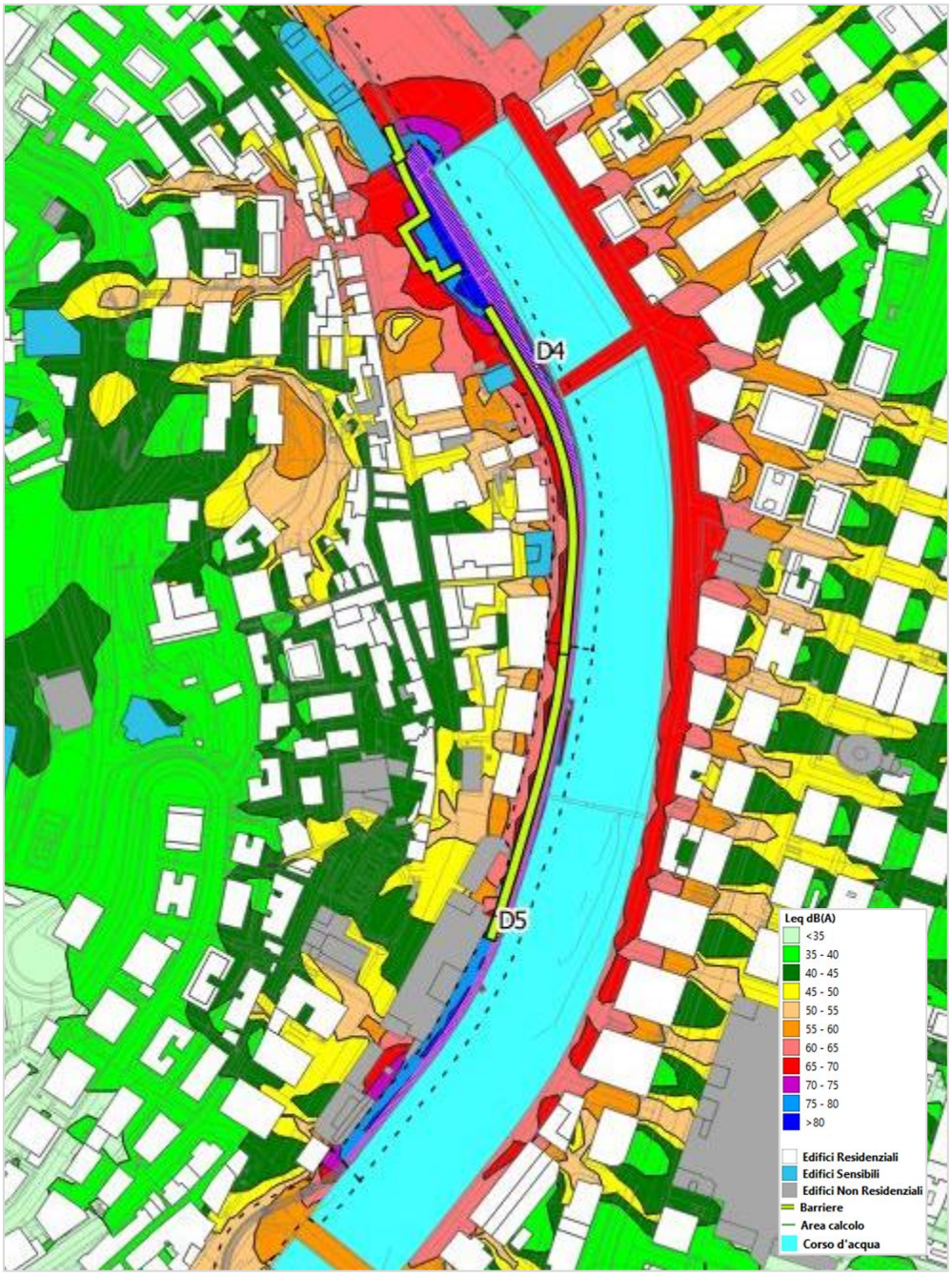


Figura 103. Mappatura acustica, h=4 metri, in presenza di elementi mitigativi - scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere D4 e D5)

Per lo scenario 5 sono state previsti barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 m descritte nel sinottico e dagli stralci in basso:

Tabella 16. Sinottico barriere scenario 6

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-B4-001	Lungo fronte avanzamento B4	Mobile (segue FAL)	40	40	3

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente [m]	Altezza [m]
BA-B4-002	Lungo fronte avanzamento B4	Mobile (segue FAL)	63	63	3
BA-B4-003	Lungo fronte avanzamento B4	Mobile (segue FAL)	134	100	3
BA-B5-001	Lungo fronte avanzamento B5	Mobile (segue FAL)	380	100	3
BA-D3-001-B	Lungo fronte avanzamento D3	Mobile (segue FAL)	21	21	3
BA-D4-001	Lungo fronte avanzamento D4	Mobile (segue FAL)	243	100	3
BA-D4-002	Lungo fronte avanzamento D4	Mobile (segue FAL)	122	100	3
BA-D5-001	Lungo fronte avanzamento D5	Mobile (segue FAL)	191	100	3

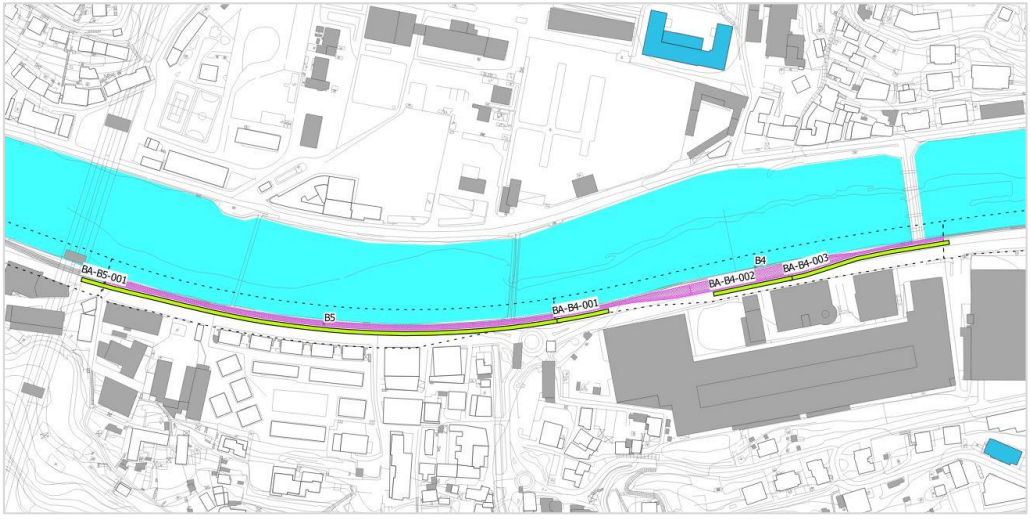


Figura 104. Barriere antirumore - scenario 6 – stralcio A (Aree di cantiere B4 e B5)

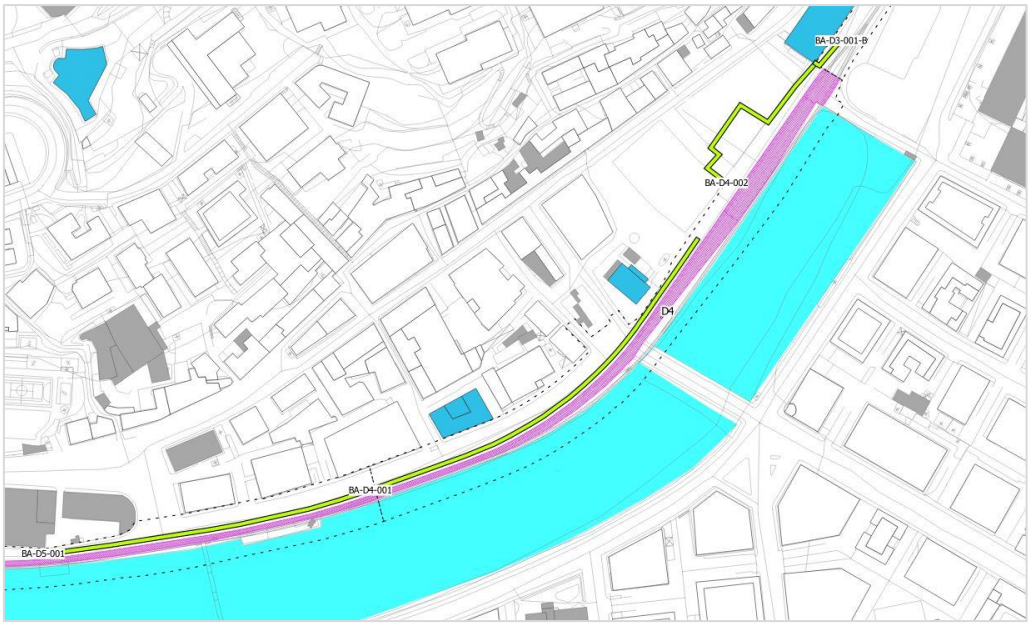


Figura 105. Barriere antirumore - scenario 6 – stralcio B (Aree di cantiere D3, D4 e D5)

6.1.2.8 Conclusioni

Per valutare il rumore prodotto nel corso della realizzazione degli interventi è indispensabile individuare le tipologie di lavorazioni svolte, i macchinari impiegati, le loro modalità di utilizzo e l'entità dei livelli sonori da essi prodotti.

L'analisi dell'impatto acustico delle attività di cantiere è in generale complessa. La molteplicità delle sorgenti, degli ambienti e delle posizioni di lavoro, unitamente alla variabilità delle macchine impiegate e delle lavorazioni effettuate dagli addetti, nonché alla variabilità dei tempi delle diverse operazioni, rendono infatti molto difficoltosa la determinazione dei livelli di pressione sonora. Le attività in corso nel cantiere cambiano inoltre con l'avanzamento dello stato dei lavori, e di conseguenza, variano continuamente il tipo ed il numero dei macchinari impiegati in contemporanea e, di solito, in maniera non standardizzabile.

Nel caso in oggetto, l'analisi svolta ha riguardato la definizione e la valutazione preliminare dei potenziali effetti acustici indotti dalle attività nelle aree di cantiere e dalle lavorazioni previste per la realizzazione delle opere in progetto.

Nello specifico, a seguito dell'analisi del contesto descritta nei paragrafi precedenti, che ha preso in considerazione la localizzazione delle aree di cantiere in relazione alla presenza e densità di ricettori abitativi/sensibili, nonché la classificazione del Piano di Zonizzazione Acustica, sono stati identificati i diversi scenari potenzialmente significativi.

Nello specifico, i criteri assunti alla base della definizione dello scenario di riferimento sono i seguenti:

- Tipologia delle attività e delle lavorazioni previste;
- Durata e contemporaneità delle lavorazioni;
- Prossimità a tessuti o ricettori residenziali e/o sensibili;
- Classe acustica nella quale ricadono le aree di cantiere e le zone ad esse contermini.

Sulla base di tali criteri sono stati identificati i seguenti scenari di riferimento ritenuti maggiormente significativi relativamente alle potenziali emissioni acustiche e contemporaneità delle lavorazioni:

- **Scenario 1 – 2° Semestre 2024 –** OOCC sottostrutture viadotto + OOCC stazioni;
- **Scenario 2 – 1° Semestre 2025 -** OOCC sottostrutture viadotto + OOCC linea + OOCC stazioni;
- **Scenario 3 – 2° Semestre 2025 -** OOCC sottostrutture viadotto + OOCC linea + OOCC stazioni;
- **Scenario 4 – 1° Semestre 2026 -** OOCC sottostrutture viadotto + OOCC linea + OOCC stazioni;
- **Scenario 5 – 2° Semestre 2026 -** OOCC sottostrutture viadotto + OOCC linea + OOCC stazioni;
- **Scenario 6 – 1° Semestre 2027 -** OOCC linea + OOCC stazioni;

Tutti gli scenari individuati sono stati oggetto di modellazione acustica previsionale mediante il software specializzato SoundPlan, operando in maniera quanto più realistica possibile nella ricostruzione dei diversi scenari, con ipotesi adeguatamente cautelative. Nella costruzione degli scenari da simulare sono state in particolare accolte le seguenti assunzioni:

- Scelta delle lavorazioni più onerose dal punto di vista delle emissioni acustiche. Nell'ambito delle diverse attività e lavorazioni previste per le opere in progetto, sono state appositamente

individuate quelle che, in ragione della potenza sonora dei macchinari utilizzati, risultavano maggiormente critiche.

- Contemporaneità delle lavorazioni. Lo studio modellistico condotto ha considerato la simultaneità delle lavorazioni lungo linea.
- Scelta del numero e delle caratteristiche dei mezzi d'opera impiegati. Non essendo possibile nella presente fase progettuale avere una chiara definizione del numero e delle caratteristiche tecniche dei mezzi d'opera che saranno impiegati, si è proceduto con ipotesi adeguatamente cautelative.
- Ore di impiego. Anche la scelta delle ore di lavorazione effettiva è stata improntata al conseguimento di condizioni cautelative verso i ricettori esposti.
- Localizzazione delle sorgenti emissive. Per le opere aventi una prevalente estensione lineare sono state considerate sorgenti lineari.

Dal punto di vista quantitativo, sulla base dei risultati delle simulazioni effettuate, vista la natura delle opere previste dal progetto, la possibile tipologia di macchinari impiegabili e l'entità delle opere da realizzare, si ritiene che durante le attività di costruzione possano essere rilevati livelli di rumorosità superiore ai limiti normativi in corrispondenza degli edifici più prossimi alle aree di cantiere e, in particolare, di quelli a destinazione residenziale. Tale effetto, laddove possibile, potrà essere contrastato mediante il ricorso a specifiche misure di mitigazione (barriere antirumore), le cui specifiche sono indicate nel documento.

Nella presente valutazione sono inoltre mostrati i risultati delle simulazioni in presenza degli elementi schermanti; come è possibile evincere dai risultati presentati, le barriere antirumore determinano una significativa diminuzione dei livelli acustici presso i ricettori esposti.

In alcuni casi, sia a causa delle caratteristiche delle sorgenti, che presentano livelli di rumorosità intrinsecamente elevati, sia in virtù della vicinanza dei ricettori al cantiere e delle specifiche della classificazione acustica, non è possibile rientrare all'interno dei limiti definiti dalla normativa di riferimento.

Per tutte le situazioni in cui è stata mostrata la difficoltà tecnica di raggiungimento dei pertinenti limiti previsti, viste le specifiche dell'intervento in oggetto che si configura come di pubblica utilità, sarà necessario ricorrere allo strumento di derogabilità alle emissioni rumorose.

Rimandando alle fasi successive di definizione progettuale l'affinamento del modello per la redazione delle richieste di deroga ai Comuni, si specifica che, oltre all'adozione delle schermature acustiche che consentono una riduzione delle emissioni per mezzo di argomentazioni di natura esclusivamente geometrica, saranno applicati ulteriori accorgimenti di natura logistica/organizzativa al fine di minimizzare le alterazioni del clima acustico dell'area durante le lavorazioni, come specificato nel paragrafo dedicato.

A questo riguardo si evidenzia che nell'ambito del progetto di monitoraggio ambientale, sono stati appositamente previsti dei punti di controllo per appurare il verificarsi dei superamenti previsti in questa fase preliminare della progettazione, così da poter prontamente intervenire con eventuali misure/interventi mitigativi.

6.1.3 Misure di prevenzione e mitigazione

6.1.3.1 Barriere antirumore in corrispondenza dei ricettori prossimi alle aree di cantiere

Sulla base delle considerazioni effettuate nei paragrafi precedenti, per contrastare il superamento dei limiti normativi e ricondurre i livelli di pressione sonora entro i valori soglia previsti dai vigenti strumenti di zonizzazione acustica comunale, in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti al rumore si prevede che vengano installate:

- barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 m.

Le barriere antirumore, che saranno montata su apposito basamento in cls e realizzate con pannelli monolitici in cemento, potranno svolgere anche un'azione di mitigazione diretta nei confronti delle emissioni di polveri.

Sulla base dei risultati delle simulazioni acustiche effettuate lungo il perimetro delle aree di cantiere e lavoro prospicienti i ricettori più prossimi, si ipotizza nella presente fase progettuale l'installazione delle seguenti tipologie di barriere:

- Barriere FAL, le barriere FAL vengono quantificate in base a due elementi, la lunghezza del FAL, e la quantità di Barriere che verranno utilizzate in contemporanea per ogni scenario, e che equivale alla situazione più critica, ovvero se per uno scenario sono presenti più fronti di lavoro, si ipotizza che le lavorazioni avvengono in contemporanea, infine per quantificare le barriere per ogni FAL sono state fatte le seguenti assunzioni. Se la lunghezza del FAL è inferiore a 100 m la lunghezza impiegata in contemporanea sarà la lunghezza del FAL stesso, se il FAL è maggiore di 100 m la lunghezza impiegata in contemporanea sarà 100 m. Tali assunzioni sono le stesse fatte per la quantificazione eseguita nel computo metrico. A valle delle precedenti considerazioni si ipotizzano le seguenti barriere FAL:
  - 2824 m di Barriere impiegate in contemporanea per i rispettivi scenari. Questa quantità sarà utilizzata per quantificare le barriere e quindi i materiali da "noleggiare" per ogni scenario, considerando che le barriere FAL saranno smontate e rimontate seguendo l'avanzamento del fronte lavori.

Nella figura sottostante si riporta lo schema tipologico delle barriere antirumore di altezza pari a 3 m.

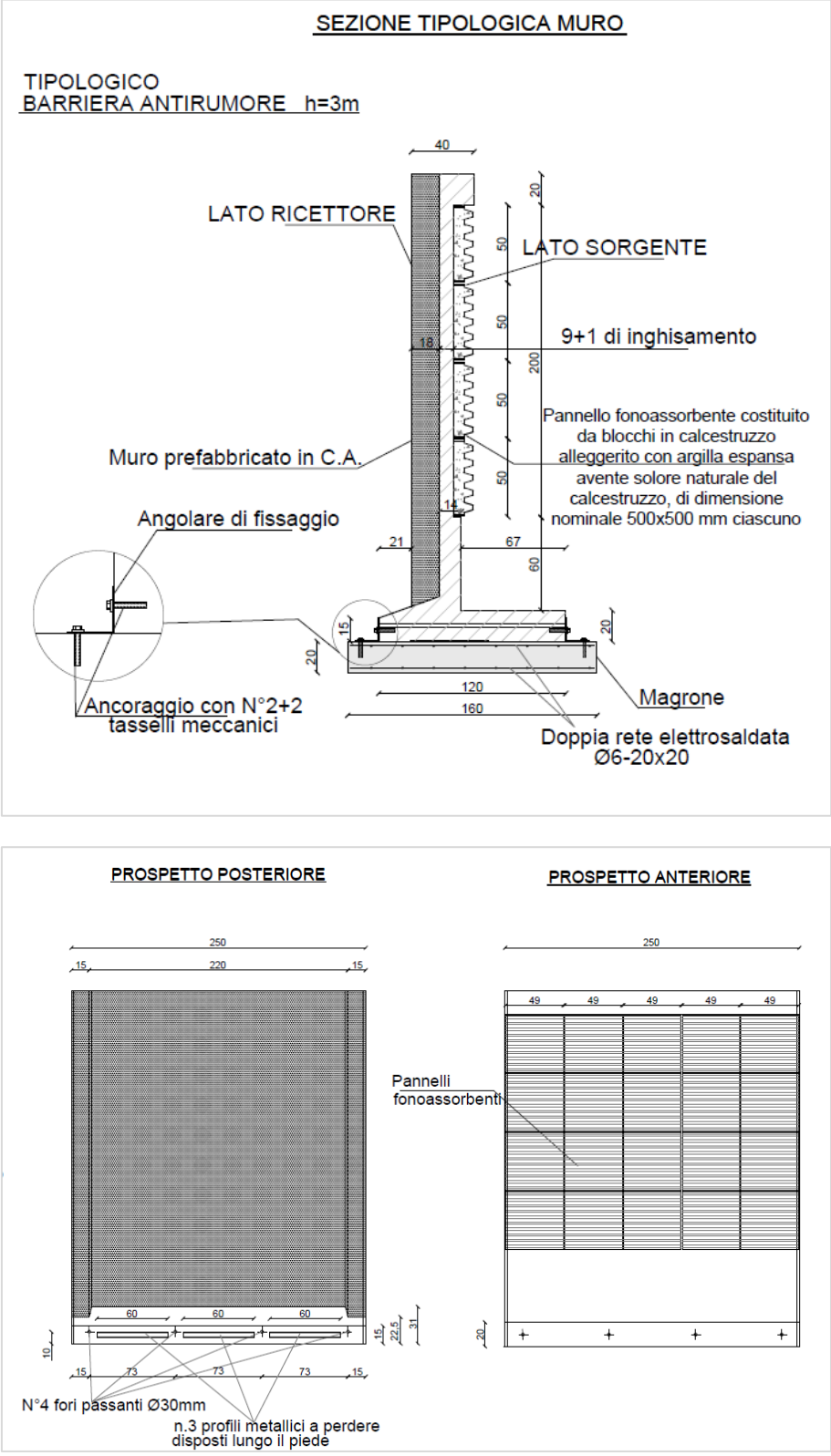


Figura 106. Barriere antirumore

Tabella 17. Identificazione barriere antirumore mobili di altezza pari a 3m

ID	Ubicazione	Tipo	Lunghezza FAL [m]	Lunghezza impegnata contemporaneamente
BA-A4-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	173	100
BA-A5-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	176	100
BA-A5-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	220	100
BA-B1-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	172	100
BA-B1-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	80	80
BA-B1-003	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	61	61
BA-B2-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	312	100
BA-B3-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	82	82
BA-B4-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	40	40
BA-B4-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	63	63
BA-B4-003	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	134	100
BA-B5-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	380	100
BA-C1-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	268	100
BA-C2-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	303	100
BA-C3-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	75	75
BA-C3-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	238	100
BA-C4-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	284	100
BA-C5-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	353	100
BA-C5-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	213	100
BA-D1-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	229	100
BA-D1-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	57	57
BA-D2-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	339	100
BA-D2-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	161	100
BA-D3-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	273	100
BA-D3-001-B	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	21	21
BA-D3-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	63	63
BA-D3-003	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	76	76
BA-D4-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	243	100
BA-D4-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	122	100
BA-D5-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	191	100
BA-E1-001	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	49	49
BA-E1-002	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	23	23
BA-E1-003	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	34	34
BA-E1-004	Lungo fronte avanzamento A4	Mobile (segue FAL)	215	100
TOTALI			**5723 m**	**2824 m**

6.1.3.2 Procedure operative

Oltre agli interventi di mitigazione diretti di cui sopra, durante la fasi di realizzazione delle opere verranno applicate generiche procedure di natura logistica/organizzativa per il contenimento

dell'impatto acustico generato dalle attività di cantiere. In particolare verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Per quanto riguarda l'organizzazione del lavoro si seguiranno in genere le seguenti indicazioni generali:

- Entro le rispettive aree tecniche, l'Impresa avrà cura di localizzare gli impianti fissi più rumorosi (betonaggio, officine meccaniche, elettrocompressori, ecc.) alla massima distanza dai ricettori;
- Gli impianti che hanno un'emissione direzionale saranno orientati in direzione opposta rispetto ai ricettori, in modo da ottenere, lungo l'ipotetica linea congiungente la sorgente con il ricettore stesso, il livello minimo di pressione sonora.

Saranno inoltre adottati i seguenti accorgimenti:

- **Mascheramento della rumorosità**: le attività a maggiore impatto acustico saranno concentrate in intervalli temporali diurni caratterizzati da condizioni di maggiore rumorosità di fondo (presumibilmente nei due archi temporali 10-12 e 15-18), affinché il contributo del cantiere possa essere mascherato quanto più possibile dal residuo preesistente;
- **Informazione alla popolazione**: sarà data preventiva informazione alla popolazione esposta in termini di durata delle attività, al fine di circostanziare la cognizione del disturbo a intervalli noti;
- **Limitazione del periodo di accensione dei mezzi**: tutti i dispositivi di cantiere saranno accesi per la durata strettamente necessaria allo svolgersi delle attività. Saranno inoltre implementati mezzi dotati di meccanismo che spenga il motore in caso di inattività, limitando pertanto la finestra di emissioni di rumore ai periodi di effettivo utilizzo.
- **Utilizzo di mezzi conformi alla normativa in materia**: saranno utilizzati macchinari e attrezzature idonei a funzionare all'aperto (secondo D.P.R. 24 luglio 1996, n. 459) provvisti di marcatura CE relativamente alle emissioni acustiche. In particolare, tali dispositivi risponderanno alle prescrizioni della Direttiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 08 maggio 2000 "Ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto" (G.U.C.E. L 162 del 3 luglio 2000)", nonché delle successive modifiche ed integrazioni e decreti attuativi della medesima, riassunti di seguito:

  - Commissione Europea/D.G. Ambiente/Gruppo di Lavoro 7 "*Linee guida per l'applicazione della direttiva 2000/14/CE*" (anno 2001);
  - D. Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 "*Attuazione della Direttiva 2000/14/CE*" (Suppl. Ord. Alla G.U.R.I. n. 273 del 21 novembre 2002);
  - Commissione Europea/D.G. Ambiente "*EC Declaration of Conformity for 2000/14 – Advice for the manufacturer of equipment covered by European Directive 2000/14/EC*" (2003)
  - Direttiva 2005/88/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 14 dicembre 2005 "*che modifica la direttiva 2000/14/CE sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati*

membri concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto" (G.U.C.E. L 344 del 27 dicembre 2005);

- D.M.A. 24 luglio 2006 "*Modifiche dell'allegato I - Parte b, del decreto legislativo 4 settembre 2002, n. 262, relativo all'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate al funzionamento all'esterno.*" (G.U. n. 182 del 7 agosto 2006)"
- D.M.T. 4 aprile 2008: "*Rettifica del decreto 14 dicembre 2007 di recepimento della direttiva 2007/34/CE della Commissione del 14 giugno 2007, che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, la direttiva 70/157/CEE del Consiglio relativa al livello sonoro ammissibile e al dispositivo di scappamento dei veicoli a motore"*. (G.U. n. 135 del 11 giugno 2008).
- D.Lgs. 17 febbraio 2017, n. 41 - Disposizioni per l'armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico con la direttiva 2000/14/CE e con il regolamento (CE) n. 765/2008, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere i), l) e m) della legge 30 ottobre 2014, n. 161. (17G00054)

- Utilizzo di mezzi ad elevata efficienza e buon contenimento delle emissioni acustiche: saranno utilizzati dispositivi in grado di garantire prestazioni elevate, riducendo la durata delle lavorazioni e pertanto l'inquinamento acustico connesso alle stesse. Si prediligerà l'impiego di attrezzature e tecniche in grado di minimizzare l'impatto acustico; ad esempio:

  - sarà valutato l'impiego di tecniche di convogliamento e di stoccaggio di materiali terrosi diverse dalle macchine di movimento terra, quali nastri trasportatori e tramogge;
  - Sarà privilegiato l'utilizzo di macchine movimento terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate;
  - Gli scarichi saranno dotati di silenziatori;
  - Gli impianti fissi, quali gruppi elettrogeni e compressori, saranno provvisti di dotazioni fonoisolanti.

- Corretta manutenzione delle attrezzature e delle aree di cantiere: le attività di manutenzione consentiranno di evitare emissioni rumorose legate allo stato di usura e danneggiamento delle componenti. Saranno ad esempio previste le seguenti operazioni manutentive:

  - eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;
  - sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
  - controllo e serraggio delle giunzioni;
  - bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;
  - verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
  - svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

- Imposizione di direttive agli operatori al fine di evitare comportamenti inutilmente rumorosi: gli operatori saranno formati in relazione all'esigenza di adottare buone pratiche e comportamenti corretti per quanto riguarda il controllo delle emissioni rumorose. Ad esempio saranno fornite istruzioni in merito al corretto utilizzo dei segnalatori acustici, sarà specificato

che si dovrà evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati, ecc.

6.1.3.3 Deroga

In fase di costruzione, dopo avere messo in atto tutti i provvedimenti possibili, costituiti dalle barriere e dagli altri accorgimenti riportati nel paragrafo dedicato, qualora non risultasse possibile ridurre il livello di rumore al di sotto della soglia prevista, l'Appaltatore richiederà al Comune una deroga ai valori limite dettati dal D.P.C.M. 14 dicembre 1997 "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*".

Il valore del livello di rumore da definire nella richiesta di deroga dovrà essere stabilito dall'Appaltatore a seguito di ulteriori approfondimenti in fase esecutiva, in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro, del programma lavori e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

6.1 Vibrazioni

La valutazione delle vibrazioni ha lo scopo di stimare gli effetti sull'ambiente circostante delle vibrazioni emesse dai macchinari di cantiere impiegati per la realizzazione dell'opera in progetto.

In dettaglio si procederà analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative che saranno sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici (escavatore, sonda perforatrice, ecc.) ed in mezzi adibiti al trasporto (autocarri, autobetoniera, ecc.). Verrà descritto il metodo adottato per la previsione dei livelli vibrazionali indotti durante realizzazione delle opere e tali livelli saranno confrontati con i limiti della normativa in materia per ciò che riguarda l'effetto delle vibrazioni sulle persone e strutture.

Lo studio vibrazionale per la fase di cantiere è volto, in particolare, all'accertamento del disturbo alle persone, il quale ha limiti più restrittivi rispetto a quelli determinati sulle strutture. Pertanto, qualora si verifichi dall'esame della previsione di propagazione delle vibrazioni la presenza di edifici nelle più zone più critiche, tale elemento non costituisce un fattore per la stima di un possibile danno alle strutture, evidenziando unicamente il superamento di una soglia di disturbo per i residenti dell'edificio stesso. Tale soglia, pur ricavata dalle normative tecniche esistenti in sede nazionale ed internazionale, non risulta fissata da alcun atto legislativo.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali a edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614. Tale considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su

monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Per lo studio dell'impatto vibrazionale si è proceduto con le operazioni seguenti:

- analisi del territorio in cui si colloca l'opera e delle caratteristiche dei ricettori;
- definizione degli scenari critici in termini di impatto vibrazionale;
- valutazione delle vibrazioni previste sui ricettori prossimi.

6.1.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

6.1.1.1 Inquadramento normativo

La caratterizzazione delle emissioni di vibrazioni da parte di veicoli non è soggetta alle stringenti normative e disposizioni legislative che normano invece l'emissione del rumore e sebbene le vibrazioni trasmesse agli edifici non siano state argomento di legiferazione da parte dello Stato italiano è tuttavia universalmente riconosciuta la competenza in materia da parte dell'UNI, ente preposto alla redazione della normativa tecnica in ambito nazionale.

L'UNI ha pubblicato negli anni una completa serie di norme (nazionali e/o recepimenti di norme internazionali) che coprono l'intera problematica delle vibrazioni negli edifici: la valutazione del disturbo alle persone, la valutazione del danno strutturale, l'implementazione della metodologia di misura ecc.

In particolare, le norme di interesse per il presente studio di impatto sono:

- Norma UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- Norma UNI 9614:2017 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo";
- Norma UNI 9916:2004 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici".

Nella UNI 9614:1990 è definito il metodo di misura delle vibrazioni di livello costante immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi. La norma concorda parzialmente con la norma internazionale ISO 2631/2. La UNI 9614:1990 ha subito una revisione nel 2017. La UNI 9614:2017 imposta un approccio profondamente diverso nella modalità di valutazione dei disturbi da vibrazione. Per tale motivo, considerando il nuovo approccio proposto dalla revisione del 2017 la valutazione del modello di propagazione sarà eseguita in riferimento alla UNI 9614:2017.

La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratori per permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

Vi sono, inoltre, norme internazionali di riferimento, fra cui:

- ISO 8041 Human response to vibration – Measuring instrumentation

- ISO 2631-1, Mechanical vibration and shock evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements, 1997;
- ISO 2631-2, Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 2: Continuos and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz), 1989;
- ISO 5347, Metodi per la calibrazione dei rilevatori di vibrazioni;
- ISO 5348, Montaggio meccanico degli accelerometri;
- ISO 1683, Acoustics – Preferred reference quantities for acoustic levels, 1983;
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 1: Principles, predetermination and measurement of the amplitude of oscillations, 1975.
- DIN 4150-2, Vibrations in building. Part 2: Influence on persons in buildings, 1975.
- DIN 4150-3, Vibrations in building. Part 3: Influence on constructions, 1975.

Di seguito si fornisce una breve sintesi dei contenuti essenziali delle norme più rilevanti utilizzate per la valutazione dell'impatto da vibrazioni.

6.3.1.1.1 Norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"

La UNI 9614:1990 "Vibrazioni - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" considera i diversi tipi di sollecitazione vibratoria: livelli costanti, non costanti, impulsivi. La norma definisce metodologia di misura e analisi del segnale al fine di quantificare il disturbo da vibrazioni verso le persone. La vibrazione viene espressa attraverso il concetto di accelerazione:

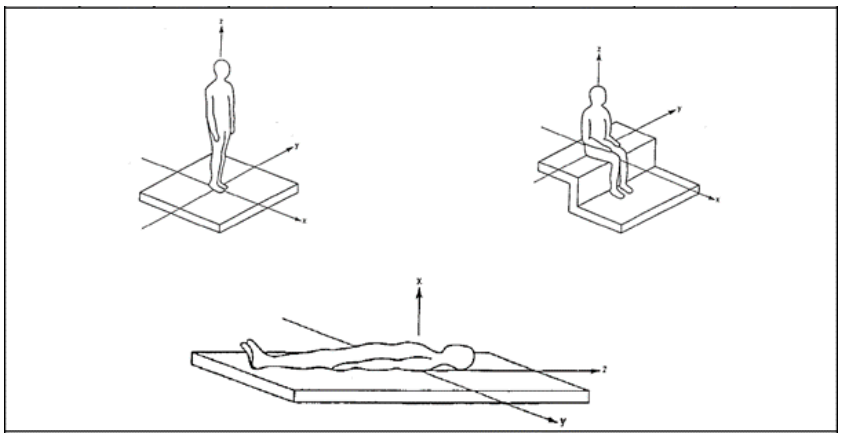
$$a = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T a(t)^2 \, dt}$$

o del suo equivalente livello di accelerazione (espressione in dB dell'accelerazione espressa in m/s2):

$$L_{acc} = 20 \cdot \lg\left[\frac{a}{a_0}\right] \qquad a_0 = 10^{-6} \, m/s^2$$

Nella definizione di accelerazione ponderata a_w prevista dalla norma (che prevede una pesatura in frequenza in funzione della direzione della vibrazione) si fa riferimento al seguente schema.

Frequenza [Hz]			Ponderazione per le Accelerazioni [dB]			Ponderazione per le Velocità [dB]		
centrale	Estremo inferiore	Estremo superiore	Postura Longitudinale (asse z)	Postura Trasversale (asse x-y)	Postura non nota o Variabile	Postura Longitudinale (asse z)	Postura Trasversale (asse x-y)	Postura non nota o Variabile
1.00	0.89	1.12	-6.0	0.0	0.0	-24.0	-6.0	-15.0
1.25	1.12	1.41	-5.0	0.0	0.0	-21.0	-4.0	-13.0
1.60	1.41	1.78	-4.0	0.0	0.0	-18.0	-2.0	-11.0
2.00	1.78	2.24	-3.0	0.0	0.0	-15.0	0.0	-9.0
2.50	2.24	2.82	-2.0	-2.0	-0.5	-12.0	0.0	-7.5
3.15	2.82	3.55	-1.0	-4.0	-1.0	-9.0	0.0	-6.0
4.00	3.55	4.47	0.0	-6.0	-1.5	-6.0	0.0	-4.5
5.00	4.47	5.62	0.0	-8.0	-2.0	-4.0	0.0	-3.0
6.30	5.62	7.08	0.0	-10.0	-2.5	-2.0	0.0	-1.5
8.00	7.08	8.91	0.0	-12.0	-3.0	0.0	0.0	0.0
10.00	8.91	11.22	-2.0	-14.0	-5.0	0.0	0.0	0.0
12.50	11.22	14.13	-4.0	-16.0	-7.0	0.0	0.0	0.0
16.00	14.13	17.78	-6.0	-18.0	-9.0	0.0	0.0	0.0
20.00	17.78	22.39	-8.0	-20.0	-11.0	0.0	0.0	0.0
25.00	22.39	28.18	-10.0	-22.0	-13.0	0.0	0.0	0.0
31.50	28.19	35.48	-12.0	-24.0	-15.0	0.0	0.0	0.0
40.00	35.48	44.67	-14.0	-26.0	-17.0	0.0	0.0	0.0
50.00	44.67	56.23	-16.0	-28.0	-19.0	0.0	0.0	0.0
63.00	56.24	70.79	-18.0	-30.0	-21.0	0.0	0.0	0.0
80.00	70.80	89.12	-20.0	-32.0	-23.0	0.0	0.0	0.0



I valori limite sono differenziati per tipologia insediativa, per tipo di segnale (durata, caratteristiche) e per asse di sollecitazione. Per valori di sollecitazione vibratoria costante e non costante (dove per quest'ultima viene richiesta un'integrazione dei valori misurati), i valori limite sono riportati nella seguente tabella.

Classe	Destinazione d'uso del territorio	Livello L_{eff} [dB] (°)			Accelerazione A_{eff} [mm/s²]			Velocità V_{eff} [μm/s]		
		L (z)	T (x-y)	V (x-y-z)	L (z)	T (x-y)	V (x-y-z)	L (z)	T (x-y)	V (x-y-z)
I	Aree critiche (1)	74	71	71	5,0	3,6	3,6	100	280	100
II	Abitazioni (notte)	77	74	74	7,0	5,0	5,0	140	400	140
III	Abitazioni (giorno)	80	77	77	10,0	7,2	7,2	200	560	200
IV	Uffici	86	83	83	20,0	14,4	14,4	400	1.100	400
V	Fabbriche	92	89	89	40,0	28,8	28,8	800	2.200	800

L componente longitudinale (riferita alla spina dorsale dell'uomo) .....(Asse z)
T componente trasversale (riferita alla spina dorale dell'uomo) .....(Assi x-y)
V nel caso di postura variabile o non nota .....(Assi x-y-z)
(°) 0 dB ≅ 1 μm/s² (10^{-6} m/s²)

(1) Per aree critiche si intendono edifici particolarmente sensibili alle vibrazioni, quali ad es. laboratori metrologici, fabbricati industriali contenenti apparecchiature sensibili alle vibrazioni (microscopi elettronici…).

La UNI 9614 definisce tre tipologie di segnali vibratori:

- Vibrazioni di livello costante;
- Vibrazioni di livello non costante;
- Vibrazioni impulsive.

Il segnale vibratorio prodotto dalle vibrazioni stradali può essere considerato come una vibrazione di livello non costante, e dunque per tale tipologia di segnale la valutazione deve avvenire su un "intervallo di tempo rappresentativo" dell'evento (app. A.2 norma UNI 9614).

Su tale intervallo è possibile effettuare due tipi di valutazioni: nel caso in cui si scelga un approccio maggiormente cautelativo si può operare sul massimo valore raggiunto durante l'evento del transito, mentre in alternativa si può lavorare sul concetto di media energetica sulla durata dell'evento.

In generale, la valutazione delle vibrazioni negli studi, è scelto di eseguire le valutazioni sul valore medio del valore efficace (RMS) della vibrazione su un intervallo equivalente alla durata dell'evento di transito.

Per quanto riguarda la direzione del rilievo la norma UNI 9614 prescrive di eseguire i rilievi "lungo i tre assi ortogonali o secondo l'asse lungo il quale le vibrazioni sono più elevate". Negli studi è scelto di considerare la seconda ipotesi, e di applicare la ponderazione asse Z all'asse verticale e la ponderazione X-Y per gli assi orizzontali. I limiti applicabili saranno pertanto:

Direzione	Soglia di percezione La_w (dB)	Limite di accettabilità per abitazioni La_w (dB)	Limite di accettabilità per uffici La_w (dB)
Asse Z	74	77	86
Assi X-Y	71	74	83

La norma UNI 9614:2017, aggiornamento della precedente UNI 9614:1990 che generalmente rispetto la ISO 2631-2 si configura come più restrittiva, prende a riferimento la ISO 2631-2:2003 – "Mechanical

vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)" e la norma norvegese NS 8176E – "Vibration and shock - Measurement of vibration in buildings from landbased transport and guidance to evaluation of effects on human beings".

Alle citate norme sono inoltre considerate la:

- UNI 11568:2017 – "Vibrazioni – Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni – Strumenti di misura";
- ISO 8041-1:2017 – "Risposta degli esseri umani alle vibrazioni – Strumenti di misurazione – Parte 1: Strumenti per la misura di vibrazioni per uso generale"
- ISO 5348 – "Vibrazioni meccaniche ed urti – Monitoraggio meccanico degli accelerometri".

L'insieme delle norme citate definiscono:

- i tipi di locali o edifici;
- i periodi di riferimento;
- i valori che costituiscono il disturbo;
- il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne.

Le sorgenti di vibrazioni si considerano:

- rispetto alla posizione (interno o esterno agli edifici);
- rispetto alla funzione (per "attività essenziali di servizio pubblico", per "attività non interrompibili", di "altra natura");
- rispetto alla caratteristica di durata delle vibrazioni prodotta (periodo di attività della sorgente: continue o semi-continue; intermittenti presenti per gran parte della giornata; intermittenti presenti per una parte limitata della giornata; temporanee presenti per gran parte della giornata; temporanee presenti per una parte limitata della giornata).

Tale classificazione è proposta come descrittore univoco per l'identificazione dei fenomeni vibrazionali.

La UNI 9614:2017 prevede che le vibrazioni siano calcolate simultaneamente lungo i tre assi di propagazione e che il sistema di essi sia riferito o alla struttura dell'edificio o al corpo umano. Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono, successivamente, essere quantificate mediante l'accelerazione ponderata calcolata come differenza vettoriale tra il "vettore di immissione", ottenuto da un numero rappresentativo di eventi della sorgente in valutazione, ed il "vettore di vibrazione rappresentate il residuo", quindi in assenza della specifica sorgente in indagine.

Per la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni la norma prevede il confronto del parametro descrittore della "vibrazione della sorgente" in esame con determinati valori limiti di disturbo differenziati per tipo di ambiente e per i diversi periodi della giornata. In particolare, per gli edifici destinati ad abitazione sono individuati, al pari della normativa acustica, un periodo diurno, dalle 6:00

alle 22:00, e un periodo notturno dalle 22:00 alle 6:00. Nella seguente tabella si riportano i limiti massimi per la massima accelerazione ponderata della vibrazione della sorgente previsti. Qualora le vibrazioni residue abbiamo un valore maggiore del 50% di quelle immesse, il disturbo prodotto dalle vibrazioni della sorgente è da considerarsi trascurabile.

Destinazione d'uso	Accelerazione Vettore Vsorg (m/s^2)
Abitazioni (periodo notturno dalle 22:00 alle 6:00)	$3,6\ 10^{-3}$
Abitazioni (periodo diurno dalle 6:00 alle 22:00)	$7,2\ 10^{-3}$
Abitazioni (periodo diurno festivo dalle 6:00 alle 22:00)	$5,4\ 10^{-3}$
Luoghi di lavoro	$14\ 10^{-3}$
Ospedali, case di cura e affini (indipendentemente dal periodo)	$2\ 10^{-3}$
Asili e case di riposo (valido anche nel periodo diurno in caso sia previsto il riposo delle persone)	$3,6\ 10^{-3}$
Scuole di ogni ordine e grado (limitatamente al periodo di utilizzo)	$5,4\ 10^{-3}$

Come precedentemente evidenziato nella valutazione ed in particolare nella fase modellistica si farà riferimento alla UNI 9614:2017.

6.3.1.1.2 Norma UNI 9916 - Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 ed in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3.

La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratori allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è quello di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

La norma considera come intervallo di frequenze di interesse quello compreso tra 1 e 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (venti, terremoti ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza significativo delle vibrazioni può essere più ampio, ma tuttavia le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

L'appendice A della norma UNI 9916 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici, secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche trasmesse attraverso il terreno.

L'appendice D della UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli di vibrazione con riferimento alla Normativa Tedesca DIN 4150 ed al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni in zona sismica", riassunti nella seguente tabella.

Classe	**Tipo di edificio**	**Fondazione**			**Piano alto**	**Solai componete verticale**
		f=1-10 Hz	*f*=10-50 Hz	*f*=50-100 Hz (*)	Tutte le frequenze	Tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	da 20 (per *f*=10Hz) a 40 (per *f*=50Hz)	da 40 (per *f*=50Hz) a 50 (per *f*=100Hz)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	da 5 (per *f*=10Hz) a 15 (per *f*=50Hz)	da 15 (per *f*=50Hz) a 20 (per *f*=100Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (p.es. monumenti)	3	da 3 (per *f*=10Hz) a 8 (per *f*=50Hz)	da 8 (per *f*=50Hz) a 10 (per *f*=100Hz)	8	3/4
(*) Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati valori di riferimento per 100 Hz						

La norma citata prevede che le misurazioni siano effettuate secondo tre assi mutuamente ortogonali: un asse ha direzione verticale, le due componenti orizzontali sono preferibilmente parallele/ortogonali ai muri dell'edificio. Le misurazioni possono essere effettuate anche con accelerometri mono o biassiali, purché in numero di tre, mutualmente ortogonali, e montanti su struttura rigida che garantisca che le misurazioni si riferiscano ad un unico punto.

La norma specifica che i valori di riferimento indicati riguardano solo l'effetto diretto delle vibrazioni.

Non sono contemplati gli effetti indiretti quali, per esempio, cedimenti provocati dalla compattazione del terreno a seguito delle vibrazioni. Tali effetti indiretti devono essere considerati a parte.

I valori di riferimento indicati sono quelli al di sotto dei quali, salvo casi particolari, è ragionevole presumere che non vi sia danno; si specifica inoltre che il superamento dei limiti indicati non implica necessariamente il verificarsi del danno, ma è un segnale della necessità di indagini più approfondite.

Si evidenzia infine l'esistenza di pochi o anche di un solo punto in cui si verifica superamento dei limiti, può essere sintomo di situazione suscettibile di causare danno cosmetico.

In considerazione dei valori nettamente inferiori dei limiti previsti della norma UNI 9614:2017 rispetto a quelli della norma UNI 9916:2014, si considera nella presente valutazione, che il rispetto dei limiti della norma UNI 9614:2017 implichi il conseguente rispetto anche dei limiti della norma UNI 9916:2014.

6.3.1.1.3 Norma UNI 11048 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

La norma UNI 11048:2003, sperimentale, definisce i metodi di misurazione delle vibrazioni e degli urti trasmessi agli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne agli edifici stessi, al fine di valutare il disturbo arrecato ai soggetti esposti. Essa affianca la UNI 9614. La norma non si applica alla valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, in relazione a possibili danni strutturali o architettonici, per la quale si rimanda alla UNI 9916.

6.3.1.1.4 Riferimenti Bibliografici

Al fine della redazione del presente studio, per le assunzioni e comprovare le ipotesi tecniche assunte sono state prese in considerazioni, oltre la corrente normativa tecnica, la seguente bibliografia:

- Lamberto Tronchin, Angelo Farina, Valerio Tarabusi – "Studio di impatto acustico e vibrazionale nella realizzazione di infrastrutture viarie e ferroviarie" - 31° Convegno Nazionale AIA, Venezia, 5-7 Maggio 2004.
- Angelo Farina – "Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali - Normativa, tecniche di misura e di calcolo" - Rivista Neo-EUBIOS, n. 16. Maggio 2006 - ISSN 1825-5515.
- Aki, K., and Richards, P.G. (1980). "Quantitative Seismology: Theory and Methods.", W.H. Freeman and Company, San Francisco, 932 pp.
- Ishihara, K. (1996). "Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics.", Oxford Science Publications, Oxford, UK, pp. 350.
- Ohta, Y. and N. Goto. (1978), Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes. Earthq. Eng. Struct. Dyn., 6:167-187.
- Hal Amick, Colin Gordon & Associates (1999), "A Frequency-Dependent Soil Propagation Model" - Presented at SPIE Conference on Current Developments in Vibration Control for Optomechanical Systems - Denver, Colorado, July 20, 1999 San Mateo, California USA.
- Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee1 (1999), "Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations" - Department of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Taejon – pp 305-701

- Hal Amick and Michael Gendreau (2000) – “Construction Vibrations and Their Impact on Vibration-Sensitive Facilities” - Colin Gordon & Associates, San Mateo, California 94402.

