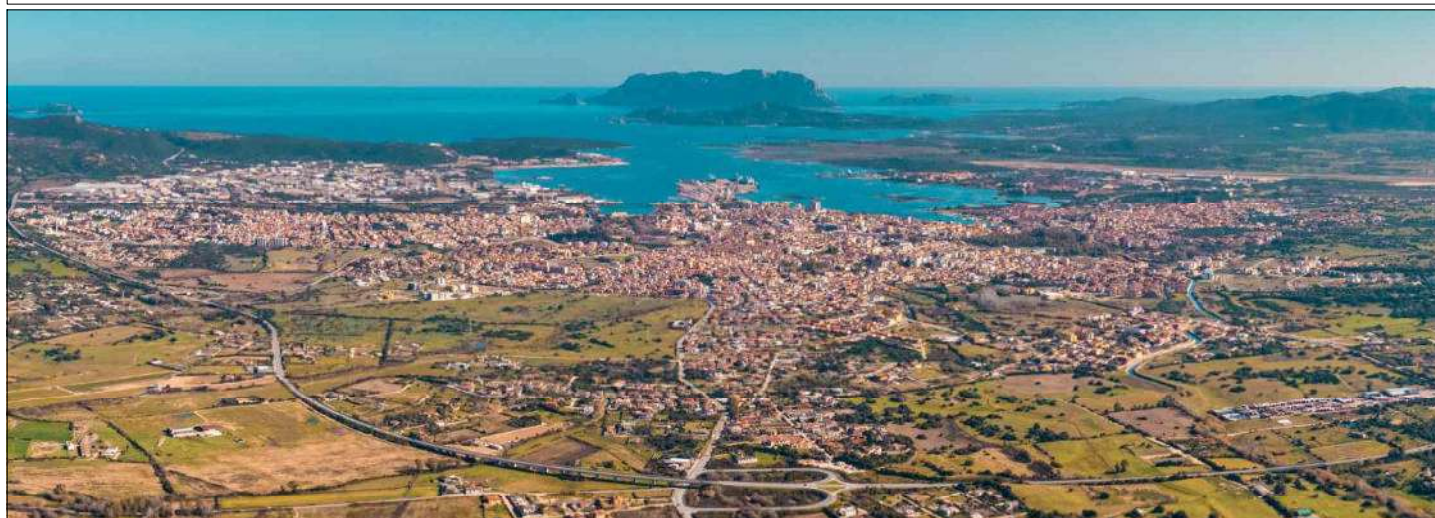




Commissario straordinario delegato per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico per la Regione Sardegna - Accordo di programma 23 dicembre 2010



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ED ECONOMICA

OLBIA E LE SUE ACQUE

Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi

MACROAREA 3 - AMBITO URBANO

PROGETTAZIONE RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

(Capogruppo mandataria)

(Mandanti)



IL SINDACO:
Settimo Nizzi

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

TITOLO

Studio di Impatto Ambientale

Aspetti ambientali

Quadro di riferimento ambientale: Valutazione degli impatti potenziali

IL DIRIGENTE:
Ing. Antonio G. Zanda

CODICE ELABORATO

D.4.2

SCALA

-

DATA

FEBBRAIO 2026

NOME FILE

D.4.2.doc

ELABORAZIONE PROGETTUALE

REVISIONI

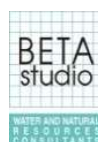
Metassociati s.r.l.
Ing. G. A. Mura
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Nuoro
N. 107

| REV. | DATA | MOTIVO | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|---------|----------------------|----------|------------|--------------|
| 2 | 02/2026 | RECEP. OSS. VIA 2025 | E.RUBANU | G.A. MURA | S. VENTURINI |
| 1 | 03/2025 | RECEPIMENTO OSS. VIA | E.RUBANU | G.A. MURA | S. VENTURINI |

SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| | 1 |
| 1. PREMESSA | 5 |
| 2. ATMOSFERA | 6 |
| 2.1. Stima delle polveri diffuse | 6 |
| 2.2. Operazioni di scavo, carico e scarico | 7 |
| 2.3. Transito dei mezzi su viabilità sterrata interna ai cantieri..... | 14 |
| 2.4. Formazione dei rilevati..... | 22 |
| 2.5. Stima delle emissioni inquinanti NOx, CO, CO2 | 31 |
| 3. AMBIENTE IDRICO | 35 |
| 3.1. Valutazione degli impatti potenziali | 35 |
| 3.1.1. Esame del progetto | 37 |
| 3.1.2. Valutazione impatti potenziali per ogni singolo intervento | 39 |
| 3.1.3. Interazione delle opere di progetto alle foci con la salinità della falda | 42 |
| 3.1.4. Prove nell’ambito dei prelievi di campioni d’acqua indagini in corso | 45 |
| 3.1.5. Modellazione numerica | 47 |
| 3.1.6. Stato di fatto..... | 50 |
| Soluzione SdP2 ottimizzata (a e b) | 51 |
| 4. SUOLO | 52 |
| 4.1. Valutazione degli impatti potenziali | 52 |
| 5. VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI | 55 |
| 5.1. Premessa | 55 |
| 5.2. Impatti presenti..... | 56 |
| 5.3. Possibili impatti dovuti agli interventi in progetto e loro valutazione matriciale..... | 58 |
| 5.3.1. Flora e vegetazione | 59 |
| 5.3.2. Habitat | 67 |
| 5.3.3. Fauna..... | 73 |
| 5.4. Disamina degli impatti per singoli interventi. | 79 |
| 5.4.1. Scolmatore 1 “Rio Seligheddu – Padrongianos”..... | 79 |
| 5.4.2. Scolmatore 2 “Abba Fritta-Cabu Abbas” | 81 |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.4.3. | Scolmatore 3 “Rio San Nicola-Zozò” | 82 |
| 5.4.4. | Deviatore 1 Canale Zozò in Rio Gadduresu | 83 |
| 5.4.5. | Deviatore 2 Rio Gadduresu in Rio Seligheddu | 83 |
| 5.4.6. | Deviatore 3 Rio Paule Longa e Rio Tannaule in Rio Seligheddu | 84 |
| 5.4.7. | Tratti a Monte del Seligheddu (Monte Telti- Ua Niedda – La Fossa) | 85 |
| 5.4.8. | Tratto in adeguamento Rio Cabu Abbas | 87 |
| 5.4.9. | Tratto in adeguamento Rio Seligheddu | 88 |
| 5.4.10. | Tratto in adeguamento su Rio Tannaule | 89 |
| 5.4.11. | Tratto in adeguamento su Rio Pasana | 90 |
| 5.4.12. | Tratto in adeguamento Rio Gadduresu | 91 |
| 5.4.13. | Tratto in adeguamento Rio San Nicola | 92 |
| 5.4.14. | Tratto in adeguamento Canale Zozò | 93 |
| 5.4.15. | Area Cimitero | 94 |
| 5.4.16. | Area Colcò | 96 |
| 5.4.17. | Area Pittulongu | 97 |
| 5.5. | Valutazione degli effetti cumulativi | 100 |
| 5.6. | Valutazione degli effetti cumulativi con altri progetti previsti | 101 |
| 5.7. | Raddoppio della tangenziale di Olbia | 101 |
| 5.8. | Ponte ferroviario sul Rio Seligheddu | 105 |
| 5.9. | Riqualficazione urbana del Piano di Risanamento Urbanistico ‘Sa Minda Noa’ Realizzazione di un parco urbano con annesso palazzetto dello sport” | 109 |
| 5.10. | Interventi di razionalizzazione e adeguamento rete di smaltimento acque meteoriche in zona Ospedale 112 | |
| 5.11. | Dragaggio del Golfo di Olbia | 114 |
| 5.12. | Realizzazione delle vasche di colmata nella costa nord del Porto di Olbia – ex stabilimento Palmera – e loro completamento e allestimento per ospitare cantieristica navale da diporto | 118 |
| 5.17. | Sintesi degli impatti previsti | 134 |
| 5.18. | Conclusioni | 135 |
| 5.19. | Impatti complessivi sulla vegetazione e le relative mitigazioni | 135 |
| 6. | SALUTE PUBBLICA | 139 |
| 7. | TRAFFICO | 140 |
| 7.1. | Metodologia HCM | 142 |
| 7.2. | Gli effetti sul traffico derivanti dall’approvvigionamento dei cantieri | 146 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.3. | Gli effetti sul traffico derivanti dalla realizzazione dei nuovi Parchi | 153 |
| 8. | RUMORE | 164 |
| 8.1. | Metodologia di valutazione | 164 |
| 8.2. | Descrizione delle sorgenti di rumore | 164 |
| 8.3. | Classificazione di destinazione d'uso | 167 |
| 8.4. | Identificazione e descrizione dei ricettori..... | 168 |
| 8.5. | Individuazione sorgenti esistenti | 170 |
| 9. | VIBRAZIONI IN SOTTERRANEO | 187 |
| 9.1. | Scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas” | 187 |
| 9.2. | L'impatto causato dalle vibrazioni..... | 198 |
| | Monitoraggi di superficie e in galleria | 204 |
| 10. | PAESAGGIO | 214 |
| 11. | MITIGAZIONE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI..... | 215 |
| 11.1. | Premessa | 215 |
| 11.2. | Fonti progettuali utilizzate e quadro di riferimento | 215 |
| 11.3. | Descrizione dell'ambiente ante operam. | 217 |
| 11.4. | Descrizione dell'ambiente post - operam | 217 |
| 11.5. | Cambiamento dell'uso del suolo | 218 |
| 11.6. | Perimetro e metodo del bilancio emissivo | 222 |
| 11.7. | Criterio LCA e moduli considerati | 223 |
| 11.8. | Fonti dei fattori emissivi e tracciabilità metodologica | 224 |
| 11.9. | Indicatori quantitativi preliminari di produzione e risparmio di CO2 | 228 |
| 11.10. | Bilancio emissivo preliminare dei materiali principali..... | 230 |
| 11.11. | Emissioni annue in fase di esercizio..... | 232 |
| 11.12. | Emissioni evitate da riutilizzo e recupero | 232 |
| 11.13. | Definizione degli indicatori emissivi utilizzati | 233 |
| 11.14. | Emissioni materiali annualizzate..... | 236 |
| 11.15. | Risparmio emissivo annualizzato | 237 |
| 11.16. | Scenario di confronto per le emissioni evitate | 238 |
| 11.17. | Analisi di sensibilità qualità del dato e aggiornamento del bilancio..... | 239 |
| | emissivo | 239 |
| 11.18. | Qualità del dato e incertezza | 240 |
| 11.19. | Piano di aggiornamento del bilancio emissivo | 242 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 11.20. | Confronto tra alternative | 243 |
| 11.21. | Misure di riduzione delle emissioni | 244 |
| 12. | ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO | 246 |
| 12.1. | Premessa | 246 |
| 12.2. | Caratterizzazione della vulnerabilità ai cambiamenti climatici dell’area di studio | 246 |
| 12.3. | Identificazione delle interazioni tra l’opera e i cambiamenti climatici..... | 250 |
| 12.4. | Definizione delle misure di adattamento | 251 |
| 12.5. | Valutazione della resilienza nel ciclo di vita | 254 |
| 12.6. | Indicatori di adattamento e resilienza..... | 255 |
| 12.7. | Il Piano di monitoraggio per l’adattamento ai cambiamenti climatici | 256 |