6.3.1.2 Contesto geologico di riferimento per lo studio vibrazionale

Il previsto tracciato della nuova linea di trasporto della Val Bisagno interesserà, sotto l’aspetto geologico, le seguenti unità litotecniche:

- materiali di riporto collocati alle spalle dei muri d’argine, ove presenti, e comunque a formare il “rilevato” della strada che risale la valle mantenendosi lungo la sponda, per uno spessore che mediamente è pari a 5.00 m;
- depositi alluvionali del Torrente Bisagno, di natura principalmente ghiaiosa e sabbiosa, con matrice fine, limosa e con intercalazioni di livelli limoso argillosi e sabbiosi, questi ultimi di spessore variabile da pochi decimetri nel tratto mediano e superiore della valle, fino a 7 – 8 metri nel tratto meridionale tra Marassi e la Foce. Lo spessore complessivo della sequenza alluvionale varia tra un minimo di 10 m a Molassana e un massimo di 40 m circa in zona Brignole, sponda sinistra.
- Substrato roccioso, costituito in massima parte dalla formazione del Monte Antola e in subordine dalle Argilliti di Montoggio, presenti all’estremo settentrionale del tracciato, a Molassana, oltre che, probabilmente, all’altezza di ponte Carrega a Montesignano Rio Mermi. Limitatamente al capolinea sud dell’impianto, presso la stazione ferroviaria di Genova Brignole, e soprattutto in sponda idrografica sinistra, sono presenti, in copertura ai calcari, le Argille di Ortovero.

Per ulteriori approfondimenti sul contesto geologico dell’area si rimanda alla Relazione Geologica elab. MGE1PRLVGEOCOMR00100A.

6.3.1.3 Definizione del disturbo vibrazionale

La caratterizzazione del disturbo vibrazionale è effettuata in termini di definizione del Vettore Sorgente (Vsorg espresso in mm/s^2) ossia del vettore accelerazione relativo alla sorgente in valutazione per determinare la percezione umana e della velocità (in mm/s) per valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici. È possibile convertire i valori di accelerazione "a" nel corrispondente valore di velocità "v", nota la frequenza "f", tramite la relazione:

$$v = \frac{a}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Convenzionalmente, in analogia con le analisi del rumore, sia i valori di velocità che quelli di accelerazione è possibile valutati sulla scala dei dB, tramite le relazioni:

$$L_{acc} = 20 \cdot \lg\left[\frac{a}{a_0}\right] \qquad L_{vel} = 20 \cdot \lg\left[\frac{v}{v_0}\right]$$

in cui compaiono i valori di riferimento a0 = 0.001 mm/s^2 e v0 = 1·10^{-6} mm/s.

6.3.1.4 Metodologia per la valutazione dei livelli vibrazionali indotti dal cantiere

Il fenomeno con cui un prefissato livello di vibrazioni imposto sul terreno si propaga nelle aree circostanti è correlato alla natura del terreno, alla frequenza del segnale e alla distanza fra il punto di eccitazione e quello di valutazione dell'effetto. Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione ha impiegato simulazioni numeriche.

In dettaglio si illustrano i passi seguiti nell'elaborazione. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei fenomeni considerati (attività dei mezzi di cantiere e per il trasporto dei materiali nonché impianti fissi), utilizzando sia dati bibliografici che rilievi strumentali. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza nota dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale. In particolare, si assume nello studio che la componete vettoriale che origina il Vettore Immissione e conseguentemente il Vettore Sorgente, sia la componente verticale.

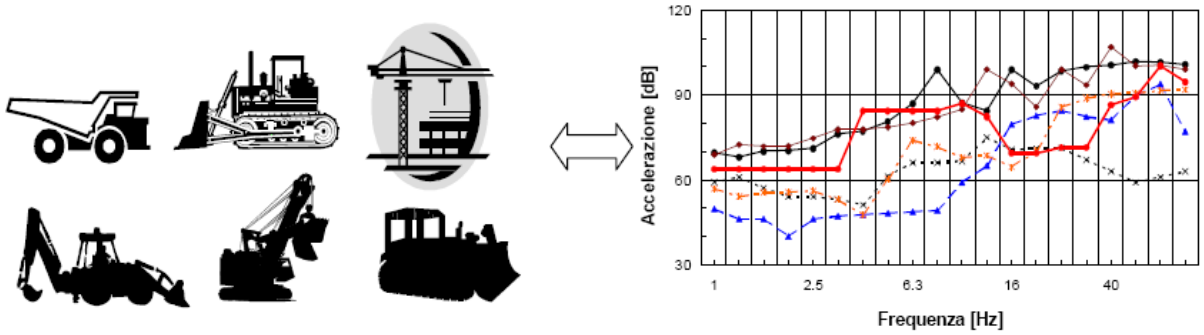


Figura 107. relazione tra mezzi d'opera e spettro di emissione di vibrazioni

Dagli spettri delle sorgenti si determina il livello di accelerazione non ponderato a distanze crescenti dalla sorgente mediante una legge di propagazione. Nel caso di sorgenti superficiali, ad esempio, si precisa che l'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d,f) = a(d_0,f)\cdot\left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi\cdot f(\eta/c)\cdot(d-d_0)}$$

I livelli complessivi di accelerazione non pesati a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine previste. Come legge di combinazione degli spettri è stata adottata la regola SRSS (Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares) che consiste nell'eseguire la radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine. Per ciascuna frequenza si è quindi ottenuto quindi un valore complessivo non pesato di tutte le macchine attive ($A_{TOT,f}$) sotto forma di matrice.

$$A_{TOT,f} = \sqrt{A_1(f,d)^2 + A_2(f,d)^2 + \ldots + A_N(f,d)^2} \quad \text{(SRSS)}$$

Relativamente ad ogni scenario modellizzato, si è applicato alla matrice citata la curva di attenuazione definita per postura non nota (o asse generico) dalla UNI 9614.

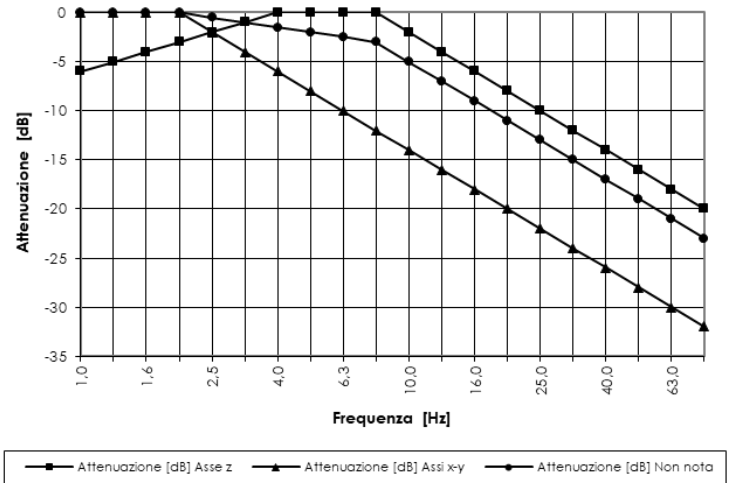


Figura 108. Filtri di ponderazione per i diversi assi di riferimento

Si è quindi ottenuta la matrice dei livelli ponderati di accelerazione complessiva per singola frequenza e distanza, con cui è stato possibile realizzare specifici grafici di propagazione dello spetto della somma delle sorgenti analizzate.

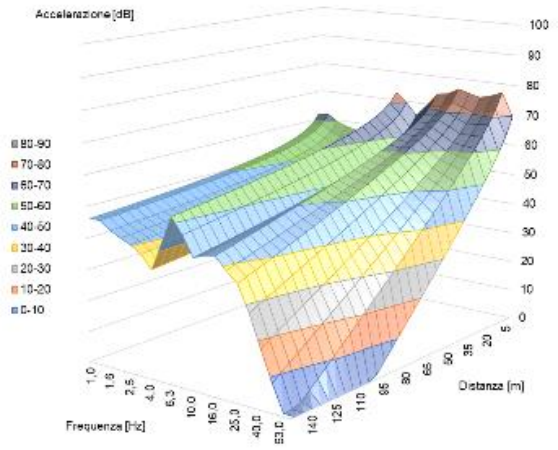


Figura 109. Propagazione dello spettro di vibrazione

Il livello totale di accelerazione ponderata in funzione della distanza, aw,d, è ottenuto sommando tutti i corrispondenti valori per frequenza $A_{TOT,f}$. Il numero ottenuto è rappresentativo dell'accelerazione complessiva ponderata sul vettore di riferimento, il quale individua il Vettore Immissione ad una determinata distanza. Ripetendo questa operazione per una griglia di distanze si è ottenuto il profilo di attenuazione dell'accelerazione ponderata e complessiva di tutti i Vettori di Immissione. Per la definizione del Vettore Sorgente sarà necessario stabilire il Vettore Residuo. In particolare, se il Vettore Residuo è molto basso il Vettore Immissione sarà molto prossimo, se non coincidente al Vettore Sorgente. Nella valutazione si procederà ad una valutazione del Vettore Residuo o tramite indagini sperimentali o in base a dati noti di letteratura basati sulla fruizione dei luoghi relativamente alla destinazione d'uso.

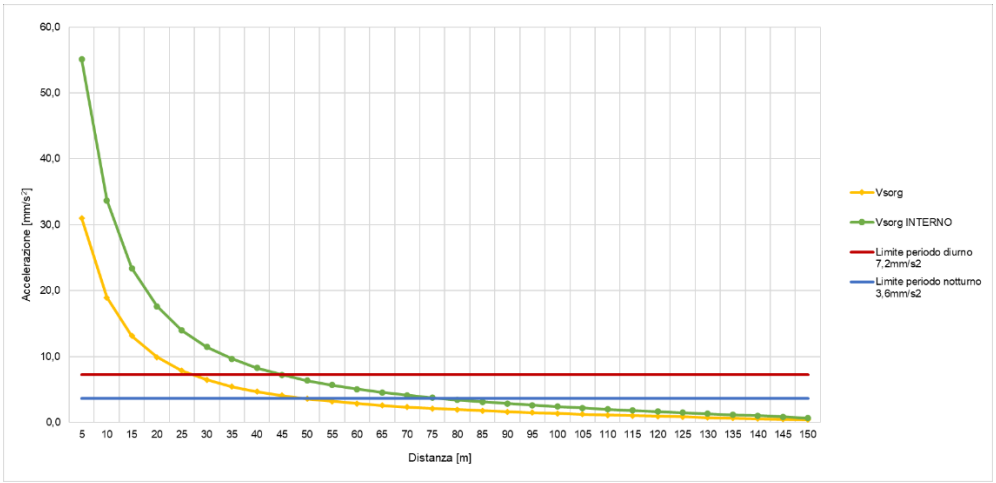


Figura 110. Valutazione della propagazione del livello di vibrazioni (Vettore Sorgente) a diverse distanze

Ai fini del confronto con i livelli di riferimento della norma UNI 9614:2017 si procederà al confronto con il Vettore Sorgente determinato, in funzione dell'ubicazione del ricettore e della destinazione d'uso.

6.3.1.5 Modello di calcolo

Al fine dell'esecuzione del calcolo della propagazione delle vibrazioni saranno presi in considerazione due posizioni che possono assume le sorgenti: sarà identificato il caso in cui le sorgenti sono in superficie (sorgenti superficiali) ed in profondità (sorgenti profonde).

6.3.1.5.1 Sorgenti superficiali

Parlando della trasmissione di vibrazioni nel terreno, è necessario distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale: onde di compressione (onda P), onde di taglio (onda S) e onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L), le quali hanno velocità di propagazione differente in funzione del modulo di Poisson del terreno.

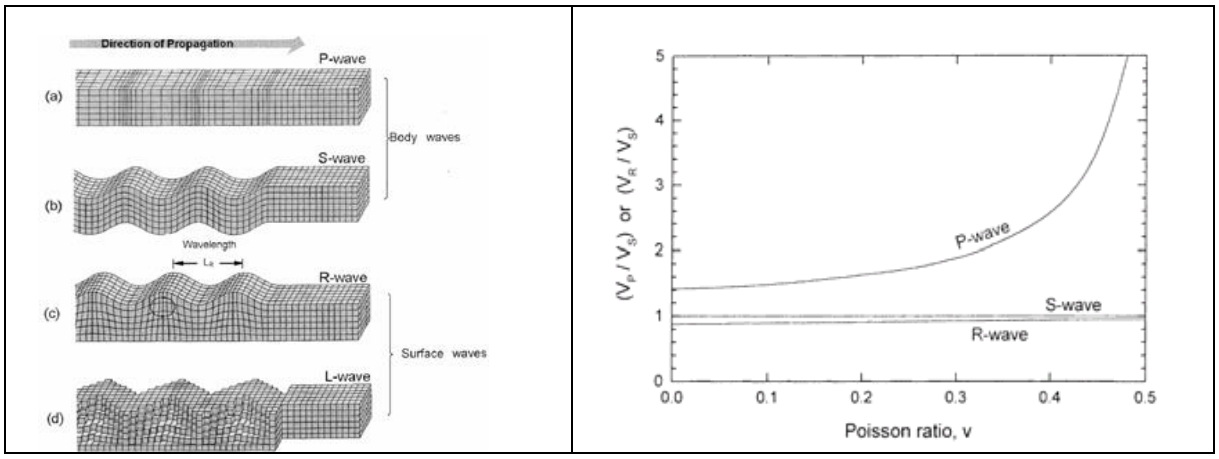


Figura 111. Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relativa delle onde P, R rispetto onde S (a destra)

L'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d, per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R), è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f(\eta/c)\cdot(d-d_0)}$$

dove η è il fattore di perdita del terreno, c la velocità di propagazione in m/s, f la frequenza in Hz, d la distanza in m, e d_0 la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5m. L'esponente n varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni. Ai fini dell'analisi dei livelli massimi, si è preceduto prendendo a riferimento una sorgente concentrata, fissando l'esponente n a 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie), e 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda). Risulta pertanto evidente come la propagazione a partire da una sorgente posta in profondità sia dotata, anche nel caso di terreno omogeneo, di molta più rapida attenuazione al crescere della distanza dalla sorgente.

Figura 112. Definizione dell'esponente n in base al tipo di sorgente e onda

Tipo di sorgente	Onda	Strato	n
Linea	Superfice	Superfice	0
	Volume	Superfice	1.0
Punto	Rayleight	Superfice	0.5
	Volume	Superfice	2.0
Linea Sotterranea	Volume	Profondo	0.5
Punto Sotterraneo	Volume	Profondo	1.0

Il termine esponenziale rappresenta i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che, come si vede, va crescendo proporzionatamente alla frequenza. Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori.

Il rapporto η/c (indicato anche come ρ) dipende, infine, dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide.

Figura 113. Coefficiente di attenuazione

Classe	Descrizione del materiale	Coefficiente di attenuazione	ρ
I	Cedevole o tenero (terreno che può essere scavato facilmente)	0.003-0.01	$2x10^{-4} – 6x10^{-4}$
II	Consolidato (terreno che può essere scavato utilizzando una pala)	0.001-0.003	$6x10^{-5} – 2x10^{-4}$
III	Duro (terreno che non può essere scavato con una pala ma necessità di un piccone)	0.0001-0.001	$6x10^{-6}$ - $6x10^{-5}$
IV	Duro consolidato (terreno che scavato difficilmente utilizzando un martello)	<0.0001	$<6x10^{-6}$

Il modello semplificato di propagazione illustrato considera i soli fenomeni previsti in un terreno supposto omogeneo ed isotropo, nel caso si abbia propagazione in presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione, è evidente che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno risultino "filtrati" dalla funzione di trasferimento del sistema struttura edilizia.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi o di amplificazione.

6.3.1.5.2 Sorgenti in profondità

Nel caso dell'attività di cantiere ove intervenga necessità di realizzazioni di opere in profondità (palificazione, ecc.), la valutazione della legge di propagazione delle vibrazioni con la distanza è più complessa, in quanto non si ha più la semplice legge di propagazione delle onde superficiali, ma si ha a che fare con una sorgente posta in profondità, che dà luogo alla propagazione di onde di volume. Si consideri ora lo schema di emissione illustrato nella seguente figura:

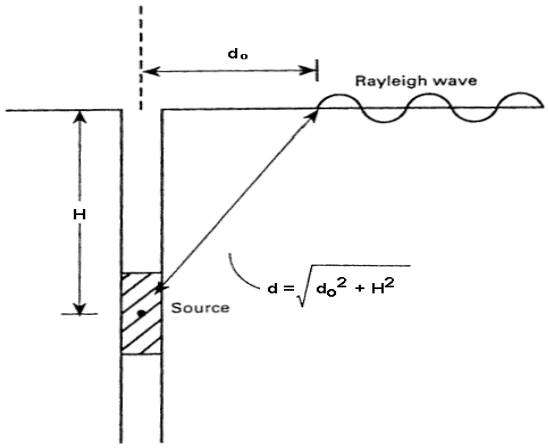


Figura 114. Schema della propagazione a partire da una sorgente profonda

Si può notare che, rispetto all'emissione di onde di superficie da parte di una sorgente concentrata posta sulla sommità del suolo, al recettore arrivano onde che hanno compiuto un percorso più lungo, e che si sono maggiormente attenuate lungo tale percorso a causa della legge di divergenza volumetrica anziché superficiale.

Considerando che l'epicentro di emissione si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso, ovvero, per un palo di 9 m, a circa 5 m di profondità, si ha la seguente espressione relativa alla propagazione delle vibrazioni con cui è possibile calcolare il livello di accelerazione sulla superficie del suolo in funzione della distanza d0 (misurata in orizzontale, sulla superficie) fra l'asse del palo ed il recettore.

$$a(d_0, f) = a(d_0, f) \cdot \left[\frac{d_0}{\sqrt{D^2 + H^2}} \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{\eta}{c} \cdot \left(\sqrt{D^2 + H^2} - d_0 \right)} \right]$$

Il calcolo verrà eseguito assumendo che:

- il recettore si trovi ad una profondità di 3 m sotto il piano di campagna, poiché questa è la quota a cui si trovano in media le basi delle fondazioni degli edifici;
- rispetto a tale posizione, poiché l'epicentro di emissione è posto a 5 m di profondità, H assume un valore pari a 2 m;

- la distanza D a cui si è rilevato strumentalmente lo spettro di vibrazioni dovuto alla lavorazione in profondità è 5 m.

6.3.1.5.3 Sintesi delle ipotesi assunte

Il calcolo dei livelli vibrazionali ai ricettori, in condizioni di campo libero, risultanti dalle configurazioni dei macchinari da cantiere previsti negli scenari analizzati è stato condotto considerando una legge di attenuazione stabilita sulla base delle seguenti assunzioni:

- le macchine da cantiere sono assunte come sorgenti puntuali;
- l'attenuazione dissipativa del mezzo è stata calcolata secondo un approccio teorico semplificato basato sull'ipotesi di mezzo debolmente dissipativo e campo vibratorio costituito in prevalenza da onde di superficie del tipo di Rayleight;
- il terreno si ipotizza di tipo consolidato, appartenente alla Classe II (ρ<1.5x10-4), e di categoria C (c=300m/s; η=0.04);
- l'attenuazione geometrica afferente alla sorgente puntuale che lavora in superficie (escavatore, autocarro, pala, autocarro, ecc.) è stata assunta proporzionale a r-1, mentre quella che opera in profondità è stata considerata con una legge di attenuazione proporzionale a r-0.5;
- l'epicentro di emissione, nel caso di sorgenti profonde, si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso nel terreno;
- i livelli vibrazionali a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine di cantiere, mediante radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine.

6.3.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

6.3.2.1 Fase di cantiere

Con riferimento alle vigenti normative, le attività di cantiere possono essere definite come sorgenti di vibrazione intermittente. Un ricettore adiacente all'area di cantiere è infatti soggetto ad una serie di eventi di breve durata, separati da intervalli in cui la vibrazione ha una ampiezza significativamente più bassa. In relazione alle attività lavorative di cantiere previste per la realizzazione dell'opera in esame, sono stati individuati scenari di cantiere critici per il potenziale impatto in termini di vibrazioni sull'ambiente circostante.

In particolare, le emissioni vibrazionali durante le lavorazioni possono legate agli impianti fissi/semifissi nei diversi cantieri stabili, e discontinue, dovute alle lavorazioni nelle aree di cantiere e nei fronti di avanzamento.

Lo studio, di seguito riportato, relativamente alla fase di cantiere, analizza le seguenti macro-fasi di lavorazione propedeutiche alla realizzazione dell'opera:

- OOCC Sottostrutture viadotto
- OOCC linea
- OCC Stazioni

Si rammenta come l'impatto vibrazionale nelle simulazioni numeriche sarà valutato secondo al UNI 9614:2017 con il confronto con i valori di riferimento per il disturbo alle persone.

6.3.2.2 Definizione del tipo di sorgente

Analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative, si conviene come esse siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici ed in mezzi adibiti al trasporto, le prime hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata all'interno dell'area di lavoro e stoccaggio mentre, i secondi si distribuiscono lungo il percorso che collega il fronte di avanzamento lavori ai luoghi di approvvigionamento o di stoccaggio.

Gli scenari in esame sono stati definiti avendo come prima finalità quella di fornire risultati sufficientemente cautelativi. Si sottolinea tuttavia come le situazioni esaminate non possano comunque rappresentare tutti i macchinari potenzialmente presenti in contemporanea all'interno dell'area di cantiere. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere sopra citati utilizzando dati bibliografici o rilevati. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale, la quale sarà assunta come componete principale del vettore di propagazione delle vibrazioni (vettore immissione).

In generale, nelle aree di cantiere ove sono presenti gli impianti fissi (betonaggio, lavorazioni di dettaglio su eventuali prefabbricati, ecc.) le emissioni di vibrazioni risultano usualmente più contenute rispetto a quelle presenti sul cantiere in linea poiché la natura stessa delle lavorazioni determina minori sollecitazioni meccaniche sul terreno e, di conseguenza, minore trasmissione di energia meccanica verso i potenziali ricettori.

Il calcolo del livello di vibrazione in condizioni di campo libero sarà definito nell'intorno del cantiere con una risoluzione di circa 5 m nelle direzioni orizzontali (piano di campagna), ottenendo il grafico della propagazione delle vibrazioni in funzione della distanza.

Di seguito si riporta la definizione dello scenario operativo.

La metodologia assunta per l'analisi delle interferenze riferita alla fase di cantierizzazione si basa sulla teoria del "Worst Case" Scenario. Tale metodo individua la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni di vibrazioni sul territorio in modo che verificandone le condizioni di esposizione del territorio alle vibrazioni indotte rispetto ai limiti della UNI 9614:2017 possano essere individuate le eventuali soluzioni di mitigazione più opportune al fine di contenere il disturbo sui ricettori più esposti. L'analisi tiene conto dell'insieme delle diverse attività di cantiere in funzione della localizzazione delle diverse aree di lavoro.

In virtù della particolare configurazione operativa del cantiere nel caso specifico lo studio è stato condotto raggruppando le configurazioni con la medesime lavorazioni, in modo da rappresentare in modo maggiormente cautelativo la configurazione operativa.

Data quindi la differente localizzazione spaziale delle principali aree di lavoro, e in considerazione che in prossimità di alcune realizzazioni sono presenti ricettori, lo studio previsionale delle vibrazioni prende in considerazione i seguenti scenari che saranno usati per valutare le macro-fasi di lavoro:

- Scenario 1 – OOCC sottostrutture viadotto
- Scenario 2 – OOCC linea
- Scenario 3 – OOCC Stazioni

Per ciascun scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta dei ricettori presenti, lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione.

Per gli scenari sono stati considerati i seguenti mezzi che per eseguire una valutazione conservativa, si ipotizza lavoreranno simultaneamente. Per quanto riguarda l'orario di lavoro, si assume una operatività, su un turno da 6 ore attivo nel periodo diurno, quindi tra le 6:00 e le 22:00.

Tabella 18. Pacchetti lavorazioni cantieri mobili

Gruppo lavorazioni	Mezzo	Numero
OOCC sottostrutture viadotto	Palificatrice (150-250 kW)	1
	Auto gru (100-300 kW)	1
	Pompa cls	1
	Escavatore	1
	Autocarro	3

Gruppo lavorazioni	Mezzo	Numero
OOCC linea	Auto gru (100-300 kW)	2
	Autocarro	4
OOCC Stazioni	Auto gru (100-300 kW)	1
	Escavatore	1
	Autocarro	3
	Pompa cls	1

La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere utilizzando dati bibliografici e misure dirette in campo. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla sola componente verticale considerata quella che fornisce il contributo maggiore sul vettore immissione.

Si precisa infine che stante l'indisponibilità di dati sperimentali per tutti i macchinari presenti nel cantiere in esame, si è proceduto utilizzando quelli di macchine in grado di trasmettere al terreno sollecitazioni di simile entità, ma di cui sia noto lo spettro.

Di seguito le tabelle ed i grafici di caratterizzazione delle sorgenti di vibrazioni[i] individuate negli scenari di riferimento. I valori seguenti sono espressi in mm/s^2.

Scenario 1 - OOCC sottostrutture viadotto

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Palificatrice assimilata a martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Autogrù e pompa cls e autocarro assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

Scenario 2 - OOCC linea

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Autogrù e autocarro assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

Scenario 3 - OOCC stazioni

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Autogrù, pompa cls e autocarro assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

Di seguito i grafici degli spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z.

Figura 115. Spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z

6.3.2.3 Valutazione della propagazione delle vibrazioni

Dall'analisi della propagazione dello spettro, per ogni distanza della sede dell'attività di lavoro, è agevole calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli delle singole frequenze. In questo modo è stata calcolata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza, la quale è mostrata graficamente di seguito, per ogni scenario.

Nelle figure seguenti sono riportate la propagazione dello spettro nel terreno per gli scenari di lavorazione.

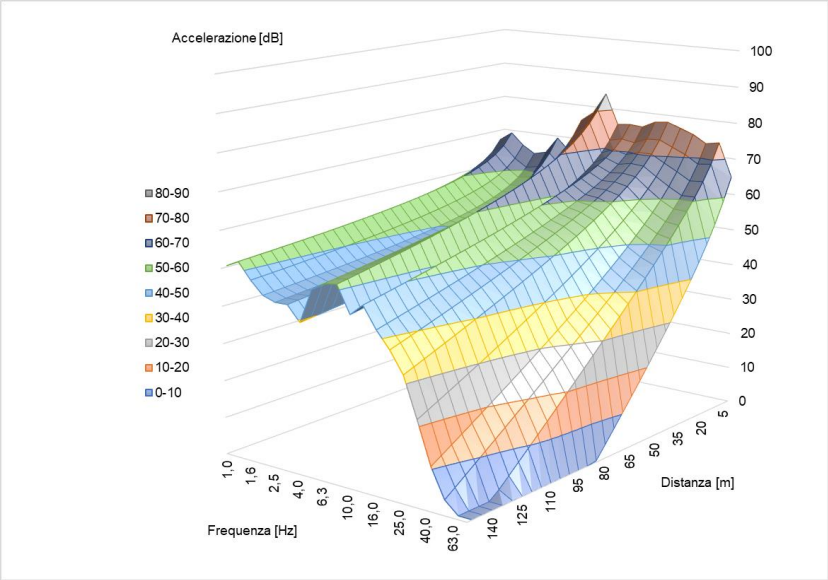


Figura 116. Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza per lo scenario OOCC sottostrutture viadotto

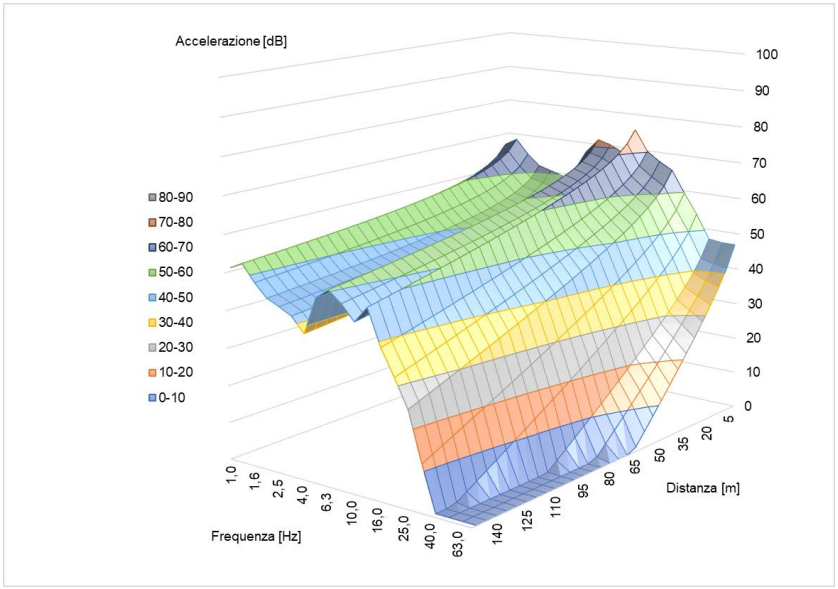


Figura 117. Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza per il pacchetto OOCC linea

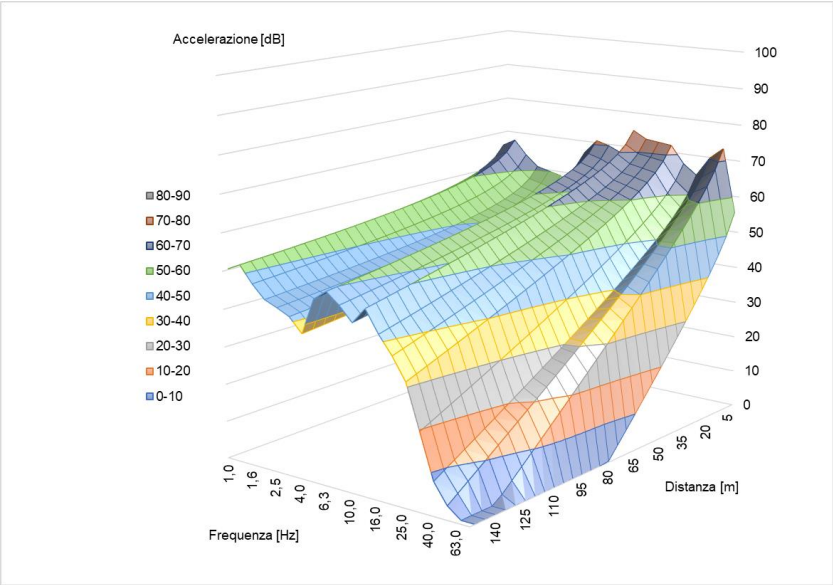


Figura 118. Propagazione dei livelli di accelerazione in dB (UNI 9614) per singola frequenza per il pacchetto OOCC Stazioni

6.3.2.4 Stima dei futuri livelli vibrazionali

Il modello di propagazione illustrato fa riferimento ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato), senza tenere in considerazione per il momento la presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione che possono comportare variazioni dei livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi.

I sistemi fondazione in generale producono, in modo condizionato alla tipologia, un'attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante.

Inoltre, si rammenta il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, con particolare riferimento ai solai: quando infatti la frequenza dell'evento eccitante coincide con la frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, quest'ultima registra un significativo incremento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli registrabili sull'interfaccia terreno - costruzione.

Una stima dell'effetto locale di riduzione/amplificazione di ciascun edificio è possibile parametrizzando gli effetti combinati secondo curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

Sulla base di tali ipotesi, diviene possibile stimare in maniera approssimata per ogni edificio, note le sue caratteristiche costruttive, l'eventuale variazione massima sul solaio più sfavorito.

In merito alla previsione relativamente alla UNI 9614:2017 nelle seguenti considerazioni sull'entità dell'impatto vibrazionale presso i ricettori, avendo assunto per edifici residenziali un valore limite ammissibile pari a 7,2 mm/s2 in virtù del periodo di lavoro diurno, si applicherà un fattore che tenga

conto della possibile sovramplificazione da parte della struttura dell'edificio ricettore (assunta mediamente pari a +5dB) permettendo così la valutazione all'interno degli edifici.

In relazione al Vettore Residuo, esso sarà determinato da dati di letteratura e/o da indagini in luoghi analoghi. Da analisi sperimentali si rileva che il vettore residuo a circa 15 m da una infrastruttura possa essere circa 0,8 mm/s2. Nel modello, al fine della determinazione di Vsorg ed in modo da individuare una predizione conservativa, sarà usato il valore di residuo pari a 0,6 mm/s2.

Dall'analisi della propagazione spaziale del valore complessivo ponderato dell'accelerazione (Vettore Immissione) per gli scenari individuati e considerando il Vettore residuo, si determina il Vettore Sorgente. Di seguito l'analisi per ogni scenario individuato.

Scenario 1 – OOCC sottostrutture viadotto: Per questo scenario di lavoro il limite del periodo diurno di 7,2 mm/s2 per i ricettori residenziali si considera cautelativamente raggiunto ad una distanza di circa 30 m. Considerando i possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 45 m.

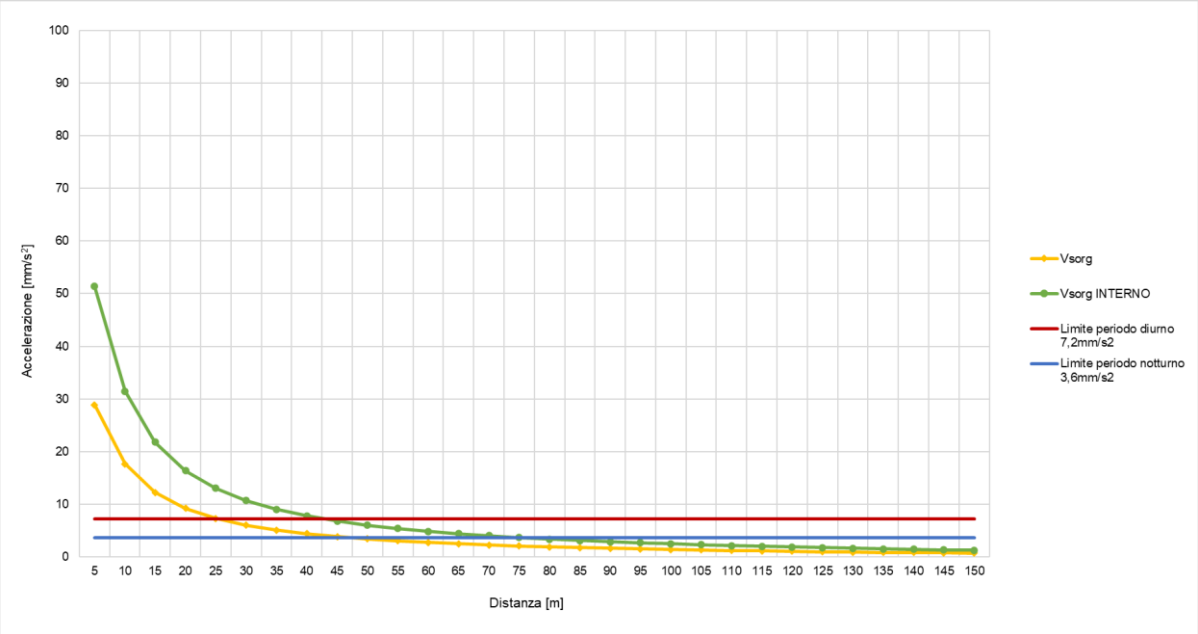


Figura 119. Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo Scenario 1 – OOCC sottostrutture viadotto

Scenario 2 – OOCC Linea: Per questo scenario di lavoro il limite del periodo diurno di 7,2 mm/s2 per i ricettori residenziali si considera cautelativamente raggiunto ad una distanza di circa 15 m. Considerando i possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 30 m.

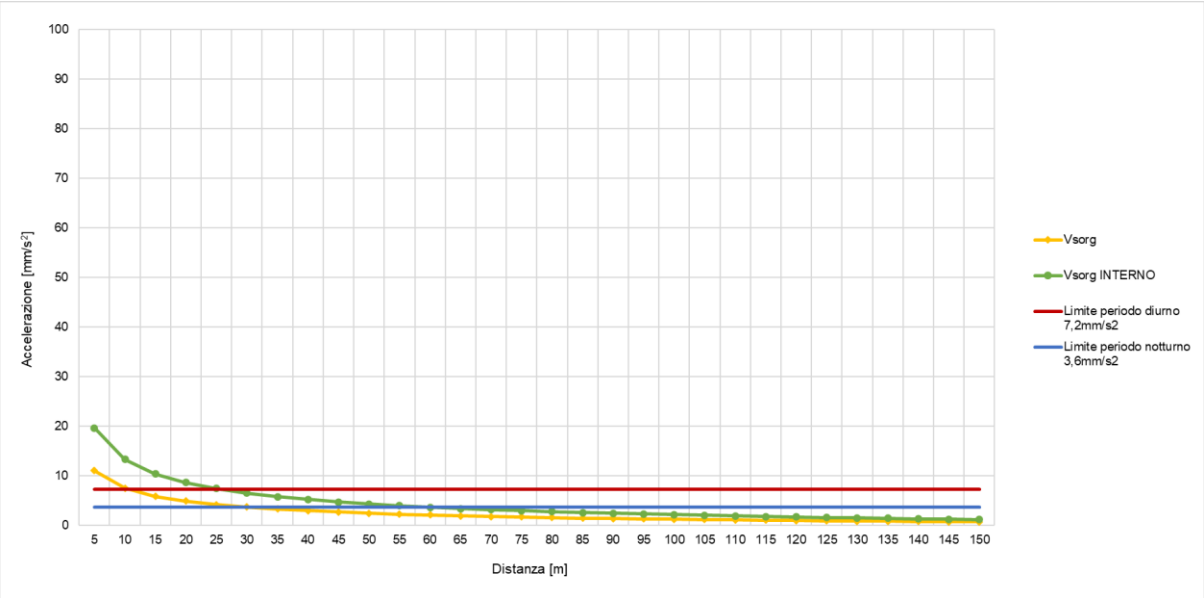


Figura 120. Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo scenario 2 – OOCC Linea

Scenario 3 – OOCC Stazioni: Per questa lavorazione il limite del periodo diurno di 7,2 mm/s2 per i ricettori residenziali si considera cautelativamente raggiunto ad una distanza di circa 15 m. Considerando i possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (assunti pari a +5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 30 m.

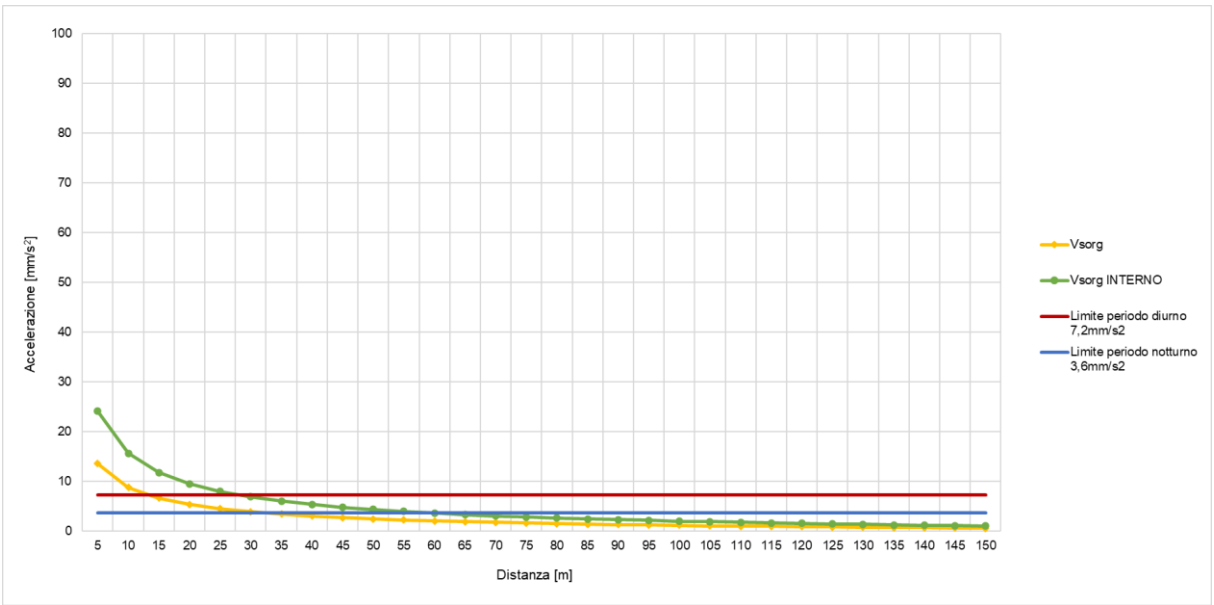


Figura 121. Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per lo scenario 3 – OOCC Stazioni

Tabella 19. Sintesi distanze dal confine dell'area di cantiere per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti

Scenario	Fase di lavorazione	Aree di cantiere	Distanza in m del limite Diurno di 7,2 mm/s²	Distanza in m del limite Diurno di 7,2 mm/s² interno agli edifici
Scenario 1	OOCC sottostrutture viadotto	A1 - A2 - C1 - C2 - E1 - A3 - A4 - C3 - C4 - E1 - A5 - B1 - C5 - D1 - B2 - B3 - D2 - D3 - B4 - B5 - D4 - D5	30	45
Scenario 2	OOCC linea	A1 - A2 - C1 - C2 - A3 - A4 - C3 - C4 - E1 - A5 - B1 - C5 - D1 - E1 - B2 - B3 - D2 - D3 - B4 - B5 - D4 - D5	15	30
Scenario 3	OOCC stazioni	stazioni	15	30

Considerando, la vicinanza alle lavorazioni delle strutture si segnala l'eventualità di alcune criticità legate al possibile superamento della soglia di disturbo in dipendenza dalla distanza dei potenziali ricettori nel periodo di riferimento.

A seguito di ciò si dovranno adottare le misure al fine del contenimento delle vibrazioni, quale la buona pratica di conduzione delle attività di cantiere ed eventualmente procedere ad una valutazione di maggior dettaglio con la redazione del "piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere" e la predisposizione di un monitoraggio per la verifica puntuale dei risultati predetti.

Di seguito alcuni stralci planimetrici in cui è possibile individuare la tipologia e numero di ricettori per i quali è stato stimato un probabile superamento del limite interno all'edificio.

Le valutazioni sono eseguite in base all'individuazione delle opere di cui è prevista la realizzazione con l'applicazione delle ampiezze di propagazione delle vibrazioni, in base agli scenari di lavorazione individuate in precedenza.

Di seguito la legenda dei tipologici di ricettore.

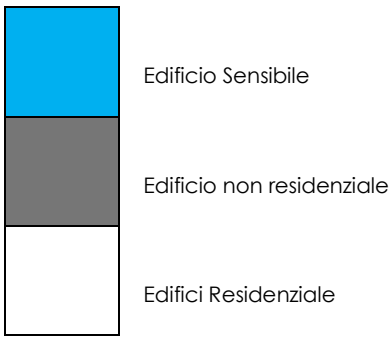


Figura 122. Legenda tipologia edifici

6.3.2.5 *Individuazione scenari maggiormente critici*

L'individuazione degli scenari di cantiere maggiormente critici è stata basata sull'analisi del cronoprogramma delle lavorazioni e delle condizioni maggiormente cautelative. In particolare, sono stati individuati 3 scenari rappresentativi, riassunti nella tabella seguente. Gli scenari includono il momento di maggiore sovrapposizione delle sorgenti di ciascuna macrofase e sono in numero di uno per ciascuna fase.