1. PREMESSA

Gli interventi del progetto “Olbia e le sue acque”, come qualsiasi azione antropica nei sistemi ambientali, creeranno inevitabilmente un’interferenza con i processi e le dinamiche attualmente presenti negli ecosistemi. Tali interferenze potranno manifestarsi con una modifica di equilibri che naturalmente verranno compensati da meccanismi naturali di *feedback*. In altri casi possono manifestarsi invece impatti, negativi o positivi. Gli stessi impatti possono essere di tipo temporaneo o permanente.

Allo stato attuale, dai rilievi è emerso come i sistemi naturali siano già interessati da fattori di disturbo che ne limitano in alcuni casi lo sviluppo o ne compromettono la naturalità. In modo particolare, la vicinanza con un importante centro urbano (e tutte le sue infrastrutture correlate e a servizio, quali aeroporto, porti etc) costituisce la principale causa di antropizzazione e degrado dei sistemi, in alcuni casi fortemente artificializzati.

Di seguito si riporta l’analisi degli impatti potenziali legati alla realizzazione delle opere.

2. ATMOSFERA

2.1. Stima delle polveri diffuse

Durante la fase di cantiere l'impatto più significativo sarà legato alla produzione di polveri dovuta alle azioni meccaniche indotte sui terreni durante le operazioni di scavo; alle operazioni di carico e scarico del materiale di scavo su mezzi di trasporto; al transito dei mezzi sulle strade non asfaltate per le operazioni di trasporto dei mezzi utilizzati durante i lavori; alla formazione e movimentazione di cumuli di materiale per la formazione di rilevati per la stabilizzazione del sottofondo stradale delle aree di transito.

Dal punto di vista fisico le polveri sono il risultato della suddivisione meccanica dei materiali solidi naturali o artificiali sottoposti a sollecitazioni di qualsiasi origine. I singoli elementi hanno dimensioni superiori a $0,5\ \mu\text{m}$ e possono raggiungere $100\ \mu\text{m}$ e oltre, anche se le particelle con dimensione superiore a qualche decina di μm restano sospese nell'aria molto brevemente. Per la salute umana l'effetto più rilevante è dovuto alle polveri inalabili (con dimensioni comprese fra $0,5$ e $5\ \mu\text{m}$), che sono in grado di superare gli ostacoli posti dalle prime vie respiratorie e di raggiungere gli alveoli polmonari e, almeno in parte, di persistervi.

Nei materiali inerti il principale elemento nocivo aerodisperdibile è la silice libera (SiO_2), contenuta in percentuale del 40 – 60% sul volume di riferimento. La silice libera è quella parte del biossido di silicio presente nelle rocce e nelle terre non combinata a formare silicati e rinvenibile sotto forma cristallina o amorfa. Le fasi cristalline, quali principali fattori nocivi, sono in primo luogo il quarzo e poi la tridimite e la cristobalite, più rare ma decisamente più tossiche. Di minore importanza, ma comunque lesiva, è la silice amorfa. Si tratta di un composto inorganico, polverulento quando di dimensioni inferiori a $100\ \mu\text{m}$, di colore grigio chiaro, inodore, non reattivo e molto poco solubile a contatto con l'acqua. La silice libera cristallina è classificata dallo IARC (Agenzia Internazionale Ricerca sul Cancro) quale cancerogeno di classe 1. Se assimilato in forte quantità nelle vie respiratorie del corpo umano la silice libera cristallina può inoltre originare la silicosi. Nelle corrette condizioni di manipolazione ed uso non c'è pericolo di irritazione e/o sensibilizzazione per occhi e pelle.

Per quanto riguarda la calce, si evidenzia invece che questa si presenta come un composto inorganico, solido e polverulento, che pur non essendo tossico può dare origine ad irritazioni cutanee e agli occhi e ad effetti di ecotossicità, solo nel caso di dispersioni di notevole quantità ed in presenza di acqua (a causa del pH elevato).

2.2. Operazioni di scavo, carico e scarico

La determinazione del particolato prodotto dalle operazioni in questione è stata condotta mediante l'applicazione dei fattori di emissione determinati dal database FIRE Factors,

US – EPA, seguendo le indicazioni presenti nelle linee guida dell'ARPAT Toscana.

Per il calcolo del particolato con $\varnothing < 10 \mu\text{m}$ è stata applicata la seguente formula:

$$E_f (\text{Kg/h}) = E_{fmi} (\text{Kg/t}) \times C (\text{t/h})$$

Dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2,5);

E_f = fattore di emissione oraria in Kg/ora;

E_{fmi} = fattore di emissione a unità di materiale scavato in kg/t;

C = produzione oraria di materiale scavato in t/ora

Di seguito, la tabella contenente i valori di E_{fmi} tratti dai dati forniti dall'EPA nel FIRE Factors:

| FATTORI DI EMISSIONE EPA FIRE FACTOR - Efmi (kg/t) | | | |
|--|-------------|-------------|--------------|
| EMISSIONI | SCAVO | CARICO | SCARICO |
| SCC | 3-05-027-60 | 3-05-025-06 | 3-05-020-31 |
| PTS | 0,00065 | 0,002 | 0,0000133 |
| PM10 | 0,00039 | 0,0012 | 0,000008 |
| PM 2.5 | 0,00000402 | 0,0000124 | 0,0000000824 |

Tabella 2-1: Valori di Efmi tratti dai dati forniti dall'EPA nel FIRE Factors

I valori relativi al PTS sono stati desunti dai dati relativi al PM10, assumendo che la produzione del PM10 sia a pari a circa al 60% dei PTS, come riportato nelle Linee Guida di ARPAT.

Per ciascun cantiere sono stati valutati le quantità di materiale scavato, caricato e scaricato, la durata di tali operazioni, il numero dei mezzi impiegati in contemporanea considerando il loro impiego nell'arco di 8 ore giornaliere. Inoltre, si sono valutate le operazioni di carico e transito su piste sterrate per il trasporto dei materiali non riutilizzabili in cantiere verso i siti di destinazione come da piano di utilizzo.

Il primo scenario per ciascun cantiere tipo prevede le seguenti attività:

Scavo, carico, trasporto su pista sterrata, scarico, formazione di cumuli e azione di dispersione delle polveri dai cumuli.

Di seguito si riportano le grandezze occorrenti per la determinazione delle emissioni per le operazioni di scavo, carico e scarico (tabella 2-2). Nella tabella 2-3 si riporta il calcolo delle emissioni che complessivamente si producono in ciascun cantiere, espresse in gr/h, per il PM 10, PM 2.5 e PTS.

Progetto di fattibilità tecnico ed economica "Olbia e le sue acque – Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi – Macroarea 3 – Ambito urbano"

| BILANCIO DEI VOLUMI DERIVANTI DA CARICO, SCARICO E SCAVO DELLE TERRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|---|---|--------------------------|---|---|--|---|---------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------------|--|------------------------------|
| Materia | Luogo di produzione | Luogo di utilizzo | Quantità di materiale vegetale e materiale sciolto (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Quantità di granito (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 2700 (kg/mc) | Durata lavori di scavo da cronoprogramma (giorni) | Durata lavori di carico da cronoprogramma (giorni) | Numero di trasporti per spostare l'intero volume di scavo | Durata carico (ore) | Carico orario a mezzo (t/ora) | Durata scarico (ore) | Scarico orario a mezzo (t/ora) | Scavo produzione oraria (mc/ora) | Carico produzione oraria (mc/ora) | Scavo produzione oraria (t/ora) | Carico ore/giorno | Scarico ore/giorno | Scavo ore/giorno | Numero mezzi di scavo | Numero mezzi di carico | Numero di viaggi / h materiale sciolto | Numero di viaggi / h granito |
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 1 | Lotto 1 | | | 60 | 162 | 0,04 | 0,04 | 3,60 | 1,00 | 162 | 0,30 | 539,84 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | 0,002 |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | Area Cimitero | 83820 | 150876 | | | 58,21 | 58,21 | 5031,21 | ##### | 108 | 419,23 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | | 3524 | 6343,2 | | | 2,45 | 2,45 | 211,52 | 58,73 | 108 | 17,63 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | | 35295 | 63531 | | | 24,51 | 24,51 | 2118,55 | ##### | 108 | 176,53 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | | 8612 | 15501,6 | | | 11,96 | 11,96 | 516,93 | ##### | 108 | 43,07 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA PASANA | | 14273,8 | 25692,8 | | | 19,82 | 19,82 | 856,77 | ##### | 108 | 71,39 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | | 3760 | 6768 | | | 5,22 | 5,22 | 225,69 | 62,67 | 108 | 18,81 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | Area Colcò | 23800 | 42840 | | | 33,06 | 33,06 | 1428,57 | ##### | 108 | 119,04 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | | 138191 | 248744 | | | 191,93 | 191,93 | 8294,78 | ##### | 108 | 691,16 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 2.3 DEVIATORE GADDURESU - SELIGHEDDU | | 57345 | 103221 | | | 39,82 | 39,82 | 3442,08 | ##### | 108 | 286,81 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | | 77000 | 138600 | | | 106,94 | 106,94 | 4621,85 | ##### | 108 | 385,12 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 2.5 PASANA | | 155654,4 | 280178 | | | 108,09 | 108,09 | 9343,00 | ##### | 108 | 778,51 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | | 7822 | 14079,6 | | | 10,86 | 10,86 | 469,51 | ##### | 108 | 39,12 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | Area Colcò | 47836 | 86104,8 | | | 33,22 | 33,22 | 2871,31 | ##### | 108 | 239,25 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 4.1 GALLERIA NATURALE PASANA - PAULE LONGA | Area Colcò - Lotti 1,2,4,6 | 177825 | 320085 | | | 82,33 | 82,33 | 10673,77 | ##### | 108 | 889,39 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 3 | 3 | 10,80 | |
| TERRA | 4.2 GALLERIA CUT&COVER PAULE LONGA | | 156010 | 280818 | ##### | 99063 | 72,23 | 72,23 | 9364,35 | ##### | 108 | 780,28 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 3 | 3 | 10,80 | 1,003 |
| TERRA | 4.3 GALLERIA NATURALE PAULE LONGA (ATTACC) | | 134651 | 242372 | | | 93,51 | 93,51 | 8082,29 | ##### | 108 | 673,46 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 5.1 OPERA DI SCARICO NEL PADRONGIANUS | Area Colcò | 49332 | 88797,6 | 9240 | 24948 | 58,73 | 58,73 | 2961,10 | ##### | 126 | 246,73 | 359,89 | 105,00 | 70,00 | 189,00 | 12 | 4,20 | 8 | 1 | 1 | 4,20 | 0,253 |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | Area Cimitero, Colcò, Pittulungu | 200000 | 360000 | | | 138,89 | 138,89 | 12004,80 | ##### | 108 | 1000,30 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 2 | 2 | 7,20 | |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | | 35816 | 64468,8 | | | 49,74 | 49,74 | 2149,82 | ##### | 108 | 179,13 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | | 52781,08 | 95005,9 | | | 73,31 | 73,31 | 3168,13 | ##### | 108 | 263,98 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | 6.4 ABBA FRITTA A VALLE DELL'OPERA DI PRESA | | 2651,5 | 4772,7 | | | 3,68 | 3,68 | 159,15 | 44,19 | 108 | 13,26 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |
| TERRA | | | 3230 | 5814 | | | 4,49 | 4,49 | 193,88 | 53,83 | 108 | 16,15 | 359,89 | 90,00 | 60,00 | 162,00 | 12 | 3,60 | 8 | 1 | 1 | 3,60 | |