Tabella 20. Sinottico scenari di cantiere

Scenario	Lavorazione	Aree di cantiere
Scenario 1	OOCC sottostrutture viadotto	A1 - A2 - C1 - C2 - E1 - A3 - A4 - C3 - C4 - E1 - A5 - B1 - C5 - D1 - B2 - B3 - D2 - D3 - B4 - B5 - D4 - D5
Scenario 2	OOCC linea	A1 - A2 - C1 - C2 - A3 - A4 - C3 - C4 - E1 - A5 - B1 - C5 - D1 - E1 - B2 - B3 - D2 - D3 - B4 - B5 - D4 - D5
Scenario 3	OOCC stazioni	stazioni

6.3.2.5.1 Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto

Scenario	Lavorazione	Aree di cantiere
Scenario 1	OOCC sottostrutture viadotto	A1 - A2 - C1 - C2 - E1 - A3 - A4 - C3 - C4 - E1 - A5 - B1 - C5 - D1 - B2 - B3 - D2 - D3 - B4 - B5 - D4 - D5

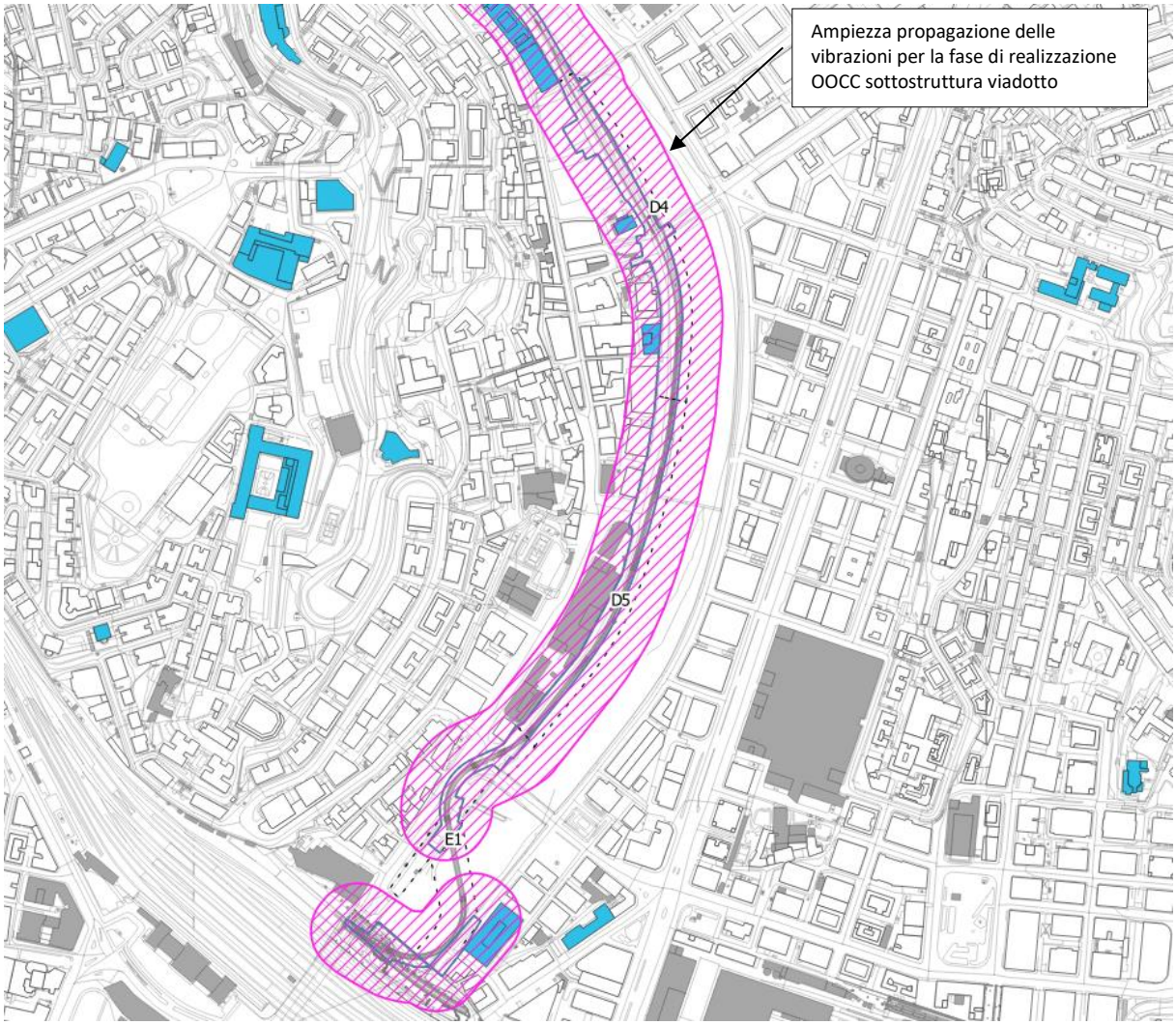


Figura 123. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio A

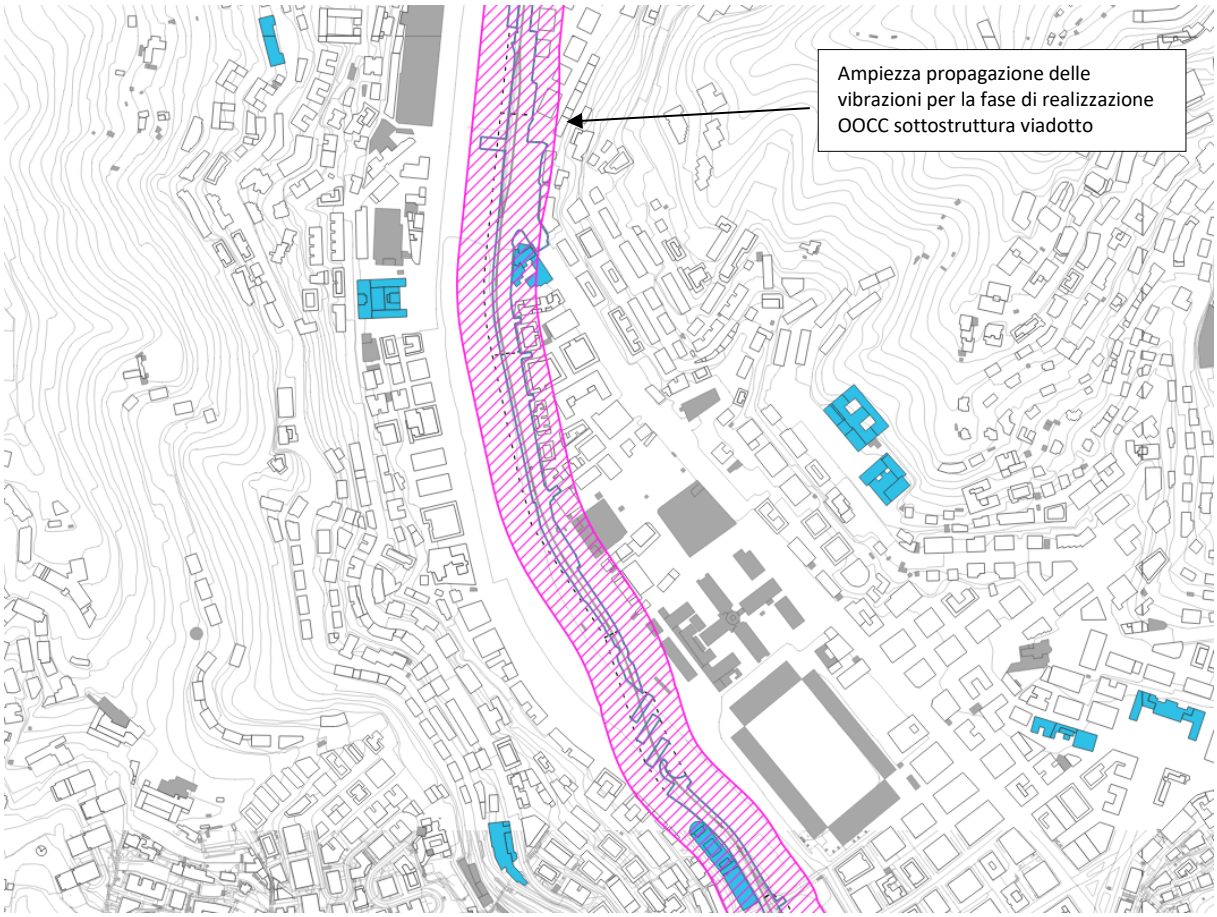


Figura 124. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio B

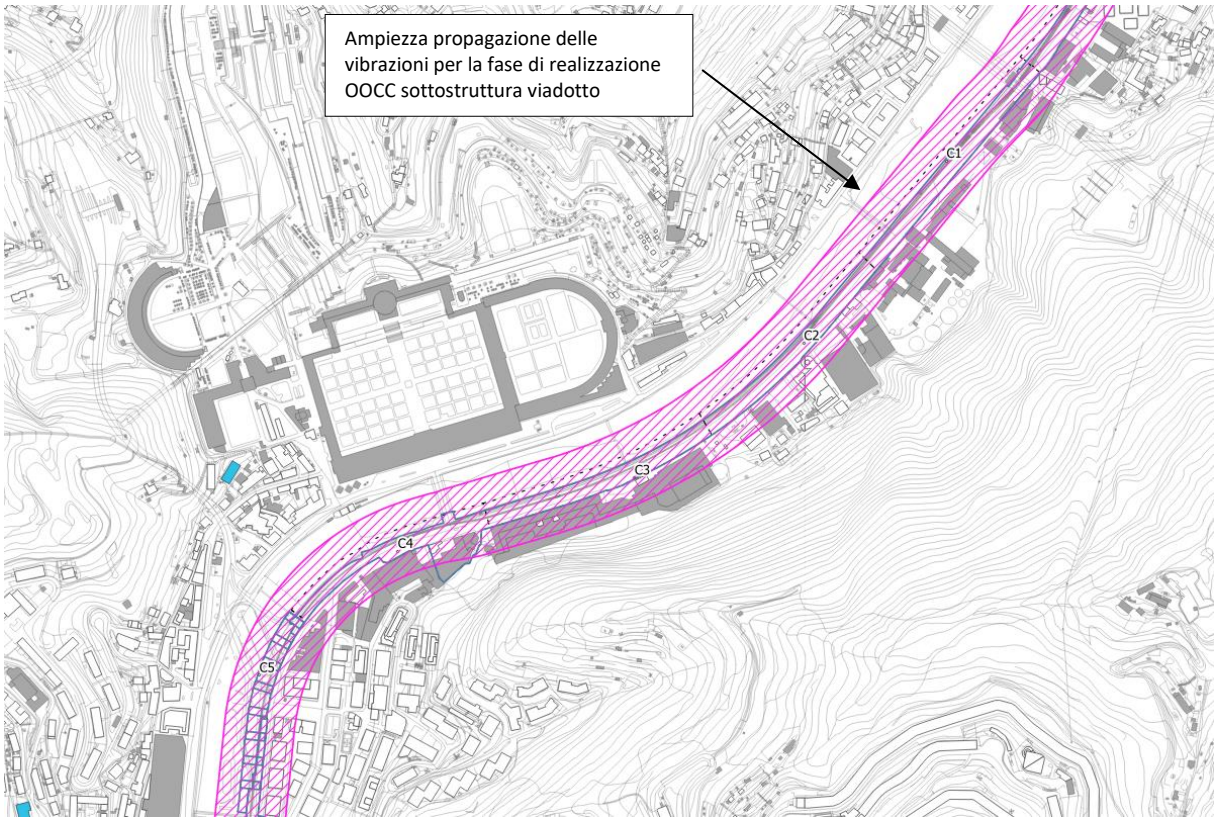


Figura 125. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio C

Figura 126. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio D

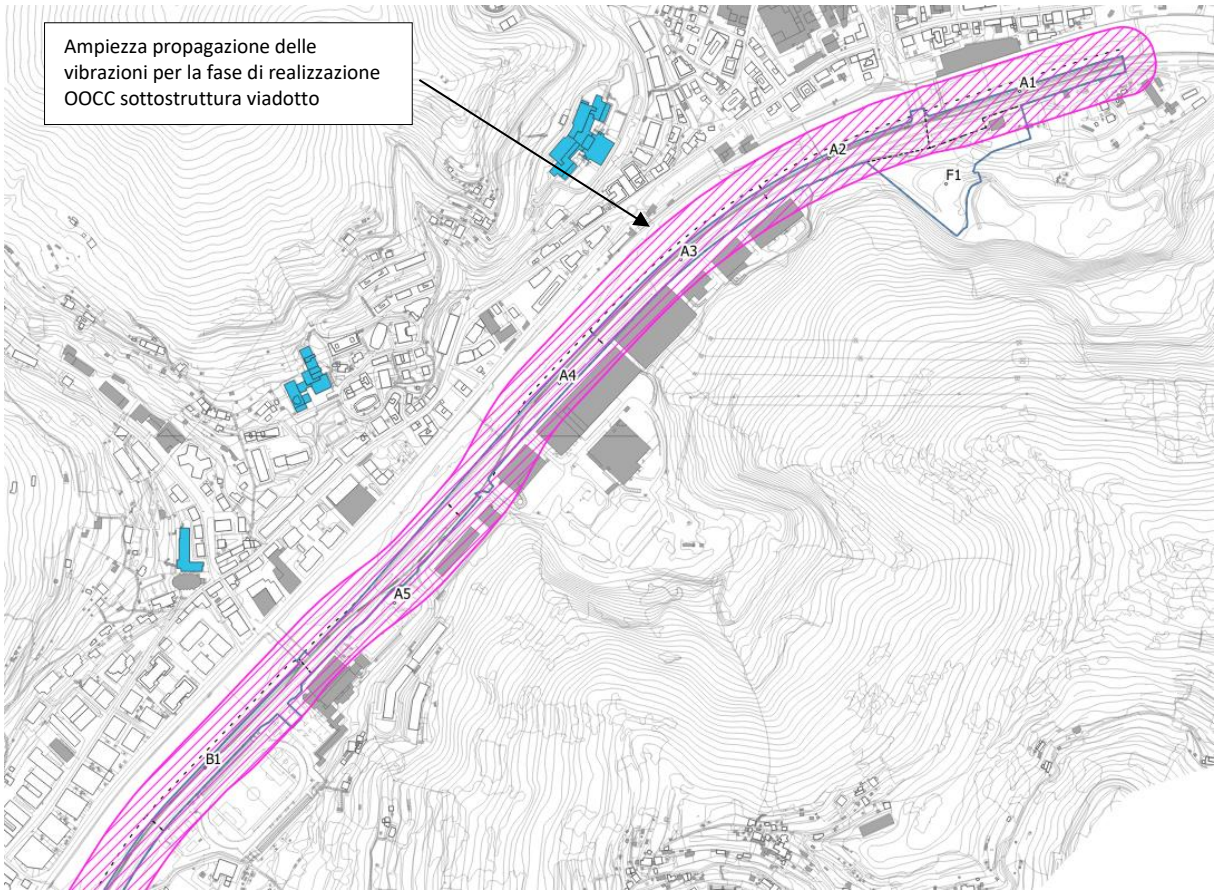


Figura 127. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio E

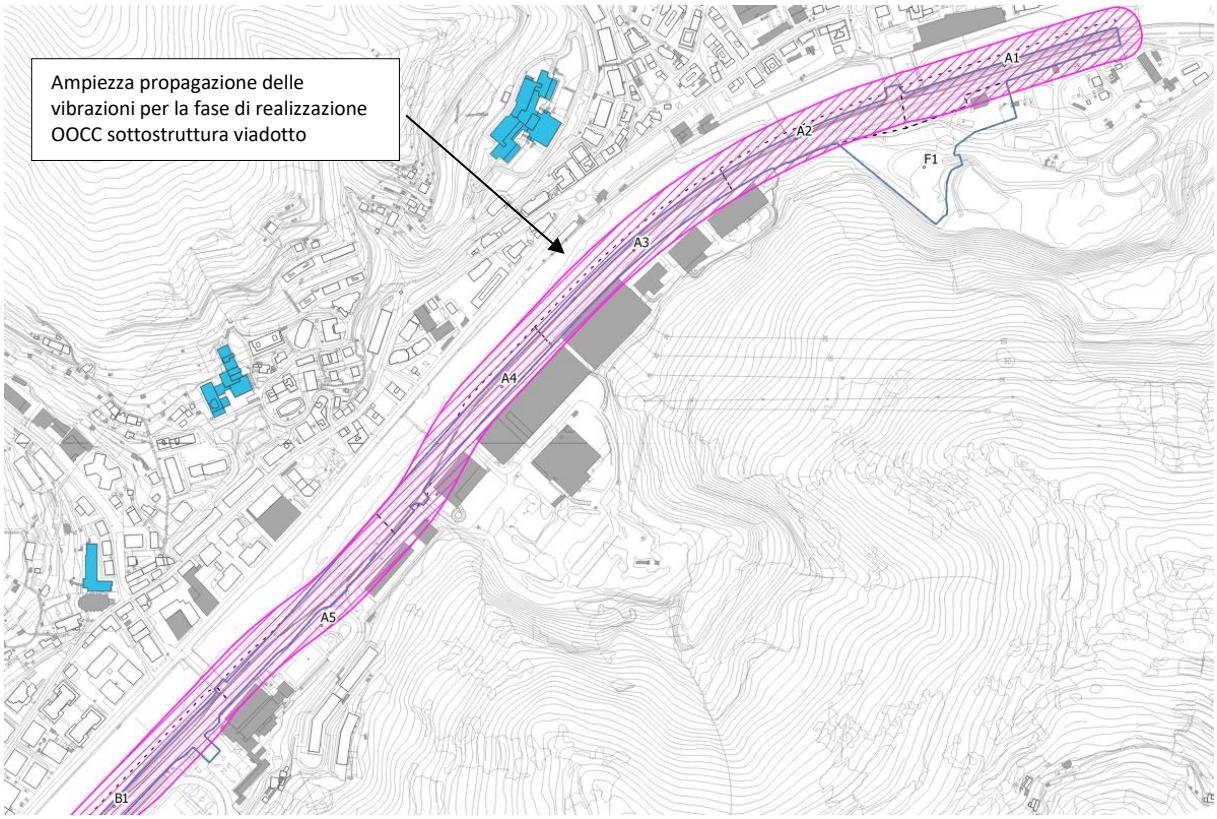


Figura 128. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 1 – OOCC sottostruttura viadotto – stralcio F

Considerata la particolare localizzazione dell'opera e delle lavorazioni, inserite in un contesto urbanizzato e considerata la prossimità di edifici alle aree di lavoro, si riscontra la possibilità del verificarsi di superamenti del limite diurno (7.2 mm/s2) per diversi ricettori residenziali e 5 ricettori sensibili.

In particolare, lo scenario valutato risulta il maggiormente impattante in termini di disturbo vibrazionale, per le lavorazioni di realizzazione delle sottostrutture del viadotto, infatti, si stima un'ampiezza della propagazione delle vibrazioni di 45 m dalle aree di lavoro. Si precisa che il possibile impatto sarà concomitante alla fase di lavorazione in prossimità del ricettore e avrà un orizzonte temporale limitato.

6.3.2.5.2 Scenario 2 – OOCC linea

Scenario	Lavorazione	Aree di cantiere
Scenario 2	OOCC linea	A1 - A2 - C1 - C2 - A3 - A4 - C3 - C4 - E1 - A5 - B1 - C5 - D1 - E1 - B2 - B3 - D2 - D3 - B4 - B5 - D4 - D5

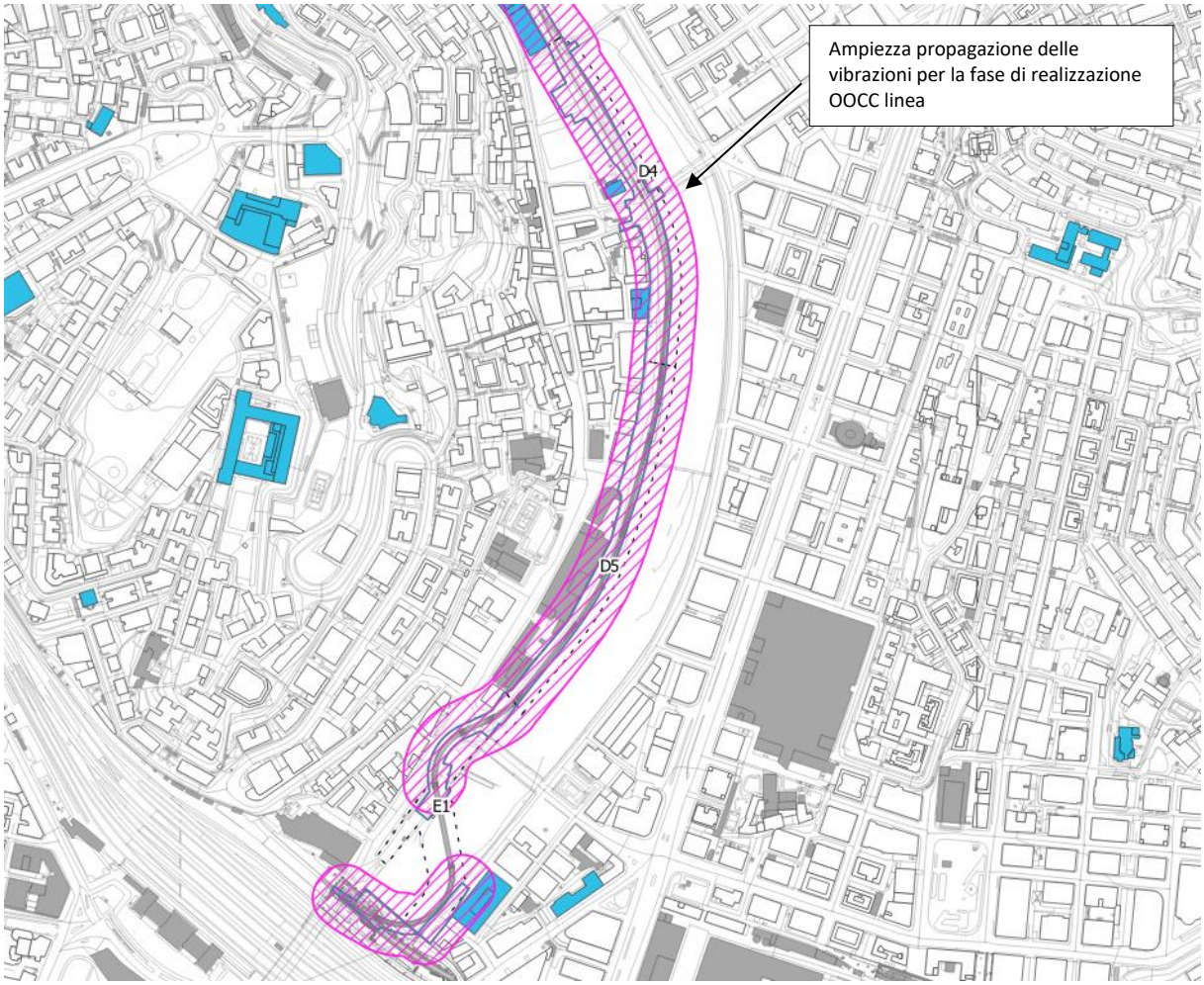


Figura 129. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio A

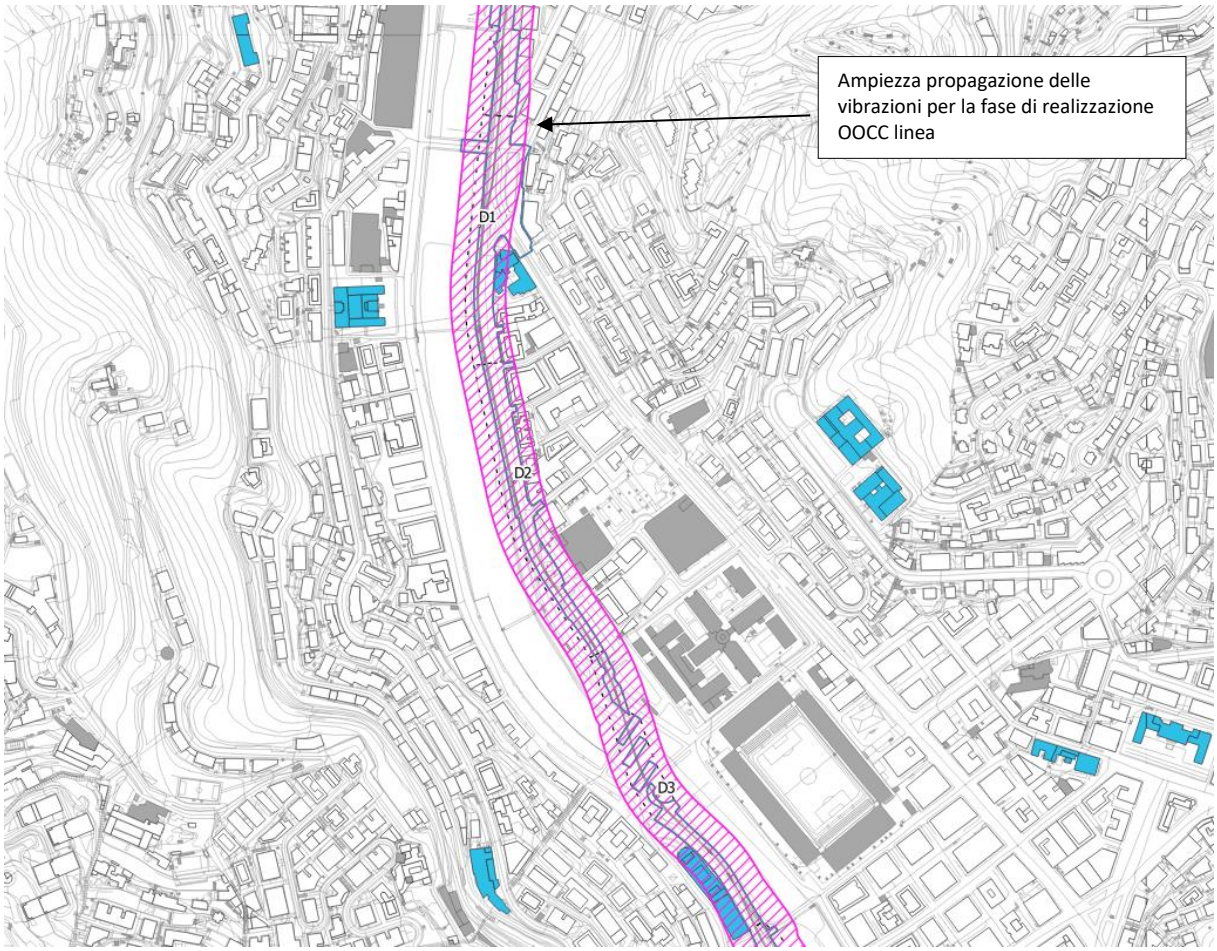


Figura 130. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio B

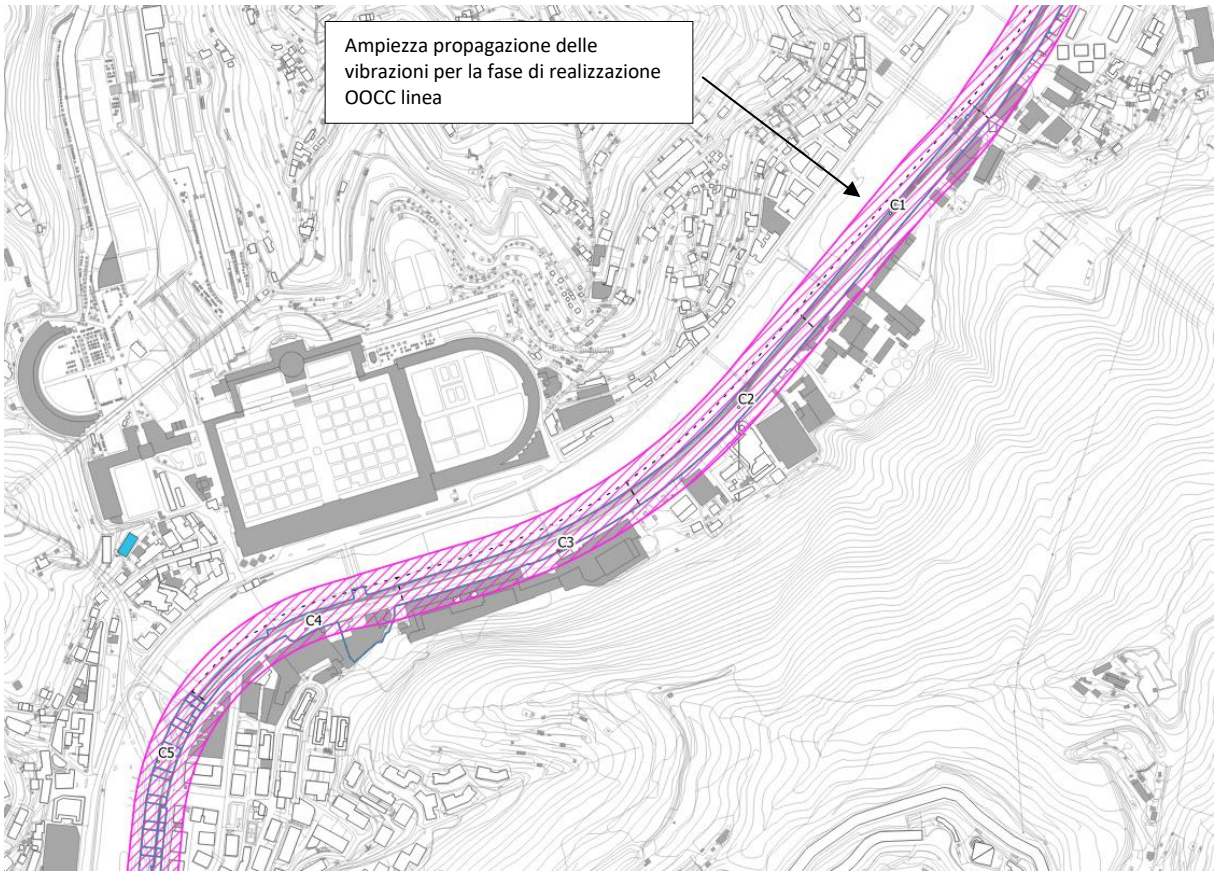


Figura 131. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio C

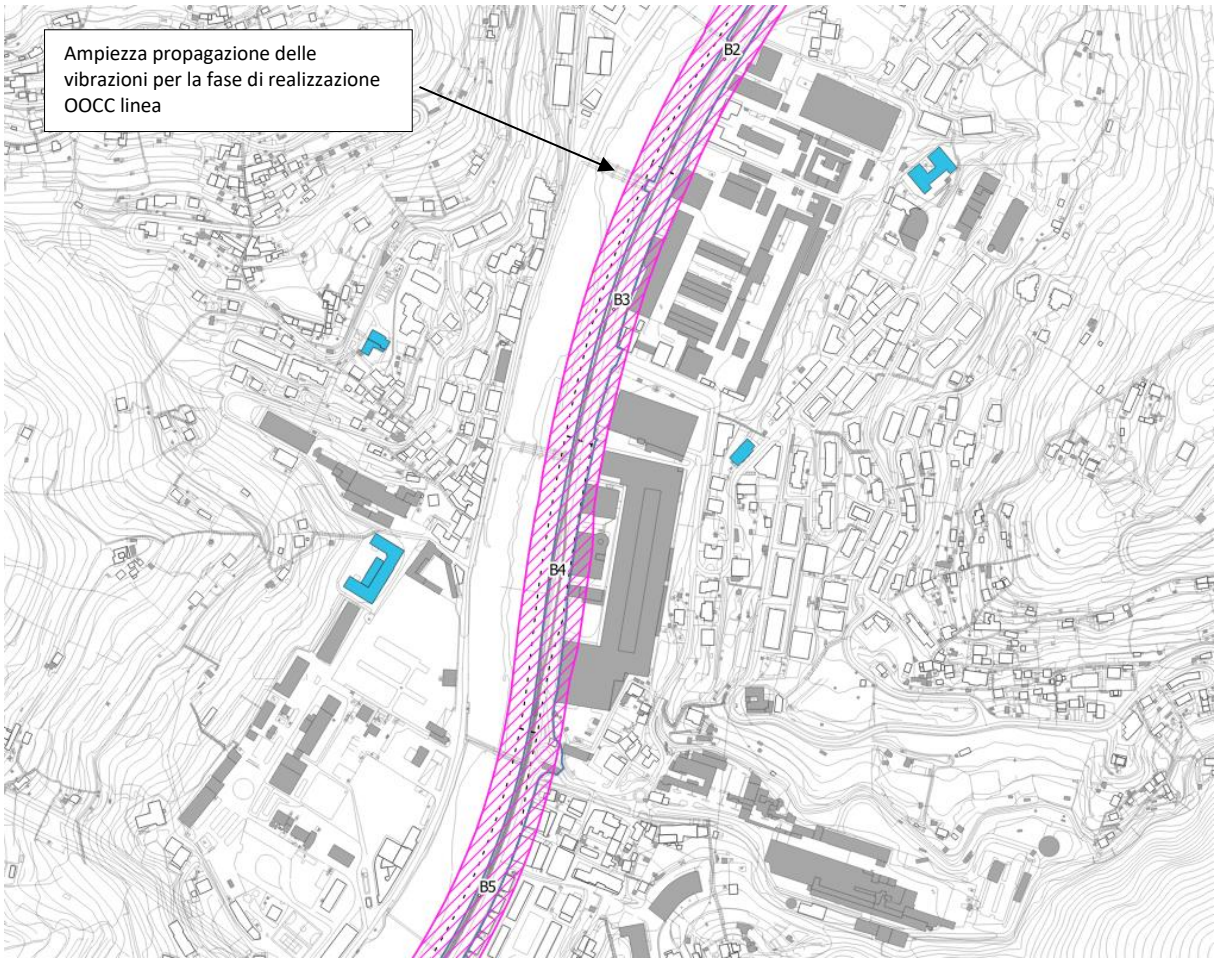


Figura 132. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio D

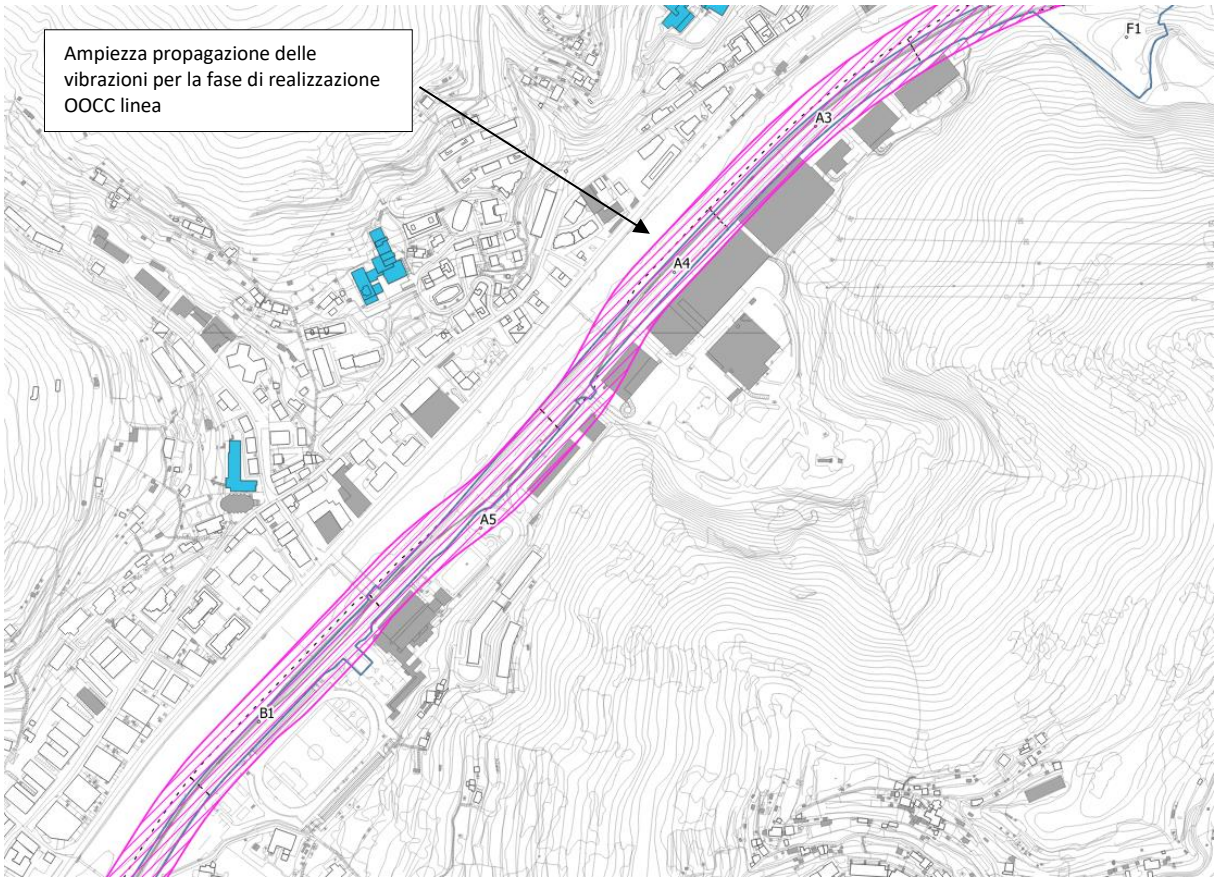


Figura 133. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio E

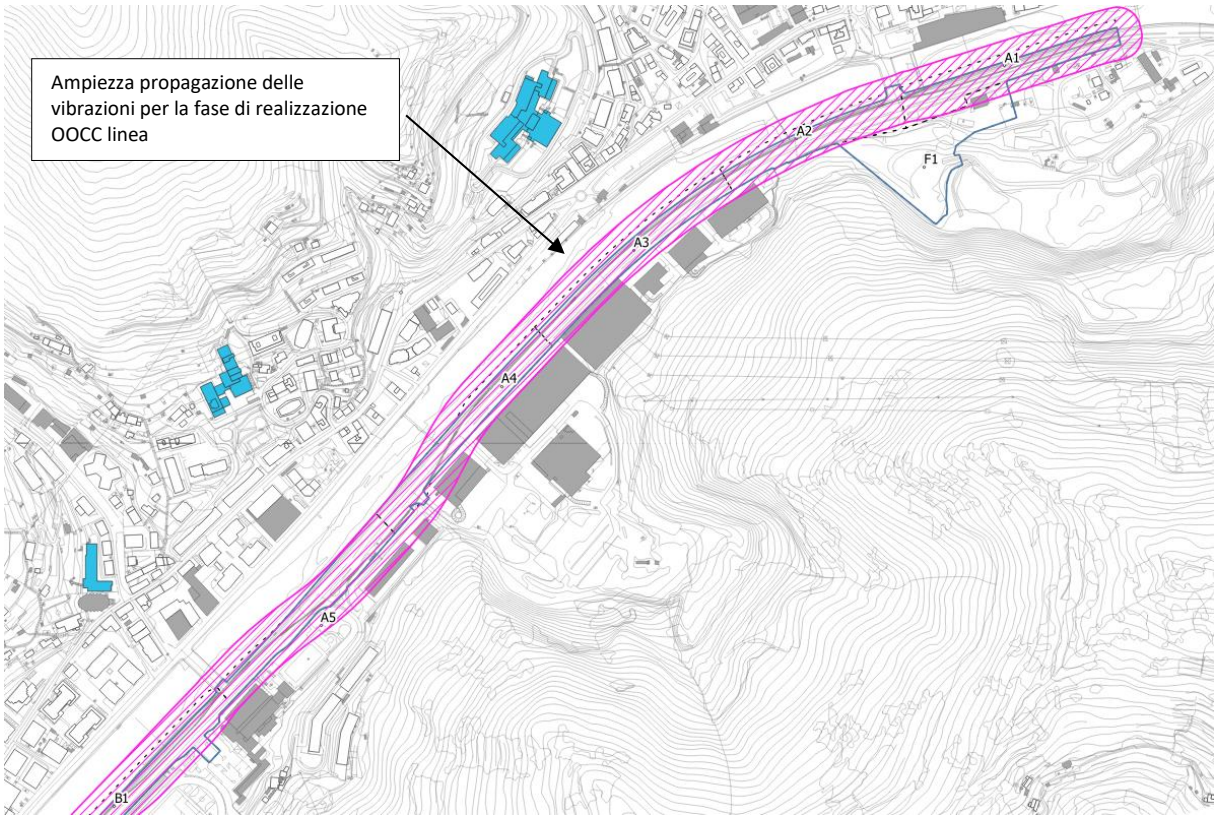


Figura 134. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 2 – OOCC linea – stralcio F

Similmente allo scenario precedente considerata la particolare localizzazione dell'opera e delle lavorazioni, inserite in un contesto urbanizzato e considerata la prossimità di edifici alle aree di lavoro, si riscontra la possibilità del verificarsi di superamenti del limite diurno (7.2 mm/s2) per diversi ricettori residenziali e 5 ricettori sensibili.

Per le lavorazioni di realizzazione delle opere civili di linea si stima un'ampiezza della propagazione delle vibrazioni di 30 m dalle aree di lavoro. Si precisa che il possibile impatto sarà concomitante alla fase di lavorazione in prossimità del ricettore e avrà un orizzonte temporale limitato.

6.3.2.5.3 Scenario 3 – OOCC linea

Scenario	Lavorazione	Aree di cantiere
Scenario 3	OOCC Stazioni	Stazioni

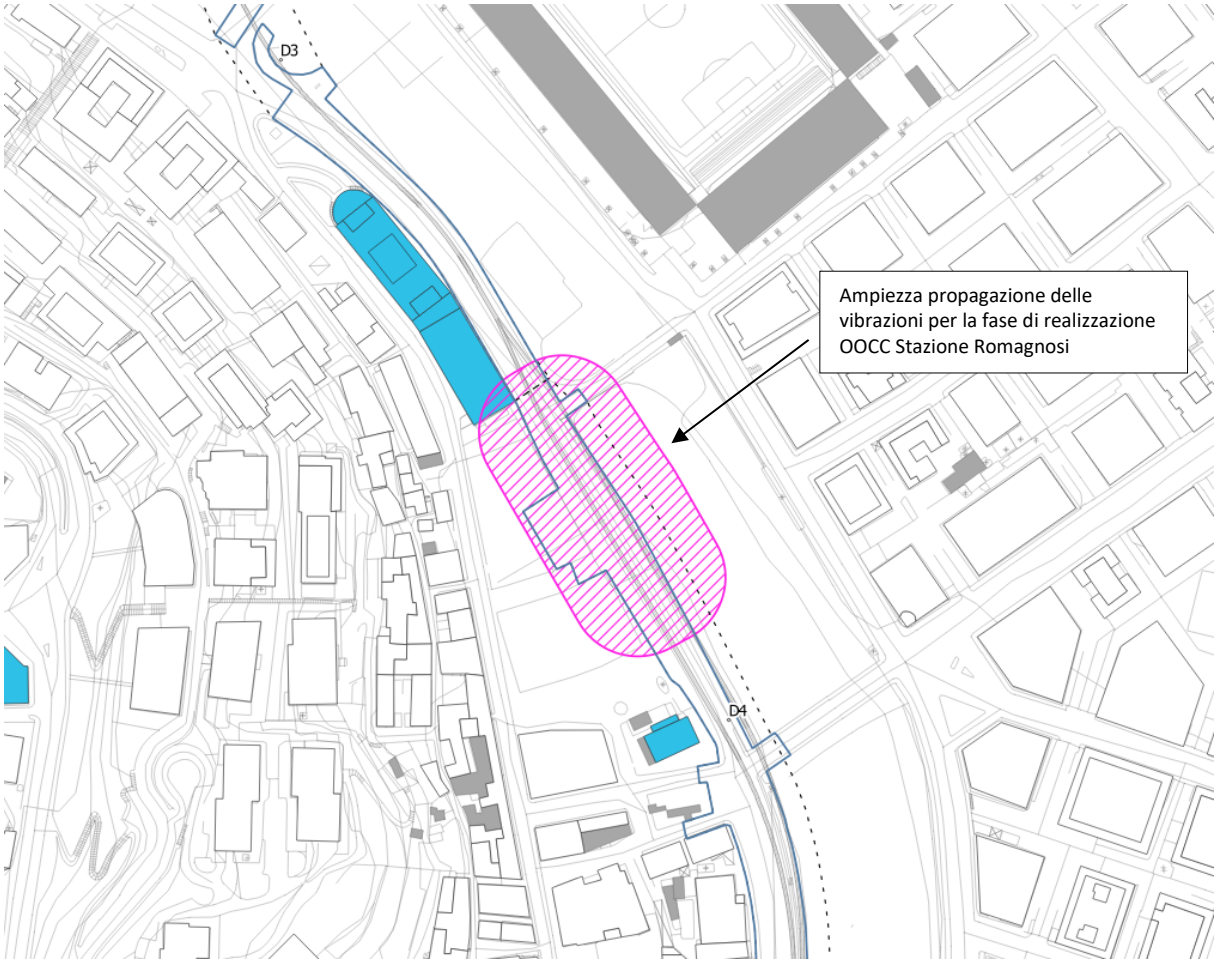


Figura 135. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC stazioni – stralcio A

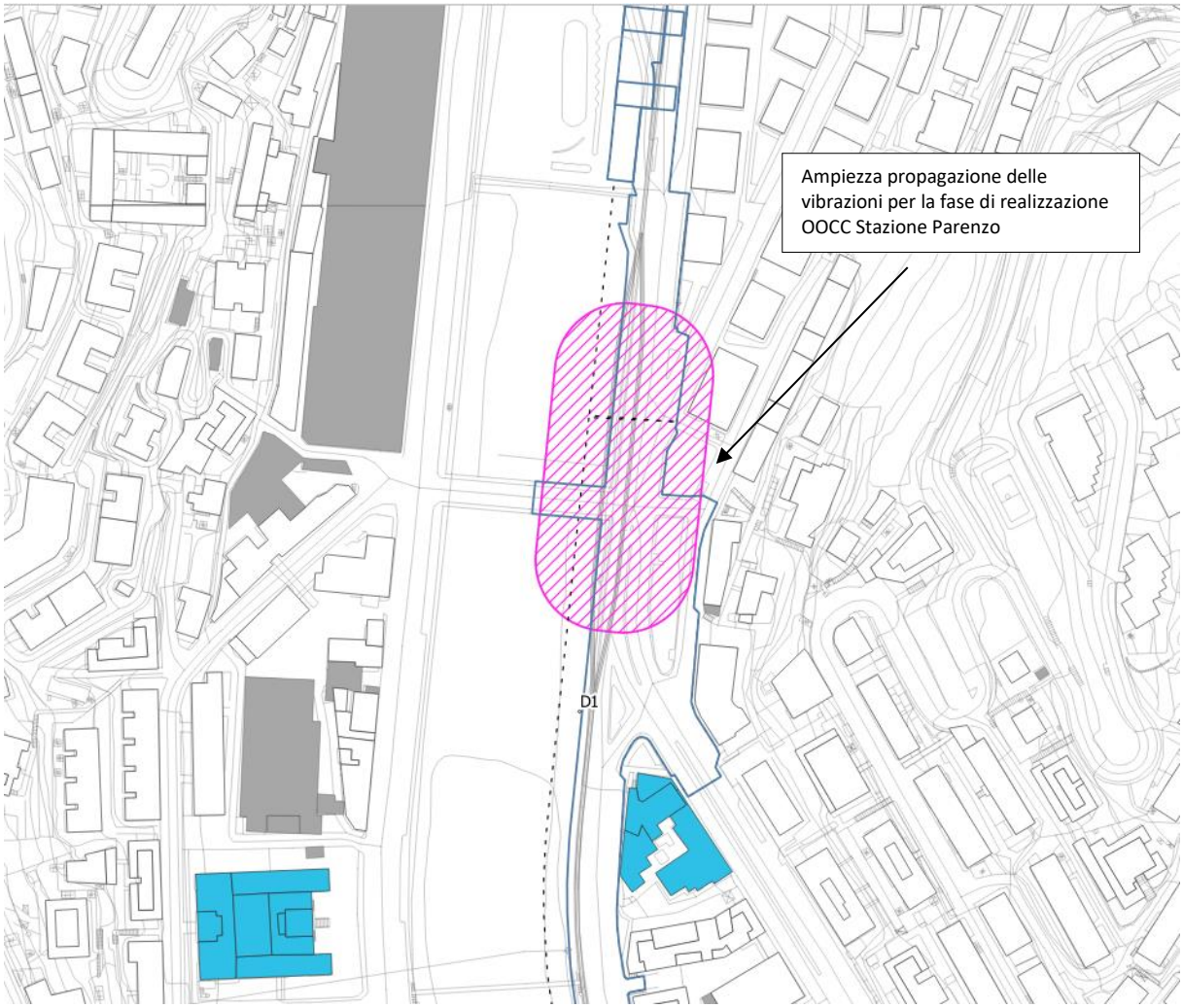


Figura 136. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC stazioni – stralcio B

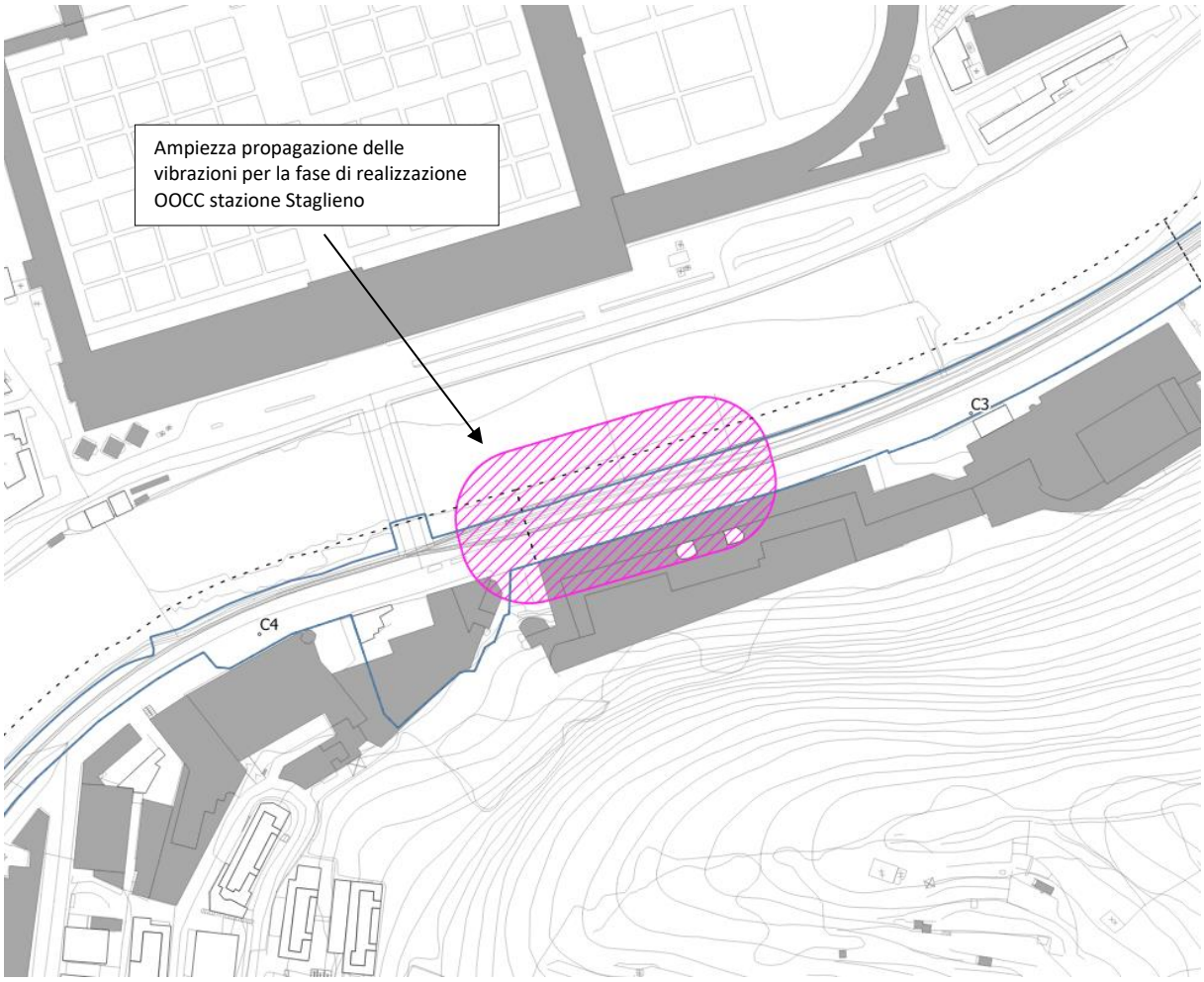


Figura 137. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC Stazioni – stralcio C

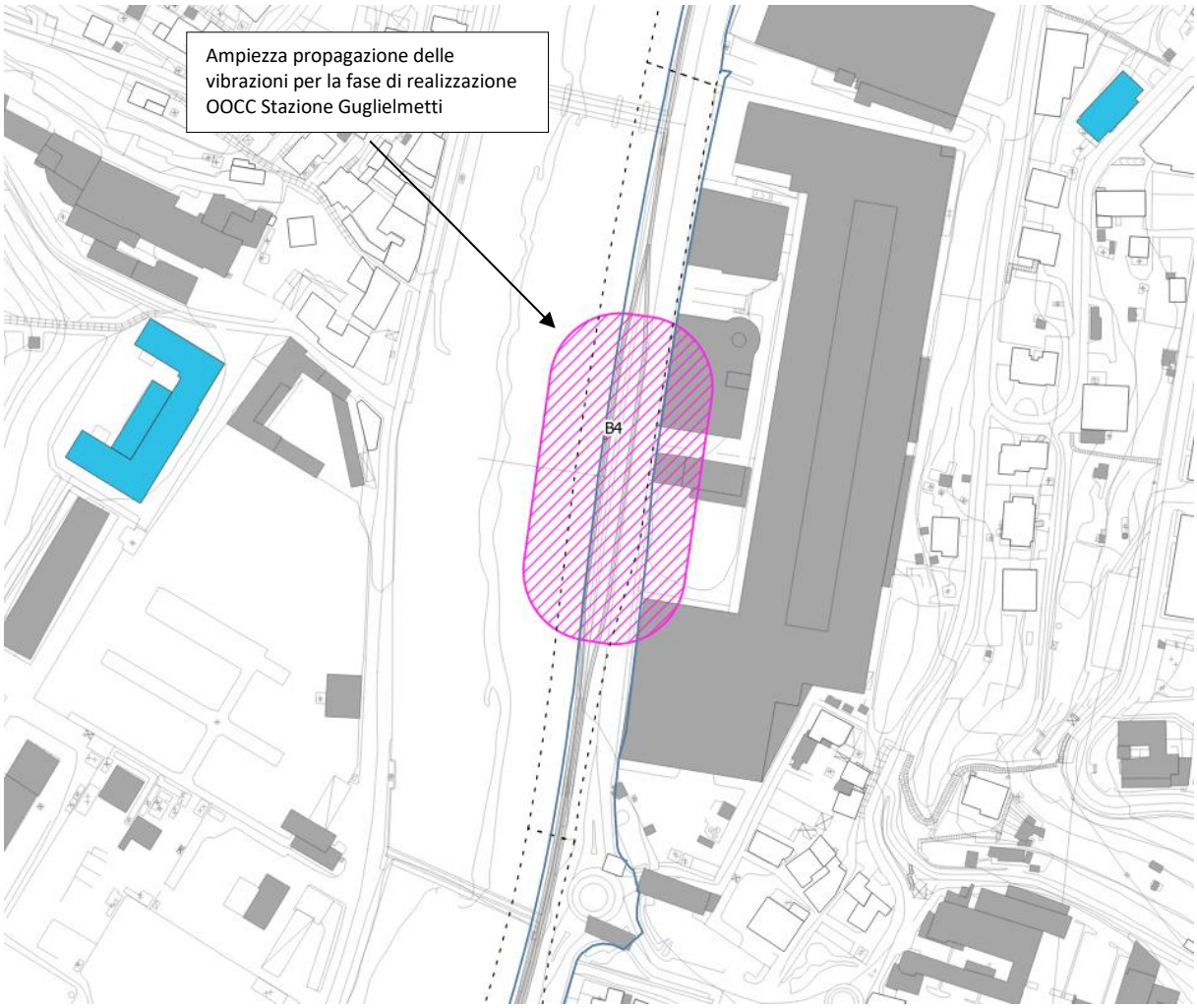


Figura 138. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC Stazioni – stralcio D