Tabella 2-2: Bilancio dei volumi derivanti da carico, scarico e scavo delle terre

| EMISSIONE DI PARTICOLATO DA ATTIVITA' DI SCAVO, CARICO E SCARICO | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------------------|--|-----------------|-------------------|------------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| Materia | Luogo di produzione | Luogo di utilizzo | EMISSIONE POLVERI PER SCAVO | | | EMISSIONE POLVERI PER CARICO | | | EMISSIONE POLVERI PER SCARICO | | |
| | | | PTS (g/ora) 6,5*10 ⁴ (-4) KG/TONN | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 1 | Area Cimitero - Lotto 1 | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 9,573 | 5,758 | 0,059 |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 9,573 | 5,758 | 0,059 |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA PASANA | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | Area Colcò | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 9,573 | 5,758 | 0,059 |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 2.3 DEVIATORE GADDURESU - SELIGHEDDU | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 9,573 | 5,758 | 0,059 |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 2.5 PASANA | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 9,573 | 5,758 | 0,059 |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | Area Colcò | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 14,360 | 8,637 | 0,089 |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | | 315,900 | 189,540 | 1,954 | 648,000 | 388,800 | 4,018 | 14,360 | 8,637 | 0,089 |
| TERRA | 4.1 GALLERIA NATURALE PASANA - PAULE LONGA | Area Colcò - Lotti 1, 2, 4, 6 | 315,900 | 189,540 | 1,954 | 648,000 | 388,800 | 4,018 | 9,573 | 5,758 | 0,059 |
| TERRA | 4.2 GALLERIA CUT&COVER PAULE LONGA | | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 4.3 GALLERIA NATURALE PAULE LONGA (ATTACCO DA UN LAT | Area Colcò | 122,850 | 73,710 | 0,760 | 252,000 | 151,200 | 1,562 | 9,573 | 5,758 | 0,059 |
| TERRA | 5.1 OPERA DI SCARICO NEL PADRONGIANUS | | 210,600 | 126,360 | 1,302 | 432,000 | 259,200 | 2,678 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | Area Cimitero, Colcò, Pittulangu | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 4,787 | 2,879 | 0,030 |
| TERRA | 6.4 ABBA FRITTA A VALLE DELL'OPERA DI PRESA | | 105,300 | 63,180 | 0,651 | 216,000 | 129,600 | 1,339 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabella 2-3: Emissione di particolato da attività di scavo, carico e scarico

Per i blocchi di granito che vengono cavati mediante tecniche di taglio a filo diamantato, la formazione di polveri è estremamente ridotta in quanto si provvede alla continua bagnatura della zona di taglio per raffreddarla. Anche le operazioni di carico e scarico dei blocchi producono quantità trascurabili di polvere in quanto si movimentano elementi monolitici che saranno preventivamente bagnati. Quindi il contributo della movimentazione dei blocchi internamente al cantiere per la formazione delle polveri è legato al transito dei mezzi su strada sterrata che verrà determinato nel prossimo paragrafo.

Erosione dei cumuli

Si pone ora attenzione alle operazioni relative alla formazione dei cumuli di terra per il deposito temporaneo.

Il modello di emissione utilizzato è tratto dalle linee guida dell'ARPAT Toscana che fa riferimento alla seguente espressione:

$$EF_i \left[\frac{kg}{Mg} \right] = k_i (0,0016) \frac{\left(\frac{u}{2,2} \right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2} \right)^{1,4}}$$

La velocità del vento u è stata assunta pari a 4,25 m/s come desunta dai dati storici della stazione meteo di Olbia Costa Smeralda, Il contenuto percentuale di umidità M , con riferimento alla Tabella 13.2.4-1 dell'AP-42 viene stimato pari al 2,5%.

Il coefficiente k_i per il PTS è pari a 0,74, per il PM10 ha un valore di 0.35 e per il PM 2.5 è pari a 0,11. I fattori di emissione calcolati è dunque pari a:

| | ki | EFi (Kg/Mg) |
|-------|------|-------------|
| PTS | 0,74 | 1,29 |
| PM10 | 0,35 | 0,61 |
| PM2.5 | 0,11 | 0,19 |

Si ipotizza un volume dei cumuli del tipo alto, con superficie movimentata pari a circa il 30% del totale e un numero di movimentazioni orarie pari a 2.

Per i materiali riutilizzati in situ, si ipotizza una superficie di accumulo pari al 50 % del materiale scavato e riutilizzato in situ.

Considerati i volumi in gioco, il generico cumulo è considerato "alto" e i fattori di emissione risultano riportati di seguito:

PTS EFi [kg/mq] 1.6×10^{-5} kg/m²

PM 10 EFi [kg/mq] 7.9×10^{-6} kg/m²

PM 2.5 EFi [kg/mq] 1.26×10^{-6} kg/m²

L'emissione oraria Ei in [kg/h] attribuita al fenomeno si calcola secondo l'espressione:

$$E_i = E_{Fi} * a * \text{movh}$$

Dove:

EFi = Fattore di emissione in [kg/mq]

a = Superficie dell'area movimentata in [mq]

movh = numero di movimentazioni in un'ora,

Di seguito si riporta la tabella relativa alla produzione delle polveri relativa alla formazione e all'erosione dei cumuli.

| Materia | Luogo di produzione | Luogo di riutilizzo | Numero di mezzi | Produzione giornaliera | a Sup. Movim. | mov/h | FORMAZIONE CUMULI | | | EROSIONE CUMULI | | | TOTALE | | |
|---------|--|---------------------|-----------------|------------------------|---------------|-------|-------------------|--------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|--------------|----------------|
| | | | | | | | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 1 | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA PASANA | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 2.3 DEVIATORE GADDURESU - SELIGHEDDU | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 2.5 PASANA | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | In cantiere | 3 | 2160 | 216 | 2 | 6,912 | 3,413 | 0,544 | 0,063 | 0,0030 | 0,0929 | 6,97 | 3,42 | 0,64 |
| TERRA | 4.1 GALLERIA NATURALE PASANA - PAULE LONGA | In cantiere | 3 | 2160 | 216 | 2 | 6,912 | 3,413 | 0,544 | 0,063 | 0,0030 | 0,0929 | 6,97 | 3,42 | 0,64 |
| TERRA | 4.2 GALLERIA CUT&COVER PAULE LONGA | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 4.3 GALLERIA NATURALE PAULE LONGA (ATTACCO DA UN LATO) | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 5.1 OPERA DI SCARICO NEL PADRONGIANUS | In cantiere | 2 | 1440 | 144 | 2 | 4,608 | 2,275 | 0,363 | 0,042 | 0,0020 | 0,0620 | 4,65 | 2,28 | 0,42 |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |
| TERRA | 6.4 ABBA FRITTA A VALLE DELL'OPERA DI PRESA | In cantiere | 1 | 720 | 72 | 2 | 2,304 | 1,138 | 0,181 | 0,021 | 0,0010 | 0,0310 | 2,32 | 1,14 | 0,21 |

Tabella 2-4: Emissione di particolato prodotte dalla formazione e dall'erosione dei cumuli

2.3. Transito dei mezzi su viabilità sterrata interna ai cantieri

Il calcolo delle emissioni di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate viene effettuato procedendo alla stima del rateo emissivo orario, il quale risulta proporzionale al volume di traffico ed al contenuto di limo del suolo soggetto al transito dei veicoli, inteso come particolato di diametro inferiore a 75 µm.

Il fattore di emissione lineare dell'i-esimo tipo di particolato per ciascun mezzo EF_i (AP-42 13.2.2), in transito su strade non asfaltate, all'interno dell'area di cantiere è calcolato secondo la formula:

$$EF_i \left(\frac{\text{kg}}{\text{km}} \right) = K_i \cdot \left(\frac{s_i}{12} \right)^{a_i} \cdot \left(\frac{W_i}{3} \right)^{b_i}$$

I coefficienti presenti nella relazione soprastante sono definiti come segue:

- i: tipologia di particolato (PTS, PM10, PM2,5);
- s: contenuto in limo del suolo in percentuale massica, nel caso in questione è stata ipotizzata una percentuale del 18%;
- W: peso medio del veicolo, esso viene determinato sulla base del veicolo a pieno carico e vuoto; nel caso in esame è stato ipotizzato che il mezzo avesse una massa totale a vuoto pari a 40 T, un cassone con capienza pari a 24 mc e un peso specifico del materiale scavato pari a 1,5 T/mc;
- k_i , a_i , b_i : coefficienti che variano in base alla tipologia di particolato ed i cui valori sono riportati nella tabella seguente:

| | k_i | a_i | b_i |
|-------|--------|-------|-------|
| PTS | 1,38 | 0,7 | 0,45 |
| PM10 | 0,423 | 0,9 | 0,45 |
| PM2,5 | 0,0423 | 0,9 | 0,45 |

Il peso medio di un mezzo d'opera si ottiene come media tra la massa limite assunta pari a 40 ton, e la tara assunta pari a 17 ton. Si ottiene un peso medio pari a 28,5 ton.