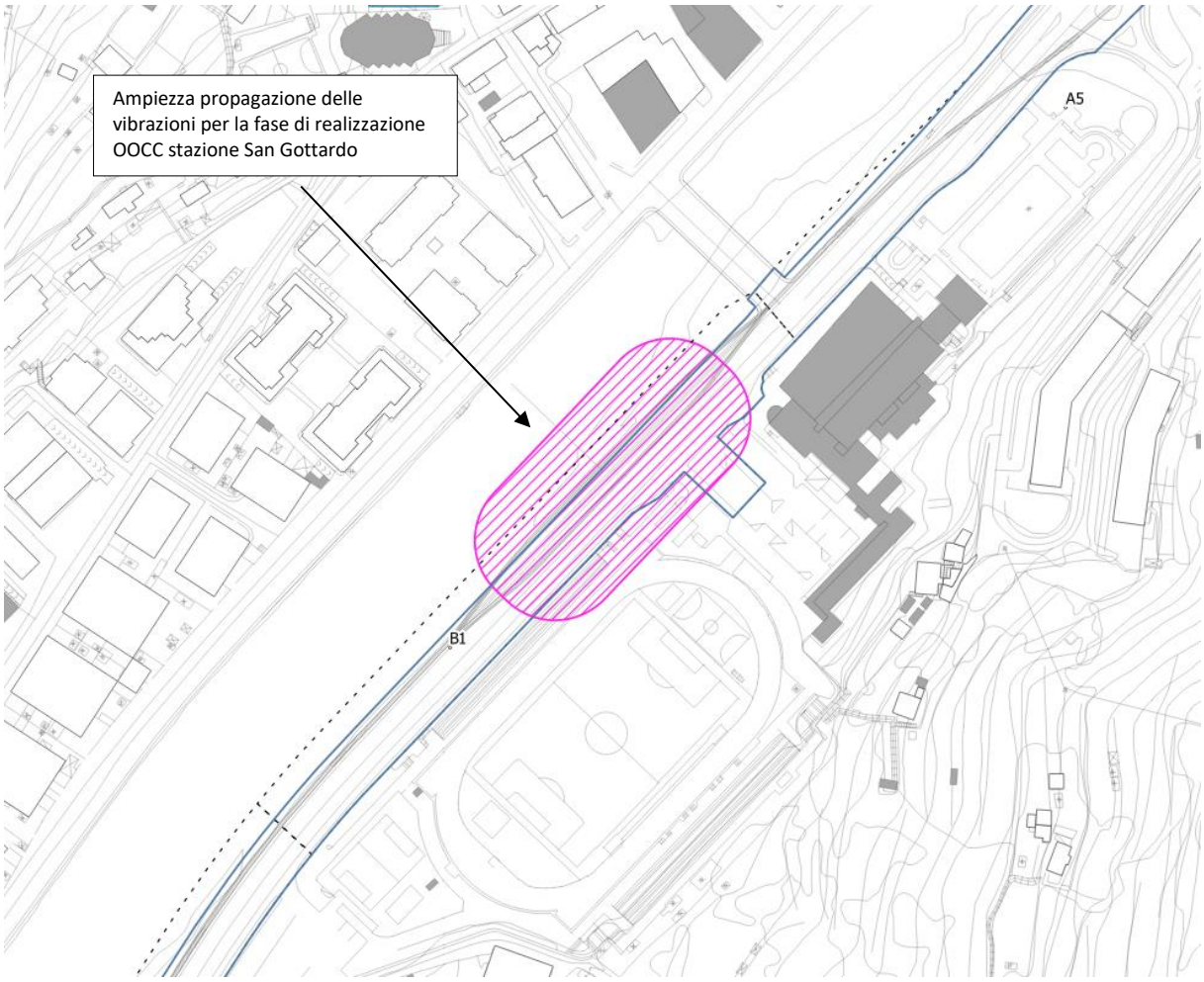


Figura 139. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC stazioni – stralcio E

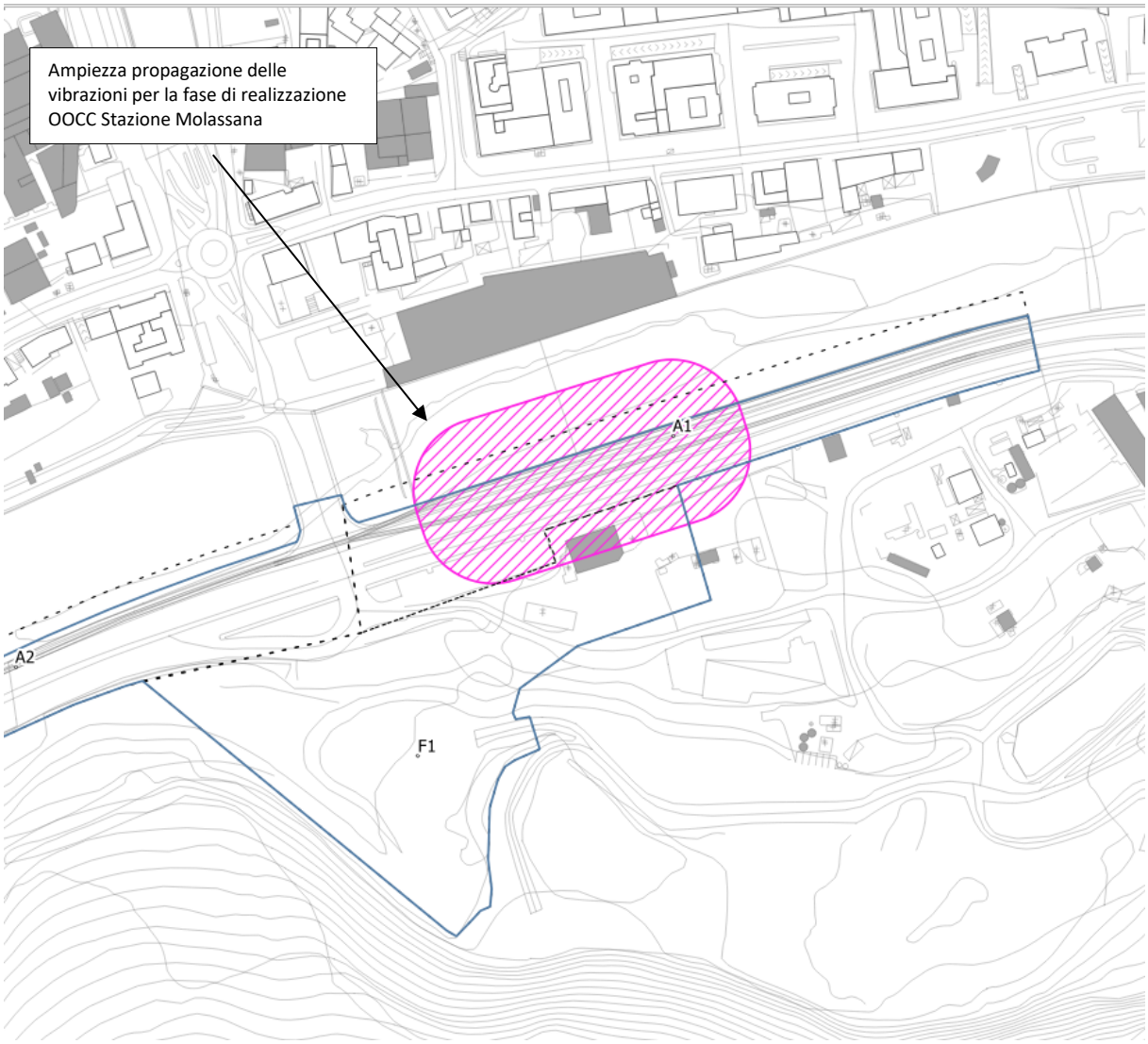


Figura 140. stralcio area di lavoro per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti il limite diurno (7.2 mm/s2) interna agli edifici ad uso abitativo (area evidenziata) – periodo diurno - Scenario 3 – OOCC linea – stralcio F

Considerata la particolare localizzazione dell'opera e delle lavorazioni, inserite in un contesto urbanizzato e considerata la prossimità di edifici alle aree di lavoro, si riscontra la possibilità del verificarsi di superamenti del limite diurno (7.2 mm/s2) per un ricettore residenziale e un ricettore sensibile.

Per le lavorazioni di realizzazione delle opere civili delle stazioni si stima un'ampiezza della propagazione delle vibrazioni di 30 m dalle aree di lavoro. Si precisa che il possibile impatto sarà concomitante alla fase di lavorazione in prossimità del ricettore e avrà un orizzonte temporale limitato alla conclusione delle opere.

6.3.2.6 Conclusioni

Per lo scenario di Corso D'Opera è stata applicata la metodologia del "Worst Case Scenario". Questo permette di valutare le condizioni di esposizione alle vibrazioni indotte dalle attività di cantiere e di verificare il rispetto dei limiti della norma UNI 9614:2017 nelle condizioni operative più gravose sul territorio, che nel caso positivo, permettono di accertare una condizione di rispetto anche nelle situazioni meno critiche.

Nel modello è stato quindi imputato il layout delle diverse aree di lavorazione ritenute più impattanti nei confronti dei ricettori presenti nell'area.

Per ciascuna macro-fase di lavoro è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta delle lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione. In tal senso le fasi simulate tengono conto della presenza di ricettori della tipologia di lavorazioni previste e della contemporaneità delle stesse. In virtù di quanto detto gli scenari assunti nelle simulazioni previsionali delle vibrazioni sono:

- Scenario 1 – OOCC sottostrutture viadotto
- Scenario 2 – OOCC linea
- Scenario 2 – OOCC stazioni

Per quanto concerne le sorgenti di vibrazioni caratterizzanti le aree di cantiere, l'analisi consiste nella verifica dei livelli previsti dalla norma UNI 9614:2017, in relazione alla destinazione d'uso del ricettore. La verifica dei livelli di emissione è stata effettuata considerando il vettore sorgente indotto dai macchinari utilizzati per le lavorazioni.

Le sorgenti emissive presenti all'interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all'interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale e posizionate lungo il perimetro dell'area di lavoro in modo da stimare cautelativamente la distanza minima da ogni ricettore.

Dai risultati ottenuti e riportati in precedenza, si evince come possano sussistano condizioni di superamento dei limiti individuati dalla UNI 9614:2017 per diversi ricettori residenziali situati nell'area limitrofa alle lavorazioni connesse alla realizzazione della sottostruttura viadotto e alla realizzazione delle opere civili lungo linea.

In termini di disturbo alle persone va evidenziato come in generale tutte le lavorazioni che danno origine a vibrazioni e che potrebbero arrecare disturbo ai residenti, prossimi alle aree di lavoro, si svolgono principalmente in orario diurno.

In termini di severità, l'impatto atteso si estenderà alla sola limitata durata dei lavori e sarà, quindi, limitato nel tempo. L'ambito nel quale si colloca il progetto, considerando la presenza di alcuni ricettori a distanza ravvicinata rispetto alle aree di cantiere, risulta particolarmente sensibile al fenomeno.

Pertanto, al fine di ridurre il contributo vibrazionale dovuto ai mezzi coinvolti nelle lavorazioni di cantiere risulterà necessario attuare una serie di procedure operative per limitare gli impatti e possibilmente predisporre inoltre un sistema di monitoraggio vibrazionale da attuarsi in corrispondenza delle aree limitrofe abitative per le quali sono risultate criticità. Le Autorità competenti

saranno tempestivamente coinvolte al fine di concordare la corretta metodologia di monitoraggio in corso d'opera e la risoluzione di eventuali criticità.

6.3.3 Misure di prevenzione e mitigazione

Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari, è necessario agire sulle modalità di utilizzo dei medesimi, sulla loro tipologia e adottare semplici accorgimenti, p.es. quali quelli di tenere gli autocarri in stazionamento a motore acceso il più possibile lontano dai ricettori.

Le misure di dettaglio potrebbero essere definite sulle caratteristiche dei macchinari impiegati e su apposite procedure di condotta delle lavorazioni. In linea indicativa, potrebbero essere osservate le seguenti indicazioni:

- rispettare la norma di riferimento ISO 2631 con i livelli massimi ammissibili delle vibrazioni sulle persone;
- contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari agendo sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia;
- definire le misure di dettaglio di riduzione delle vibrazioni basandosi sulle caratteristiche dei macchinari effettivamente impiegati;
- posizionare impianti fissi lontano dai ricettori, in particolare se presenti di sensibili;
- mantenere la buona cura delle aree di cantiere, come conservare in buono stato le strade di cantiere ed eliminare avvallamenti o buche.
- per i ricettori sensibili eventualmente interessati, dove presumibilmente le attività legate alle lavorazioni più impattanti saranno incompatibili con la fruizione del ricettore, dovranno essere attuare procedure operative che consentano di evitare lavorazioni impattanti negli orari e nei tempi di utilizzo dei ricettori e nel periodo di riposo degli occupanti.
- nei casi in cui non sia possibile mantenere entro i limiti i livelli vibrazionali, pur avendo messo in atto tutte le pratiche al fine di ridurle e solo per attività temporanee, si ricorrerà alla stesura del "Piano di Gestione dell'Impatto Vibrazionale di Cantiere" di dettaglio. Il piano potrà prevedere una sorveglianza attiva dell'immissione delle vibrazioni al fine di valutare l'efficacia delle misure di mitigazione del cantiere ed eventualmente intervenire sul ciclo di lavoro. Inoltre, potrà essere prevista una adeguata campagna di informazione ai ricettori che saranno interessati da livelli vibrazionali eccedenti i limiti indicati dalla UNI 9614 al fine di informarli sul possibile disturbo.

6.4 Aria e Clima

Di seguito si riporta la valutazione dell'impatto potenziale sulla qualità dell'aria delle attività legate alla fase di cantierizzazione del progetto in oggetto, contenente la descrizione della metodologia di analisi e la quantificazione e stima degli impatti sia delle attività interne ai cantieri quali la movimentazione delle terre, gli scavi, etc. che delle macchine operatrici.

Lo studio atmosferico condotto ha lo scopo di:

- evidenziare le potenziali interferenze che le attività di cantiere possono causare sulla componente atmosfera nelle aree limitrofe alle aree interessate direttamente dai lavori previsti;
- fornire delle informazioni aggiornate relative alla caratterizzazione meteo-climatica ed allo stato della qualità dell'aria delle aree di intervento;
- verificare l'entità degli impatti atmosferici correlati alle attività di cantiere (lavorazioni, movimentazione terre, traffico indotto), definirne le condizioni di conformità rispetto alle indicazioni fornite dalla vigente normativa in materia di qualità dell'aria e definire eventuali necessità di mitigazione e contenimento di detti impatti.

Di seguito vengono presentate le ipotesi, i dati di input ed i risultati delle simulazioni numeriche effettuate attraverso il codice di calcolo afferente al sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM, inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli, come nel seguito dettagliato, è composto da tre componenti: il preprocessore meteorologico CALMET, il modello di dispersione CALPUFF e il postprocessore CALPOST.

Gli argomenti trattati sono i seguenti:

- caratterizzazione meteoclimatica dell'area in studio tramite l'acquisizione e l'analisi dei dati esistenti (stazioni meteorologiche, campagne di indagini);
- analisi degli impatti generati dalle attività di cantiere sulla qualità dell'aria, condotta tramite l'applicazione di metodologie basate sull'utilizzo di modelli di simulazione previsionali.

Nei paragrafi successivi si riporta:

- Inquadramento normativo;
- Inquadramento meteorologico a scala regionale;
- Inquadramento meteorologico a scala locale attraverso i dati meteorologici riferiti alle aree oggetto degli interventi;
- Descrizione del modello di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM utilizzato per le simulazioni;
- Descrizione dell'approccio metodologico utilizzato;
- Studio, attraverso l'utilizzo di un modello matematico, della dispersione degli inquinanti generati dalle attività di cantiere.

6.4.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

L'atmosfera ricopre un ruolo centrale nella protezione dell'ambiente che deve passare attraverso una conoscenza approfondita e definita in un dominio spazio-temporale, da un lato delle condizioni fisico-chimiche dell'aria e delle sue dinamiche di tipo meteorologico, dall'altro delle emissioni di inquinanti in atmosfera di origine antropica e naturale.

La conoscenza dei principali processi responsabili dei livelli di inquinamento è un elemento indispensabile per definire le politiche da attuare in questo settore. In tal senso uno degli strumenti

conoscitivi principali è quello di avere e mantenere un sistema di rilevamento completo, affidabile e rappresentativo.

La valutazione della qualità dell'aria viene effettuata mediante la verifica del rispetto dei valori limite degli inquinanti, ma anche attraverso la conoscenza delle sorgenti di emissione e della loro dislocazione sul territorio, tenendo conto dell'orografia, delle condizioni meteoclimatiche, della distribuzione della popolazione, degli insediamenti produttivi. La valutazione della distribuzione spaziale delle fonti di pressione fornisce elementi utili ai fini dell'individuazione delle zone del territorio regionale con regime di qualità dell'aria omogeneo per stato e pressione.

6.4.2 Inquadramento normativo e limiti di legge

Il quadro normativo di riferimento per l'inquinamento atmosferico si compone di:

- D. Lgs. 351/99: recepisce ed attua la Direttiva 96/69/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria. In particolare, definisce e riordina un glossario di definizioni chiave che devono supportare l'intero sistema di gestione della qualità dell'aria, quali ad esempio valore limite, valore obiettivo, margine di tolleranza, zona, agglomerato etc;
- D.M. 261/02: introduce lo strumento dei Piani di Risanamento della Qualità dell'Aria, come metodi di valutazione e gestione della qualità dell'aria: in esso vengono spiegate le modalità tecniche per arrivare alla zonizzazione del territorio, le attività necessarie per la valutazione preliminare della qualità dell'aria, i contenuti dei Piani di risanamento, azione, mantenimento;
- D. Lgs. 152/2006, recante "Norme in materia ambientale", Parte V, come modificata dal D. Lgs. n. 128 del 2010.
  Allegato V alla Parte V del D. Lgs. 152/2006, intitolato "Polveri e sostanze organiche liquide". Più specificamente: Parte I "Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico, scarico o stoccaggio di materiali polverulenti".
- D. Lgs. 155/2010: recepisce ed attua la Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa ed abroga integralmente il D.M. 60/2002 che definiva per gli inquinanti normati (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, le polveri, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio) i valori limite ed i margini di tolleranza.
- D.Lgs n. 250/2012. Il nuovo provvedimento non altera la disciplina sostanziale del decreto 155 ma cerca di colmare delle carenze normative o correggere delle disposizioni che sono risultate particolarmente problematiche nel corso della loro applicazione

A livello nazionale il D. Lgs. 155/2010 conferma in gran parte quanto stabilito dal D.M. 60/2002, e ad esso aggiunge nuove definizioni e nuovi obiettivi, tra cui:

- valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM10, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;

- soglie di allarme per biossido di zolfo e biossido di azoto, ossia la concentrazione atmosferica oltre, la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunta la quale si deve immediatamente intervenire;
- valore limite, valore obiettivo, obbligo di concentrazione dell'esposizione ed obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM2,5;
- valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

Il D.Lgs.155/2010 è stato aggiornato dal Decreto Legislativo n. 250/2012 (in vigore dal febbraio 2013) che ha fissato il margine di tolleranza (MDT) da applicare, ogni anno, al valore limite annuale per il PM2.5. Nella tabella seguente si riportano i valori limite per la qualità dell'aria vigenti e fissati dal D. Lgs. 155/2010 (esposizione acuta ed esposizione cronica).

VALORI DI RIFERIMENTO PER LA VALUTAZIONE DELLA QA SECONDO IL D.LGS. 155/10, MODIFICATO DAL D.LGS 250/2012.			
Biossido di azoto NO2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/ m^3
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m^3
Ozono O3	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/ m^3
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120µg/ m^3
Biossido di Zolfo SO2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/ m^3
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/ m^3
Particolato Atmosferico PM10	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3
Benzene	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/ m^3

C6H6			
IPA come Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/ m^3
Metalli pesanti			
Arsenico	Valore limite annuale	Media annua	6 ng/ m^3
Cadmio	Valore limite annuale	Media annua	5 ng/ m^3
Nichel	Valore limite annuale	Media annua	20 ng/ m^3

6.4.3 Meteorologia della zona di sudio

In questo paragrafo, relativo alla caratterizzazione meteorologica dell'area allo studio, si riportano le elaborazioni dei dati meteorologici selezionati per la caratterizzazione del dominio di calcolo.

Le basi di dati meteorologiche disponibili sono costituite dai dati della ***Rete Mareografica Nazionale https://www.mareografico.it/*** e nello specifico della stazione di Genova.

La caratterizzazione meteorologica dell'area di cantiere è stata sviluppata utilizzando i dati disponibili riferiti all'anno 2022 della stazione situata presso l'acquario di Genova.

Di seguito si riportano la descrizione e l'elaborazione dei dati disponibili per l'anno 2022 per una caratterizzazione dell'area di studio.

Stazione GENOVA - SMR

La stazione fa parte della Rete Mareografica Nazionale ed è situata presso l'acquario.

Stazione meteorologica GENOVA

APPARTENENZA : Rete Mareografico Nazionale- APAT

LATITUDINE: 44° 24' 36.46''

LONGITUDINE: 08° 55' 31.86''

Localizzazione: Presso l'acquario

Altezza sul livello del mare : 10 m

Distanza da area di intervento: 12 km

Parametri misurati :

Temperatura dell'aria- - Velocità e Direzione del vento- Pressione Atmosferica- Umidità Relativa

Direzione e velocità del vento

Di seguito si riportano le tabelle e le figure che descrivono, su base annuale, il dettaglio del regime dei venti dell'area in esame per l'anno 2022.

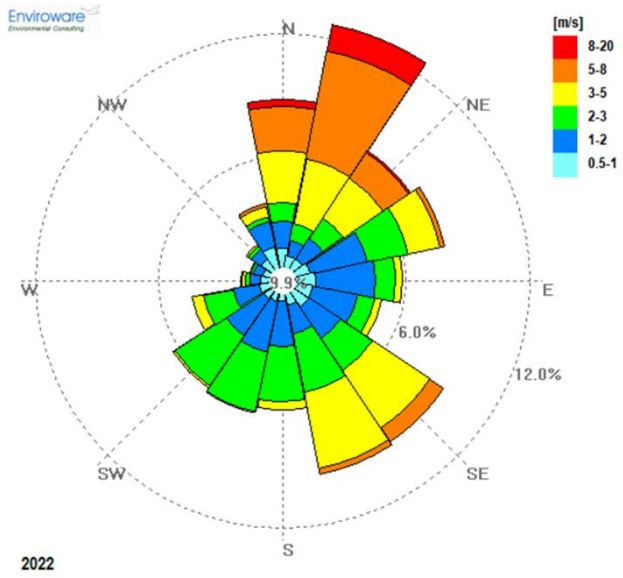


Figura 141. Rosa dei venti per l'anno 2022

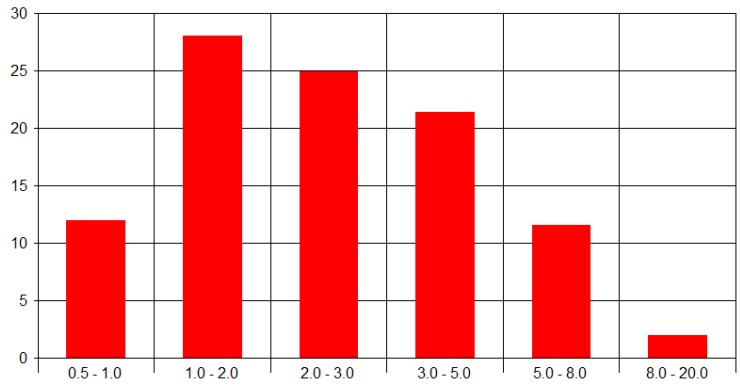


Figura 142. Frequenza di accadimento delle classi di velocità del vento per l'anno 2022

Dai dati di velocità e direzione del vento misurati dalla stazione e riportati nella rosa dei venti, si nota come le direzioni prevalente di provenienza dei venti siano NORD-NORD-EST con frequenza totale di circa 12%, e quella da SUD-EST e SUD-SUD-EST che conta circa 8.6% su base annuale. Le altre direzioni di provenienza del vento che concorrono agli accadimenti sono inferiori al 5%.

Figura 143. Velocità del vento – Statistiche per l'anno 2022

periodo	Max [m/s]	Media [m/s]	Min [m/s]
Gen	11.6	3.8	0.2
Feb	13.0	2.7	0.1
Mar	9.8	3.3	0.1
Apr	10.5	2.7	0.2
Mag	10.9	2.6	0.1
Giu	10.2	2.1	0.1
Lug	7.9	2.0	0.1
Ago	11.5	2.1	0.2
Set	10.6	2.4	0.2
Ott	7.2	2.1	0.1
Nov	12.4	3.4	0.2
Dic	11.2	3.1	0.2
Anno	13.0	2.6	0.1

Il mese più ventoso risulta il mese di febbraio con valori massimi orari del vento fino a 13 m/s e valore medio della velocità su base mensile di 2.7 m/s.

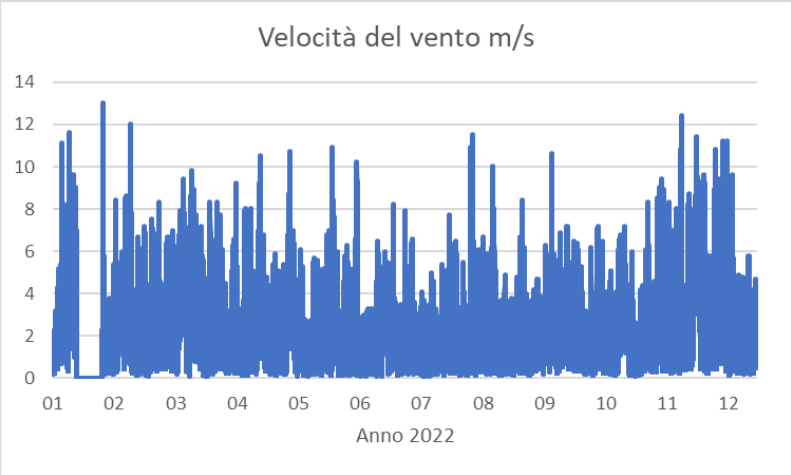


Figura 144. Serie temporale velocità del vento, anno 2022

Temperatura dell'aria

Per quanto riguarda la temperatura è possibile osservare che il mese con il valore minimo di temperatura è dicembre con 3.3 °C, mentre il mese più caldo è luglio con una temperatura massima di 34.3°C.

Tabella 21. Temperatura dell'aria per l'anno 2022

periodo	Max [°C]	Media [°C]	Min [°C]
gen	15.2	10.9	5.2
feb	18.2	11.7	4.6
mar	20.9	12.4	5.8
apr	24.0	14.6	6.0
mag	31.7	20.2	14.1
giu	32.5	25.1	19.8
lug	34.3	27.6	22.6
ago	33.0	26.8	20.0
set	30.0	23.0	16.5
ott	25.5	20.7	15.4
nov	21.1	15.0	7.6
dic	17.1	11.3	3.3
Anno	34.3	18.7	3.3

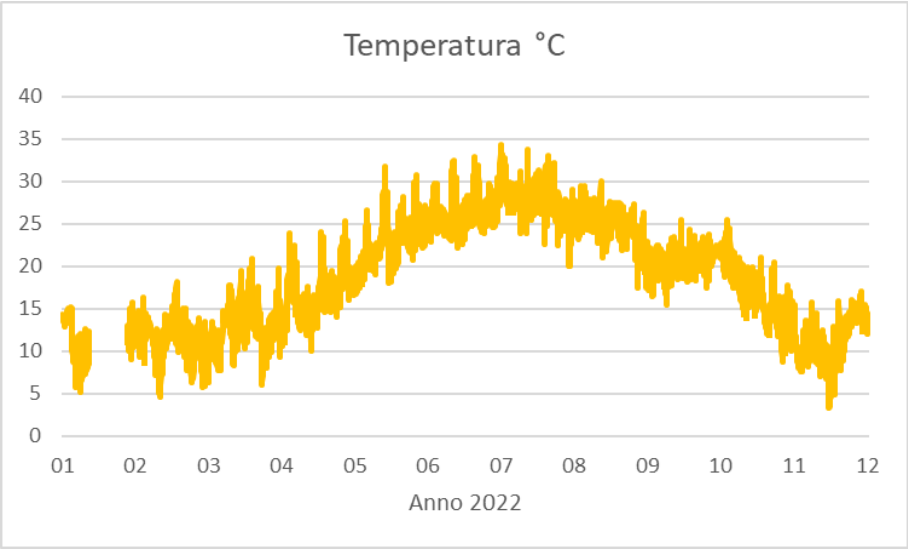


Figura 145. Serie temporale della temperatura dell'aria per l'anno 2022

Umidità relativa

L'umidità relativa media annua per l'anno considerato è pari al 64.6%. È possibile, inoltre, notare che l'umidità relativa massima, come media mensile, si registra nel mese di gennaio, (96%).

Tabella 22. Umidità relativa per l'anno 2022

periodo	Max [%]	Media [%]	Min [%]
gen	96.0	60.5	19.0
feb	94.0	63.4	14.0
mar	93.0	49.8	21.0
apr	87.0	62.4	17.0
mag	83.0	68.3	38.0
giu	82.0	65.2	20.0
lug	82.0	63.3	23.0
ago	84.0	62.7	34.0
set	85.0	64.5	20.0
ott	85.0	73.8	48.0

nov	86.0	65.9	32.0
dic	87.0	73.4	25.0
Anno	96.0	64.6	14.0

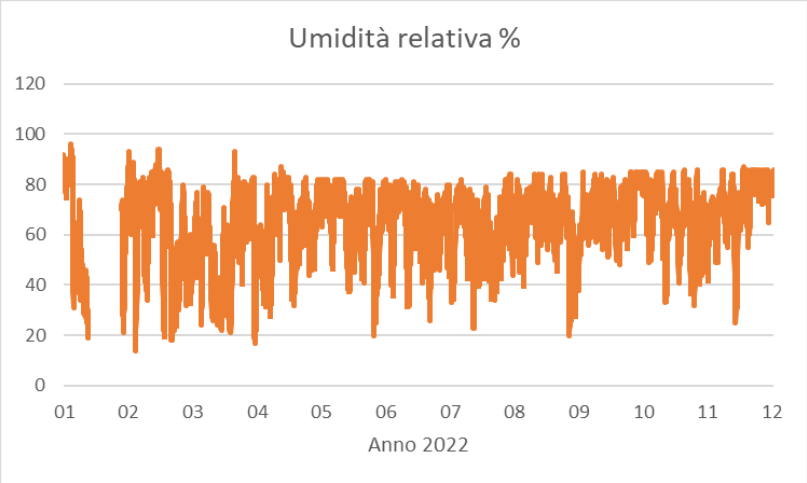


Figura 146. Serie temporale umidità relativa, anno 2022

Pressione atmosferica

La pressione atmosferica media annua relativa all'anno 2022 si è valutata di 1016.6 hPa. È possibile, inoltre, notare che la pressione atmosferica massima si registra nel mese di marzo (1036.1hPa) mentre il mese in cui si presenta il valore minimo di pressione atmosferica risulta aprile (989.5 hPa).

Tabella 23. Analisi della Pressione atmosferica [hPa] per l'anno 2022

periodo	Max [hPa]	Media [hPa]	Min [hPa]
gen	1035.0	1022.2	997.6
feb	1032.9	1020.0	1004.6
mar	1036.1	1022.8	990.3
apr	1023.9	1012.1	989.5
mag	1027.7	1016.5	1002.9
giu	1021.0	1014.5	1005.6
lug	1021.9	1015.6	1007.2

ago	1018.0	1012.6	1005.8
set	1022.3	1011.6	996.5
ott	1028.6	1021.2	1014.4
nov	1032.2	1014.6	990.5
dic	1033.1	1014.9	995.5
Anno	1036.1	1016.6	989.5

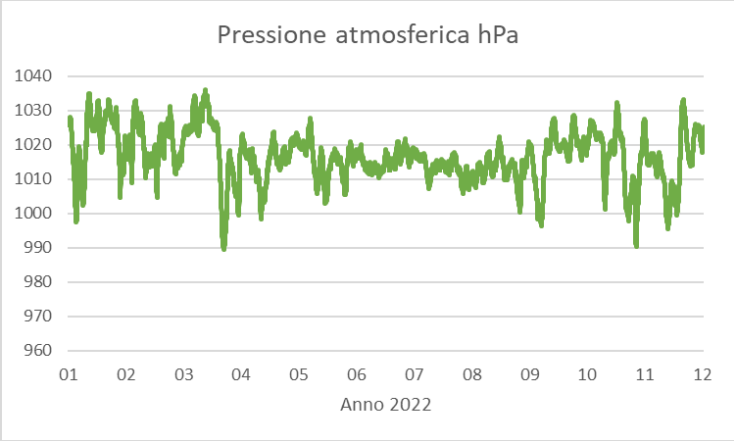


Figura 147. Serie temporale della pressione atmosferica per l'anno 2022

6.4.4 Stato di qualità dell'aria

6.4.4.1 Zonizzazione e classificazione del territorio per qualità dell'aria

La Regione Liguria ha delimitato il territorio regionale secondo tre differenti zonizzazioni, adottate con delibera della Giunta Regionale n.44 del 24 gennaio 2014

La zonizzazione che riguarda biossido di zolfo (SO2), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO2), benzene e particolato solido fine (PM10 e PM2,5) comprende 6 zone denominate: Agglomerato di Genova; Savonese - Bormida; Spezzino; Costa alta pressione antropica; Entroterra alta pressione antropica; Entroterra e costa bassa pressione antropica.

La zonizzazione che riguarda Ozono e BaP comprende due zone, ovvero: Agglomerato di Genova e il resto del territorio regionale.

La zonizzazione per i metalli (Pb, As, Cd, Ni) comprende tre zone, ovvero: Agglomerato di Genova; Savonese - Bormida - Spezzino; Costa ed Entroterra.

La classificazione delle zone è stata riesaminata ed aggiornata, con delibera della Giunta regionale n.190 del 12 marzo 2021, sulla base delle valutazioni annuali della qualità dell'aria degli anni 2015-2019.

Nelle seguenti figure la classificazione approvata con la nuova delibera del 2021.

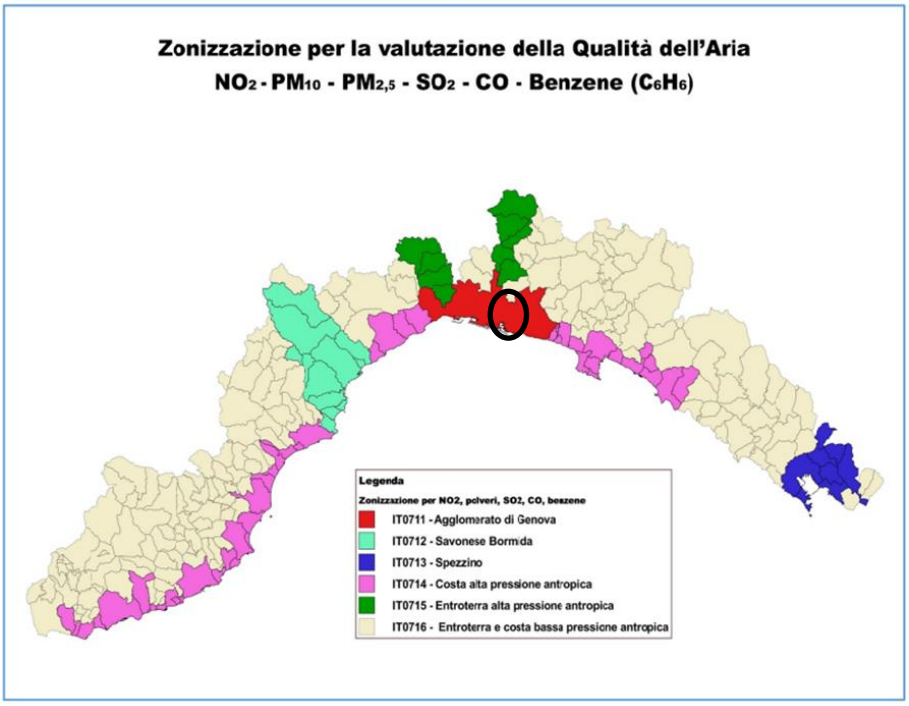


Figura 148. Zonizzazione per SO2, NO2, PM10, PM2,5, C6H6, CO

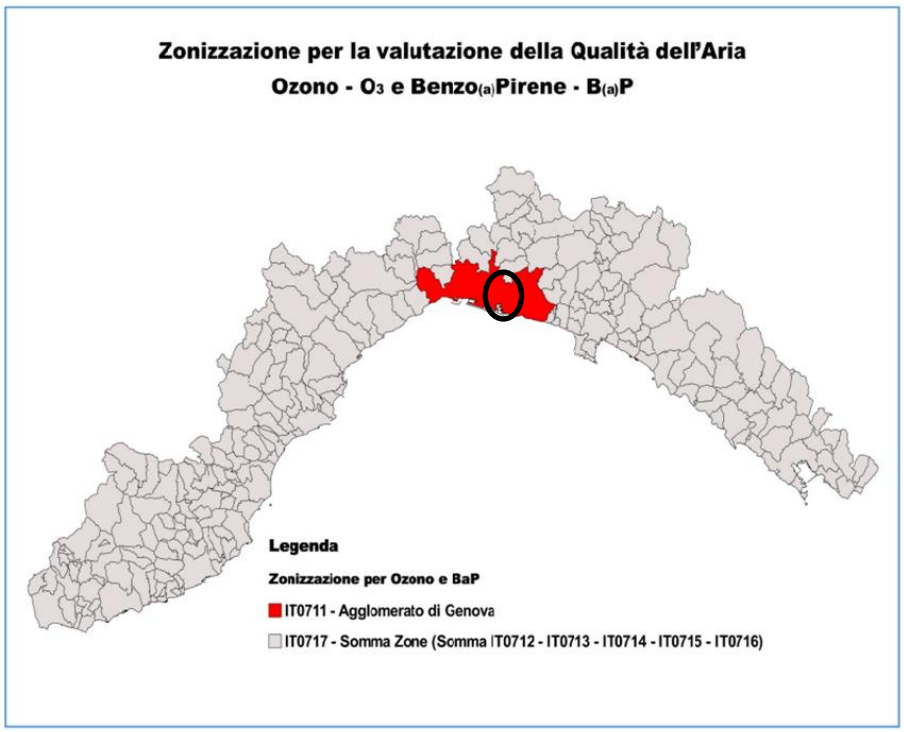


Figura 149. Zonizzazione per O3, BaP

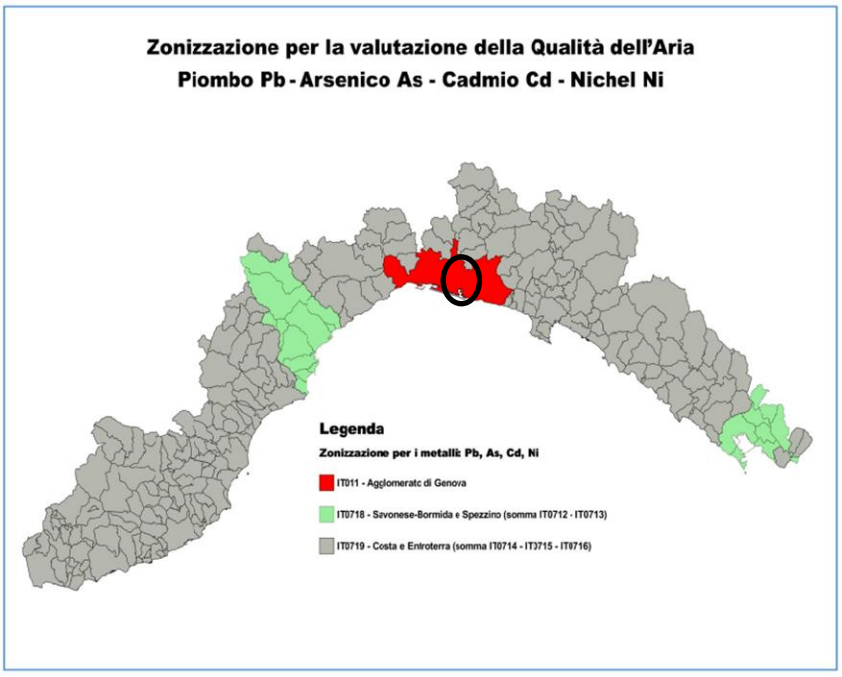


Figura 150. Zonizzazione per As, Cd, Ni, Pb

Zona	Nome Zona	NO_2 media oraria	NO_2 media annuale	SO_2 media giornaliera	PM_{10} media annuale	PM_{10} media giornaliera	$PM_{2.5}$ media annuale	CO media mobile su 8 ore	C_6H_6 media annuale
IT0711	Agglomerato di Genova	Sup. SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	Sup. SVS	Sup. SVS	Sup. SVS	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS
IT0712	Savonese- Bormida	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS	Sup. SVS	tra SVI e SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS
IT0713	Spezzino	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf SVI	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	Inf SVI	Inf SVI
IT0714	Costa con Alta pressione antropica	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf. SVI	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	tra SVI e SVS	Inf SVI	tra SVI e SVS
IT0715	Entroterra genovese con alta pressione antropica	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Inf SVI	tra SVI e SVS	Sup. SVS	Sup. SVS	Inf SVI	Inf SVI
IT0716	Entroterra e Costa con bassa pressione antropica	Inf. SVI	Inf SVI	Inf. SVI	Inf SVI	Inf. SVI	Inf SVI	Inf. SVI	Inf SVI

Figura 151. Classificazione delle zone di qualità dell'aria per i principali inquinanti (Fonte: ARPAL)

L'area interessata da questo studio rientra nella zona denominata ***AGGLOMERATO DI GENOVA (IT0711)***

6.4.4.2 Rete di monitoraggio della qualità dell'aria

La valutazione della qualità dell'aria si basa sulle misurazioni dei livelli di inquinanti effettuati dalle stazioni della rete di monitoraggio regionale.

In Liguria sono operanti, fin dai primi anni '90, stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria organizzate in quattro principali reti fisse relative alle quattro province liguri. Al fine di adeguare alla normativa vigente il sistema di monitoraggio sia dal punto di vista gestionale che strumentale, è stata approvata la legge regionale n. 12 del 06 giugno 2017 che stabilisce in capo alla Regione la competenza alla valutazione della qualità dell'aria ed affida ad A.R.P.A.L. la gestione e il controllo della rete di misura e dei modelli di valutazione.

L'assetto attuale della rete di monitoraggio regionale che comprende la zona del comune di GENOVA è mostrato nella figura successiva e riassunto nelle seguenti tabelle.

Figura 152. Ubicazione delle stazioni di monitoraggio ARPAL nel comune di Genova per la componente Aria – anno 2021 (intervento riportato in rosso)

Tabella 24. Caratteristiche delle stazioni dell'Agglomerato di Genova (Fonte: ARPAL)

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	SO_2	NO_2	PM10	PM2.5	C_6H_6	CO
IT0711	Quarto - Genova (GE)	U. F.	X	X	X	X	X	--
	C.so Firenze - Genova (GE)	U. F.	X	X	X	X	--	X
	Parco Acquasola - Genova (GE) [1]	U. F.	--	--	--	--	--	--
	Multedo Ronchi - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	--	--	--
	C.so Europa - via S. Martino - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	X	X	X
	Via Pastorino Bolzaneto - Genova (GE)	U. T.	--	X	--	--	--	X
	C.so Buenos Aires - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	--	X	--
	Via Buozzi - Genova (GE)	U. T.	--	X	X	--	X	X
	Multedo Villa Chiesa - Genova (GE)	U. I.	X	--	--	--	X	--
	Via Ungaretti – Pegli (Ge)	S.F.		X	--			

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	O_3	B(a)P
IT0711	Quarto - Genova (GE)	U. F.	X	X
	C.so Firenze - Genova (GE)	U. F.	--	X
	Parco Acquasola - Genova (GE)	U. F.	--	--
	Via Ungaretti Pegli - Genova (GE)	S. F.	X	--

Zona	Nome Stazione	Tipo Stazione	Pb	As	Cd	Ni
IT0711	Quarto - Genova (GE)	U. F.	X	X	X	X
	C.so Firenze - Genova (GE)	U. F.	X	X	X	X

La scelta delle centraline della qualità dell'aria è ricaduta su tre stazioni: Corso Firenze, Corso Buenos Aires e Corso Europa, tutte stazioni rappresentative dell'area e appartenenti alla Rete di Misura per la valutazione della qualità dell'aria.

I dati riportati nella presente analisi si riferiscono alla più recente valutazione annuale della qualità dell'aria disponibile, che è quella riferita all'anno 2021.

Per ciascun inquinante delle stazioni considerate rappresentative, vengono effettuate le elaborazioni degli indicatori fissati e viene mostrato il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla normativa vigente in materia ambientale.

Gli inquinanti monitorati dalle suddette centraline sono:

- Corso Firenze: SO2, NO2, PM10, PM 2.5, CO, B(a)P, Pb, As, Cd, Ni
- Corso Buenos Aires: NO2, PM10, C6H6
- Corso Europa: C6H6, NO2, PM10, PM 2.5, CO

Per l'inquinante ozono (O_3), non monitorato nelle centraline individuate quali più prossime, si fa invece riferimento alla stazione di Genova – Quarto.

Di seguito si mostra l'andamento, riferito all'anno 2021, di ogni inquinante monitorato dalle stazioni considerate rappresentative, vengono effettuate le elaborazioni degli indicatori fissati e viene mostrato il confronto con i limiti di riferimento stabiliti dalla normativa vigente in materia ambientale; i dati sono ricavati dal documento ***"VALUTAZIONE ANNUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA - ANNI DI MONITORAGGIO – 2021"*** di Regione Liguria e ARPAL.

Ai fini dell'elaborazione degli indicatori da confrontare con i valori limite previsti dalla normativa, si considerano le serie di dati raccolti per ogni inquinante monitorato mediante le stazioni fisse della rete di monitoraggio con rappresentatività annuale o assimilabile ad essa.

Biossido di Azoto (NO_2)

Il biossido di azoto è un inquinante secondario, generato dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale fonte di emissione del biossido di azoto. Gli impianti di riscaldamento civili ed industriali, le centrali per la produzione di energia e numerosi processi industriali rappresentano altre fonti di emissione.

Per il parametro biossido di azoto NO_2, nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre 2021, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	Media annuale	Numero superi orari a 200	Valore Max h. (µg/m³)
Corso Firenze	26	0	189
Corso Buenos Aires	31	0	129
Corso Europa	51	0	189

Valore limite media annuale: **40 µg/m³**
Soglia di allarme media oraria: **400 µg/m³** (da non superare per 3 ore consecutive)
Valore limite media oraria: **200 µg/m³** (da non superare più di 18 volte/anno)

Nel periodo di osservazione indicato rispetto ai valori di riferimento fissati dal d.lgs. 155/2010 risulta che:

- I dati rilevati evidenziano il superamento del limite per il valore medio annuale per la protezione della salute umana nelle stazioni da traffico della Zona IT0711 Agglomerato di Genova, compresa una delle stazioni di riferimento: Corso Europa.
- I dati rilevati evidenziano il rispetto del valore limite orario per la protezione della salute umana in tutte le zone.
- Non sono mai stati registrati superamenti della soglia di allarme.

PM_{10} (Polveri fini)

Con il termine PM_{10} si fa riferimento al materiale particellare con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Il materiale particolato può avere origine sia antropica che naturale. Le principali sorgenti emissive antropiche in ambiente urbano sono rappresentate dagli impianti di riscaldamento civile e dal traffico veicolare. Le fonti naturali di PM_{10} sono riconducibili essenzialmente ad eruzioni vulcaniche, erosione, incendi boschivi etc.

I limiti per la protezione della salute previsti dal d.lgs. 155/2010 (allegato XI) sono:

Valore limite sulla media annuale:	**40 µg/m³**
Valore limite sulla media giornaliera:	**50 µg/m³** (da non superare più di 35 volte/anno civile)

Per il parametro Particolato atmosferico (PM_{10}), nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre 2021, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	Media annuale (µg/m³)	Numero superi sulla media giornaliera	Max. media giornaliera (µg/m³)
Corso Firenze	15	0	189
Corso Buenos Aires	15	0	129

Corso Europa	21	0	189

Nel 2021 in tutte le postazioni di misura considerate si registrano sia il rispetto del valore medio annuale che quello del valore limite sulla media giornaliera.

Particolato (PM2.5)

I limiti per la protezione della salute previsti dal d.lgs. 155/2010 (allegato XI) sono:

Valore limite sulla media annuale:	**25 µg/m³**

Per il parametro Particolato atmosferico ($PM_{2.5}$), nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	Media annuale (µg/m³)	Max. media giornaliera (µg/m³)
Corso Firenze	9	40
Corso Europa	13	41

Nel 2021 in tutte le postazioni di misura considerate si registrano sia il rispetto del valore medio annuale che quello del valore limite sulla media giornaliera.

Monossido di Carbonio CO

Il monossido di carbonio è un inquinante tipico delle aree urbane, proviene principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli a benzina e varia proporzionalmente alla densità del traffico automobilistico. Esso è inoltre emesso nei processi di combustione in difetto d'aria/ossigeno nelle acciaierie, nelle raffinerie, nelle autofficine e nei garage. Il CO ha un tempo di residenza in atmosfera di circa 4 mesi.

Il limite per la protezione della salute previsto dal d.lgs. 155/2010 (allegato XI) è:

Valore limite giornaliero per la massima media mobile su 8 ore:	**10 mg/m³** (da non superare nel corso dell'anno)

Per il parametro monossido di carbonio (CO) nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	Numero superamenti valore limite	Valore max. giornaliero della media su 8 ore (µg/m³)
Corso Firenze	0	2,0
Corso Europa	0	3,0

Nel 2021 in tutte le postazioni di misura considerate sono stati rispettati i limiti fissati.

Benzene (C_6H_6)

Il limite per la protezione della salute per il benzene (C_6H_6) previsto dal d.lgs.155/2010 (allegato XI) è il seguente:

Valore limite sulla media annuale:	**5,0 µg/m³**

Per il parametro benzene (C_6H_6) nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	Valore medio annuale (µg/m³)
Corso Buenos Aires	1,1
Corso Europa	1,8

Facendo riferimento ai limiti fissati dal d.lgs. 155/2010, per il periodo di osservazione considerato, si evidenzia che il limite è stato rispettato in tutte le postazioni di riferimento.

Ozono O_3

I valori di riferimento per la protezione della salute (d.lgs.155/2010 allegati VII e XII) sono:

Soglia di informazione sulla media oraria:	**180 µg/m³**
Soglia di allarme sulla media oraria:	**240 µg/m³** per 3 ore consecutive
Valore obiettivo:	**120 µg/m³** come massima media giornaliera su 8 ore, da non superare più di 25 volte/anno, come media sugli ultimi 3 anni (è sufficiente 1 anno)
Valore obiettivo a lungo termine:	**120 µg/m³** come massima media giornaliera su 8 ore

Per il parametro ozono (O_3) nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	N° giorni superamento valore obiettivo 2019-2021	N° giorni superamento valore obiettivo a lungo termine	N° giorni superamenti soglia informazione	Valore media oraria massima (µg/m³)
Quarto	39	33	6	193

Come mostrato nella tabella, per la stazione di riferimento non sono stati rispettati i limiti per il parametro ozono.

Benzo(a)pirene (B(a)P)

I valori di riferimento previsti per l'inquinante B(a)P stabiliti dalla norma per il parametro B(a)P (d.lgs. 155/2010, allegato XIII a Allegato II) per la protezione della salute sono i seguenti:

Valore obiettivo:	**1.0 ng/m³** come media annuale
Soglia di valutazione superiore:	**0,6 ng/m3** come media annuale
Soglia di valutazione inferiore:	**0,4 ng/m3** come media annuale

Per il parametro ozono B(a)P nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	Valore medio annuale (ng/m³)
Corso Firenze	0,1

Relativamente ai limiti fissati dal D. Lgs. 155/2010 per il parametro Benzo(a)Pirene, nel periodo considerato, si osserva che il valore obiettivo non risulta superato.

Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

I valori di riferimento previsti dalla norma per gli inquinanti Pb, As, Cd, Ni sono i seguenti:

Inquinante	Periodo media-zione	Valori d.lgs. n. 155/2010		
Cd	Media annuale	Valore Obiettivo: **5.0 ng/m³**	Soglia valutazione superiore: **3,0 ng/m³**	Soglia valutazione Inferiore: **2,0 ng/m³**
Ni	Media annuale	Valore Obiettivo: **20 ng/m³**	Soglia valutazione Superiore: **14,0 ng/m³**	Soglia valuta-zione Inferiore **10,0 ng/m³**
As	Media annuale	Valore obiettivo: **6.0 ng/m³**	Soglia valutazione superiore **3,6 ng/m³**	Soglia valutazione Inferiore **2,4 ng/m³**
Pb	Media annuale	Valore limite **0.5 µg/m³**	Soglia valutazione superiore **0,35 µg/m³**	Soglia valutazione inferiore **0,25 µg/m³**

Per i metalli nel periodo di osservazione 01 gennaio – 31 dicembre, sono stati registrati i valori indicati nella tabella seguente.

Nome stazione	Parametro	Valore medio Annuale
Corso Firenze	Piombo (Pb) (µg /m³)	0,003
	Arsenico (As) (ng/m³)	0,9
	Cadmio (Cd) (ng/m³)	0,7
	Nichel (Ni) (ng/m³)	3,7

Nome stazione	Parametro	Valore medio Annuale
Quarto – Genova (GE)	Piombo (Pb) (µg /m^3)	0,002
	Arsenico (As) (ng/m^3)	0,9
	Cadmio (Cd) (ng/m^3)	0,7
	Nichel (Ni) (ng/m^3)	3,3

Relativamente ai limiti fissati dal D. Lgs. 155/2010 per i metalli - As, Cd, Pb e Ni - (Media annuale), è stata eseguita per l'anno 2021, una Valutazione riferita ai limiti vigenti. L'esame dei dati è sempre risultato minore della soglia di Valutazione Inferiore per tutti i metalli e per tutte le postazioni.

6.4.5 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

6.4.5.1 Approccio allo studio dell'impatto delle fasi di cantiere

Al fine di caratterizzare correttamente il dominio spaziale e temporale per configurare le simulazioni per la stima dell'impatto sulla qualità dell'aria durante le lavorazioni si è proceduto allo studio delle seguenti variabili e parametri:

- Caratteristiche tecniche dei singoli cantieri in programma
- Cronoprogramma delle fasi e lavorazioni
- Elaborati tecnici di progetto

Le valutazioni effettuate che si approcciano a favore di sicurezza hanno permesso di individuare sull'intero arco temporale del programma dell'opera il periodo di potenziale massimo impatto sulle matrici ambientali ed in particolare sulla qualità dell'aria per le emissioni di polveri e gas.

Nei seguenti paragrafi ed in allegato si dettagliano le caratteristiche dei cantieri e la stima delle emissioni di polveri e gas necessarie alle simulazioni per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria.

6.4.5.2 Descrizione degli impatti potenziali

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto. Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria complessivo.

Il controllo dell'effettivo impatto delle attività di cantiere verrà eseguito attraverso il monitoraggio ambientale della qualità dell'aria in corso d'opera in corrispondenza delle aree di lavorazioni.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- polveri: PM_{10} (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm) e PTS (polveri totali sospese). Le polveri sono generate sia dalla combustione

incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti;
- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare NO_X).

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite:

- dalle attività di movimento terra (scavi demolizioni e realizzazione opere);
- dalla movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri;
- dal traffico indotto dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere.

6.4.5.3 Inquinanti considerati nell'analisi modellistica

Le operazioni di lavorazione, scavo e movimentazione dei materiali, ed il transito di mezzi meccanici ed automezzi utilizzati per tali attività, possono comportare potenziali impatti sulla componente in esame in termini di emissione e dispersione di inquinanti. In particolare, nel presente studio, in riferimento alla loro potenziale significatività, sono stati analizzati:

- polveri (il parametro assunto come rappresentativo delle polveri è il PM_{10}, ossia la frazione fine delle polveri, di granulometria inferiore a 10 µm, il cui comportamento risulta di fatto assimilabile a quello di un inquinante gassoso);
- ossidi di azoto (NO_x).

Nella presente analisi modellistica è stata analizzata la dispersione e la diffusione in atmosfera dei parametri sopra elencati, con riferimento alle attività di cantiere previste dal progetto, al fine di verificarne i potenziali effetti ed il rispetto dei valori limite sulla qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente. In particolare, con riferimento agli ossidi di azoto (NO_X) è necessario fare delle precisazioni, per le quali si rimanda al paragrafo successivo.

Tuttavia, come precedentemente indicato, l'impatto potenzialmente più rilevante esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera è legato alla possibile produzione di polveri, provenienti direttamente dalle lavorazioni e, in maniera meno rilevante, quelle indotte indirettamente dal transito di mezzi meccanici ed automezzi sulla viabilità interna ed esterna.

6.4.5.4 Meccanismi di formazione del biossido di azoto

Gli ossidi di azoto NO_x sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO_2, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NO_x e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N_2 e O_2) comunemente presenti in atmosfera.

L'inquinante primario (per quanto riguarda gli NO_x) prodotto dalle combustioni dei motori è l'ossido di azoto (NO); la quantità di NO prodotta durante una combustione dipende da vari fattori:

- temperatura di combustione: più elevata è la temperatura di combustione maggiore è la produzione di NO;
- tempo di permanenza a tale temperatura dei gas di combustione: maggiore è il tempo di permanenza, più elevata è la produzione di NO;
- quantità di ossigeno libero contenuto nella fiamma: più limitato è l'eccesso d'aria della combustione, minore è la produzione di NO a favore della produzione di CO.

Il meccanismo di formazione secondaria di NO_2 dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO_2 (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono (O_3). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO_2 è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

- l'O_3 reagisce con l'NO emesso per formare NO_2 e O_2

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

- le molecole di NO_2 presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni hv di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita scinde la molecola di NO_2 producendo una molecola di NO e atomi di ossigeno altamente reattivi.

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$$

- gli atomi di ossigeno sono altamente reattivi e si combinano con le molecole di O_2 presenti in aria per generare ozono (O_3) che quindi è un inquinante secondario:

$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

Le reazioni precedenti costituiscono un ciclo che, però, rappresenta solo una porzione ridotta della complessa chimica che ha luogo nella parte bassa dell'atmosfera. Infatti, se in aria avessero luogo solo queste reazioni, tutto l'ozono prodotto verrebbe distrutto, e l'NO_2 si convertirebbe in NO per convertirsi nuovamente in NO_2 senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO_2 e NO in aria.

Tuttavia, in condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO_2 secondario) in presenza di COV incombusti e forte irraggiamento, il monossido d'azoto NO non interagisce più solo con ozono nel ciclo di distruzione, ma viene catturato e contemporaneamente trasformato in NO_2, con conseguente accumulo di NO_2 e O_3 in atmosfera.

I fattori di emissione per gli ossidi di azoto forniti dagli inventari delle emissioni sono espressi in termini di NO_x e non NO_2. Al contrario la vigente normativa sulla qualità dell'aria prevede dei valori limite (media annua e massima oraria) espressi come NO_2 e non come NO_x.

Poiché il modello di simulazione utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera non tiene conto dei vari meccanismi chimici di trasformazione che portano alla formazione secondaria degli NO_2 a partire dagli NO, l'analisi modellistica eseguita è stata effettuata per l'NO_X. È difficile prevedere la percentuale di NO_2 contenuta negli NO_x, in quanto come riportato precedentemente questa dipende da molteplici fattori, come la presenza di Ozono (O_3) e di luce.

Inoltre, i casi in cui si verificano tali condizioni, generalmente sono caratterizzate da condizioni meteo tali da favorire la dispersione degli inquinanti.

Tuttavia, come è possibile riscontrare nei paragrafi che seguono, anche si assumesse che il rapporto NO_2/NO_x è pari a 1 (situazione limite poco probabile), ovvero che tutti gli NO_x sono costituiti interamente da NO_2, i valori di concentrazione degli ossidi di azoto stimati con il modello di dispersione in atmosfera risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla normativa.

6.4.5.5 Identificazione delle aree di cantiere e degli scenari di simulazione

Si riporta di seguito una breve sintesi delle principali informazioni relative alla cantierizzazione che hanno rappresentato i presupposti per l'identificazione delle aree di cantiere a priori potenzialmente interessate da interazioni con la componente atmosfera e per la scelta degli scenari di impatto implementati all'interno del modello numerico.

Per informazioni di dettaglio sul sistema di cantierizzazione previsto si rimanda ovviamente alle relazioni specialistiche del progetto, in particolare la relazione di cantierizzazione.

Potenzialmente più impattanti sono le aree tecniche-operative in corrispondenza delle quali avvengono le principali operazioni di scavo, demolizione e movimentazione dei materiali terrigeni potenzialmente polverulenti e le aree di stoccaggio che saranno impiegate per lo stoccaggio in cumulo dei materiali di risulta dalle lavorazioni.

Una volta individuata per ciascuna fase l'insieme delle aree di cantiere, si è provveduto all'analisi di dettaglio dei due fattori sinergici che contribuiscono alla definizione del cosiddetto scenario di massimo impatto: il cronoprogramma dei lavori e il bilancio dei materiali.

Il cronoprogramma dei lavori consente, infatti, di verificare la durata della singola lavorazione o opera e di valutarne le eventuali sovrapposizioni temporali, il bilancio dei materiali consente, di verificare le quantità di materiale movimentato, opportunamente suddivise in materiali di scavo, di demolizione e materiali movimentati. In tal modo si è dapprima associato il relativo quantitativo di materiale movimentato (espresso nella forma standardizzata sotto forma di mc/g) e successivamente si è provveduto, sulla base del cronoprogramma a verificare, il periodo di durata delle lavorazioni.

Da ultimo, si è introdotto il criterio finale della localizzazione delle aree di cantiere e della relativa definizione dei domini di calcolo da introdurre all'interno delle simulazioni.

Analizzando in dettaglio il processo valutativo volto alla definizione degli scenari di impatto da verificare mediante l'applicazione modellistica, il primo passo è stato, pertanto, quello di definire, per ciascuna area di cantiere, le volumetrie di materiale movimentato, scavato nonché la durata delle attività, così da poter definire, il volume giornaliero movimentato.

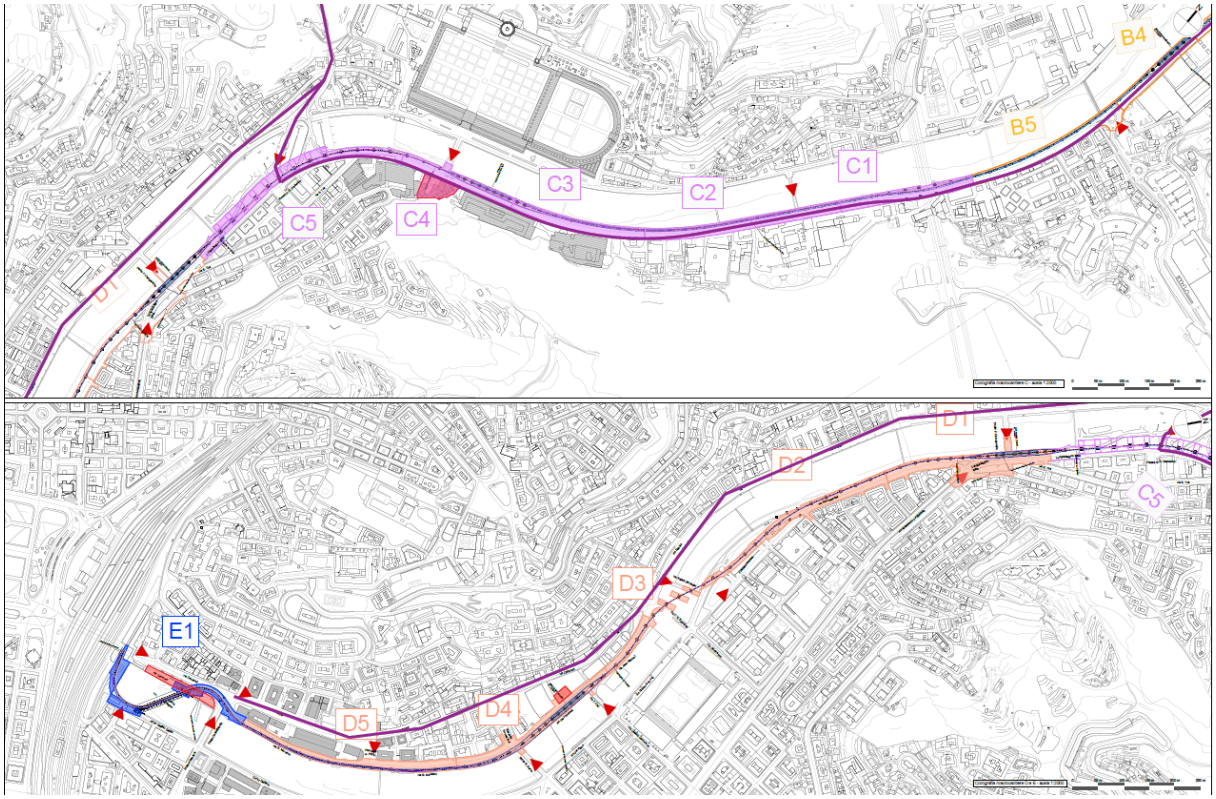
Per ciascuna opera si è considerato, inoltre, il relativo periodo di lavoro come desunto dal programma lavori di progetto e ciò ha consentito di stimare, per ciascuna opera/lavorazione e per ciascuna area di cantiere, la volumetria media giornaliera dei materiali di risulta.

Il cantiere si svolge su 5 MACROFASI suddivise in diverse sottofasi.

Si prevede l'individuazione di 2 aree di cantiere Base (CB01 e CB02) a nord del capolinea Molassana in adiacenza a Via Sponda Nuova (SS45). Nella cantierizzazione della nuova Skymetro si prevede la

predisposizione di apposite aree sia con funzione logistica che per lo stoccaggio provvisorio di medio-lungo termine dei materiali, nonché per il ricovero dei mezzi d'opera. Tali aree sono state individuate presso le aree Campi Base, presso l'area di cantiere del futuro Ponte sul Bisagno (cant. E1) e presso aree lungo linea in prossimità delle fermate Molassana (cant. A1), San Gottardo (cant. B1), Staglieno (cant. C4) e Romagnosi (cant. D4).

L'analisi della cantierizzazione e dei volumi di terre considerati, ha portato alla definizione di uno "scenario worst case". Le aree di lavoro oggetto di specifica valutazione modellistica sono risultate le seguenti:



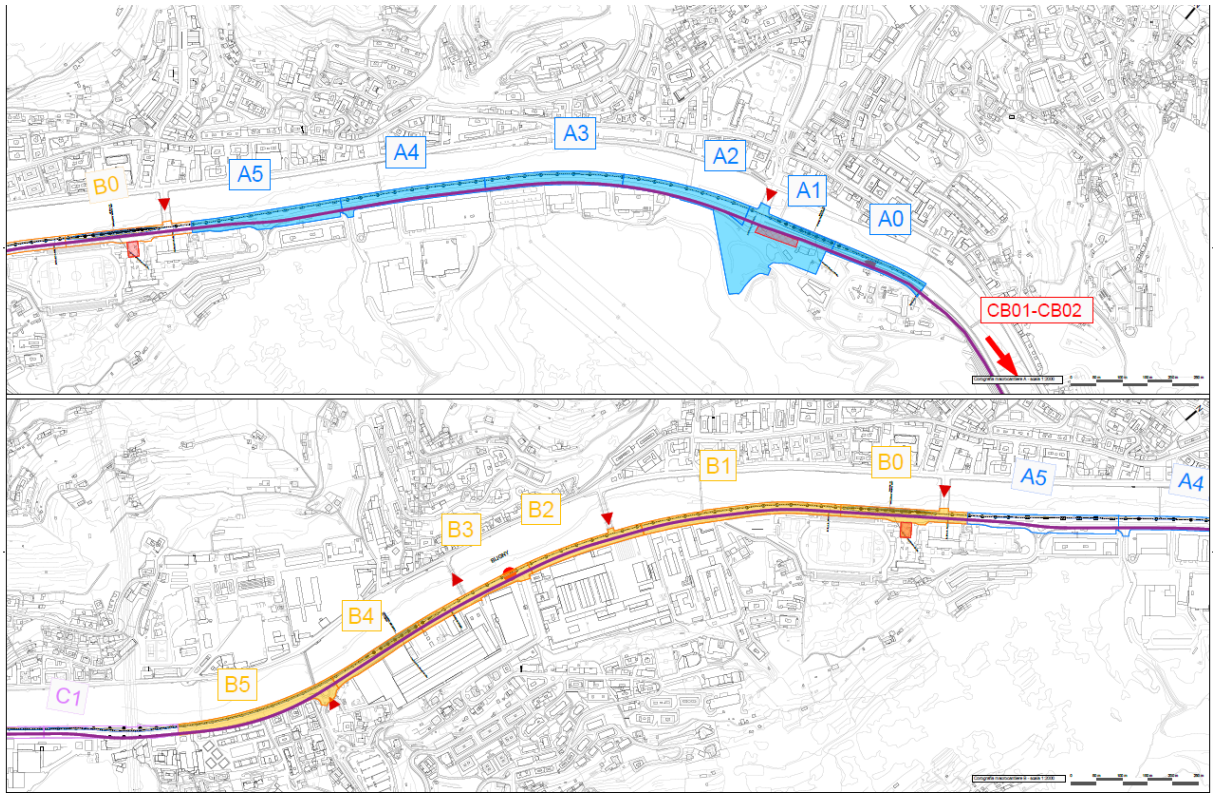
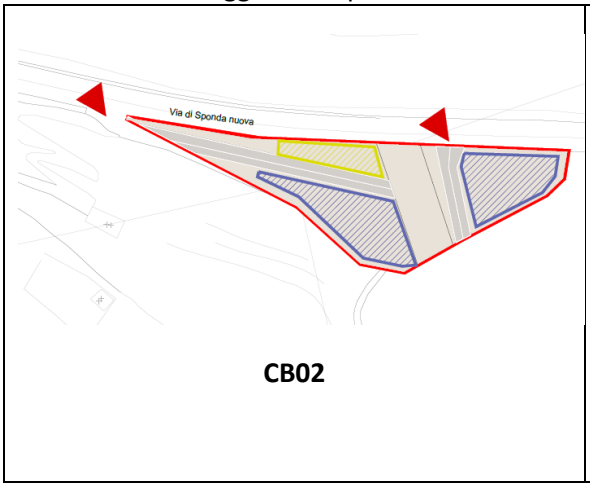


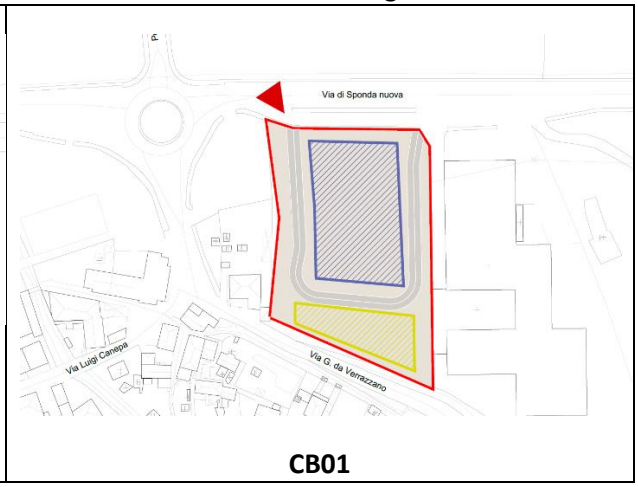
Figura 153. Cantierizzazione

Per quanto concerne l'area CB02 si prevede un'area (suddivisa in 2 parti dalla presenza di un canale esistente) complessiva pari a 4'100 mq. Una parte di questa area sarà adibita a stoccaggio materiali. Le aree di lavoro oggetto di specifica valutazione modellistica sono risultate le seguenti:

Le aree di lavoro oggetto di specifica valutazione modellistica sono risultate le seguenti:



CB02



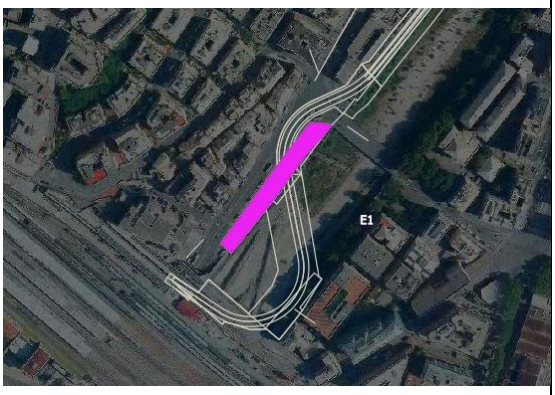
CB01

area AS-AT Molassana (cant. A1)

area AS-AT San Gottardo (cant. B1)

area AS-AT Staglieno (cant. C3)

area AS-AT Romagnosi (cant. D4)



area AS-AT Ponte (cant. E1)

Area	Superficie totale	superficie adibita	Volumi

	(m2)	a stoccaggio (m2)	(m3)
CB01	5 420	1 900	25573.6
CB02	4 172	1 400	18843.7
area AS-AT Molassana (cant. A1)	1 340	400	5383.9
area AS-AT San Gottardo (cant. B1)	610	400	5383.9
area AS-AT Staglieno (cant. C3)	2 760	400	5383.9
area AS-AT Romagnosi (cant. D4)	574	400	5383.9
area AS-AT Ponte (cant. E1)	2 200	400	5383.9

Costituisce oggetto di analisi modellistica l'apporto di polveri legato alle polveri della combustione dei motori delle macchine operatrici e dei mezzi pesanti in transito sulla viabilità interna alle aree di cantiere.

6.4.5.6 Stima dei fattori di emissione

Per la valutazione degli impatti in fase di esercizio dei cantieri si è fatto riferimento al Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/), il quale, nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – "Miscellaneous Sources" Paragrafo 13.2 – "Introduction to Fugitive Dust Sources" presenta le seguenti potenziali fonti di emissione:

- Unpaved Roads: transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere e sulla viabilità non asfaltata di accesso al cantiere (EPA, AP-42 13.2.2)
- Scarico camion SCC 3-05-010-42 "Truck unloading: Buttom-Dump- Overburden"
- Heavy Construction Operations (EPA, AP-42 13.2.3);
- Aggregate Handling and Storage Piles: accumulo e movimentazione delle terre nelle aree di deposito e nel cantiere operativo (EPA AP-42 13.2.4)
- Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5)

Al fine di valutare gli impatti di cantiere nel modello di calcolo sono state considerate tutte le sorgenti di polvere sopra esposte.

Sono state inoltre considerate le attività di escavatori, pale e trivelle all'interno dell'area di cantiere, e le emissioni dei gas di scarico sia dei mezzi meccanici di cantiere (assimilabili a sorgenti di emissione puntuali) sia dei mezzi pesanti in transito sui tronchi di viabilità principale (intesi come sorgenti di emissione lineari).

Per la stima delle emissioni si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A in eq.1) e di un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (Ei in eq.1). Il fattore di emissione Ei dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle

tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni. La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)i = A * Ei \qquad \text{(eq.1)}$$

dove:

Q(E)i: emissione dell'inquinante i (ton/anno);

A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);

Ei: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

La stima è tanto più accurata quanto maggiore è il dettaglio dei singoli processi/attività.

Come già accennato per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area SouRes) e dall'Inventario Nazionale degli Inquinanti australiano (National Pollutant Inventory, N.P.I., Emission Estimation Technique Manual). Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (tipologia e n. di mezzi in circolazione, chilometri percorsi, tempi di percorrenza, tempo di carico/scarico mezzi, ecc..).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibili alla realtà.

Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- Simulazione delle aree di lavorazione previste;
- Aree di movimentazione e stoccaggio dei materiali;
- Attività di scavo e caricamento dei materiali sui camion;
- Transito mezzi su piste non asfaltate: ai fini della simulazione si considera che tutte le piste di cantiere percorse dai mezzi di interne al cantiere siano non pavimentate
- N.ro 16 ore lavorative / giorno per 1293 giorni

Per la stima delle emissioni derivanti da ogni cantiere simulato si rimanda al dettaglio in allegato delle schede di emissione

Caratteristica delle Aree di Cantiere allo Studio

Di seguito si caratterizzano le aree di cantiere allo studio con le informazioni utilizzate per la stima delle emissioni che si riportano in allegato.

Tipologia aree	AS - area stoccaggio
Tipologia e numero mezzi d'opera	Escavatore
	Autocarro
	Pala gommata

Di seguito si riporta un dettaglio dei mezzi utilizzati nelle varie aree di stoccaggio, in base alla tipologia di lavorazione e utilizzo dell'area stessa.

L'eventuale contestuale presenza di altre attività secondarie viene trascurata in questa fase, l'unica attività che viene considerata nelle simulazioni riguarda il transito dei camion all'interno dell'area di lavoro. La GEOMETRIA delle sorgenti areali relative ai cantieri corrisponde a quanto riportato nella planimetria di cantierizzazione.

6.4.6 Metodologia di modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera

Al fine della implementazione della catena modellistica per la valutazione del potenziale impatto in atmosfera derivante dalle attività di cantiere è stato necessario definire per ognuna delle aree di cantiere esaminate, i seguenti dati:

- dominio di calcolo e schema di modellazione;
- condizioni meteoclimatiche;
- parametri emissivi.

6.4.6.1 Modelli di dispersione – scelta e tipologie di modelli

Quando gas o particelle vengono immessi in atmosfera si disperdono per opera del moto caotico dell'aria; tale fenomeno è noto come diffusione turbolenta. Scopo dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla descrizione matematica dei processi di trasporto, reazione chimica e rimozione attraverso l'ausilio di modelli matematici di simulazioni (detti modelli di diffusione) atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera.

La scelta dello strumento modellistico adeguato alle esigenze dello specifico caso di studio necessita di un'attenta fase di valutazione di applicabilità, da espletarsi attraverso la verifica

- del problema: scala spaziale, temporale, dominio, tipo di inquinante, tipo di sorgenti, finalità delle simulazioni;

- dell'effettiva disponibilità dei dati di input;
- delle risorse di calcolo disponibili;
- del grado di complessità dei vari strumenti disponibili e delle specifiche competenze necessarie per la sua applicazione;
- delle risorse economico-temporali disponibili

Naturalmente, la complessità della realtà fisica fa sì che nessun modello possa rappresentare la situazione reale nella sua completezza: ciascun modello rappresenta necessariamente una semplificazione e un'approssimazione della realtà.

Figura 154. Criteri che concorrono alla scelta del modello

In generale, i modelli matematici diffusionali si possono dividere in due categorie:

- modelli deterministici;
- modelli statistici.

I modelli deterministici si basano su equazioni che si propongono di descrivere in maniera quantitativa i fenomeni che determinano il comportamento dell'inquinante in atmosfera.

Si dividono a loro volta in due classi:

- modelli euleriani: riferiti ad un sistema di coordinate fisse;
- modelli lagrangiani: riferiti ad un sistema di coordinate mobile, che segue gli spostamenti degli elementi di cui si desidera riprodurre il comportamento in atmosfera.

I modelli euleriani si suddividono, a loro volta, in:

- modelli analitici;
- modelli a box;
- modelli a griglia.

I modelli analitici si basano sull'integrazione, in condizioni semplificate, dell'equazione generale di trasporto e diffusione. Le condizioni meteoclimatiche possono considerarsi stazionarie (plume models) oppure dipendenti dal tempo (puff models).

I modelli a box suddividono il dominio in celle, all'interno delle quali si assume che l'inquinante sia perfettamente miscelato. È inoltre possibile tenere conto di eventuali termini di trasformazione chimica e di rimozione dovuta a fenomeni di deposizione.

I modelli a griglia si basano sulla soluzione dell'equazione di diffusione atmosferica tramite tecniche alle differenze finite. Prendono il nome dalla suddivisione del dominio in un grigliato tridimensionale e sono in grado di tener conto di tutte le misure meteorologiche disponibili e delle loro variazioni spaziali e temporali, nonché di trasformazioni quali le reazioni chimiche, la deposizione secca o umida.

I modelli lagrangiani si suddividono in:

- modelli a box;
- modelli a particelle.

I modelli lagrangiani a box, differentemente dai corrispondenti modelli euleriani, ottengono una risoluzione spaziale lungo l'orizzontale, non possibile nei primi a causa dell'ipotesi di perfetto miscelamento. La dimensione verticale del box è posta uguale all'altezza di miscelamento. L'ipotesi semplificatrice più significativa consiste nell'assumere la dispersione orizzontale nulla (assenza di scambio con l'aria circostante).

Nei modelli a particelle la dispersione dell'inquinante viene schematizzata attraverso pseudo-particelle di massa nota, che evolvono in un dominio tridimensionale. Il moto delle particelle viene descritto mediante la componente di trasporto, espressa attraverso il valore medio del vento, e quella turbolenta, espressa attraverso le fluttuazioni dello stesso intorno al valore medio. Questo approccio permette di tener conto delle misure meteorologiche disponibili, anche relative a situazioni spaziali e temporali complesse, evitando parametrizzazioni sulla turbolenza (classi di stabilità e coefficienti di diffusione semi-empirici).

I modelli statistici si basano su relazioni statistiche fra insiemi di dati misurati e possono suddividersi, a seconda delle tecniche statistiche implementate, in:

- modelli di distribuzione;
- modelli stocastici;
- modelli di recettore.

Tutti i modelli statistici non prevedono l'utilizzo delle equazioni che descrivono la realtà fisica, ma utilizzano i soli dati misurati nel passato dalla rete di monitoraggio e forniscono le previsioni dei valori di concentrazione nei soli punti della rete stessa. Nelle loro forme più semplici, questi modelli si basano su espressioni lineari formate dal termine che esplicita la relazione tra dati passati e dato previsto e dal termine stocastico vero e proprio; le ulteriori affinazioni possono derivare con l'apporto esplicito o implicito di altre variabili, meteorologiche o emissive.

6.4.6.2 Approccio modellistico – CALPUFF MODEL SYSTEM

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM[1], inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli è composto da tre componenti:

- Il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- Il processore CALPUFF: modello di dispersione, che 'inserisce' le emissioni all'interno del campo di vento generato da Calmet e ne studia il trasporto e la dispersione;
- Il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Calmet è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione 'a puff' multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente. CALPUFF è in grado di utilizzare campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo. CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali: l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash), shear verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica.

CALPOST consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

[1] ***CALPUFF Regulatory Updates and Consequence Analysis***
The current regulatory version of the CALPUFF Modeling System includes:
CALPUFF version 5.8, level 070623
CALMET version 5.8, level 070623
CALPOST version 5.6394, level 070622
For every update of the "EPA-approved" version of the CALPUFF Modeling System, a consequence analysis is performed by EPA using an update protocol that identifies what model changes have been made and their implications based on the analysis results. This analysis compares the base CALPUFF Modeling System (i.e., current regulatory version) with the beta (i.e., proposed updated version).

6.4.6.3 Dominio di calcolo e schema di modellazione

La dispersione delle polveri e degli inquinanti potenzialmente prodotte in fase di cantiere è stata simulata, su di un'area compatibile con quella dell'opera in progetto.

Ai fini del calcolo della concentrazione delle polveri e dei gas, ili dominio di calcolo di CALPUFF di 8,5kmx7km è stato suddivisi in un'area con griglia a maglie quadrate di passo pari a 100m sia in direzione nord-sud che in direzione est-ovest.

Tabella 25. Dominio di calcolo per la dispersione

Dominio di simulazione	**Estensione del dominio [m] WGS 84 fuso 32N**	**Passo griglia**
Dominio calcolo dispersione	494750.0 502750.0 4916250.0 4923250.0	100m

6.4.6.4 Recettori discreti

Al fine di poter valutare il rispetto dei limiti di legge di qualità dell'aria individuati dal D.lgs. 155/2010 e smi sono stati selezionati, un significativo numero di recettori per i quali saranno poi calcolati tutti i valori di concentrazione degli inquinanti emessi dallo scenario descritto dal modello di dispersione.

Tabella 26. Recettori discreti individuati nel dominio di studio

Recettore	**UTM- wWGS84 fuso 32 E**	**UTM- WGS84 fuso 32 N**
R1	498506.7	4922332.2
R2	498163.6	4922302.6
R3	497997.2	4922040.8
R4	497535.8	4921582.3
R5	497327.6	4921371.5
R6	496948.0	4920734.3
R7	496784.3	4920255.2
R8	496661.8	4919854.7
R9	495901.5	4919429.8
R10	495643.5	4918964.8
R11	495808.8	4918353.0
R12	496160.7	4917708.9
R13	495736.4	4917066.8
R14	496340.7	4917228.6

R15	496477.1	4917866.2
R16	496034.1	4919026.2
R17	497030.0	4919943.6
R18	497461.1	4921130.2
R19	501196.3	4921621.5
R20	501248.8	4921796.6
R21	501742.0	4921765.9
R22	501564.4	4921657.0
R23	499293.6	4922232.3
R24	499940.2	4921718.3
R25	500767.4	4921511.3

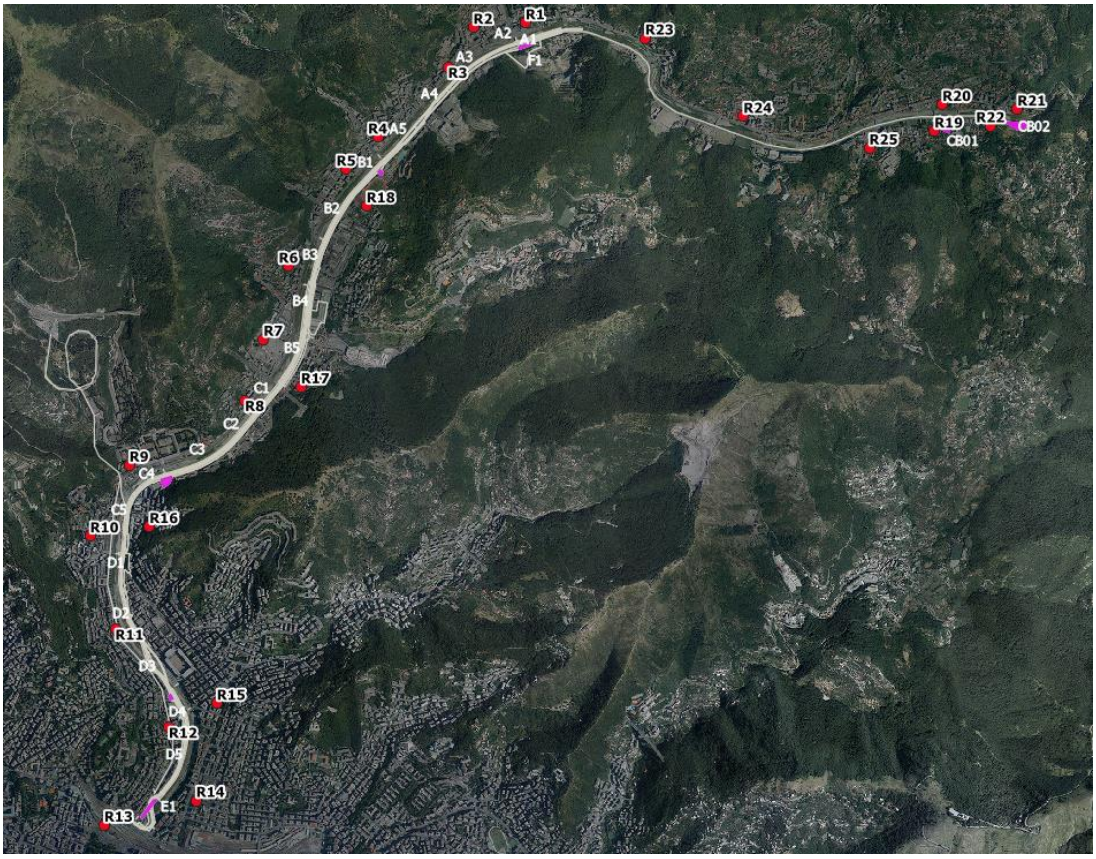


Figura 155. Recettori discreti

6.4.6.5 Parametri di calcolo

L'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM è stata sviluppata secondo quanto riportato di seguito per la parte di dispersione degli inquinanti. Nella tabella sono mostrate le principali impostazioni ed i necessari dati di ingresso per le simulazioni del periodo solare dell'anno 2022 per il codice CALPUFF.

Tabella 27. Configurazione CALPUFF per le sorgenti sia delle aree di cantiere che di traffico indotto

Parametro	***Descrizione***
Periodo	anno solare 2022
Emissioni	Le emissioni di cantiere sono state rappresentate nel codice di calcolo come emissioni volumetriche ed inserite come variabili su scala oraria per le ore di lavorazione del cantiere 16h sono state simulate le aree di stoccaggio CBo2, CB02, A1, B1,C3,D4,E1
Meteorologia	La configurazione prevede impostazione di Meteorological Data Format (METFM ! METFM = 2 ! , METFM = 2 - ISC ASCII file (ISCMET.MET), come previsto nel Manuale Operativo del codice. Utilizzando i dati della stazione meteo di Genova e dati di modelli previsionali
Simulazioni	
Dispersione	Sono state effettuate simulazioni "short term" per la valutazione della dispersione degli inquinanti emessi su scala oraria per il periodo di riferimento
Output	
	Sono stati elaborati i dati di concentrazioni di polveri calcolati da CALPUFF sia nei "recettori discreti", ovvero in corrispondenza di punti selezionati come "*sensibili*" per valutare il rispetto dei limiti di legge, che come "recettori grigliati" per ottenere le mappe di isonconcentrazione sul dominio di indagine.

Nel file di controllo del modello sono state impostate le seguenti opzioni:

- trasformazioni chimiche non considerate (condizione cautelativa);
- deposizione umida non simulata (condizione cautelativa);
- deposizione secca non simulata (condizione cautelativa);

Per tutte le altre impostazioni sono stati utilizzati i valori di default consigliati. Per meglio valutare il reale impatto delle emissioni inquinanti considerate si sono inseriti nel codice di calcolo, file di controllo di CALPUFF, i coefficienti di ripartizione giornaliera delle emissioni da ogni area di cantiere, per la viabilità indotta e le macchine operatrici. In questo modo si è potuto valutare in modo coerente le emissioni da ogni tipologia di sorgente tenendo conto delle contemporaneità delle lavorazioni ed attività che si svolgono nelle singole aree di cantiere e del traffico ad esse associate.

6.4.7 Risultati

6.4.7.1 Recettori discreti

I risultati proposti in questo paragrafo riguardano i valori di concentrazione degli inquinanti in aria ambiente stimati dal codice di calcolo CALPUFF per le emissioni dalle aree di stoccaggio, di scavo e movimentazione nell'area di cantiere dei mezzi pesanti.

Tabella 28. Risultati delle stime modellistiche

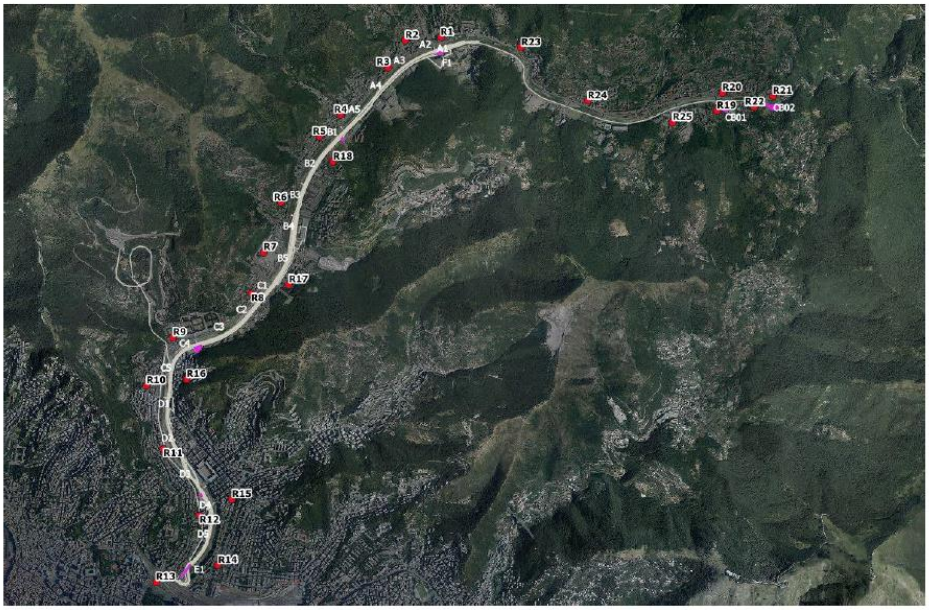
	NOx		PM10	
Recettore	Media anno (µg/m3)	99.8° Perc delle medie orarie (µg/m³)	Media anno (µg/m3)	90.4° Perc delle medie giorno (µg/m³)
R1	0.627	25.624	0.041	0.128
R2	0.280	18.593	0.019	0.056
R3	0.223	15.746	0.015	0.050
R4	0.647	26.526	0.042	0.112
R5	0.780	54.298	0.051	0.166
R6	0.241	14.292	0.016	0.048
R7	0.169	6.009	0.011	0.027
R8	0.156	4.365	0.010	0.025
R9	0.651	36.844	0.042	0.129
R10	0.323	15.017	0.021	0.054
R11	0.448	12.817	0.029	0.064
R12	3.618	90.357	0.234	0.480
R13	0.718	31.795	0.047	0.114
R14	0.435	20.233	0.028	0.082
R15	0.309	20.902	0.020	0.054
R16	1.530	50.595	0.099	0.230
R17	0.189	5.452	0.012	0.026

Recettore	NOx		PM10	
	Media anno (µg/m3)	99.8° Perc delle medie orarie (µg/m³)	Media anno (µg/m3)	90.4° Perc delle medie giorno (µg/m³)
R18	1.759	56.375	0.114	0.270
R19	1.421	71.494	0.142	0.430
R20	2.679	58.050	0.270	0.828
R21	1.557	29.515	0.138	0.405
R22	0.870	50.524	0.079	0.247
R23	0.066	4.232	0.005	0.015
R24	0.085	6.688	0.008	0.030
R25	0.256	18.805	0.025	0.086

6.4.7.2 Mappe di isocentrazione

I risultati delle simulazioni effettuate per la stima della dispersione degli inquinanti in atmosfera legata alle attività di cantiere sono riportati di seguito. Per maggiori dettagli si rimanda all'allegato specifico.