Quindi mediante i fattori determinati dalla soprastante tabella e il peso medio del mezzo d'opera è possibile determinare i fattori di emissione.

$$EF_{(PTS)} = K_{(PTS)} \cdot \left(\frac{S_i}{12}\right)^{a_{PTS}} \cdot \left(\frac{W_i}{3}\right)^{b_{PTS}} = 3,35$$

$$EF_{(PM10)} = K_{(PM10)} \cdot \left(\frac{S_i}{12}\right)^{a_{PM10}} \cdot \left(\frac{W_i}{3}\right)^{b_{PM10}} = 0,99$$

$$EF_{(PM_{2.5})} = K_{(PM_{2.5})} \cdot \left(\frac{S_i}{12}\right)^{a_{PM_{2.5}}}} \cdot \left(\frac{W_i}{3}\right)^{b_{PM_{2.5}}}} = 0,10$$

Per il calcolo della emissione finale è stata valutata la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo, riferito alla lunghezza della pista espressa in km relativa a ogni sito di lavorazione, si è quindi definito il numero medio di viaggi percorsi all'interno del sito ed il numero di ore lavorative, entrambi per ogni giorno, per poi utilizzare la relazione sotto riportata:

$$E_i \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = EF_i \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Si riportano nelle tabelle 2-5 i dati relativi alle emissioni di particolato generato dal transito dei mezzi all'interno dei cantieri riferito ai volumi di materiale che si riutilizza in situ, per il quale si è ipotizzata una percorrenza media di 50 metri di strada sterrata.

| Materia | Luogo di produzione | Luogo di Rutilizzo | Quantità Materiale sciolto e Materiale vegetale (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Portata mezzo (mc/trasporto) | Flusso veicolare (n. trasporti / giorno) | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) complessivi | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) esterno | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) interno | Distanza percorsa all'interno del cantiere per singolo trasporto (m/trasporto) | Km percorsi al giorno interni al cantiere | Km percorsi al giorno esterni al cantiere | Velocità mezzi in cantiere (km/ora) |
|---------|--|--------------------|--|---|------------------------------|--|---|---|---|--|---|---|-------------------------------------|
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 2 | In cantiere | 203383 | 366089,4 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 1,06 | 6,14 | 100,00 | 8,64 | 11,85 | 5,00 |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | In cantiere | 1544,8 | 2780,64 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 1,00 | 6,20 | 100,00 | 8,64 | 11,75 | 5,00 |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | In cantiere | | 0 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 1,00 | 6,20 | 50,00 | 4,32 | 15,40 | 5,00 |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | In cantiere | 2385 | 4293 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 1,96 | 5,24 | 100,00 | 8,64 | 10,30 | 5,00 |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | In cantiere | 9810 | 17658 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 1,96 | 1,64 | 100,00 | 4,32 | 10,00 | 5,00 |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | In cantiere | 100 | 180 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 2,00 | 1,60 | 100,00 | 4,32 | 7,60 | 5,00 |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | In cantiere | 2900 | 5220 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 1,88 | 1,72 | 100,00 | 4,32 | 5,80 | 5,00 |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | In cantiere | | 0 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 1,92 | 1,68 | 50,00 | 2,16 | 8,60 | 5,00 |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | In cantiere | 4960 | 8928 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 1,34 | 2,26 | 50,00 | 2,16 | 8,60 | 5,00 |
| TERRA | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | In cantiere | | 0 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 1,91 | 5,29 | 50,00 | 4,32 | 7,80 | 5,00 |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | In cantiere | 3672 | 6609,6 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 1,16 | 2,44 | 50,00 | 2,16 | 8,50 | 5,00 |
| TERRA | 2.5 PASANA | In cantiere | | 0 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 1,93 | 5,27 | 50,00 | 4,32 | 7,40 | 5,00 |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | In cantiere | 6420 | 11556 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 1,27 | 2,33 | 50,00 | 2,16 | 4,60 | 5,00 |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | In cantiere | 108395 | 195111 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 1,60 | 5,60 | 50,00 | 4,32 | 6,50 | 5,00 |
| TERRA | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | In cantiere | | 0 | 16,66 | 129,65 | 10,80 | 0,62 | 10,18 | 100,00 | 12,97 | 15,10 | 5,00 |
| TERRA | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | In cantiere | 307092 | 552765,6 | 16,66 | 129,65 | 10,80 | 1,01 | 9,79 | 100,00 | 12,97 | 3,10 | 5,00 |
| TERRA | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | In cantiere | | 0 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 0,35 | 6,85 | 50,00 | 4,32 | 12,40 | 5,00 |
| TERRA | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | In cantiere | | 0 | 16,66 | 50,42 | 4,20 | 1,00 | 3,20 | 100,00 | 5,04 | 2,10 | 5,00 |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | In cantiere | 22600 | 40680 | 16,66 | 86,43 | 7,20 | 0,54 | 6,66 | 100,00 | 8,64 | 17,50 | 5,00 |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | In cantiere | | 0 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 0,46 | 3,14 | 50,00 | 2,16 | 17,50 | 5,00 |
| TERRA | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | In cantiere | | 0 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 0,48 | 3,12 | 50,00 | 2,16 | 17,50 | 5,00 |
| TERRA | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | In cantiere | 9020 | 16236 | 16,66 | 43,22 | 3,60 | 1,50 | 2,10 | 50,00 | 2,16 | 12,30 | 5,00 |