TAVOLA - INQUADRAMENTO



Aree di stoccaggio

Recettori

TAVOLA - VALORI di CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE di PM_{10}

PM_{10}

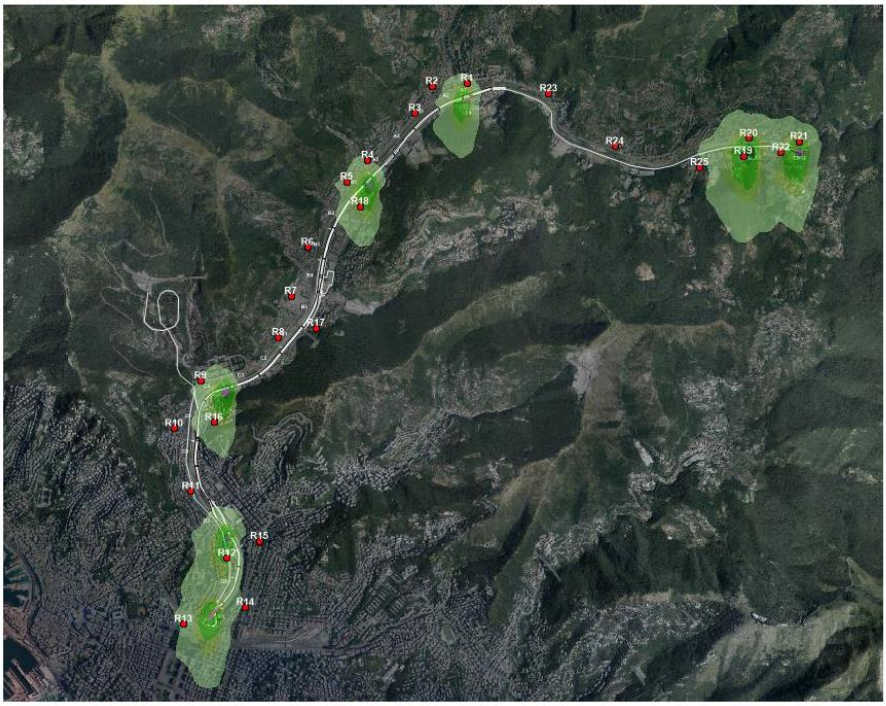
Valore massimo : 1.41 µg/m³
[µg/m³]

1
0.2
0.15
0.1
0.05

Valori di riferimento per la valutazione della Qualità dell'Aria D.Lgs. 155/10 e smi

PM_{10}		
Valore limite annuale	Media annuale	40 µg/m3

TAVOLA - 90.4° PERCENTILE delle MEDIE GIORNALIERE di PM_{10}



PM_{10}

Valore massimo : 2.15 µg/m³ [µg/m³]

2
0.8
0.3
0.2
0.1

Valori di riferimento per la valutazione della Qualità dell'Aria D.Lgs. 155/10 e smi

PM_{10}		
Valore limite giornaliera	Media giorno	50 µg/m3

TAVOLA - VALORI di CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUALE di NOx

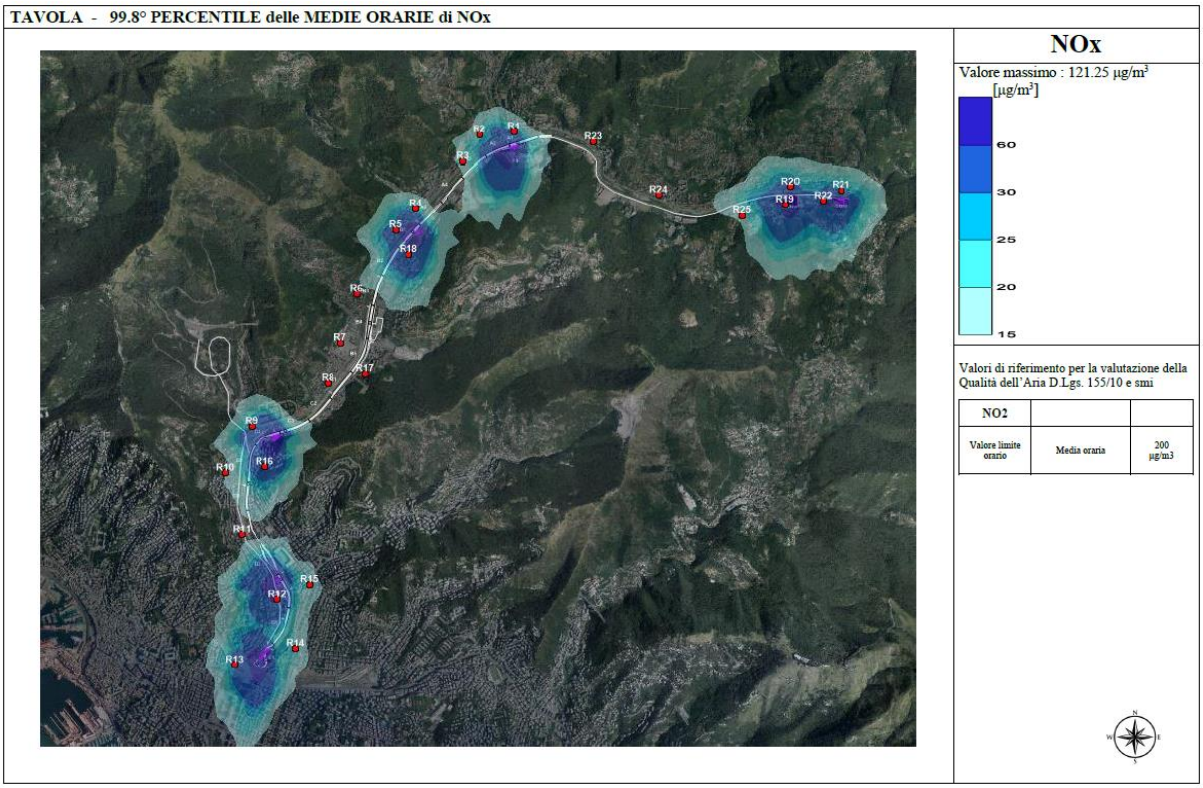
NOx

Valore massimo : 9.21 µg/m³ [µg/m³]

3
1.5
1
0.8
0.5

Valori di riferimento per la valutazione della Qualità dell'Aria D.Lgs. 155/10 e smi

NO2		
Valore limite annuale	Media annuale	40 µg/m3



Le mappe di concentrazione prodotte rappresentano la previsione delle concentrazioni per i parametri PM10, in condizioni post-mitigazione e NO_X. Nello specifico le mappe riportano:

- Concentrazione media annua e massimo della media giornaliera di PM_{10};
- Concentrazione media annua e massimo della media oraria di NO_x.

Nei paragrafi che seguono si riporta una stima degli impatti in fase di cantiere per ogni dominio di studio individuato. La stima deriva dall'analisi modellistica effettuata.

Dalle simulazioni effettuate nella presente fase di progettazione, considerando la messa in opera delle misure di mitigazione previste (bagnatura delle piste di cantiere non pavimentate e spazzolatura), è possibile affermare che per tutti i parametri inquinanti sono stati simulati dei livelli di concentrazione inferiori al limite di legge.

Per tutti i parametri, le concentrazioni massime stimate sono localizzate in corrispondenza delle aree di cantiere.

6.4.8 Conclusioni

Secondo quanto emerso anche dai paragrafi precedenti, le simulazioni effettuate nella presente fase di progettazione, hanno restituito per tutti i parametri inquinanti dei livelli di concentrazione ampiamente inferiori ai limiti di legge.

Si sottolinea che le curve di iso-concentrazione prodotte rappresentano esclusivamente il contributo sull'atmosfera legato alle attività di cantiere, e non tengono conto del livello di qualità dell'aria ante operam.

Tabella 29. Risultati delle stime modellistiche. Valori massimi sul dominio e recettori

Stima modello Calpuff -				
	NOx		PM10	
	Media anno ($\mu g/m^3$)	99.8° Perc delle medie orarie ($\mu g/m^3$)	Media anno ($\mu g/m^3$)	90.4° Perc delle medie giorno ($\mu g/m^3$)
Valori massimi sul dominio (interni al cantiere)	9.210	121.250	1.413	2.154
Valori massimi sui recettori individuati	3.618	90.357	0.270	0.828
Valori stazione della QA presa a riferimento anno 2021- stazione di GENOVA C.SO FIRENZE	***26***	***0 superamenti del valore medio orario***	***15***	***2 superamenti del valore medio giornaliero***

I valori stimati massimi si riscontrano all'interno delle aree di cantiere e considerando che sono per tutti gli inquinati al di sotto dei limiti di legge si ritiene che per come sono state impostate le simulazioni, tenendo in considerazione le emissioni derivanti dai cantieri, non impattano significativamente sulla qualità dell'aria esistente, sebbene non sia del tutto trascurabile.

6.4.9 Misure di prevenzione e mitigazione

Il repertorio delle misure ed interventi volti alla mitigazione degli effetti derivanti dalle emissioni polverulente prodotte dai cantieri è composto da procedure operative e da interventi.

In particolare, per quanto attiene alle procedure operative, queste sono essenzialmente rivolte ad impedire il sollevamento delle polveri, trattenendole al suolo, ed a ridurne la quantità. In tal senso, dette procedure, in generale, riguardano:

- *Bagnatura dell'aree di cantiere*
  Gli interventi di bagnatura delle piste, delle superfici di cantiere e delle aree di stoccaggio terreni, atti a contenere la produzione di polveri, dovranno essere effettuati tenendo conto della stagionalità, con incrementi della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. L'efficacia di detti interventi è correlata alla frequenza delle applicazioni ed alla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento. Relativamente alla frequenza, come premesso, sarà necessario definire un programma di bagnature articolato su base annuale, che tenga conto della stagionalità e della tipologia di pavimentazione dell'area di cantiere; per quanto riguarda l'entità della bagnatura, si prevede di impiegare circa 1 l/m2 per ogni trattamento di bagnatura.
- *Spazzolatura della viabilità asfaltata interessata dai traffici di cantiere*
  Per quanto concerne i tratti di viabilità asfaltata prossimi alle aree di cantiere, anche in questo caso sarà necessario definire un programma di spazzolatura del manto stradale.
- *Coperture dei mezzi di cantiere e delle aree di stoccaggio*

I cassoni dei mezzi adibiti al trasporto degli inerti, quando caricati, dovranno essere coperti da teli. Analogamente, anche le aree destinate allo stoccaggio dei materiali, in alternativa alla bagnatura, dovranno essere coperte, al fine di evitare il sollevamento delle polveri.

- *Organizzazione ed apprestamento delle aree di cantiere fisso*
  La definizione del layout delle aree di cantiere dovrà essere sviluppata in modo tale da collocare le aree di stoccaggio delle terre e di materiali inerti in posizione il più possibile lontana da eventuali ricettori abitativi.

Per quanto concerne le opere di mitigazione, qualora queste risultino effettivamente necessarie, si potrà fare alle seguenti tipologie:

- *Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi*
  Gli impianti di lavaggio sono rivolti a prevenire la diffusione di polveri e l'imbrattamento della sede stradale, e, a tal fine, sono costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione di lavare le ruote degli automezzi in uscita dai cantieri e dalle aree di lavorazione.

6.5 Scarichi idrici e sostanze nocive

6.5.1 Inquadramento normativo nazionale

- Decreto n. 260/2010: Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'art. 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo.
- D.Lgs. n. 219/2010: Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.
- D. Lgs n. 30/2009, di recepimento della direttiva "figlia" 2006/118/CE sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento.
- D.M. 14 aprile 2009 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 124 del 30 maggio 2009 - Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo".
- D.M. 16 giugno 2008 n. 131 - Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto.

- D. Lgs. 03/04/2006 n. 152 “Norme in materia ambientale” – Parte terza – Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche.
- Decreto Ministero dell’Ambiente 6 novembre 2003 n. 367. Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell’ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell’articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152. Il decreto recepisce una direttiva della Comunità Europea che prevede la riduzione e la graduale eliminazione dell’inquinamento delle acque provocato da certe sostanze pericolose e la fissazione di obiettivi di qualità tali da garantire la tutela della salute umana e dell’ecosistema acquatico. Le regioni redigono l’elenco delle sostanze pericolose da controllare in acque superficiali, marine, di laguna e nei sedimenti tra quelle fissate a livello comunitario.
- Decreto Ministero dell’Ambiente 29 Dicembre 2003, n. 391. Regolamento recante la modifica del criterio di classificazione dei laghi di cui all’allegato 1, tabella 11, punto 3.3.3, del decreto legislativo n. 152/99.
- D. Lgs. 11/05/99 n.152 – Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. (Abrogato dal D. Lgs. 152/2006).

6.5.2 Stima delle acque reflue e di processo prodotte

Per quanto riguarda la fase di cantiere è da considerare il tema in relazione alla gestione dei reflui prodotti, principalmente:

- dai servizi igienici ed assistenziali da apprestare nelle aree presidiate dalle maestranze;
- dal dilavamento delle superfici di cantiere;
- dai reflui di lavorazioni specifiche come ad esempio:
  - trivellazioni per opere di fondazione palificate;
  - altro assimilabile.

Per le attività previste all’interno delle diverse aree di lavorazione e di cantiere è possibile avere la necessità di utilizzare e stoccare sostanze pericolose quali sostanze chimiche, olii, vernici, solventi, carburanti.

6.5.3 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Le acque trattate potranno essere riciclate per gli usi interni al cantiere, limitando così i prelievi da acquedotto. Inoltre, lo scarico finale delle acque trattate verrà realizzato, in ottemperanza alle norme vigenti.

Per quanto concerne le acque nere, gli impianti di trattamento delle acque assicureranno un grado di depurazione tale da renderle idonee allo scarico secondo le norme vigenti.

Per tali ragioni, vista la tipologia di opere da realizzare e l’assenza di depositi di grandi dimensioni per lo stoccaggio di sostanze pericolose, nonché la dotazione impiantistica prevista a corredo delle aree di

cantiere, la probabilità di effetti legati alla dispersione al suolo e nelle acque superficiali e sotterranee di sostanze nocive è da considerarsi solo limitatamente ad eventuali sversamenti accidentali di tali sostanze. Detti effetti potranno essere efficacemente prevenuti e, nell'eventualità di loro determinarsi, mitigati, attraverso il ricorso alle misure gestionali ed operative riportate al successivo paragrafo.

Nel complesso la significatività dell'effetto può essere considerata trascurabile (cfr. par. 1.2.3 – Livello di significatività B).

6.5.4 Modalità di gestione delle acque reflue e di processo

In relazione alle attività di cantiere, la produzione delle acque e reflui sono, in linea generale, derivanti dalle seguenti attività:

- servizi assistenziali di cantiere (servizi igienici e attività di cucina) che scaricano in allacci in fognatura pubblica autorizzati o in vasche tipo imhoff, assimilabili ai reflui domestici;
- attività industriali di cantiere derivanti:
  - dal dilavamento dei piazzali ed aree di lavoro in aree operative
  - dalla gestione di vasche, canali e impianti presenti nelle aree di cantiere dove possono anche essere trattate miscele cementizie, fanghi, sostanze chimiche, idrocarburi, ecc.
  - da aggottamento da scavi sotto falda per volumi non riutilizzabili;
  - manutenzione dei depuratori;
  - da acque di processo:
    - ad esempio acque di raffreddamento;
    - acque derivanti da lavorazioni per la realizzazione di pali, micropali, infilaggi, ecc.
    - acque di jetting.

È necessario, pertanto, che alle tipologie sopra richiamate siano fatte corrispondere adeguate procedure di gestione per evitare, o limitare fortemente, l'impiego della risorsa naturale, la dispersione nei corpi ricettori, suolo e corpi idrici, di inquinanti biologici e/o chimici veicolati con le gli scarichi.

Tali procedure devono assicurare:

1. per quanto possibile, il recupero e il riuso delle acque di processo;
2. garantire con adeguati processi di depurazione la qualità delle acque immesse nei corpi ricettori;
3. la gestione come rifiuto in impianto autorizzati;
4. la gestione di eventuali emergenze.

6.5.5 Misure di prevenzione e mitigazione

Oltre a rimandare a quanto già detto nei capitoli 5.1.3 e 5.2.3 in riguardo alle misure da attuare a salvaguardia delle componenti suolo e acque, strettamente correlate alle presenti misure preventive, nel capitolo si specificano alcune delle principali fattispecie.

In linea generale si dovrà tenere conto delle seguenti procedure gestionali:

1. prima di essere destinate a riuso, le acque saranno trattate per la separazione delle sostanze sedimentabili e non sedimentabili e depurate considerando i parametri fisici, chimici e biologici

accettabili per l'impiego successivo. L'Appaltatore dovrà approntare e garantire, per tutta la durata del cantiere, l'attuazione delle procedure di gestione e manutenzione degli impianti di trattamento secondo gli standard previsti dal fornitore dei sistemi adottati, conseguentemente dovrà pianificare i controlli di laboratorio ambientale di rispetto dei limiti tabellari a frequenza prestabilita.

2. Gli scarichi di acque reflue urbane e di acque reflue industriali devono essere autorizzati, indipendentemente del ricettore e dall'ente competente ai sensi degli Artt. 124 e 125 del D.l.gs. 152/06. Qualora si preveda lo scarico in acque superficiali o fognatura, previa autorizzazione, deve essere previsto un collegamento stabile e continuo fra i sistemi di raccolta delle acque reflue, gli eventuali impianti di trattamento ed il recapito finale. In tal caso, si ricorda che la normativa vigente Art. 101 del D.Lgs 152/06 e s.m.i. stabilisce che venga introdotto un punto di controllo allo scarico delle acque in modo da poter verificare il rispetto dei limiti di cui alla Tabella 3 dell'Allegato 5 del D.Lgs 152/06 e s.m.i.
3. È possibile gestire le acque reflue come "rifiuto liquido" in assenza di scarichi autorizzati o in caso di manutenzione impianti; in tale caso occorrerà caricare le acque su autocisterne e trasportarle a recapito finale. Tale procedura si può applicare alle acque accumulate in vasche o cisterne, provenienti dalla lavorazione di cantiere, prima e dopo il trattamento in impianto, una volta che per tali acque sia stato definito il codice CER.

6.6 Materie prime, Rifiuti e materiali di risulta

6.6.1 Materiali di risulta delle lavorazioni e loro gestione

In conformità a quanto previsto nella presente fase progettuale, i materiali di risulta provenienti dalla realizzazione delle opere in progetto verranno gestiti in regime di rifiuto e conferiti presso siti esterni di recupero/smaltimento autorizzati ai sensi della normativa vigente.

Tutto quanto sopra premesso, si stima che le lavorazioni in esame comporteranno presumibilmente i seguenti flussi di materiali:

- **118.674 m^3** ca. di materiale terrigeno che verrà **gestito in qualità di rifiuti** conformemente alla Parte IV del Decreto Legislativo 152/06 e conferito ad impianti di recupero/smaltimento autorizzati secondo scenari descritti nei paragrafi successivi.
- **58.989 m^3** ca. di materiale da demolizione (di cui **8.940 m^3** ca. relativi alla demolizione della pavimentazione stradale) che verranno **gestite in qualità di rifiuti** conformemente alla Parte IV del Decreto Legislativo 152/06 e conferite ad impianti di recupero/smaltimento autorizzati secondo scenari descritti nei paragrafi successivi.

Tutte le quantità sopra riportate sono da intendersi in banco e, pertanto, al fine di valutare le quantità trasportate saranno incrementate del 20%.

Nell'ambito delle lavorazioni si prevede, inoltre, l'approvvigionamento di **101.776 m^3** ca. di materiale.

L'Appaltatore è il produttore dei rifiuti e dunque a lui spetta la corretta definizione del codice EER da attribuire ai rifiuti da smaltire e delle relative modalità di smaltimento e/o recupero, solo dopo avere eseguito gli accertamenti previsti dalla vigente normativa ambientale.

Sarà onere dell'Appaltatore attenersi, considerato il contesto di riferimento, a tale indirizzo gestionale.

Il materiale derivante dalle lavorazioni potrà eventualmente essere trasportato presso aree attrezzate per la caratterizzazione finalizzata alla scelta dell'impianto di destinazione finale dei materiali di risulta da gestire in qualità di rifiuti. In tal caso le aree di stoccaggio saranno adeguatamente allestite ai sensi di quanto previsto dalla normativa vigente (opportunamente perimetrate, eventualmente impermeabilizzate, stoccaggio con materiale omogeneo, etc..) e in particolare, secondo quanto prescritto dall'art. 183 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.. Anche per le modalità di trasporto si dovrà necessariamente far riferimento alla normativa ambientale vigente.

6.6.2 Caratterizzazione dei terreni

Le attività di caratterizzazione dei terreni mediante campionamento e successive analisi di laboratorio sono state finalizzate alla determinazione dello stato qualitativo dei materiali di risulta che verranno movimentati in fase di esecuzione lavori e a definire la corretta modalità di gestione degli stessi coerentemente con il grado di approfondimento della presente fase progettuale.

In particolare, sui terreni sono state eseguite le seguenti analisi:

- caratterizzazione e omologa, al fine della determinazione della pericolosità, della classificazione ed attribuzione del corretto codice EER, secondo gli allegati D e I del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- esecuzione del test di cessione, al fine di determinare il corretto impianto di destinazione finale (possibilità del recupero ai sensi dell'Allegato 3 del D.M. 05/02/98 e s.m.i. o corretto smaltimento ai sensi del D.Lgs. n. 36 del 13/01/2003 e s.m.i.).

Sarà comunque cura dell'Appaltatore effettuare tutti gli accertamenti necessari per assicurare una completa e corretta gestione dei materiali di risulta ai fini di una piena assunzione di responsabilità da parte dell'Appaltatore sia in fase progettuale che realizzativa.

Si riporta nei paragrafi successivi una breve sintesi dei risultati delle analisi condotte sui campioni di terreno analizzato.

Si precisa che allo stato attuale le analisi sui campioni prelevati sono ancora in corso e saranno trasmesse non appena disponibili.

6.6.2.1 Prelievo dei campioni di terreno

Le attività sono state svolte prelevando campioni di terreno dai sondaggi ambientali eseguiti a luglio 2023, in corrispondenza dell'opera oggetto di intervento, e sottoposti a successive analisi di laboratorio.

Nel dettaglio sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno come rifiuto dai sondaggi ambientali eseguiti, denominati SKYL2 – SKYS4 – SKYS7, tutti da 0 a -5 m. di profondità, per successiva analisi ai fini della gestione come rifiuto e test di cessione secondo le metodiche di cui al DM 05/02/98 e s.m.i. (possibilità di recupero) o di cui al D.Lgs. n. 36 del 13/01/2003 (ammissibilità in discarica).

Nella figura seguente viene riportata l'ubicazione dei punti di campionamento.

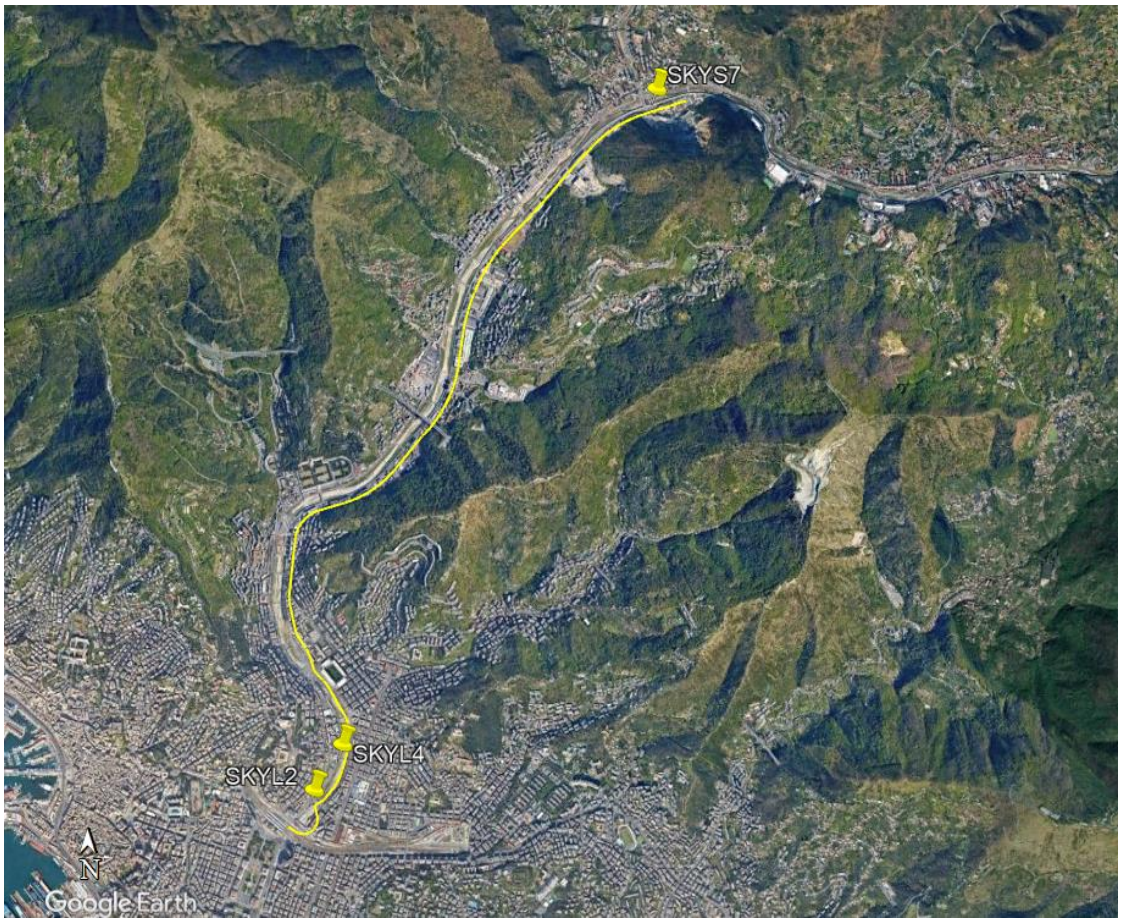


Figura 156. Ubicazione dei punti di campionamento

Nella tabella seguente sono riportate la denominazione dei campioni prelevati e la tipologia di analisi eseguita.

Campione	Tipologia	Descrizione
SKYL2	Rifiuti TQ TC Tab.2 + Tab.5 + DM 186	Rifiuto costituito da terre e rocce da scavo prelevato da sondaggio ambientale **SKYL2 (0-5 m)** PROGETTO PFTE PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO
SKYS4	Rifiuti TQ TC Tab.2 + Tab.5 + DM 186	Rifiuto costituito da terre e rocce da scavo prelevato da sondaggio ambientale **SKYS4 (0-5 m)** PROGETTO PFTE PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO
SKYS7	Rifiuti TQ TC Tab.2 + Tab.5 + DM 186	Rifiuto costituito da terre e rocce da scavo prelevato da sondaggio ambientale **SKYS7 (0-5 m)** PROGETTO PFTE PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

I criteri di scelta dei campioni da prelevare, e successivamente da inviare al laboratorio, si sono basati oltre che sui criteri sopra riportati, anche sull'esame visivo ed olfattivo in sito, su eventuali cambi rilevanti di litologia riscontrati e sulla presenza di possibili evidenze di contaminazione. Infatti, qualora si fosse verificato anche uno solo dei casi sopra menzionati si sarebbe provveduto ad effettuare, in corrispondenza dell'anomalia riscontrata, ulteriori prelievi integrativi.

La formazione dei campioni è avvenuta al momento del prelievo del materiale, in modo da impedire la perdita di composti organici volatili e da assicurarne la significatività.

I campioni prelevati sono stati posti in barattoli di plastica, barattoli in vetro e vials, contraddistinti da opportuna etichetta indelebile riportante la localizzazione del sito, il numero del sondaggio, la profondità e la data del prelievo, e sono stati conservati alla temperatura di 4 °C in minifrigoriferi portatili fino all'inizio delle analisi, accompagnati dalla scheda di campionamento (catena di custodia).

6.6.2.2 Analisi sui campioni di terreno

Le analisi chimiche sono state eseguite ipotizzando di gestire i quantitativi complessivi di materiali di risulta provenienti dagli interventi in oggetto in qualità di rifiuto.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco dei parametri analizzati e l'indicazione del metodo di analisi utilizzato.

PARAMETRO	METODO	UM
a) Analiti per la classificazione del rifiuto		
METALLI		
Antimonio	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Arsenico	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Berillio	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Cadmio	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Cobalto	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Cromo	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Cromo esavalente (VI)	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	mg/kg
Mercurio	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Nichel	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Piombo	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Rame	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Selenio	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Stagno	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Tallio	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Vanadio	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
Zinco	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2018	mg/kg
COMPOSTI INORGANICI		
Cianuri	LABO 21 Ed.00^ (2017)	mg/kg
Fluoruri	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/kg
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
Benzene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Toluene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Etilbenzene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Stirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Xileni	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Sommatoria composti organici aromatici	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI		
Benzo(a)antracene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/Kg SS
Benzo(a)pirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/Kg SS

PARAMETRO	METODO	UM
Benzo(b)fluorantene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/Kg SS
Benzo(k)fluorantene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/Kg SS
Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Crisene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/Kg SS
Dibenzo(a,e)pirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Dibenzo(a,l)pirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Dibenzo(a,i)pirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Dibenzo(a,h)pirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Dibenzo(a,h)antracene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/Kg SS
Indenopirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Pirene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Sommatoria composti aromatici policiclici	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
COMPOSTI ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI		
Clorometano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Diclorometano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Triclorometano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Cloruro di vinile	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,2-Dicloroetano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,1-Dicloroetilene	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Tricloroetilene	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Tetracloroetilene (Percloroetilene)	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
COMPOSTI ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI		
1,1-Dicloroetano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,2-Dicloroetilene	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,2-Dicloropropano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,1,2,2-Tetracloroetano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
COMPOSTI ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI		
Tribromometano (Bromoformio)	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,2-Dibromoetano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Dibromoclorometano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Bromodiclorometano	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
NITROBENZENI		
Nitrobenzene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
1,2-Dinitrobenzene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Cloronitrobenzeni	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
CLOROBENZENI		
Monoclorobenzene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
1,2-Diclorobenzene	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,4-Diclorobenzene	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	EPA 5021A:2014 + EPA 8260D:2018	mg/kg
Pentaclorobenzene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Esaclorobenzene (HCB)	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
FENOLI NON CLORURATI		
Metilfenolo (o,m,p)	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Fenolo	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
FENOLI CLORURATI		
2-Clorofenolo	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Pentaclorofenolo	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
AMMINE AROMATICHE		
Anilina	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
o-Anisidina	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
m,p-Anisidina	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Difenilammina	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
p-Toluidina	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg

PARAMETRO	METODO	UM
Sommatoria ammine aromatiche	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
IDROCARBURI		
Idrocarburi leggeri C <12	LABO 10 Ed.10^ (2021)	mg/kg SS
Idrocarburi pesanti (C10-C40)	UNI EN 14039:2005	mg/kg SS
FITOFARMACI		
Alaclor	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Aldrin	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Isodrin	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Atrazina	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
alfa-esacloroesano	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
beta-esacloroesano	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
gamma-esacloroesano	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Clordano	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
DDD, DDT, DDE	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Dieldrin	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Endrin	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Eptacloro	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Eptacloro epossido	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Sommatoria fitofarmaci	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Clordecone	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Mirex	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Toxafene	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Esabromobifenile	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Endosulfan	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
Esteri dell'acido ftalico	EPA 3550C : 2007 + EPA 8270E : 2018	mg/kg
POLICLOROBIFENILI		
PCB	LABO 04 Ed.12^ (2021)	mg/kg
b) Analiti per caratterizzazione del rifiuto		
ALTRE SOSTANZE		
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	unità
Residuo secco a 105°C	UNI EN 14346:2007	%
TOC	UNI EN 13137:2002	mg/kg
Amianto SEM (Analisi Qualitativa)	DM 06/09/1994 SO n°129 GU n°220 20/09/1994 All. 1	Pres. - Ass.
Amianto SEM (Analisi Quantitativa)	DM 06/09/1994 SO n°129 GU n°220 20/09/1994 All. 1	mg/kg
Parametri di ammissibilità sull'eluato da test di cessione UNI EN 12457-2:2004		
Antimonio TC	UNI EN ISO 17294-02:2016	mg/l
Arsenico TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Bario TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Berillio TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Cadmio TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Cobalto TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Cromo TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Mercurio TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Molibdeno TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Nichel TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Piombo TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Rame TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Selenio TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l

PARAMETRO	METODO	UM
Vanadio TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Zinco TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Cloruro TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Fluoruro TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Cianuro TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Nitrati TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
Solfato TC	APHA Standard Methods for the Exam. of Water and Wastewater, ed 24th 2023 3125B	mg/l
COD TC	ISO 15705:2002	mg/l
DOC TC	ISO 15705:2002	mg/l
Amianto TC	DLgs n°114 17/03/1995 GU n°92 20/04/1995 All.B	mg/l
Indice di fenolo TC	UNI EN 16192:2012 + ISO 6439:1990	mg/l
pH TC	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	unità
TDS TC	APAT CNR IRSA 2090 A Man 29 2003	mg/l

Inoltre, in base al Regolamento (UE) 2022/2400, del 23 novembre 2022 sono state ricercate le seguenti sostanze:

- Pentaclorofenolo, suoi sali ed esteri;
- Dicofol;
- Acido perfluoroottanoico (PFOA), suoi sali e composti a esso correlati;
- Acido perfluoroesano sulfonico (PFHxS), suoi sali e composti a esso correlati.

6.6.2.3 Risultati delle analisi dei terreni

Nelle tabelle seguente si riportano i risultati delle analisi effettuate sul tal quale e sull'eluato del test di cessione necessarie per la definizione della corretta modalità di gestione dei materiali di risulta delle nuove realizzazioni, nell'ipotesi di gestione degli stessi nel campo dei rifiuti. Di seguito si riportano i risultati delle analisi terre come rifiuto.

Tabella 30. Risultati analisi terre come rifiuto

Codice	23LA14649	23LA14652	23LA14655
Attività	Rifiuto solido	Rifiuto solido	Rifiuto solido
Descrizione	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
Data prelievo	29/06/2023	29/06/2023	29/06/2023
Stato fisico ()	SOLIDO NON POLVERULENTO	SOLIDO NON POLVERULENTO	SOLIDO NON POLVERULENTO
Residuo a 105°C (%)	95,1	98,4	99,5
Residuo a 600°C (%)	89,9	92,4	73,3
pH (unità di pH)	8,5	8,3	8,3
Cianuri liberi (mg/kg)	< 10	< 10	< 10

Codice	23LA14649	23LA14652	23LA14655
Attività	Rifiuto solido	Rifiuto solido	Rifiuto solido
Descrizione	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
Fluoruri (mg/kg)	< 50	< 50	< 50
Carbonio organico totale (mg/kg)	12366	10638	131724
Antimonio (mg/kg)	< 2.5	< 2.5	< 2.5
Arsenico (mg/kg)	< 2.5	< 2.5	< 2.5
Berillio (mg/kg)	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cadmio (mg/kg)	0,535	0,69	0,615
Cobalto (mg/kg)	4,4	9,38	7,65
Cromo (mg/kg)	14,9	11,6	10,9
Cromo VI (mg/kg)	< 5	< 5	< 5
Mercurio (mg/kg)	< 5	< 5	< 5
Nichel (mg/kg)	25	22,1	18,4
Piombo (mg/kg)	79	17,5	12,3
Rame (mg/kg)	33	28	17
Selenio (mg/kg)	< 2.5	< 2.5	< 2.5
Stagno (mg/kg)	< 40	< 40	< 40
Tallio (mg/kg)	0,8	1,2	< 0.5
Vanadio (mg/kg)	8,1	8,6	9,7
Zinco (mg/kg)	39	68	44
Sommatoria composti organostannici (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Idrocarburi leggeri C<12 (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Idrocarburi pesanti C10-C40 (mg/kg)	< 100	< 100	< 100
1,1,2,2 - Tetracloroetano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,1,2 - Tricloroetano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,1 - Dicloroetano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,1 - Dicloroetilene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,2,3 - Tricloropropano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,2 - Dibromoetano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,2 - Dicloroetilene (cis + trans) (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,2 - Dicloropropano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Bromodiclorometano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Clorometano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Cloruro di vinile (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Dibromoclorometano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Diclorometano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Tetracloroetilene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1

Codice	23LA14649	23LA14652	23LA14655
Attività	Rifiuto solido	Rifiuto solido	Rifiuto solido
Descrizione	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
Tribromometano (Bromoformio) (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Tricloroetilene (Trielina) (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Triclorometano (Cloroformio) (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Benzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Etilbenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Stirene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Toluene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Xilene (mg/kg)	< 3	< 3	< 3
Sommatoria solventi organici aromatici (mg/kg)	< 3	< 3	< 3
Acenaftene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Acenaftilene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Antracene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Benzo(a)antracene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Benzo(a)pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Benzo(b+j)fluorantene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Benzo(e)pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Benzo(g,h,i)perilene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Benzo(k)fluorantene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Crisene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Dibenzo(a,e)pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Dibenzo(a,i)pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Dibenzo(a,l)pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Dibenzo(a,h)antracene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Dibenzo (a,h) Pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Fenantrene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Fluorene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Indeno(1,2,3,cd)pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Naftalene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Perilene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Pirene (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Sommatoria policiclici aromatici (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
1,2-Dinitrobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,3-Dinitrobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Nitrobenzene (mg/Kg)	< 1	< 1	< 1
1,2,4,5-Tetraclorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1

Codice	23LA14649	23LA14652	23LA14655
Attività	Rifiuto solido	Rifiuto solido	Rifiuto solido
Descrizione	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
1,2,4-Triclorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,2-Diclorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
1,4-Diclorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Clorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Esaclorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Pentaclorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,3,4,6-tetraclorofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,4,6 - Triclorofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,4 - Diclorofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,4-Dimetilfenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,4-Dinitrofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2 - Clorofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
4,6-dinitro-o-cresolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
4-cloro-3-metilfenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Fenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
m-cresolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Metilfenolo (o,m,p) (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
o-cresolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
o-nitrofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Pentaclorofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Pentaclorofenolo e i suoi sali ed esteri (mg/kg)	< 1	< 1	< 0.1
p-nitrofenolo (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,3-Dicloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,4-Dicloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,4-Toluendiammina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,5-Dicloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,5-Dimetilanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2,6-Toluendiammina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2-Cloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2-Etossianilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2-Naftilammina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
2-Nitroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
3,4-Dicloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
3,5-Dicloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
3-Cloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
3-Nitroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
4-Cloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1

Codice	23LA14649	23LA14652	23LA14655
Attività	Rifiuto solido	Rifiuto solido	Rifiuto solido
Descrizione	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
2-Cloroanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Difenilammina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
m-Anisidina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
P-Anisidina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
M-Tolouidina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
N,n-dimetilanilina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
O-Anisidina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
O-Tolouidina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
P-Anisidina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
P-Tolouidina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
alfa-Esaclorocicloesano (mg/kg)	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Alaclor (mg/kg)	< 0.5	< 1	< 0.5
Aldrin (mg/kg)	< 0.5	< 0.50	< 0.5
Atrazina (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
beta-Esaclorocicloesano (mg/kg)	< 0.5	< 0.5	< 0.50
Clordano (mg/kg)	< 1	< 0.50	< 0.50
Clordecone (mg/kg)	< 0.5	< 0.50	< 0.5
DDD, DDE, DDT (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Dieldrin (mg/kg)	< 0.5	< 1	< 0.5
Endrin (mg/kg)	< 0.5	< 0.50	< 0.50
Esabromobifenile (mg/kg)	< 0.1	< 1	< 1
gamma-Esaclorocicloesano (Lindano) (mg/kg)	< 0.05	< 0.5	< 0.50
Mirex (mg/kg)	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Toxafene (mg/kg)	< 5.0	< 0.5	< 5
Acido perfluoroottano sulfonato e suoi derivati (mg/kg)	< 10	< 0.20	< 0.20
Cloroalcani C10-C13 (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Cloroparaffine C10-C13 (mg/kg)	< 10	< 10	< 10
Esteri dell'acido ftalico (mg/kg)	< 1	< 1	< 1
Naftaleni Policlorurati (PCN) (mg/kg)	1	< 1	< 1
2,2',5,5' TETRA-CB (PCB 52) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',4,5,5' PENTA-CB (PCB 101) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3,3',4,4' PENTA-CB (PCB 105) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3,3',4',6 PENTA-CB (PCB 110) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3,4,4',5 PENTA-CB (PCB 114) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1

Codice	23LA14649	23LA14652	23LA14655
Attività	Rifiuto solido	Rifiuto solido	Rifiuto solido
Descrizione	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
2,3',4,4',5 PENTA-CB (PCB 118) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3',4,4'5 PENTA-CB (PCB 123) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3,3',4,4',5 PENTA-CB (PCB 126) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,3',4,4' ESA-CB (PCB 128) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,4,4',5' ESA-CB (PCB 138) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,4',5,5' ESA-CB (PCB 146) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,4',5',6 ESA-CB (PCB 149) + 2,3',4,4',5 PENTA-CB (PCB 118) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3,5,6,2',5' ESA-CB (PCB 151) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 153) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3,3',4,4',5 ESA-CB (PCB 156) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3,3',4,4',5' ESA-CB (PCB 157) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 167) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3,3',4,4',5,5' ESA-CB (PCB 169) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,3',4,4',5 EPTA-CB (PCB 170) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,3',4,5',6' EPTA-CB (PCB 177) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',5 TRI-CB (PCB 18) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,4,4',5,5' EPTA-CB (PCB 180) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,4,4',5',6 EPTA-CB (PCB 183) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,4',5,5',6 EPTA-CB (PCB 187) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,3,3',4,4',5,5' EPTA-CB (PCB 189) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,4,4' TRI-CB (PCB 28) + 2,4',5 TRI-CB (PCB 31) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,5' TETRA-CB (PCB 44) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3,4,4',5 TETRA-CB (PCB 81) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',3,5',6 PENTA-CB (PCB 95) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2,2',4,4',5 PENTA-CB (PCB 99) (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Sommatoria Pcb congeneri (mg/kg)	< 0.1	< 0.1	< 0.1

Codice	23LA14649	23LA14652	23LA14655
Attività	Rifiuto solido	Rifiuto solido	Rifiuto solido
Descrizione	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
Amianto (ricerca qualitativa SEM) (R/NR)	0	Non rilevato	Non rilevato
Amianto totale (mg/kg)	< 100	< 100	< 100
1,2,3,4,6,7,8 - eptaCDD (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,4,6,7,8 - eptaCDF (µg/kg)	0,206	< 0.02	< 0.02
1,2,3,4,7,8,9 - eptaCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,4,7,8 - esaCDD (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,4,7,8 - esaCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,6,7,8 - esaCDD (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,6,7,8 - esaCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,7,8,9 - esaCDD (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,7,8,9 - esaCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,7,8 - pentaCDD (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
1,2,3,7,8 - pentaCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
2,3,4,6,7,8 - esaCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
2,3,4,7,8 - pentaCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
2,3,7,8 - tetraCDD (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
2,3,7,8 - tetraCDF (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
OctaCDD (µg/kg)	0,051	< 0.02	< 0.02
OctaCDF (µg/kg)	0,47	< 0.02	< 0.02
Equivalente di tossicità (I-TEQ) (µg/kg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Dicofol (mg/kg)	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Acido perfluoroottanoico (PFOA) e i suoi derivati (mg/kg)	< 0.20	< 0.20	< 0.20
Acido perfluoroesanosulfonico (PFHxS) e i suoi derivati (mg/kg)	< 0.20	< 0.20	< 0.20
Monoclorobenzene (mg/kg)	< 1	< 1	< 1

Tabella 31. Risultati delle analisi dell'Eluato

Num. Rapporto di Prova	**Limiti Allegato 3 DM 05/02/1998**	**23LA14650**	**23LA14653**	**23LA14656**
Matrice		*Eluato per Recupero*	*Eluato per Recupero*	*Eluato per Recupero*
Descrizione del campione		*Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m*	*Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m*	*Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m*
Data prelievo		*29/06/2023*	*29/06/2023*	*29/06/2023*
Residuo a 105°C (%)		*95,1*	*98,4*	*99,5*
Conduttività elettrica a 20°C (µs/cm)		*157*	*232*	*220*
pH (unità di pH)	**5,5<>12,0**	*8,5*	*8,3*	*8,3*
Cianuri (µg/L)	**50**	*< 10*	*< 10*	*< 10*

Num. Rapporto di Prova	Limiti Allegato 3 DM 05/02/1998	23LA14650	23LA14653	23LA14656
Matrice		*Eluato per Recupero*	*Eluato per Recupero*	*Eluato per Recupero*
Descrizione del campione		*Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m*	*Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m*	*Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m*
Data prelievo		*29/06/2023*	*29/06/2023*	*29/06/2023*
COD (mg/L)	**30**	*< 20*	**41**	*< 20*
Cloruri (mg/L)	**100**	*3,9*	*6,1*	*7,8*
Fluoruri (mg/L)	**1,5**	*0,3*	*0,29*	*0,29*
Nitrati (mg/L)	**50**	*3,1*	*4*	*12,6*
Solfati (mg/L)	**250**	*5,6*	*86*	*61*
Arsenico (µg/L)	**50**	*4,9*	*2,3*	*1,6*
Bario (mg/L)	**1**	*< 0.010*	*0,03*	*0,02*
Berillio (µg/L)	**10**	*< 1*	*< 1*	*< 1*
Cadmio (µg/L)	**5**	*< 0.1*	*< 0.1*	*< 0.1*
Cobalto (µg/L)	**250**	*< 10*	*< 10*	*< 10*
Cromo totale (µg/L)	**50**	*< 1*	*1*	*4*
Mercurio (µg/L)	**1**	*< 0.1*	*< 0.1*	*< 0.1*
Nichel (µg/L)	**10**	*< 1*	*1*	*1*
Piombo (µg/L)	**50**	*< 1*	*< 1*	*< 1*
Rame (mg/L)	**0,05**	*< 0.01*	*< 0.01*	*< 0.01*
Selenio (µg/L)	**10**	*0,24*	*0,54*	*0,56*
Vanadio (µg/L)	**250**	*4*	*4*	*2*
Zinco (mg/L)	**3**	*< 0.01*	*< 0.01*	*< 0.01*
Amianto (mg/L)	**30**	*< 10*	*< 10*	*< 10*

Tabella 32. Analisi per ammissibilità in discarica

Num. Rapporto di prova	Limiti D.Lgs. 13 gennaio 2003, n.36 e s.m.i.			23LA14651	23LA14654	23LA14657
Matrice				Ammissibilita in discarica	Ammissibilita in discarica	Ammissibilita in discarica
Descrizione campione	**All. 4 Tab. 2 e Tab. 4 Inerti**	**All. 4 Tab. 5 e Tab. 5bis Non peric.**	**All. 4 Tab. 6 e Tab. 6bis Peric.**	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
Data prelievo				29/06/2023	29/06/2023	29/06/2023
Residuo a 105°C (%)	**>25**		**>25**	98,4	98,4	99,5
BTEX (mg/kg)	**6**			< 1	< 1	< 1
Olio Minerale (C10-C40) (mg/kg)	**500**			< 100	< 100	< 100
Carbonio organico totale (mg/kg)	**30000**		**60000**	12366	10638	**131724**
Conduttività elettrica a 20°C (µs/cm)				157	232	220
pH (unità di pH)				8,5	8,3	8,3
DOC (mg/L)	**50**	**100**	**100**	5,6	7,1	10,6
Indice di fenolo (mg/L)	**0,1**			< 0.05	< 0.05	< 0.05

Num. Rapporto di prova	**Limiti D.Lgs. 13 gennaio 2003, n.36 e s.m.i.**			23LA14651	23LA14654	23LA14657
Matrice				Ammissibilita in discarica	Ammissibilita in discarica	Ammissibilita in discarica
Descrizione campione	**All. 4 Tab. 2 e Tab. 4 Inerti**	**All. 4 Tab. 5 e Tab. 5bis Non peric.**	**All. 4 Tab. 6 e Tab. 6bis Peric.**	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky L2 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m	Rifiuto solido costituito da terra e rocce – Sky S7 - CA1 (0.00-5.00)m
Data prelievo				29/06/2023	29/06/2023	29/06/2023
Cloruri (mg/L)	**80**	**2500**	**2500**	3,9	6,1	7,8
Fluoruri (mg/L)	**1**	**15**	**50**	0,3	0,29	0,29
Solfati (mg/L)	**100**	**5000**	**5000**	5,6	86	61
Solidi disciolti totali (TDS) (mg/L)	**400**	**6000**	**10000**	79	116	110
Antimonio (mg/L)	**0,006**	**0,07**	**0,5**	**0,01**	0,001	0,0005
Arsenico (mg/L)	**0,05**	**0,2**	**2,5**	0,005	0,002	0,002
Bario (mg/L)	**2**	**10**	**30**	< 0.010	0,03	0,02
Cadmio (mg/L)	**0,004**	**0,1**	**0,5**	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Cromo totale (mg/L)	**0,05**	**1**	**7**	< 0.001	0,001	0,0039
Mercurio (mg/L)	**0,001**	**0,02**	**0,2**	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Molibdeno (mg/L)	**0,05**	**1**	**3**	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Nichel (mg/L)	**0,04**	**1**	**4**	< 0.001	0,0013	0,0015
Piombo (mg/L)	**0,05**	**1**	**5**	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Rame (mg/L)	**0,2**	**5**	**10**	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Selenio (mg/L)	**0,01**	**0,05**	**0,7**	0,0002	0,0005	0,0006
Zinco (mg/L)	**0,4**	**5**	**20**	< 0.01	< 0.01	< 0.01

I Rapporti di Prova delle analisi eseguite sui campioni prelevati sono riportati in Allegato al presente elaborato. In sintesi:

- Il materiale proveniente dai campioni analizzati potrà essere smaltito come **rifiuti speciali non pericolosi con il codice C.E.R. 17.05.04** ad eccezione del campione **Sky S4 - CA1 (0.00-5.00) m** smaltibile in discarica per **rifiuti inerti.**

Il test di cessione ha evidenziato quanto di seguito esposto:

- Il campione di rifiuto *Sky L2 - CA1 (0.00-5.00) m* evidenzia il **superamento dei limiti** imposti dal D.Lgs. n° 36 del 13/01/2003, Tabella 2 (accettabilità in **discariche per inerti**) per il solo parametro Antimonio.
- Il campione di rifiuto *Sky S4 - CA1 (0.00-5.00) m* evidenzia il **rispetto dei limiti** imposti dal D.Lgs. n° 36 del 13/01/2003, Tabella 2 (accettabilità in **discariche per inerti**), Tabella 5 (accettabilità in **discariche per non pericolosi**) e Tabella 6 (accettabilità in **discariche per pericolosi**).
- Il campione di rifiuto *Sky S7 - CA1 (0.00-5.00) m* evidenzia il **superamento dei limiti** imposti dal D.Lgs. n° 36 del 13/01/2003, Tabella 6 (accettabilità in **discariche per pericolosi**) per il solo parametro Carbonio organico totale.
- I campioni di rifiuto *Sky S4 - CA1 (0.00-5.00)m* costituito da terre e rocce da scavo presenta un superamento del parametro COD rispetto al limite imposto dal D.M. 05/02/1998, all.3 e quindi risultano **ammissibile solamente alle procedure di recupero** per attività 7.31-bis lettera a) del D.M. 05/02/98.

- I campioni di rifiuto *Sky L2 - CA1 (0.00-5.00) m e Sky S7 - CA1 (0.00-5.00) m* costituiti da terre e rocce da scavo risultano conformi rispetto al limite imposto dal D.M. 05/02/1998, all.3 e risultano **ammissibile solamente alle procedure di recupero** per attività 7.31-bis lettera a), b), c) del D.M. 05/02/98.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei risultati:

Denominazione campione	**Test omologa Rifiuto – C.E.R.**	**Valutazione ai fini dello smaltimento ai sensi del D.Lgs. n° 36 del 13/01/2003** Smaltibile in discarica per rifiuti:	**Limiti Allegato 3 DM 05/02/1998**	**Valutazione ai fini del recupero ai sensi del DM 5/4/2006 n.186, All.3** Recuperabile in impianti autorizzati per la tipologia:
Campione di rifiuto solido terreno costituito da terra e rocce – **Sky L2 - CA1 (0.00-5.00) m**	**RIFIUTO SPECIALE NON PERICOLOSO** C.E.R. 17.05.04 ("terre e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03")	**NON PERICOLOSI**	**CONFORME**	**7.11 del DM 05/02/98 lettera a), b), c)**
Campione di rifiuto solido terreno costituito da terra e rocce – **Sky S4 - CA1 (0.00-5.00) m**		**INERTI**	**NON CONFORME**	**7.11 del DM 05/02/98 lettera a)**
Campione di rifiuto solido terreno costituito da terra e rocce – **Sky S7 - CA1 (0.00-5.00) m**		**NON PERICOLOSI**	**CONFORME**	**7.11 del DM 05/02/98 lettera a), b), c)**

6.6.3 Gestione dei materiali di risulta

Al fine di definire le corrette modalità di gestione dei materiali di risulta che verranno movimentati per la realizzazione delle opere in progetto, sono state eseguite le indagini su campioni di terreni secondo quanto è stato descritto nel precedente capitolo.

Le indagini previste si sono svolte mediante il prelievo e le successive analisi di laboratorio di campioni di terreni/materiali di scavo prelevati all'interno delle aree oggetto di intervento, in corrispondenza dei tratti interessati dalla movimentazione e rimozione dei materiali stessi, ai fini della corretta gestione all'interno del regime dei rifiuti ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.; in particolare sono state eseguite le seguenti analisi:

- caratterizzazione e omologa, al fine della determinazione della pericolosità, della classificazione ed attribuzione del corretto codice EER, secondo gli allegati D e I del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- esecuzione del test di cessione, al fine di determinare il corretto impianto di destinazione finale (possibilità del recupero ai sensi dell'Allegato 3 del D.M. 05/02/98 e s.m.i. o corretto smaltimento ai sensi del D.Lgs. n. 36 del 13/01/2003 e s.m.i.).

Considerando le tipologie ed ai quantitativi dei materiali prodotti e le analisi ambientali eseguite nella presente fase di progettazione tutti i materiali di risulta prodotti nell'ambito delle lavorazioni verranno **gestiti nel regime dei rifiuti** ai sensi della parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., ovvero verranno classificati ed inviati ad idoneo impianto di recupero/smaltimento.

Coerentemente con l'orientamento normativo comunitario e nazionale, che ha come obiettivo principale quello di ridurre al minimo le conseguenze negative della produzione e della gestione dei rifiuti per la salute umana e l'ambiente e di ridurre l'uso di risorse e promuovere l'applicazione pratica della gerarchia dei rifiuti, nella gestione dei rifiuti, sarà data preferenza al ricorso ad impianti autorizzati – ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs. n. 152/2006 smi – all'esecuzione delle operazioni di recupero (operazioni identificate con la lettera R di cui all'Allegato C, Parte quarta del D. Lgs. n.152/2006 smi), mentre, il ricorso impianti autorizzati – ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs. n. 152/2006 smi – all'esecuzione di operazioni di smaltimento (operazioni identificate alla lettera D di cui all'allegato B, Parte quarta del D.Lgs. n. 152/2006 smi) sarà effettuato solo nel caso in cui non sussistano presupposti economici e tecnici tali da indicare il conferimento presso impianti di recupero.

6.6.3.1 Gestione dei materiali nel regime dei rifiuti

Nel presente paragrafo si va a descrivere come si prevede di gestire i materiali di risulta in esubero e non riutilizzabili nell'ambito delle opere in progetto.

Come detto precedentemente, in totale saranno gestiti come rifiuti i seguenti materiali di risulta:

- materiali terrigeni derivanti dagli scavi (Codice E.E.R. 17.05.04)
- materiali provenienti dalle demolizioni e dalle traverse in CAP (Codice E.E.R. 17.09.04)
- miscele bituminose (Codice E.E.R. 17.03.02)

Al fine di accertarne l'idoneità al recupero/smaltimento tutti i materiali derivanti dalle lavorazioni, una volta prodotti, dovranno essere caratterizzati e, pertanto saranno trasportati presso aree adeguatamente allestite ai sensi di quanto previsto dalla normativa vigente (opportunamente perimetrale, eventualmente impermeabilizzate, stoccaggio con materiale omogeneo, etc..) e in particolare, secondo quanto prescritto dall'art. 183 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Si precisa, infine, che tutti i volumi sopra riportati sono da considerarsi in banco. Le destinazioni ipotizzate sopra potranno essere determinate in maniera definitiva a seconda dei risultati delle analisi di caratterizzazione (sul tal quale e sull'eluato da test di cessione) che **l'Appaltatore dovrà eseguire nella fase di realizzazione dell'opera per la corretta scelta delle modalità di gestione dei materiali di risulta ai sensi della normativa ambientale vigente. Si ricorda infatti che in fase di esecuzione lavori l'Appaltatore è il produttore dei rifiuti e come tale a lui spetta tanto la corretta attribuzione del codice EER quanto la corretta gestione degli stessi**; pertanto, le considerazioni riportate nel presente documento si riferiscono alla presente fase di progettazione ed allo stato ante operam dei luoghi.

6.6.3.2 Caratterizzazione e gestione in corso d'opera

Come già detto, nell'ambito del presente appalto si prevede di produrre materiali di risulta costituiti da terre e rocce (Codice EER 17.05.04), miscele bituminose (Codice EER 17.03.02) e da residui di demolizioni e traversine in CAP (Codice EER 17.09.04).

Tali materiali verranno gestiti come rifiuti ai sensi della Parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., e verranno classificati ed inviati ad idoneo impianto di recupero/smaltimento, privilegiando ove possibile il

conferimento presso siti autorizzati al recupero, e solo secondariamente prevedendo lo smaltimento finale in discarica.

Stoccaggio temporaneo

Il materiale derivante dalle lavorazioni verrà trasportato presso aree attrezzate per la caratterizzazione finalizzata alla scelta dell'impianto di destinazione finale dei materiali di risulta da gestire in qualità di rifiuti.

Le aree di stoccaggio saranno adeguatamente allestite ai sensi di quanto previsto dalla normativa vigente (opportunamente perimetrale, eventualmente impermeabilizzate, stoccaggio con materiale omogeneo, etc..) e in particolare, secondo quanto prescritto dall'art. 183 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Anche per le modalità di trasporto si dovrà necessariamente far riferimento alla normativa ambientale vigente.

Campionamento dei materiali di risulta in corso d'opera

Il materiale da destinare a smaltimento/recupero verrà caratterizzato all'interno delle aree di stoccaggio, al fine di accertare l'idoneità dei materiali di scavo al loro recupero/smaltimento.

Per quanto riguarda le procedure e le modalità operative di campionamento e di formazione dei campioni di rifiuti da avviare ad analisi, si farà riferimento alla normativa vigente.

Al fine di ottemperare a quanto previsto dalla normativa vigente in materia ambientale, in generale l'Appaltatore dovrà promuovere in via prioritaria la prevenzione e la riduzione della produzione e della nocività dei rifiuti privilegiando, ove possibile, il conferimento presso siti esterni autorizzati al recupero rifiuti e, solo secondariamente, prevedendo lo smaltimento finale in discarica.

Sarà pertanto cura dell'Appaltatore, in fase di realizzazione dell'opera, effettuare tutti gli accertamenti necessari (sul tal quale e sull'eluato da test di cessione ai sensi del D.M. 186/06 e del D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 e s.m.i.) ad assicurare la completa e corretta modalità di gestione dei materiali di risulta ai sensi della normativa ambientale vigente e la corretta scelta degli impianti di destinazione finale, al fine di una piena assunzione di responsabilità in fase realizzativa.

In particolare, ricordando che in fase di esecuzione lavori l'Appaltatore è il produttore dei rifiuti e come tale a lui spetta la corretta gestione degli stessi, si riportano di seguito le indicazioni generali sulle modalità di caratterizzazione dei materiali di risulta per la gestione degli stessi nel regime dei rifiuti.

Il campionamento sarà effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard di cui alla norma UNI 10802 del 2013 e UNI 14899 del 2006 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati".

Per quanto concerne le attività di caratterizzazione dei rifiuti in corso d'opera, ai fini della corretta classificazione e gestione, si dovrà fare riferimento alla normativa vigente, prevedendo il prelievo e l'analisi dei campioni ad ogni variazione significativa del processo che origina i rifiuti e comunque per ciascun lotto di produzione.

Il campionamento sarà effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard di cui alla norma UNI 10802 del 2013 e UNI 14899 del 2006 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati".

Di seguito si riportano i dettagli dei parametri da ricercare relativamente ai possibili scenari di conferimento dei rifiuti stessi.

Analisi sul tal quale ai fini della classificazione e dell'omologa

I parametri che si prevede di analizzare per la classificazione e l'omologa del rifiuto, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, sono:

- Metalli: Cd, Cr tot, CrVI, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn;
- BTEX;
- IPA;
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Fitofarmaci;
- DDD, DDT, DDE;
- Idrocarburi (C<12 e C>12);
- Oli minerali C10 - C40;
- TOC;
- Composti organici persistenti.

I risultati delle analisi sul tal quale verranno posti a confronto con i limiti di cui agli allegati D e I alla Parte IVa del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Test di cessione ai fini del recupero

Ai sensi dell'art. 184 ter del D. Lgs. 152/06 e s.m.i, nel caso in cui i materiali di risulta siano classificabili come rifiuti "speciali non pericolosi" potranno essere avviati ad operazioni di recupero così come disciplinato dall'art. 3 (recupero di materia) del D.M. 05/02/98 e s.m.i.

Sul materiale considerato rifiuto ai fini del recupero verrà pertanto effettuato il test di cessione ai sensi dell'Allegato 3 del D.M. 05/02/98 e s.m.i. "Criteri per la determinazione del test di cessione". Il set analitico di base sull'eluato sarà il seguente:

- Metalli: Ba, Cu, Zn, Be, Co, Ni, V, As, Cd, Cr tot, Pb, Se, Hg;
- Elementi inorganici: Nitrati, Fluoruri, Cloruri, Solfati, Cianuri;
- pH;
- COD;
- Amianto.

In particolare, i valori di concentrazione ottenuti saranno confrontati con quelli riportati in tabella di cui all'Allegato 3 del D.M. 5 febbraio 1998 e s.m.i. (D.M. n. 186 del 05/04/2006).

Test di cessione ai fini dello smaltimento

Sul materiale considerato rifiuto che si prevede di smaltire verrà effettuato il test di cessione per la verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del D.Lgs. 31 gennaio 2003, n.36 (Tabella 2, Tabella 5, Tabella 6), nonché le analisi sul tal quale ai fini dell'ammissibilità in discarica per inerti (Tabella 3 dello stesso D.Lgs.). Il set analitico di base sull'eluato sarà il seguente:

- Metalli: As, Ba, Cd, Cr tot, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn;
- Elementi inorganici: Fluoruri, Cloruri, Solfati;
- Indice fenolo;
- DOC;
- TDS.

I risultati delle analisi sull'eluato verranno posti a confronto con le Tabelle 2, 5 e 6 del D.Lgs. 31 gennaio 2003, n. 36 (ammissibilità nelle diverse tipologie di discariche) per stabilire il sito di destinazione finale.

6.6.4 Censimento siti di approvigionamento e smaltimento

Nel presente capitolo si analizza la disponibilità sul territorio di siti di cava per l'approvvigionamento dei materiali inerti necessari alla realizzazione delle opere e di siti per il conferimento dei materiali di risulta che si prevede di gestire in qualità di rifiuti.

Le informazioni riportate nel presente documento scaturiscono principalmente da contatti sul territorio con le imprese di estrazione e lavorazione e/o recupero materiale di cava, nonché con i gestori degli impianti di recupero/smaltimento rifiuti.

Vengono analizzati in particolare i seguenti argomenti:

- normativa nazionale e regionale sulle attività estrattive;
- normativa nazionale e regionale sul trattamento, recupero e smaltimento dei rifiuti;
- cave disponibili per l'estrazione di materiali inerti;
- siti disponibili per il conferimento dei materiali di risulta;
- autorizzazioni dei siti individuati per l'approvvigionamento e lo smaltimento dei materiali di risulta.

I dati sono stati raccolti al fine di appurare la possibilità di soddisfare le esigenze del progetto nell'ambito di un'area non eccessivamente estesa, individuando all'interno di quest'ultima gli impianti in grado di fornire materiali aventi caratteristiche e quantità simili a quelle richieste dal progetto stesso ed i siti più vicini e facilmente raggiungibili per il conferimento dei rifiuti prodotti in corso di realizzazione.

6.6.4.1 Attività estrattiva

Normativa nazionale

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, si riportano di seguito le principali norme che regolano le attività estrattive a livello nazionale:

- **Regio Decreto n. 1443 del 29 luglio 1927** che distingue le attività estrattive di cava e di miniera in relazione alla tipologia di materiale estratto;
- **Decreti del 1972 (n. 3 del 14 gennaio) e del 1977 (n. 616 del 24 luglio)**, in seguito ai quali le cave rientrano tra le materie di competenza delle regioni, che possono così emanare leggi autonome in materia, pur nel rispetto della normativa nazionale;
- **D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 "Attuazione della delega di cui all'art.1 della legge 22 luglio 1975, n. 382 (art. 62)"**, che ha attuato il trasferimento delle competenze in materia "cave e torbiere" dallo Stato alle Regioni.

La disciplina delle attività estrattive è regolata a livello nazionale dal Regio Decreto n. 1443 del 29 luglio 1927 che distingue le attività estrattive di cava e di miniera in relazione alla tipologia di materiale estratto:

Iª Categoria (materiali e sostanze di miniera):

a. minerali utilizzabili per l'estrazione dei metalli, metalloidi e loro composti;
b. grafite, combustibili solidi, liquidi e gassosi, rocce asfaltiche e bituminose;
c. fosfati sali alcalini e magnesiaci, allumite, miche feldspati, caolino e bentonite, terre da sbianca, argille per porcellana e terraglia forte, terre con grado di refrattarietà superiore ai 1630°C;
d. pietre preziose, granati, corindone, bauxite, leucite, magnesite, fluorina, minerali di bario e di stronzio, talco, asbesto, marna da cemento, pietre litografiche;
e. sostanze radioattive, acque minerali e termali, vapori e gas.

IIª Categoria (materiali di cava):

a. torbe;
b. materiali per costruzioni edilizie, stradali ed idrauliche;
c. terre coloranti, farine fossili, quarzo e sabbie silicee, pietre molari, pietre coti;
d. altri materiali industrialmente utilizzabili e non compresi nella prima categoria.

Le attività di ricerca e di coltivazione dei materiali di Ia categoria sono soggette al regime di concessione; i giacimenti in territorio nazionale appartengono al demanio statale (o regionale) e vengono dati in concessione ad imprese per lo sfruttamento del materiale. L'amministrazione statale preposta al rilascio delle concessioni è il Ministero per l'Industria, il Commercio e l'Artigianato.

In seguito ai decreti del 1972 (n. 3 del 14 gennaio) e del 1977 (n. 616 del 24 luglio), le cave rientrano tra le materie di competenza delle regioni, che possono così emanare leggi autonome in materia, pur nel rispetto della normativa nazionale.

Normativa regionale – Regione Liguria

Legge Regionale 5 aprile 2012 N.12 "Testo unico sulla disciplina dell'attività estrattiva"

6.6.4.2 Smaltimento e recupero rifiuti

6.6.4.2.1 Quadro normativo di riferimento: livello nazionale

- **Deliberazione del 27 luglio 1984** "Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti";
- **D.M. del 5 febbraio 1998 e s.m.i.** "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22";
- **L. del 23 marzo 2001, n.93** "Disposizioni in campo ambientale (collegato ambientale) pubblicata sulla Gazzetta ufficiale del 4 aprile 2001 n. 79";
- **D. Lgs del 13 gennaio 2003, n.36** "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti";
- **D.M. del 13 marzo 2003** "Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica";
- **D.M. del 29 luglio 2004, n.248** "Disciplina delle attività di recupero, trattamento e smaltimento dei beni di amianto e prodotti contenenti amianto";
- **D. Lgs. 3 aprile 2006 n.152 e s.m.i.** "Norme in materia ambientale";
- **D.M. 22 dicembre 2010** "Modifiche ed integrazioni al decreto 17 dicembre 2009, recante l'istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti – Sistri";
- **D. Lgs. 3 dicembre 2010, n. 205** "Recepimento della direttiva 2008/98/Ce - Modifiche alla Parte IV del D. Lgs. 152/2006";
- **D.M. 27 settembre 2010** "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005".
- **Legge 24 marzo 2012, n. 28** "Conversione, con modificazioni, del D.L. 25 gennaio 2012, n. 2, recante Misure straordinarie e urgenti in materia di ambiente";
- **Legge 4 aprile 2012, n. 35** "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 9 febbraio 2012, n. 5, recante disposizioni urgenti in materia di semplificazione e di sviluppo" (cd. "Semplificazioni").
- **Decreto Ministeriale 10 agosto 2012, n. 161** "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo";
- **Legge 9 agosto 2013, n. 98** "Conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69. Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia";
- **Legge 30 ottobre 2013, n. 125** "Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 101/2013 - Nuova disciplina di operatività del Sistri - Imprese di interesse strategico nazionale";
- **Decreto Legge 31 maggio 2014, n. 83** (c.d. Decreto Cultura) recante "Disposizioni urgenti per la tutela del patrimonio culturale, lo sviluppo della cultura e il rilancio del turismo";

- **Decreto del Ministero dell'Ambiente del 3 giugno 2014, n. 120** "Competenze e funzionamento dell'Albo Gestori Ambientali";
- **Legge del 11 agosto 2014, n. 116** "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 24 giugno 2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché' per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea";
- **Legge del 11 novembre 2014, n. 164** "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 133 (c.d. Decreto Sblocca Italia) - "Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive".
- **Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n.120** "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".
- **Decreto Legislativo del 26 settembre 2020, n.116** "Modifica sostanziale alla parte IV del Testo Unico Ambientale ridisegnando le regole sui rifiuti in attuazione delle direttive Ue meglio note come "Pacchetto Economia Circolare".
- **Decreto Legislativo del 03 settembre 2020, n.121** "Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti. (20G00138)".

Decreto legislativo 152/06 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.

Come noto, la normativa in tema di rifiuti è stata modificata con l'entrata in vigore del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", la cui promulgazione ha favorito il riordino in un testo unico di varie disposizioni normative in campo ambientale. La gestione dei rifiuti è disciplinata dalla parte IV, titolo I del D. Lgs.152/06 che fornisce i criteri generali per la riduzione della produzione e l'applicazione di tecniche che consentano di recuperare quanto più possibile nell'ottica di smaltire solo le frazioni residuali derivanti dal loro trattamento. Nell'allegato D alla parte IV viene riportato l'elenco dei rifiuti con relativo codice a sei cifre (CER) ed i criteri di attribuzione del codice stesso. L'elenco dei rifiuti è suddiviso in 20 capitoli, differenziati in base al loro ambito di provenienza. Le tipologie, in ogni capitolo, sono individuate da tre coppie di cifre, di cui la prima individua l'attività che ha prodotto il rifiuto, la seconda il processo specifico all'interno della generica attività, la terza definisce la singola tipologia di rifiuto. Nell'elenco dei rifiuti sono inoltre presenti alcune voci, definite voci specchio, delle quali una si riferisce al rifiuto pericoloso per la presenza o meno di sostanze pericolose e l'altra allo stesso rifiuto, non pericoloso. La natura pericolosa del rifiuto viene stabilita valutando se le sostanze pericolose in esso contenute lo sono in concentrazioni uguali o maggiori ai limiti indicati nell'articolo 2 della Decisione 2000/532/CE, cioè mediante una verifica chimico-analitica dei contaminanti e non più della provenienza dei rifiuti.

Lo stesso D. Lgs. 152/06 fornisce anche indicazioni sul deposito temporaneo (art. 183, comma 1, lettera bb), ossia il raggruppamento di rifiuti effettuato nel luogo in cui essi sono prodotti prima dell'avvio alle operazioni di recupero o smaltimento.

Nello stesso riferimento normativo vengono riportati i criteri di classificazione dei rifiuti (art. 184), l'obbligo di tenere registri di carico e scarico dei rifiuti (art. 190), i criteri che disciplinano il trasporto (art. 193), le modalità per l'autorizzazione di impianti di trattamento sia fissi che mobili (art. 208) e le procedure semplificate legate ad operazioni di recupero (artt. 214 e 216).

6.6.4.2.2 Quadro delle principali disposizioni normative

Nel presente paragrafo è condotta una breve analisi delle principali disposizioni derivanti dal quadro normativo riportato in precedenza, relativamente ai seguenti temi:

- Gestione dei rifiuti e delle terre e rocce da scavo
- Classificazione delle discariche

Gestione dei rifiuti e delle terre e rocce da scavo

Come noto, la normativa in tema di rifiuti è stata modificata con l'entrata in vigore del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", la cui promulgazione ha favorito il riordino in un testo unico di varie disposizioni normative in campo ambientale.

La gestione dei rifiuti è disciplinata dalla parte IV, titolo I del D. Lgs.152/06 e smi, che fornisce i criteri generali per la riduzione della produzione e l'applicazione di tecniche che consentano di recuperare quanto più possibile nell'ottica di smaltire solo le frazioni residuali derivanti dal loro trattamento.

Nell'allegato D alla parte IV viene riportato l'elenco dei rifiuti con relativo codice a sei cifre (CER) ed i criteri di attribuzione del codice stesso. L'elenco dei rifiuti è suddiviso in 20 capitoli, differenziati in base al loro ambito di provenienza. Le tipologie, in ogni capitolo, sono individuate da tre coppie di cifre, di cui la prima individua l'attività che ha prodotto il rifiuto, la seconda il processo specifico all'interno della generica attività, la terza definisce la singola tipologia di rifiuto.

Nell'elenco dei rifiuti sono inoltre presenti alcune voci, definite voci specchio, delle quali una si riferisce al rifiuto pericoloso per la presenza o meno di sostanze pericolose e l'altra allo stesso rifiuto, non pericoloso.

La natura pericolosa del rifiuto viene stabilita valutando se le sostanze pericolose in esso contenute lo sono in concentrazioni uguali o maggiori ai limiti indicati nell'articolo 2 della Decisione 2000/532/CE, cioè mediante una verifica chimico-analitica dei contaminanti e non più della provenienza dei rifiuti.

Lo stesso D.Lgs. 152/06 fornisce anche indicazioni sul deposito temporaneo (art. 183, comma 1, lettera bb), ossia il raggruppamento di rifiuti effettuato nel luogo in cui essi sono prodotti prima dell'avvio alle operazioni di recupero o smaltimento.

Nello stesso riferimento normativo vengono definiti alcuni aspetti che rivestono un ruolo centrale nella gestione dei rifiuti e delle terre da scavo, quali per l'appunto i criteri di classificazione dei rifiuti (art. 184), le condizioni che debbono essere soddisfatte ai fini della qualifica come "sottoprodotto" (art. 184 bis così come modificato dall'art. 12 del DLgs 205/2010), l'obbligo di tenere registri di carico e scarico

dei rifiuti (art. 190), le fattispecie che configurano l'esclusione dall'ambito di applicazione della parte Quarta del decreto in parola (art. 185, così come modificato dall'art. 13 del DLgs 205/2010), i criteri che disciplinano il trasporto (art. 193), le modalità per l'autorizzazione di impianti di trattamento, sia fissi che mobili (art. 208), e le procedure semplificate legate ad operazioni di recupero (artt. 214 e 216).

Il quadro qui sinteticamente ricapitolato ha avuto un'ulteriore modifica a seguito della emanazione del DPR 120/2017 che, come recita l'articolo 1, contiene «disposizioni di riordino e di semplificazione della disciplina inerente la gestione delle terre e rocce da scavo, con particolare riferimento:

a) alla gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti, ai sensi dell'articolo 184-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, provenienti da cantieri di piccole dimensioni, di grandi dimensioni e di grandi dimensioni non assoggettati a VIA o a AIA, compresi quelli finalizzati alla costruzione o alla manutenzione di reti e infrastrutture;

b) alla disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti;

c) all'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti;

d) alla gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica»

Senza volersi addentrare in questa sede in un'approfondita disamina dei contenuti del decreto, originato da quanto disposto dal DL 133/2014 (c.d. "Sblocca Italia") e con il quale sono state peraltro abrogate le diverse norme nella materia di competenza del decreto stesso succedutesi nel tempo (DM 161/2012; art. 41, comma 2 e 41-bis del DL 69/2013 – c.d. "Decreto del fare" -, convertito, con modificazioni, dalla L 98/2013), le disposizioni che si ritiene presentino una maggiore rilevanza ai fini della configurazione normativa dei diversi modelli gestionali delle terre e rocce da scavo sono quelle di cui agli articoli 4 "Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti", 5 ""Deposito intermedio", 9 "Piano di utilizzo", nonché 14. 15, 16 e 17. Riguardanti rispettivamente l'efficacia, l'aggiornamento, la proroga e la realizzazione di detto Piano, per quanto concerne il Titolo II "Terre e rocce da scavo che soddisfano la definizione di sottoprodotto"; all'art. 23 "Disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti", relativamente al successivo Titolo III "Disposizioni sulle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti"; infine, all'art. 24 "Utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti", per quanto riguarda il Titolo IV "Terre e rocce da scavo escluse dall'ambito di applicazione della disciplina sui rifiuti".

Nello specifico, per quanto attiene alle terre considerate quali sottoprodotti, i requisiti che secondo il citato articolo 4 debbono essere soddisfatti sono i seguenti:

a) «Sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;

b) Il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:

    1. nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;

    2. in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;

c) Sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) Soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b)»

Per quanto invece riguarda le terre e rocce da scavo escluse dal campo di applicazione dei rifiuti, ai sensi del comma 1 dell'art. 24, queste «devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e in particolare devono essere utilizzate nel sito di produzione».

Si evidenzia che, in ragione di quanto disposto dal comma 3 del medesimo articolo, «nel caso in cui la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a valutazione di impatto ambientale, la sussistenza delle condizioni e dei requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, è effettuata in via preliminare, in funzione del livello di progettazione e in fase di stesura dello studio di impatto ambientale (SIA), attraverso la presentazione di un "Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti" […]».

Classificazione delle discariche

L'articolo 182, comma 7, del D. Lgs. 152/06 stabilisce che lo smaltimento in discarica è disciplinato dal D. Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36, che recepisce la Direttiva Europea 1999/31/CE (26/04/99) relativa alle discariche di rifiuti. I criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica sono invece definiti dal D.M. 27 settembre 2010, che ha abrogato il D.M. 3 agosto 2005.

Le discariche, in base all'attuale disciplina, sono classificate nelle seguenti tre categorie:

- Discarica per rifiuti inerti;
- Discarica per rifiuti non pericolosi;
- Discarica per rifiuti pericolosi.

Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica

Il Decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36 e s.m.i. definisce i criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica secondo i seguenti punti:

1. Al fine di determinare l'ammissibilità' dei rifiuti in ciascuna categoria di discarica, così come definite dall'art. 4 del decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36, il produttore dei rifiuti è tenuto ad effettuare la caratterizzazione di base di ciascuna tipologia di rifiuti conferiti in discarica. Detta caratterizzazione deve essere effettuata prima del conferimento in discarica ovvero dopo l'ultimo trattamento effettuato.
2. La caratterizzazione di base determina le caratteristiche dei rifiuti attraverso la raccolta di tutte le informazioni necessarie per lo smaltimento finale in condizioni di sicurezza.
3. La caratterizzazione di base è effettuata in corrispondenza del primo conferimento e ripetuta ad ogni variazione significativa del processo che origina i rifiuti e, comunque, almeno una volta l'anno.
4. Se le caratteristiche di base di una tipologia di rifiuti, dimostrano che gli stessi soddisfano i criteri di ammissibilità per una categoria di discarica, tali rifiuti sono considerati ammissibili

nella corrispondente categoria. La mancata conformità ai criteri comporta l'inammissibilità dei rifiuti a tale categoria.

5. Al produttore dei rifiuti, o, in caso di non determinabilità del produttore, al gestore degli stessi, spetta la responsabilità di garantire che le informazioni fornite per la caratterizzazione sono corrette.
6. Il gestore è tenuto a conservare i dati richiesti per un periodo di cinque anni.

L'articolo 5 del decreto fissa i criteri di ammissibilità dei rifiuti per i quali è consentito lo smaltimento in discarica per inerti. In particolare, dei rifiuti di interesse per l'appalto in oggetto sono smaltiti in discarica per rifiuti inerti senza preventiva caratterizzazione le tipologie identificate dai seguenti codici E.E.R.: 17.01.01 (cemento), 17.01.02 (mattoni), 17.01.03 (mattonelle e ceramiche), 17.01.07 (miscugli di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche), 17.02.02 (vetro), 17.05.04 (terre e rocce da scavo, esclusi i primi 30 cm di suolo, la torba e purché non provenienti da siti contaminati).

Inoltre, sono conferibili in discarica per rifiuti inerti i rifiuti che, a seguito della caratterizzazione di base di cui all'art. 2 dello stesso decreto, soddisfano i seguenti requisiti:

- sottoposti a test di cessione, presentano un eluato conforme alle concentrazioni fissate nella tabella 2 del citato D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36;
- non contengono contaminanti organici in concentrazioni superiori a quelle indicate nella tabella 3 del citato D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36.

Sono ammissibili in discariche per rifiuti non pericolosi, i rifiuti che hanno una concentrazione di sostanza secca non inferiore al 25% e che soddisfano i limiti di cui alla tabella 5 del citato D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36.

Qualora i rifiuti prodotti non risultino ammissibili in discarica per rifiuti non pericolosi, si procederà alla verifica di ammissibilità in discarica per rifiuti pericolosi qualora siano soddisfatti i limiti di cui alla tabella 6 del citato D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36.

Recupero di rifiuti

Il recupero di rifiuti è disciplinato dal D.M. 5 febbraio 1998, modificato dal D.M. 5 aprile 2006, n. 186.

L'Art. 1 definisce i principi generali:

1. Le attività, i procedimenti e i metodi di recupero di ciascuna delle tipologie di rifiuti individuati dal presente decreto non devono costituire un pericolo per la salute dell'uomo e recare pregiudizio all'ambiente, e in particolare non devono:
   a) creare rischi per l'acqua, l'aria, il suolo e per la fauna e la flora;
   b) causare inconvenienti da rumori e odori;
   c) danneggiare il paesaggio e i siti di particolare interesse;

2. Negli allegati 1, 2 e 3 sono definite le norme tecniche generali che, ai fini del comma 1, individuano i tipi di rifiuto non pericolosi e fissano, per ciascun tipo di rifiuto e per ogni attività e metodo di recupero degli stessi, le condizioni specifiche in base alle quali l'esercizio di tali

attività è sottoposto alle procedure semplificate di cui all'articolo 33, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modifiche e integrazioni.

3. Le attività, i procedimenti e i metodi di recupero di ogni tipologia di rifiuto, disciplinati dal presente decreto, devono rispettare le norme vigenti in materia di tutela della salute dell'uomo e dell'ambiente, nonché di sicurezza sul lavoro; e in particolare:

a) le acque di scarico risultanti dalle attività di recupero dei rifiuti disciplinate dal presente decreto devono rispettare le prescrizioni e i valori limite previsti dal decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, e successive modificazioni;

b) le emissioni in atmosfera risultanti dalle attività di recupero disciplinate dal presente decreto devono, per quanto non previsto dal decreto medesimo, essere conformi alle disposizioni di cui al decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e successive modifiche e integrazioni.

4. Le procedure semplificate disciplinate dal presente decreto si applicano esclusivamente alle operazioni di recupero specificate ed ai rifiuti individuati dai rispettivi codici e descritti negli allegati.

L'Art. 3 è relativo alle attività di recupero di materia:

1. Le attività, i procedimenti e i metodi di riciclaggio e di recupero di materia individuati nell'allegato 1 devono garantire l'ottenimento di prodotti o di materie prime o di materie prime secondarie con caratteristiche merceologiche conformi alla normativa tecnica di settore o, comunque, nelle forme usualmente commercializzate. In particolare, i prodotti, le materie prime e le materie prime secondarie ottenuti dal riciclaggio e dal recupero dei rifiuti individuati dal presente decreto non devono presentare caratteristiche di pericolo superiori a quelle dei prodotti e delle materie ottenuti dalla lavorazione di materie prime vergini.

2. I prodotti ottenuti dal recupero dei rifiuti individuati ai sensi del presente decreto e destinati a venire a contatto con alimenti per il consumo umano, devono inoltre rispettare i requisiti richiesti dal decreto del Ministro della sanità 21 marzo 1973, e successive modifiche e integrazioni.

3. Restano sottoposti al regime dei rifiuti i prodotti, le materie prime e le materie prime secondarie ottenuti dalle attività di recupero che non vengono destinati in modo effettivo ed oggettivo all'utilizzo nei cicli di consumo o di produzione.

Gli artt.4 e 5 riguardano il recupero energetico e il recupero ambientale, mentre l'Art.6 contiene le disposizioni relative alla messa in riserva di rifiuti non pericolosi. Vengono in particolare disciplinate le quantità massime di tali rifiuti che possono essere messi in riserva presso l'impianto di produzione e presso impianti di recupero.

Gli artt. 8 e 9 definiscono le modalità di campionamento e analisi dei rifiuti.

L'Art. 8 definisce i criteri per il campionamento e l'analisi:

1. Il campionamento dei rifiuti, ai fini della loro caratterizzazione chimico fisica, è effettuato sul rifiuto tal quale, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo le norme Uni 10802, "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi — Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati".

2. Le analisi sui campioni ottenuti ai sensi del comma 1, sono effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.

3. Il campionamento e le determinazioni analitiche del combustibile derivato dai rifiuti (Cdr) sono effettuate in conformità alla norma Uni 9903.

4. Il campionamento e le analisi sono effettuate a cura del titolare dell'impianto ove i rifiuti sono prodotti almeno in occasione del primo conferimento all'impianto di recupero e, successivamente, ogni 24 mesi e, comunque, ogni volta che intervengano modifiche sostanziali nel processo di produzione.

5. Il titolare dell'impianto di recupero è tenuto a verificare la conformità del rifiuto conferito alle prescrizioni ed alle condizioni di esercizio stabilite dal presente regolamento per la specifica attività svolta.

6. Il campionamento, l'analisi e la valutazione delle emissioni in atmosfera devono essere effettuate secondo quanto previsto dagli specifici decreti adottati ai sensi dell'articolo 3, comma 2, lettera b), del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e successive modifiche ed integrazioni.

L'Art. 9 definisce i criteri per il test di cessione:

1. Ai fini dell'effettuazione del test di cessione di cui all'allegato 3 al decreto, il campionamento dei rifiuti è effettuato in modo da ottenere un campione rappresentativo secondo le norme Uni 10802, "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi — Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati".

2. Il test di cessione sui campioni ottenuti ai sensi del comma 1, ai fini della caratterizzazione dell'eluato, è effettuato secondo i criteri e le modalità di cui all'allegato 3.

3. Il test di cessione è effettuato almeno ad ogni inizio di attività e, successivamente, ogni 12 mesi salvo diverse prescrizioni dell'autorità competente e, comunque, ogni volta che intervengano modifiche sostanziali nel processo di recupero.

6.6.4.2.3 Quadro normativo di riferimento: livello regionale

Regione Liguria

- **Legge regionale 26 maggio 2016, n. 14** - "Norme di attuazione della disciplina europea e nazionale in materia di rifiuti"**.**

- **Legge Regionale Liguria del 24 febbraio 2014, n.1** – "Norme in materia di individuazione degli ambiti ottimali per l'esercizio delle funzioni relative al servizio idrico integrato e alla gestione integrata dei rifiuti."
-
- **Legge regionale 3 luglio 2007, n. 23** – "Disciplina del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi"
-
- **Legge regionale 21 giugno 1999, n. 18** – "Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia."

6.6.4.3 Impianti di approvigionamento e di conferimento

Nello studio è stato effettuata una ricognizione finalizzata all'individuazione di siti di approvvigionamento dei materiali necessari alla realizzazione delle opere ed una ricerca relativa ai siti di conferimento dei materiali derivanti dalle opere in progetto.

6.6.4.4 Siti di approvigionamento materiali – CAVE

Le figure e le tabelle seguenti riportano rispettivamente l'ubicazione e l'elenco delle cave attive individuate in prossimità delle aree di intervento. Le informazioni delle cave attive sono state acquisite dalla Regione Liguria e dai titolari dell'attività estrattiva. Nei paragrafi seguenti sono riportate le descrizioni e in allegato le autorizzazioni acquisite.

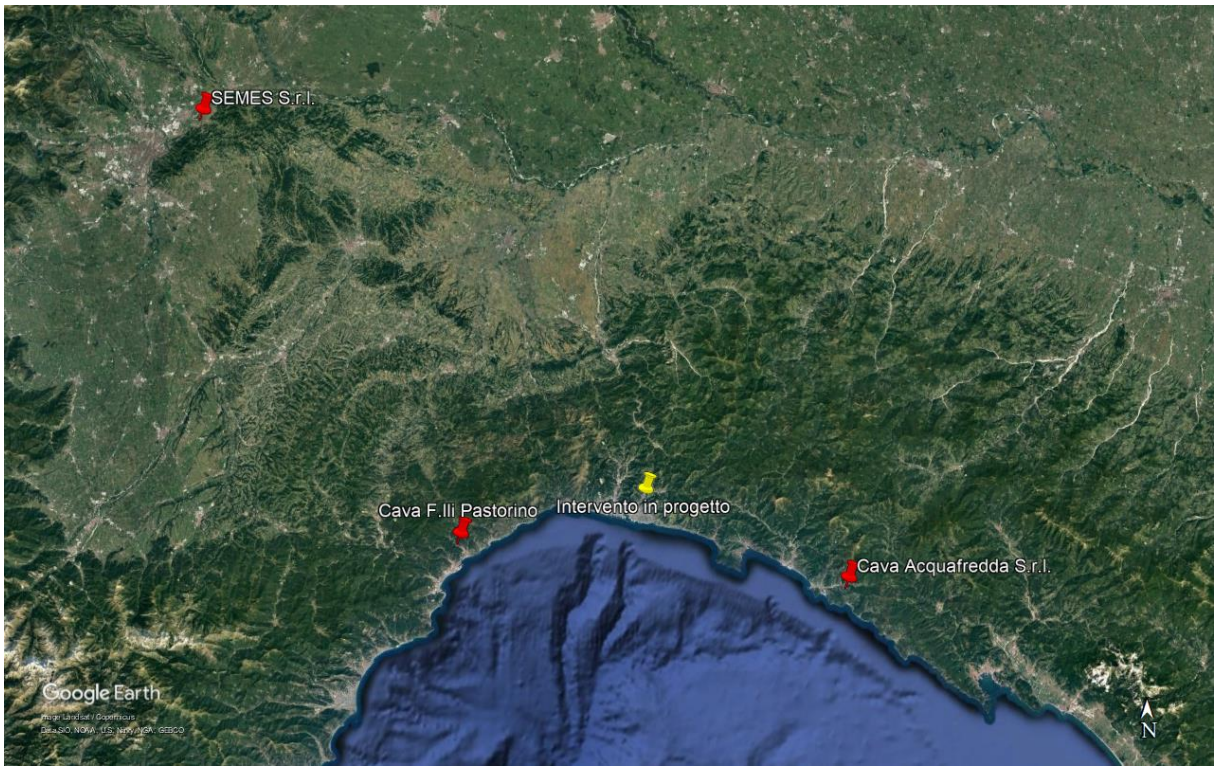


Figura 157. Ubicazione degli impianti di approvvigionamento (in rosso) individuati rispetto agli interventi in progetto (in giallo) e relativa tabella di riepilogo (sotto)

CAVE					
CODICE	**SOCIETA'**	**LOCALITA' COMUNE PROVINCIA**	**LITOLOGIA**	**VOLUME AUTORIZZATO (mc)**	**DISTANZA (Km)**
C1	Cava F.lli Pastorino	Loc. Beata, Albisola Superiore (SV)	Anfibolite	2.500.000	18
C2	Cava Acquafredda S.r.l.	Loc. Acquafredda, Castiglione Chivarese (GE)	Inerti	700.000	83
C3	SEMES S.r.l.	Strada degli Scavi, 10, Castiglione Torinese (TO)	Sabbia e ghiaia	20.000	160

Sarà onere dell'Appaltatore, propedeuticamente all'avvio dei lavori, verificare l'effettiva presenza nel territorio anche di ulteriori siti rispetto a quelli indicati nel presente progetto al fine di garantire la relativa disponibilità, per i quantitativi necessari e per tutta la durata dei lavori, sia dei siti di

approvvigionamento degli inerti (cave) sia dei siti di destinazione finale (impianti di recupero/smaltimento) ove intende conferire i materiali di risulta da gestire in qualità di rifiuti.

L'Appaltatore dovrà assicurare, nella redazione della Progettazione Esecutiva e per tutta la durata dei lavori, il pieno rispetto della normativa vigente in materia ambientale, nonché la piena ottemperanza alle prescrizioni impartite dagli Enti di tutela ambientale in fase di approvazione dei progetti o in corso d'opera.

Rientrano negli oneri generali della cantierizzazione e sono pertanto da intendersi compresi e compensati nell'importo contrattuale anche tutti gli apprestamenti di mitigazione di cantiere volti a garantire il rispetto delle normative vigenti in materia ambientale e del codice della strada.

L'Appaltatore, in relazione all'eventuale gestione dei rifiuti prodotti, si impegna ad adempiere agli obblighi che a lui fanno capo, in qualità di produttore e detentore dei rifiuti, nel rispetto della normativa ambientale vigente.

L'Appaltatore resterà responsabile di ogni negativa conseguenza derivante dal mancato rispetto di normative e/o prescrizioni ambientali e sarà a suo carico ogni eventuale sanzione per le stesse irrogata dalle Autorità competenti.

6.6.4.5 Siti di conferimento dei materiali – IMPIANTI DI RECUPERO

Tutti i siti riportati di seguito sono stati presi in considerazione per vicinanza alle aree di progetto.

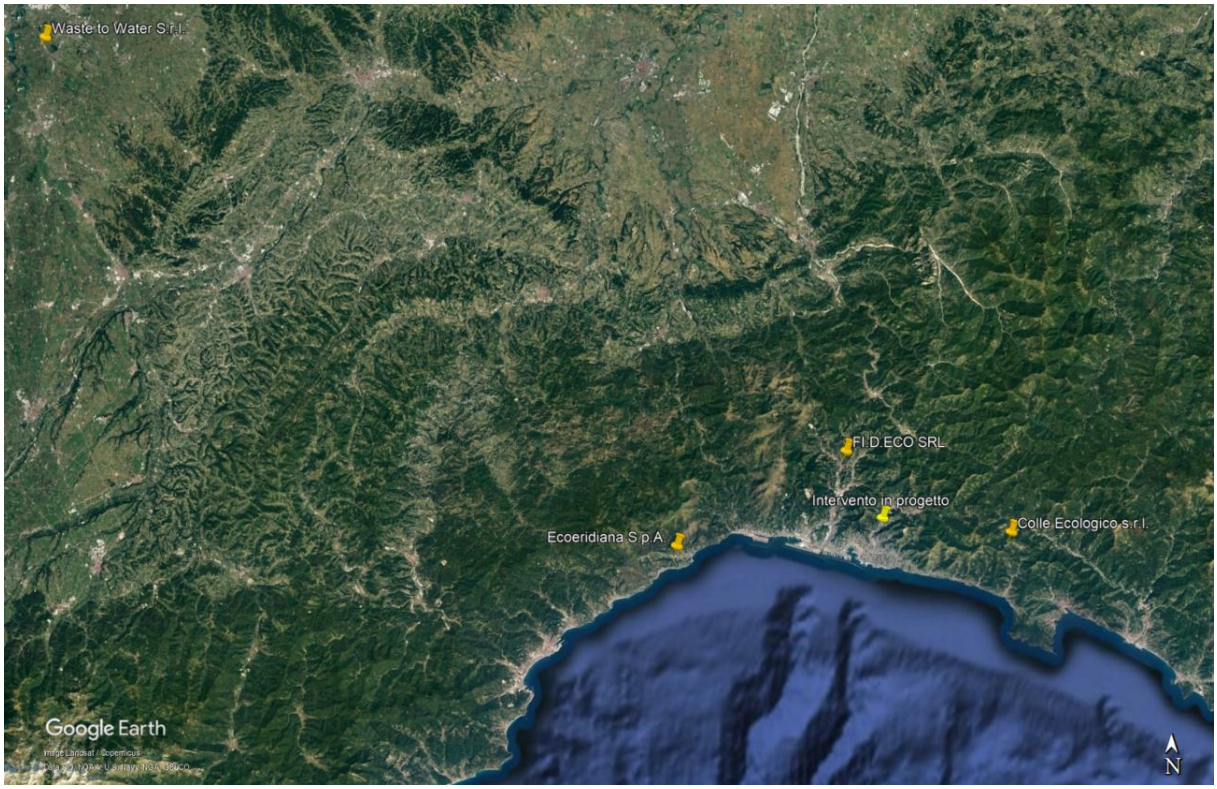


Figura 158. Ubicazione impianti di recupero (in arancione) rispetto all'area di intervento (in giallo)

La seguente tabella riporta l'elenco degli impianti di recupero per rifiuti speciali individuati in prossimità delle aree di intervento. Sarà comunque a cura dell'Appaltatore verificare gli estremi autorizzativi degli impianti di recupero da lui individuati nella successiva fase progettuale preventivamente alla realizzazione delle opere.

Tabella 33. Elenco impianti di recupero

COD.	SOCIETA'	LOCALITA' COMUNE PROVINCIA	SCADENZA AUTORIZZ.	Volume (t/a)	Codici C.E.R. autorizzati (1)	DISTANZA (Km)
R1	Ecoeridiana S.p.A.	Via Pian Masino 103/105 – Arenzano (GE)	18/12/2029	-	**17.03.02 - 17.05.04 - 17.05.08 - 17.09.04**	47
R2	Colle Ecologico S.r.l.	loc. Colle Caprile – Uscio (GE)	26/05/2025	139.000	**17.05.04 - 17.09.04**	30
R3	FI.D.ECO SRL	Via alla ferriera di Pontedecimo, 2 - 16164 Genova (GE)	14/01/2030	-	**17.01.01 – 17.01.02- 17.01.03-17.05.03* - 17.05.04 – 17.05.06- 17.05.07* - 17.05.08**	16
R4	Waste to Water S.r.l.	Via Don E. Bruno, 12 Villastellone (TO)	22/12/2027	2.276	**17.05.03* - 17.05.04 - 17.05.08 - 17.05.07* - 17.09.04 - 17.03.02**	178

(1) Con specifico riferimento alle tipologie di rifiuti che si prevede di produrre nell'ambito delle lavorazioni. Tuttavia, ricordando che l'Appaltatore è il produttore dei rifiuti, spetta a lui la corretta scelta del codice CER solo dopo avere eseguito gli accertamenti previsti dalla vigente normativa ambientale

Sarà onere dell'Appaltatore, propedeuticamente all'avvio dei lavori, verificare l'effettiva disponibilità anche di ulteriori siti rispetto a quelli indicati nel presente progetto al fine di garantire la relativa disponibilità, per i quantitativi necessari e per tutta la durata dei lavori, dei siti di approvvigionamento degli inerti (cave) e dei siti di destinazione finale (impianti di recupero/smaltimento) ove intende conferire i materiali di risulta.

6.6.4.6 Siti di conferimento dei materiali – DISCARICHE

Tutti i siti riportati di seguito sono stati presi in considerazione per vicinanza alle aree di progetto.

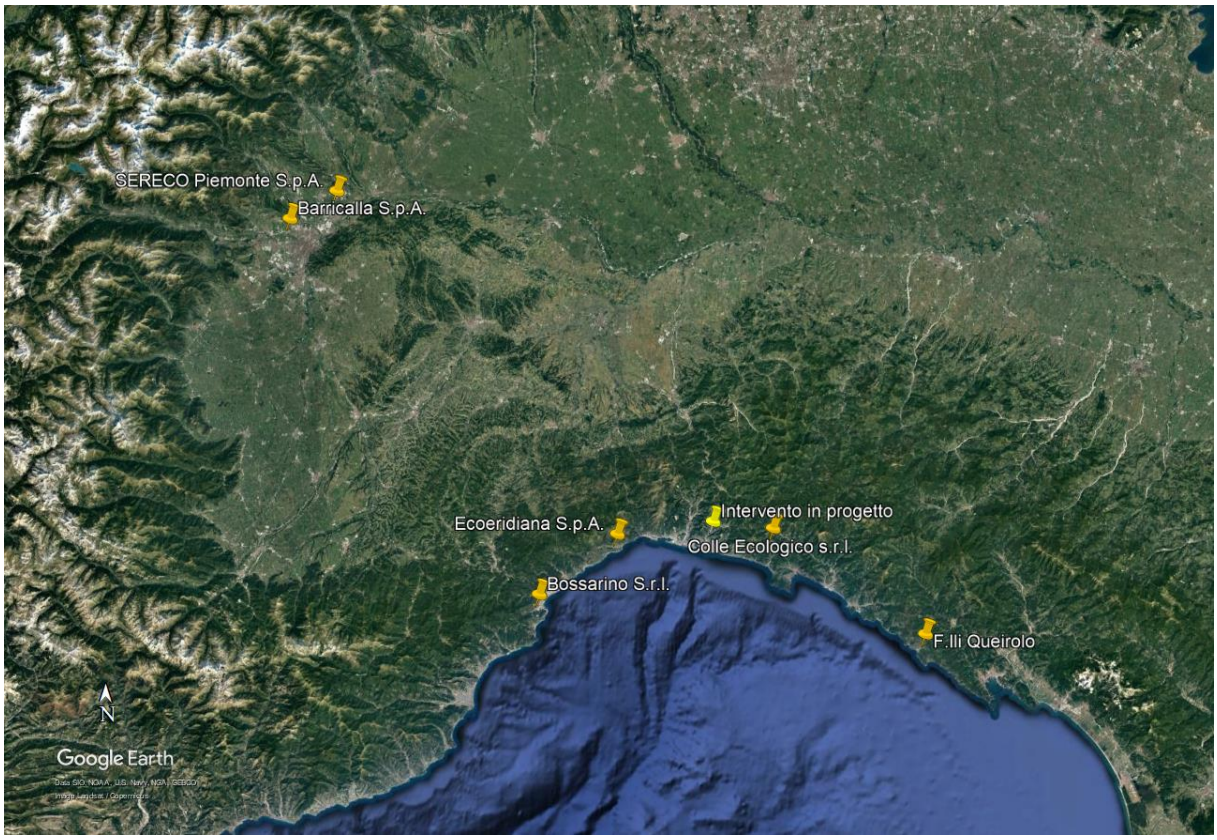


Figura 159. Ubicazione degli impianti di smaltimento (in arancione) individuati rispetto agli interventi in progetto (in giallo)

La seguente tabella riporta l'elenco delle discariche individuate in prossimità delle aree di intervento. Sarà comunque a cura dell'Appaltatore verificare gli estremi autorizzativi degli impianti di smaltimento da lui individuati nella successiva fase progettuale preventivamente alla realizzazione delle opere.

Cod	Nome Società	Tipologia	Località Comune Provincia	Scadenza autorizzaz.	CER	DIST. (Km)
D1	Colle Ecologico s.r.l.	Inerti	Loc. Colle Caprile - Uscio (GE)	26/05/2025	**17.05.04 – 17.09.04**	62
D2	F.lli Queirolo	Inerti	Loc. Bizzetti - Levanto (SP)	04/04/2033	**170504 – 170904 – 170508**	110
D3	Ecoeridiana S.p.A.	Discarica rifiuti non pericolosi	Via Pian Masino 103/105 – Arenzano (GE)	18/12/2029	**17.03.02 - 17.05.04 - 17.05.08 - 17.09.04**	5

Cod	Nome Società	Tipologia	Località Comune Provincia	Scadenza autorizzaz.	CER	DIST. (Km)
D4	Bossarino S.r.l.	Discarica rifiuti non pericolosi	Loc. Bossarino – Vado Ligure (SV)	07/09/2029	**170504 – 170904 – 170508**	27
D5	Barricalla S.p.A.	Discarica rifiuti pericolosi	Via Brasile 1 – Collegno (TO)	11/12/2033	**170503* - 170504 - 170507* - 17.05.08**	173
D6	SERECO Piemonte S.p.A.	Discarica rifiuti pericolosi	Via Lonna, 5 – Leinì (TO)	16/09/2031	**17.03.02 - 17.05.03* - 17.05.04 - 17.05.07* - 17.05.08 - 17.09.04**	192

(1) Con specifico riferimento alle tipologie di rifiuti che si prevede di produrre nell'ambito delle lavorazioni. Tuttavia, ricordando che l'Appaltatore è il produttore dei rifiuti, spetta a lui la corretta scelta del codice CER solo dopo avere eseguito gli accertamenti previsti dalla vigente normativa ambientale

7. RISORSE ANTROPICHE E PAESAGGIO

7.1 Patrimonio culturale e beni materiali

7.1.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

Il patrimonio nazionale di "beni culturali" è riconosciuto e tutelato dal D. Lgs.42 del 22/01/2004 Codice per i Beni Culturali e del Paesaggio, e successive modificazioni ed integrazioni.

Per la ricognizione dei beni culturali presenti nell'area interessata dall'intervento oggetto di studio, il servizio "Vincoli architettonici, archeologici, paesaggistici" della Regione Liguria, all'interno del sito a cura di Regione e Segretariato Regionale del MiBACT per la Liguria, permette di consultare tutti i vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici aggiornati a dicembre 2021 sulla planimetria dell'intero territorio ligure.

I provvedimenti ufficiali sono consultabili presso il Segretariato regionale del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo per la Liguria, presso la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Genova e le province di Imperia, La Spezia e Savona.

Tra i beni individuati sono presenti anche gli immobili di proprietà di Enti la cui esecuzione risale ad oltre settant'anni e che, pur non avendo specifico decreto d'interesse culturale, sono sottoposti a tutela (presunzione d'interesse culturale) fino a quando non sarà stata effettuata la verifica dell'interesse culturale ex art. 12 del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i., Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (d'ora in poi Codice). Per tali immobili non è stato emanato il decreto d'interesse culturale, in quanto non è stata ancora avviata dagli Enti proprietari la procedura di verifica dell'interesse culturale, ex art. 12 del Codice ma si richiederà agli stessi di procedere in tal senso.

Si riporta di seguito la disamina dei beni culturali presenti nell'area oggetto di intervento al fine di analizzare l'eventuale interferenza delle aree di cantiere con questi.

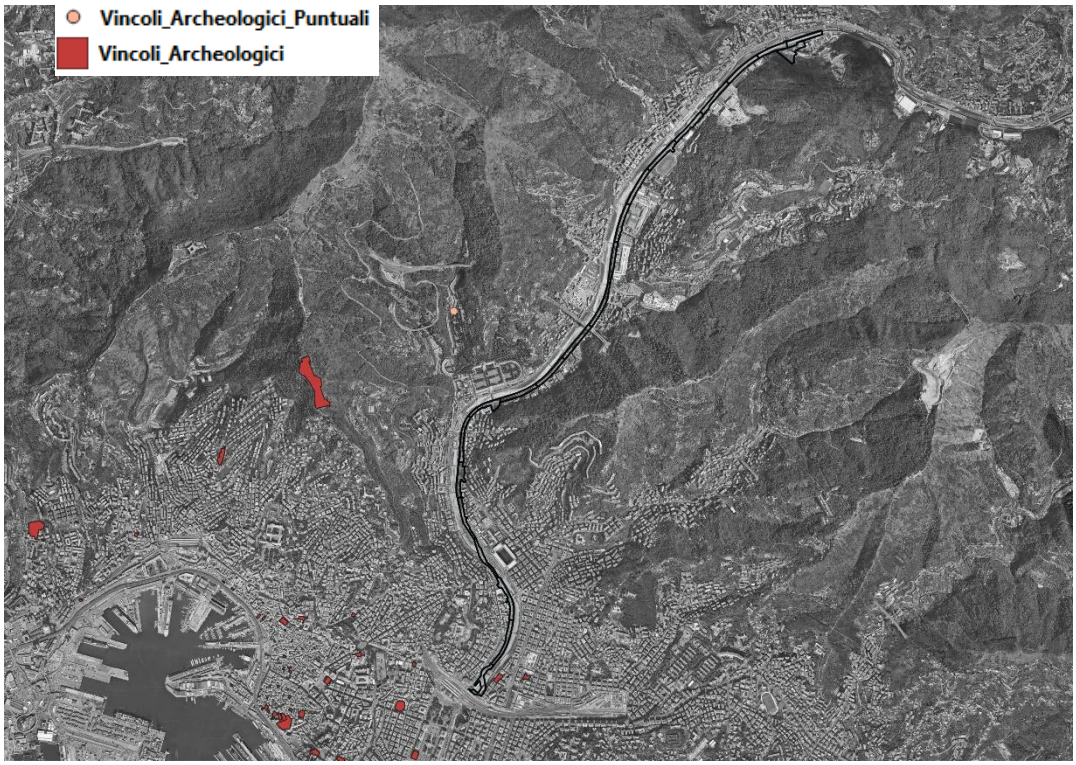


Figura 160. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria

Come è possibile osservare dallo stralcio precedente, non si evidenzia alcuna interferenza tra le aree di cantiere ed i beni culturali analizzati. Di seguito, si riporta un maggior dettaglio dei beni citati posti ad una distanza minore rispetto alle aree di cantiere.

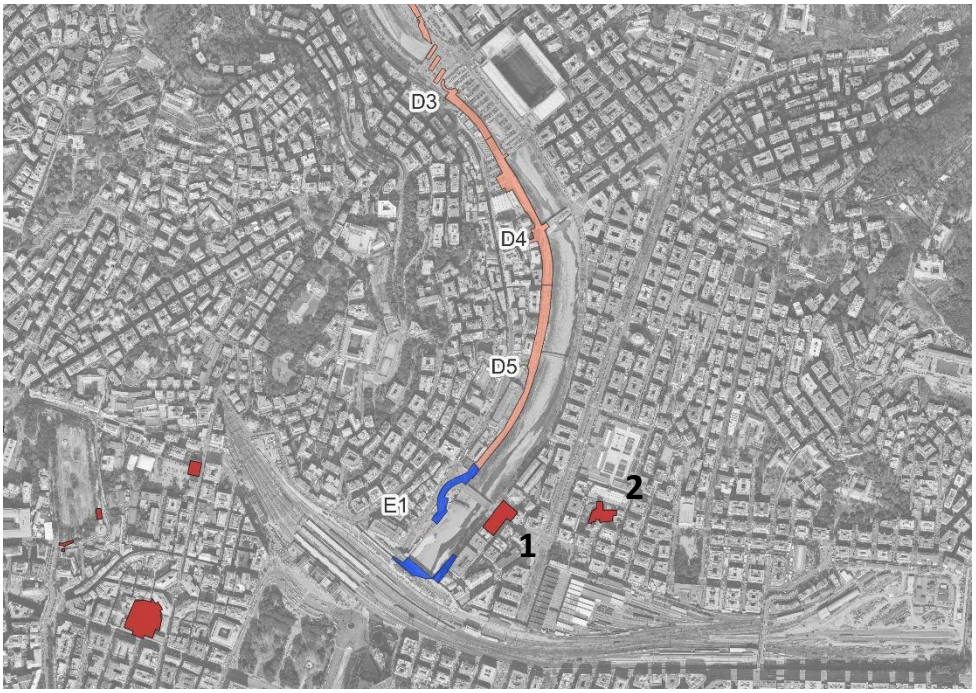


Figura 161. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria

Figura 162. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria

Figura 163. Beni Culturali Vincoli archeologici areali e puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria

1. Piazza Manzoni
2. Complesso conventuale delle Suore Maestre Pie di Sant'Agata comprendente Chiesa, convento e scuola (sedime)
3. Resti di acquedotto romano
4. Ruderi romani
5. Chiesa Parrocchiale di S. Rocco di Molassana

Per quanto riguarda le aree di cantiere fisso CB01 e CB02, non sono presenti tali vincoli in prossimità di tali aree.

Di seguito vengono analizzati i vincoli architettonici puntuali.

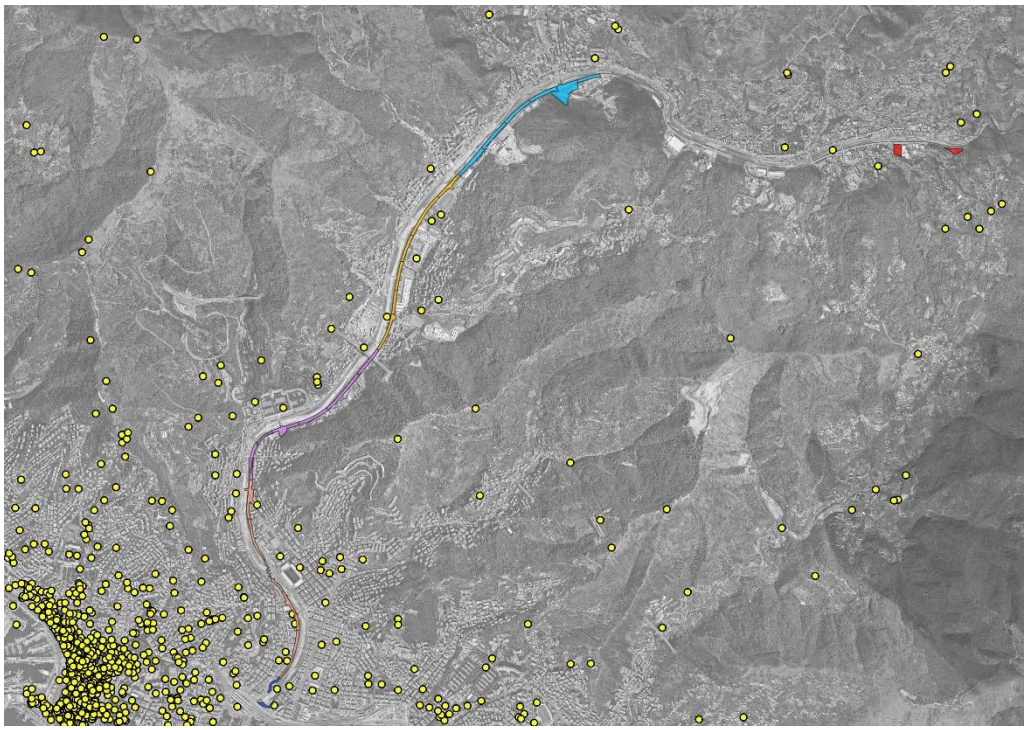


Figura 164. Beni Culturali Vincoli architettonici puntuali individuati da Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Regione Liguria

Come è possibile osservare dallo stralcio precedente, non vi è interferenza diretta tra le aree di cantiere e vincoli architettonici puntuali analizzati.

Di seguito si riporta un elenco di tali beni, che rientrano in un buffer di 200 m dall'asse del tracciato.

1. Stazione ferroviaria di Brignole
2. Scuola media Rubaldo Merello
3. Ponte di S. Agata
4. Edificio Comunale già sede della Scuola Baliano
5. Chiesa Parrocchiale dei Diecimila Martiri Crocifissi
6. Centrale ENEL e relative pertinenze
7. Edificio
8. Caserma Carabinieri
9. Scuola materna Romagnosi ed asilo infantile Girasole
10. Casa Circondariale
11. Timpano
12. Edificio scolastico "Da Passano"
13. Ex Chiesa Parr.Regina Pacis
14. Uffici della Direzione
15. Officina di Riparazioni
16. Cimitero Monumentale di Staglieno
17. Lavatoio
18. Amga
19. Ponte Carrega
20. ex Macelli Civici Cà De Pitta

21. Villa Marassi ex Brignole
22. Villa Durazzo Pallavicini
23. Villa Sauli Pallavicino

In particolare, quelli che presentano una minore distanza rispetto alle aree di cantiere sono:

- Scuola media Rubaldo Merello (Bene Architettonico di interesse culturale dichiarato)
- Ponte di S. Agata (Bene Architettonico di interesse culturale dichiarato)
- Centrale ENEL e relative pertinenze (Bene Architettonico di interesse culturale dichiarato)
- Caserma Carabinieri (Bene Architettonico di interesse culturale non verificato)
- Scuola materna Romagnosi ed asilo infantile Girasole (Bene Architettonico di interesse culturale non verificato)
- Ponte Carrega (Bene Architettonico di interesse culturale dichiarato)
- Villa Marassi ex Brignole (Bene Architettonico di interesse culturale dichiarato)

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato "MGE1PRLVAMBCOMR004-00_A_*Studio di impatto ambientale – Relazione Generale".*

7.1.2 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

Il quadro degli effetti ai quali, nell'ambito della seguente trattazione, si è fatto riferimento può essere schematicamente identificato, da un lato, nella compromissione dei beni appartenenti al patrimonio culturale, così come identificato dall'articolo 2 co. 1 del DLgs 42/2004 e smi, e/o aventi valenza storico testimoniale, e, dall'altro, nella riduzione del patrimonio edilizio, a prescindere da qualsiasi considerazione in merito al pregio architettonico di tali manufatti.

Si ricorda che, in ogni caso, i rapporti intercorrenti tra l'opera in progetto ed i beni tutelati *ope legis* è stata indagata all'interno del presente studio.

Come si è avuto modo di osservare in precedenza, l'ambito territoriale è caratterizzato da un rilevante patrimonio di beni culturali, architettonici nochè da svariati siti archeologici, tali elementi vincolati e non disseminati lungo il corridoio di progetto.

Dall'analisi documentale, allo stato attuale di progetto, emergono interferenze tra il sistema del patrimonio dei beni culturali di carattere puntuale e le aree di cantiere di linea, ma è stato evidenziato che *tali aree sono puramente indicative (in larghezza) ed ottenute da offset rispetto all'asse del tracciato.* Tuttavia, bisogna tener conto della stretta vicinanza delle aree con tali beni.

A tal proposito, si segnala che tali beni puntuali non subiranno alcun danno: in fase di cantiere, saranno messi in atto tutti gli accorgimenti e le procedure operative, tali da evitare qualsiasi contatto diretto e indiretto con il bene oggetto di vincolo.

Da quanto precede, sebbene il territorio abbia un elevato patrimonio culturale, a valle delle analisi e degli studi effettuati, a fronte degli accorgimenti progettuali a tutela e protezione dello stesso, si considera l'impatto mitigato. Pertanto, in riferimento ai criteri riportati nel capitolo 1.2.3 il livello di significatività è "C"

7.2 Paesaggio

7.2.1 Descrizione del contesto ambientale e territoriale

L'opera in esame ricade all'interno dei municipi III e IV del comune di Genova, rispettivamente di Bassa Val Bisagno e Media Val Bisagno. Il municipio III, più vicino al centro, ha un'estensione di 789,74 ettari, di cui il 55% circa è costituito da una zona urbanizzata. A sud è delimitato con lo scalo ferroviario di Brignole e dal Policlinico di San Martino. Il tessuto a ovest, più a ridosso del centro, presenta un tessuto compatto residenziale con comparti che conservano il tessuto storico. Il municipio IV, che occupa una posizione più periferica, occupa un'area pari a 4179,17 ettari di cui solo il 25% è zona edificata. Il tessuto è più frammentario e fa spazio a diversi comparti di produttivo lungo il torrente Bisagno e aree estrattive tra San Gottardo e Molassana. L'eccezione è rappresentata dal cimitero monumentale di Staglieno, abbracciato da diverse aree coltivate a uliveto. Procedendo verso Nord-Est, il contesto territoriale lascia progressivamente spazio a uliveti, boschi di conifere e latifoglie e praterie. In generale la valle del torrente Bisagno è abbracciata da un sistema del paesaggio composto da uliveti, boschi di latifoglie e arbusteti.

Il torrente Bisagno risulta tombinato nel suo ultimo tratto e coperto da due piastre in corrispondenza dello stadio municipale Luigi Ferraris e in corrispondenza del cimitero monumentale di Staglieno. In entrambi i casi la piastra è dedicata è destinata a parcheggio poiché sono aree collocate in prossimità dello svincolo autostradale Genova-Est dell'A12 Genova – Livorno e dello stadio. Lo svincolo autostradale lungo 2,5 km nei pressi del cimitero di Staglieno passa accanto all'acquedotto storico e al paese di S. Antonino.

Numerosi ponti collegano le due sponde del Bisagno, lo storico Ponte Carrega, esclusivamente pedonale, il Ponte Campanella tra Via Bobbio e Piazzale Parenzo, il Ponte Monteverdi che conduce all'ingresso principale del cimitero di Staglieno e il ponte Guglielmetti. La valle è attraversata dalla ex Strada Statale 45 di Val Trebbia, che scorre lungo la sponda sinistra del Bisagno, cambiando via via nome: Lungo Bisagno Dalmazia e Lungo Bisagno Istria. Questa strada collega il quartiere di Marassi a Molassana.

Per maggiori dettagli si rimanda alla *Relazione paesaggistica e studio di inserimento urbanistico*.

7.2.1.1 L'area geografica

Tra i corsi d'acqua del versante ligure tirrenico, il torrente Bisagno è caratterizzato da un bacino di dimensioni medio-piccole con una superfice pari a 93 kmq. Il bacino ha una forma complessa e articolata e si sviluppa in due direzioni: Nord-Sud e Est-Ovest. L'alto corso del torrente ha inizio al colle della Scoffera e termina in località La presa, dove riceve in sponda sinistra il torrente Lentro. Il tratto Medio inizia nei pressi della località di Prato e trova la sua foce all'estremità orientale del bacino portuale. Lungo il versante destro confluiscono diversi elementi: il rio Torbido, il torrente Geirato a Molassana, nei pressi di San Gottardo il rio Trensasco e poco dopo rio Cicala. A Staglieno confluisce il rio Velino, mentre nella parte basse hanno anche recapito le acque bianche delle fognature dell'area urbanizzata. Il corso terminale del torrente è interamente incanalato al di sotto del tessuto urbano della città di Genova all'interno di una galleria realizzata nei primi anni Trenta.

7.2.1.2 Sistemi territoriali

<u>Il sistema fortificato</u>

Lungo la valle del Bisagno sono ancora visibili e distinguibili le varie architetture difensive, costruite nelle diverse epoche, a difesa della città di Genova. La cinta muraria di origine seicentesca a ovest culmina nel Forte Sperone, mentre a est tra le diverse fortificazioni si distingue il Forte Ratti. Al di fuori delle mura seicentesche sono state realizzate altre opere, tra cui Castellaccio nei pressi di Molassana. Il doppio cerchio di mura, quelle del Cinquecento e del Seicento, rendevano Genova una città fortificata e all'avanguardia. Tale sistema fortificato è un bene demaniale ed è stato recentemente restaurato dal Demanio, dopo un periodo di abbandono durato fino alla fine del XIX secolo. I forti vennero solo parzialmente restaurati e recuperati all'inizio del Novecento per essere usati prevalentemente come punto di appoggio durante la Prima guerra mondiale. Dai primi anni degli anni 90 il parco delle Mura, in gestione dal comune di Genova, ha preso in gestione i forti e organizza presso il forte Sperone diversi spettacoli durante la stagione estiva. Il parco si estende poi alle fortezze poste al di fuori delle Mura Nuove, dal Forte Puin fino al Diamante. Il sistema dei forti orientali si compone dei forti Quezzi, Monte Ratti, Richelieu e Santa Tecla. Si segnalano infine le trincee d'assedio risalenti all'anno 1800, in buono stato di conservazione. In conclusione, il sistema dei forti e delle cinte murarie sono una risorsa culturale da conoscere e valorizzare per il potenziamento dell'offerta turistico-culturale della città di Genova. Sentieri e strade sterrate collegano attualmente i forti ma sono di difficile percorrenza.

L'acquedotto storico

Un altro sistema territoriale di carattere storico accompagna la valle del Bisagno: l'acquedotto. Questo ha garantito per secoli l'approvvigionamento idrico di Genova e del suo porto. Questa "via dell'acqua" infatti, attraversa i boschi e i sentieri della val Bisagno e, una volta superato il cimitero monumentale di Staglieno, s'interra per raggiungere il porto e il centro storico. La struttura è di origine romana, ma nel medioevo venne ampliata per rispondere alle crescenti esigenti dovute all'espansione della città. L'acquedotto è rimasto attivo ufficialmente fino a metà dell'Ottocento, ma fino a metà del Novecento la sua acqua era ancora fruibile da parte del quartiere del Molo. Ad oggi parte del tracciato non è più visibile, ma altri tratti in piano costituiscono un itinerario escursionistico pedonale dal carattere storico e naturalistico. Lungo il percorso sono presenti architetture civili rilevanti come il ponte sul rio Torbido in località Struppa e la galleria della Rovinata della prima metà dell'Ottocento. Nei pressi di Molassana è presente un'opera di alta ingegneria come il ponte sifone sul Geirato risale agli anni '70 del XVIII secolo. Le pile sostengono la risalita dell'acquedotto lungo il ripido fianco collinare, per portare l'acqua verso Pino Sottano in direzione del centro di Genova. Troviamo il suo "gemello" del 1837, il ponte sifone sul Veilino, in corrispondenza della chiesa di S. Bartolomeo di Staglieno. Il ponte sul Cimitero Monumentale di Staglieno offre una vista panoramica.

7.2.1.3 La vegetazione

I tipi di vegetazione più rappresentativi del paesaggio della Val Bisagno sono i boschi, che nello specifico sono misti, di castagno, di querce. In particolare, sui versanti Nord e Nord-Ovest sono localizzati in prevalenza boschi di castagno (*Castanea sativa*) oppure di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), accompagnato da orniello (*Fraxinus ornus*). I boschi misti sono composti in prevalenza da carpino nero in associazione alla roverella (*Quercus pubescens*). Lungo i versanti Sud e Sud-Est invece, dominano i boschi di roverella. La limitata presenza di questi ultimi è dovuta sicuramente al taglio a cui sono stati sottoposti per la realizzazione di terrazzamenti adibiti alle coltivazioni di cui ancora vediamo le tracce. Infine, alle spalle del "Biscione", è presente una pineta di impianto artificiale composta da pineta *Pinus pinaster* e *Pinus pinea*. Sono presenti numerose specie della macchia come mirto (*Myrtus communis*), corbezzolo (*Arbutus unedo*), alaterno (*Rhamnus alaternus*), cisto (*Cistus salvifolius)*. In alcuni casi la specie dominante è l'erica arborea (*Erica arborea*), mentre in altre aree sono prevalenti le ginestre.

7.2.2 Analisi dello stato di fatto degli ambiti di intervento

Marassi

La sezione stradale tra piazzale Romagnosi e lo stadio Luigi Ferraris è caratterizzata da una serie di spazi aperti frammentati appartenenti all'ambito pubblico, destinati in gran parte alla funzione di parcheggio a causa della presenza dello stadio. La sponda destra, Via del Piano, presenta una sezione stradale così articolata: una corsia per senso, spazio per la sosta lungo un lato, due corsie di percorso ciclabile e infine un'area pedonale ridotta in ogni lato. La sponda sinistra invece, a partire dal ponte Serra lungo via Monnet, ha una percorrenza pedonale ridotta lungo la sponda del torrente Bisagno; mentre è assente un percorso ciclabile. La sezione stradale di 20.5 m circa presenta due corsie dello stesso senso, e un'area per la sosta in linea lato argine.

All'incrocio con via Franceso Cali, il torrente Bisagno risulta coperto da una piastra in cemento dedicata a parcheggio d'interesse urbano a servizio dello stadio Ferraris fino a Piazzale Marassi. Per quanto riguarda lo stadio è in discussione un eventuale progetto di riqualificazione per valorizzare questa infrastruttura. Da segnalare la presenza del mercato comunale coperto Romagnosi, a servizio del quartiere Marassi, il quale però non presenta uno spazio pubblico di pertinenza della struttura e di qualità. In prossimità del mercato, infatti, è presente un'area a parcheggio con circa 100 posti auto con accesso da via Canevari, a una quota inferiore.

Parenzo

Piazzale Parenzo si presenta ad oggi frammentato. Lo spazio pubblico accanto al mercato comunale, infatti, non è un continuum in quanto tagliato dalla viabilità carrabile e interrotto da diverse aree dedicate alla sosta dei veicoli. Il retro del piazzale ospita diverse attività commerciali, ma lo spazio antistante è anch'esso occupato dalla sosta riducendo lo spazio per una possibile estensione delle attività commerciali nello spazio pubblico. Settimanalmente si svolge il mercato rionale, limitando la percorrenza carrabile della strada fino al mercato coperto. Lo spazio pubblico, attrezzato da diverse panche con schienale, è ombreggiato da 14 *Platunus x acerifolia* e presidiato da un'edicola.

La porzione di viabilità Lungobisagno Istria che si interfaccia con il piazzale presenta marciapiedi dalla sezione contenuta da entrambe le parti, percorsi ciclabili in sede stradale per entrambi i sensi di marcia e due corsie veicolari per senso di marcia separate da un'aiuola verde. Quest'ultima s'interrompe in prossimità dell'attraversamento pedonale che collega Piazzale Parenzo alla sponda destra del torrente Bisagno grazie al ponte Federico Campanella. A monte il collegamento invece avviene grazie al passo Vittime delle Foibe, che fa parte della grande piastra di copertura del torrente destinata a diverse funzioni: parcheggio e verde pubblico. In occasione della piastra, la pista ciclabile lascia la sede stradale e attraversa i Giardini di Giovanni Battista Cavagnaro per poi svoltare in piazza Giuseppe Garassini Garbarino e ritornare verso Piazzale Parenzo percorrendo via Enrico Toti. L'ambito in esame è convolto da progettazioni in itinere, tra cui il progetto del sistema degli assi di forza per il trasporto pubblico locale che interesserà via Bobbio, lungo la sponda destra del Bisagno, e la riqualificazione della rimessa e degli uffici AMT. La viabilità in sponda sinistra presenta un filare alberato.

Staglieno

L'ambito di Staglieno lungo la sponda destra del torrente Bisagno Lungobisagno Istria, presenta due corsie per senso di marcia e una corsia per la svolta in direzione del ponte Giulio Monteverde che porta al complesso monumentale di Staglieno. La percorrenza pedonale, presente solo lungo la sponda del

torrente, risulta ridotta; mentre è assente un percorso ciclabile. Dall'altro lato della strada il marciapiede è presente solo per un breve tratto per poi dare spazio a uno spazio in concessione demaniale per la sosta e la manovra dei veicoli in prossimità del fronte commerciale. Qui, un'asola verde funge da spartitraffico. In questo ambito è prevista la realizzazione di un percorso ciclopedonale lungo l'argine che si svilupperà a partire dal ponte Giulio Monteverde verso monte.

La sponda sinistra, in corrispondenza del cimitero monumentale, è destinata a funzioni a servizio del complesso, tra cui l'ingresso pedonale, le aree di sosta protette da un filare alberato, le aree di servizio per il trasporto pubblico e edicole. Via delle Gavette, che risulta poco valorizzata dal fenomeno della sosta informale, conduce a due percorsi storici di salita alla Chiesa di Staglieno, agli antichi lavatoi, alla Chiesa e all'Oratorio di San Bartolomeo di Staglieno, e infine al percorso dell'antico Acquedotto. Differente risulta il trattamento di Piazzale Resasco, a valle del cimitero, che presenta degli spazi per la sosta e piccole attività commerciali. Come via delle Gavette, questo spazio diventa pedonale in corrispondenza di via Superiore del Veilino e conduce alla salita San Pantaleo e all'acquedotto storico.

Procedendo verso valle da piazzale Resasco, tra via Bobbio e via Piacenza, s'incontra l'insediamento produttivo dei marmisti di Caderiva, al momento fortemente degradato.

L'ambito in oggetto rientra nel distretto di trasformazione n.22 Staglieno-via Bobbio per il quale sono previsti interventi di messa in sicurezza del torrente, riordino della viabilità, nuove edificazioni e realizzazione di parcheggi d'interscambio.

Adriatico

L'ambito di Adriatico presenta lungo la sponda sinistra un comparto a destinazione produttiva, mentre lungo la sponda opposta la vocazione è per lo più di tipo residenziale dal tessuto minuto. Piazza Adriatico rappresenta l'unico spazio alla scala del quartiere alberata e attrezzata con uno spazio gioco.

Le due sponde sono collegate dal ponte pedonale Giovanni Veronelli e più a nord dal ponte Carrega, anch'esso pedonale, di origine settecentesca. In corrispondenza di questo collegamento è presente un parcheggio dalle dimensioni contenute.

La sponda sinistra sarà oggetto di riqualificazione e rientra nel distretto di trasformazione n.24 Gavette per il quale sono previsti interventi per la messa in sicurezza del torrente, riordino della viabilità, riqualificazione della rimessa AMT e riordino delle diverse sedi logistiche presenti. All'interno della porzione di IREN è collocato il Museo dell'acqua e del gas, l'Istituto Comprensivo Staglieno, il distaccamento Genova Est dei Vigili del fuoco e dei servizi pubblici.

La via Lungobisagno Dalmazia presenta su entrambi i lati marciapiedi pedonali dalla dimensione esigua e due corsie carrabili per senso di marcia. In prossimità delle ex Officine Guglielmetti la carreggiata si allarga per dare spazio alla sosta in linea su entrambi I lati. Al momento non sono presenti percorsi ciclabili, ma ne è previsto uno lungo la sponda destra del torrente.

Bligny

Piazzale Bligny è compreso tra l'edificio facente parte dell'ingresso al complesso "Ca' de Pitta" e il centro di commerciale Centro Bisagno. Quest'ultimo rientra all'interno dell'ambito speciale di riqualificazione urbana "Ex Gugliemetti" (rif. fogli PUC:29), in particolare all'interno del lotto 1, che è destinato ad attività commerciali. La restante porzione dell'area, il lotto2, verrà anch'esso convertito

ad attività commerciali e produttive compatibili. Di fronte all'ingresso delle ex Officine Guglielmetti si trova il ponte Romeo Guglielmetti, pedonale e carrabile, che permette di collegare le sponde del torrente.

Lungo la sponda destra, il tratto di Lungobisagno Dalmazia in oggetto è costituito da due corsie per senso di marcia e marciapiedi dalle dimensioni minime su entrambi i lati. Non è presente Nessun percorso ciclabile, ma è in previsione lungo la sponda destra lato argine. Lungo la sponda opposta in prossimità del ponte è presente un'area destinata a parcheggio pubblico. Lungo via Piacenza la carreggiata presenta una sezione ridotta e un fronte commerciale. Il percorso pedonale in corrispondenza della salita Preli conduce alla salita della Chiappa, un percorso storico che si raccorda con l'acquedotto storico.

Non sono presenti aree a verde, se non un doppio filare di 18 alberature lungo Piazzale Bligny dotato di sedute con lo schienale per la sosta, servizi di sosta dei mezzi pubblici e edicole.

San Gottardo

Nei pressi del complesso sportivo La Sciorba il tessuto residenziale si fa più minuto e rarefatto. A sud di quest'ultimo è presente un'area dedicata a parcheggio, mentre dall'altro lato della strada un ponte pedonale collega le due sponde. Lungo il lato destro del Bisagno via Gelasio Adamoli presenta una carreggiata ampia che ospita due marciapiedi e due corsie per senso di marcia separate da un'area a verde. A nord del complesso sportivo, che è oggetto di un progetto di riqualificazione ed ampliamento in itinere (PNRR M5C2-3.1), è presente un'altra area destinata a parcheggio pubblico.

Il ponte carrabile Ugo Gallo, pedonale e carrabile a doppio senso, college le due sponde. Si trova prospicente il complesso ecclesiastico di San Gottardo, chiesa vecchia e nuova, dal quale si risale poi verso l'Antico acquedotto.

Molassana

Lungo la via Gelasio Adamoli, che è costituita da due corsie per senso di marcia separate da un'area a verde e due marciapiedi, è in fase di realizzazione il nuovo percorso ciclopedonale in direzione monte. Questo si interrompe nei pressi del ponte Alexander Fleming, sia pedonale sia carrabile, che connette le due sponde.

Qui, lato sponda sinistra, uno slargo su cui si affaccia parte del complesso della chiesa di San Rocco di Molassana, è utilizzato a parcheggio. Sulla sponda sinistra il tessuto urbano risulta articolato. Largo Paolo Boccardo è un'area, che verrà coinvolta nel riassetto del capolinea AMT nel contesto delle opere del sistema degli assi di forza per il trasporto pubblico locale. Lungo la via Molassana, proseguendo verso valle sono rilevabili numerose polarità: nuovo complesso residenziale realizzato convertendo l'area ex-Boero con annessi servizi pubblici e la biblioteca; i giardini pubblici Maurizio Orengo; l'ampio complesso scolastico, la palestra e il Teatro dell'Ortica di via Salvador Allende raggiungibile attraverso numerose rampe di scale.

7.2.3 Valutazione degli aspetti ambientali legati al cantiere

7.2.3.1 Modifica della struttura del paesaggio

Con il concetto di modifica della struttura del paesaggio ci si vuole riferire ad un articolato insieme di trasformazioni relative alle matrici naturali ed antropiche che strutturano e caratterizzano il paesaggio.

Tale insieme, nel seguito descritto con riferimento ad alcune delle principali azioni che possono esserne all'origine, è composto dalle modifiche dell'assetto morfologico (a seguito di sbancamenti e movimenti di terra significativi), vegetazionale (a seguito dell'eliminazione di formazioni arboreo-arbustive, ripariali, etc), colturale (a seguito della cancellazione della struttura particellare, di assetti colturali tradizionali), insediativo (a seguito di variazione delle regole insediative conseguente all'introduzione di nuovi elementi da queste difformi per forma, funzioni e giaciture, o dell'eliminazione di elementi storici, quali manufatti e tracciati viari).

Sulla scorta di tale inquadramento concettuale, per quanto specificatamente attiene alla fase di realizzazione del progetto, i principali parametri che concorrono alla significatività dell'effetto in esame possono essere identificati nella localizzazione delle aree di cantiere, nonché nell'entità delle lavorazioni previste (ad esempio, entità delle operazioni di scavo e della potenziale modifica morfologica).

In generale, si sottolinea il carattere assolutamente transitorio della presenza delle aree di cantiere, con conseguente ripristino dell'assetto originario delle aree interessate. Fa eccezione parte dell'area di cantiere A1, all 'interno del quale verrà realizzato il parcheggio.

Si segnala, inoltre, dall'analisi dell'uso del suolo edizione 2019 del geoportale della regione Liguria, che le aree di cantiere lungo il tracciato ricadono all'interno di superfici artificiali, per la maggior parte "superstrade, grandi arterie di viabilità e spazi accessori".

Di conseguenza, non verranno interessate superfici agricole e territori boscati e ambienti semi-naturali.

Particolare, attenzione dovrà essere posta in relazione alla vicinanza e all'intersezione delle aree di cantiere rispetto al reticolo idrografico. A tal proposito saranno molto importanti le procedure operative e gestionali che saranno messe in opera per la prevenzione dell'inquinamento sull'ambiente idrico.

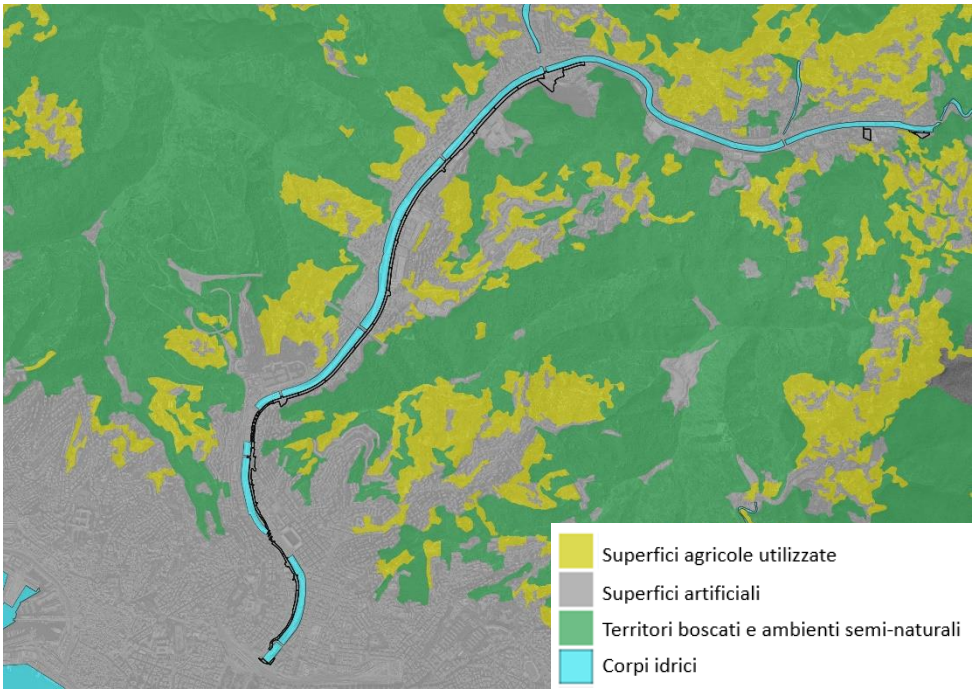


Figura 165. Struttura del paesaggio (in nero il perimetro delle aree di cantiere)

7.2.3.2 Modifica degli aspetti percettivi del paesaggio

Nel momento in cui un elemento nuovo entra a far parte di una visuale consolidata, si possono manifestare delle criticità che trovano sostanza nell'alterazione delle relazioni e delle interazioni agenti tra caratteri e fenomeni territoriali, e che si manifestano attraverso la riduzione del grado di riconoscimento dell'ordine caratteristico del paesaggio fino a quel momento percepito. Le azioni di progetto individuate si esplicitano nella presenza

Con riferimento alle azioni di progetto e le relative attività considerate come significative, la dimensione fisica, per la tipologia delle opere progettuali previste, presenta problematiche in parte simili a quella costruttiva, poiché se da un lato gli impatti possono considerarsi simili, dall'altro hanno carattere di tipo permanente e non temporaneo, seppur solo nel caso della presenza di nuovi elementi antropici visibili, ossia nel caso dell'ampliamento dell'impronta a terra dell'infrastruttura.

Considerato il territorio in cui si inserisce l'opera, le peculiarità degli aspetti paesaggistici e percettivi come precedentemente descritti, si deduce che le attività di cantiere necessarie alla realizzazione dell'opera, inducono modificazioni sulla percezione del paesaggio.

In riferimento alla dimensione costruttiva dell'opera, le attività che maggiormente interferiscono con il paesaggio riguardano: l'eventuale apertura di piste di cantiere, la presenza di mezzi d'opera, baraccamenti, attrezzature di cantiere ecc.

La presenza di tali elementi conferisce, seppur in maniera temporanea, dei disturbi visivi, alterando sensibilmente gli aspetti caratterizzanti il territorio.

Le interruzioni visive, determinate in fase di cantiere, sono limitate nel tempo perché gli elementi che occuperanno il territorio, interferendo così con il paesaggio, avranno una durata corrispondente alla durata di lavori, generando di conseguenza un trascurabile impatto sul paesaggio.

7.2.4 Misure di prevenzione e mitigazione

Alla luce dell'analisi degli impatti ambientali potenziali che la realizzazione dell'opera potrebbe indurre sulla componente in esame, è stato valutato nel rapporto opera – ambiente, quanto questi possano incidere e come poterli eventualmente mitigare.

Per quanto riguarda una possibile compromissione di aree sensibili in riferimento alla componente paesaggistica, in fase di cantiere si può ritenere che gli impatti abbiano una significatività di livello basso e ad ogni modo di tipo reversibile.

In merito alla modificazione dell'assetto percettivo, anche questo, in riferimento alle aree di cantiere è da considerarsi di modesta entità in quanto il carattere dell'interferenza sarà di tipo temporaneo, dal momento in cui tutte le lavorazioni previste così come le aree impegnate, lo saranno solo per il tempo necessario al completamento dell'opera infrastrutturale di progetto.

Lo stesso può dirsi per quanto concerne la modifica dell'assetto agricolo e vegetazionale, con riferimento specifico alle aree di lavorazione che verranno ripristinate al termine dei lavori riportandole al loro stato originario.

Neanche a livello morfologico al termine delle operazioni di lavorazione si potranno apprezzare modifiche significative a causa degli accumuli di materiale nelle aree adibite, poiché saranno tempestivamente smantellate asportando rifiuti e residui di lavorazione.

L'analisi generale porta quindi alla conclusione che l'impatto stimato sia mitigabile e quindi non si registrino impatti negativi, poiché al termine dei lavori, le aree di cantiere saranno tempestivamente smantellate, sarà effettuato lo sgombero e lo smaltimento del materiale di risulta derivante dalle opere di realizzazione, evitando la creazione di accumuli permanenti in loco. Si procederà a fare lavorazioni del terreno sgomberato dal cantiere sul quale verrà poi ripristinato il terreno precedentemente rimosso con lo scotico.

8. ASPETTI AMBIENTALI SIGNIFICATIVI

Si riportano nella tabella che segue, a scopo di riepilogativo, i risultati della fase di valutazione di significatività degli aspetti ambientali.

Ai fini di una corretta interpretazione della seguente tabella si precisa che le valutazioni in essa riportate fanno riferimento al livello di significatività dell'effetto ritenuto più rilevanti tra quelli presi in considerazione nell'ambito di ciascuno dei fattori ambientali indagati.

In altri termini, in tutti i casi in cui le analisi condotte hanno portato ad una stima della significatività diversificata per i diversi effetti potenziali considerati nell'ambito di un medesimo fattore ambientale, le valutazioni riportate nella tabella successiva hanno fatto sempre riferimento al maggiore dei livelli tra quelli stimati.

			Risorse naturali				Emissione e produzione					Risorse antropiche e paesaggio	
LIVELLI SIGNIFICATIVITÀ EFFETTI	Pianificazione e tutela ambientale	Popolazione e salute umana	Suolo	Acque superficiali e sotterranee	Biodiversità	Materie prime	Clima acustico	Vibrazioni	Aria e clima	Rifiuti e materiali di risulta	Scarichi idrici e sostanze nocive	Patrimonio culturale e beni materiali	Paesaggio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
A													
B	●	●			●				●		●		●
C						●				●		●	
D			●	●			●	●					
E													

Legenda	
A	Effetto assente, stima attribuita sia nei casi in cui si ritiene che gli effetti individuati in via teorica non possano determinarsi, quanto anche laddove è possibile considerare che le scelte progettuali operate siano riuscite ad evitare e/o prevenire il loro determinarsi
B	Effetto trascurabile, stima espressa in tutti quei casi in cui l'effetto potrà avere una rilevanza non significativa, senza il ricorso ad interventi di mitigazione
C	Effetto mitigato, giudizio assegnato a quelle situazioni nelle quali si ritiene che gli interventi di mitigazione riescano a ridurne la rilevanza. Il giudizio tiene quindi conto dell'efficacia delle misure e degli interventi di mitigazione previsti, stimando con ciò che l'effetto residuo e, quindi, l'effetto nella sua globalità possa essere considerato trascurabile

			Risorse naturali				Emissione e produzione					Risorse antropiche e paesaggio	
LIVELLI SIGNIFICATIVITÀ EFFETTI	Pianificazione e tutela ambientale	Popolazione e salute umana	Suolo	Acque superficiali e sotterranee	Biodiversità	Materie prime	Clima acustico	Vibrazioni	Aria e clima	Rifiuti e materiali di risulta	Scarichi idrici e sostanze nocive	Patrimonio culturale e beni materiali	Paesaggio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
D	Effetto oggetto di monitoraggio, stima espressa in quelle particolari circostanze laddove si è ritenuto che le risultanze derivanti dalle analisi condotte dovessero in ogni caso essere suffragate mediante il riscontro derivante dalle attività di monitoraggio												
E	Effetto residuo, stima attribuita in tutti quei casi in cui, pur a fronte delle misure ed interventi per evitare, prevenire e mitigare gli effetti, la loro rilevanza sia sempre significativa												