Tabella 2-5: Flussi veicolari interni ed esterni al cantiere

| EMISSIONE DI PARTICOLATO DA VIABILITA' DI CANTIERE FLUSSI INTERNI ED ESTERNI | | | | | | | | |
|--|--|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|--------------|----------------|
| EMISSIONE DI PARTICOLATO DA VIABILITA' DI CANTIERE | | | EMISSIONE POLVERI A TRASPORTO | | | EMISSIONE ORARIA POLVERI | | |
| Materia | Luogo di produzione | Luogo di utilizzo | PTS (Kg/TRASPOR | PM10 (Kg/TRASPO | PM 2.5 (Kg/TRASPO | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 2 | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 2054,94 | 607,33 | 60,73 |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 2075,02 | 613,26 | 61,33 |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 1037,51 | 306,63 | 30,66 |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 1753,87 | 518,35 | 51,83 |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 549,10 | 162,28 | 16,23 |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 535,72 | 158,33 | 15,83 |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 575,86 | 170,19 | 17,02 |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 281,24 | 83,12 | 8,31 |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 378,25 | 111,79 | 11,18 |
| TERRA | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 885,30 | 261,65 | 26,16 |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 408,36 | 120,69 | 12,07 |
| TERRA | 2.5 PASANA | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 881,95 | 260,66 | 26,07 |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 389,96 | 115,25 | 11,53 |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 937,15 | 276,97 | 27,70 |
| TERRA | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 3406,90 | 1006,90 | 100,69 |
| TERRA | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 3276,44 | 968,34 | 96,83 |
| TERRA | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 1146,23 | 338,76 | 33,88 |
| TERRA | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 1071,04 | 316,54 | 31,65 |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | Interno al cantiere | 0,33 | 0,10 | 0,010 | 2228,90 | 658,74 | 65,87 |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 525,44 | 155,29 | 15,53 |
| TERRA | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 522,10 | 154,30 | 15,43 |
| TERRA | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | Interno al cantiere | 0,17 | 0,05 | 0,005 | 351,49 | 103,88 | 10,39 |

Tabella 2-6: Emissioni orarie di particolato prodotto dal transito sulla viabilità sterrato

I valori di emissione delle polveri desunti dalla precedente tabella evidenziano livelli piuttosto elevati che richiedono interventi di mitigazione finalizzati al loro contenimento. Si procederà con la bagnatura delle piste di cantiere e si determina di seguito l'efficienza di abbattimento delle polveri.

Si prevede il trattamento della superficie – bagnamento (wet suppression). Ai fini della quantificazione dell'abbattimento delle polveri mediante bagnatura delle piste si può fare riferimento alla seguente espressione di Cowherd et al (1998) come di seguito riportata:

$$C(\%) = 100 - (0.8 \cdot P \cdot trh \cdot \tau) / I$$

Dove:

- C = efficienza di abbattimento del bagnamento (%);
- P = potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h);
- Trh = traffico medio orario (h-1)
- I = quantità media del trattamento applicato (l/m2)
- τ = Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

L'efficienza media della bagnatura deve essere superiore al 50% e, come è evidente dall'espressione, per raggiungere l'efficienza impostata si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali, si assume come riferimento il valore medio annuale del caso - studio riportato nel rapporto EPA (1998a) $P = 0.34 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Per esemplificare il calcolo si riporta nella seguente Tabella, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive $t(h)$, considerando diverse efficienze di abbattimento a partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora trh: tra 5 e 10.

Attraverso l'abbattimento delle polveri attuato mediante bagnatura della pista di cantiere per una percentuale come determinata in tabella, i valori di emissione delle polveri sono stati ricalcolati nelle condizioni mitigate e sono di seguito riportati.

| BILANCIO DEI VOLUMI MATERIALI DI SCAVO RIUTILIZZATI IN CANTIERE - Efficienza di Abbattimento delle polveri | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------|---------------|---|---|---|---|---|--|---|
| Materia | Luogo di produzione | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Portata mezzo (mc/traspor- to) | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) interno al cantiere | P = POTENZIALE MEDIO DELL'EVAPORAZIO- NE GIORNALIERA mm/h | I = quantità media di trattamento applicato in l/mq | Intervallo di tempo tra le applicazioni in h | C = EFFICIENZA ABBATTIMENTO DEL BAGNATO % |
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 2 | In cantiere | 203383 | 366089,40 | 16,66 | 6,14 | 0,34 | 0,50 | 4,00 | 99,29 |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | In cantiere | 1544,8 | 2780,64 | 16,66 | 6,20 | 0,34 | 0,50 | 5,00 | 99,16 |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 6,20 | 0,34 | 0,50 | 6,00 | 99,02 |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | In cantiere | 2385 | 4293,00 | 16,66 | 5,24 | 0,34 | 0,50 | 7,00 | 98,86 |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | In cantiere | 9810 | 17658,00 | 16,66 | 1,64 | 0,34 | 0,50 | 8,00 | 98,30 |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | In cantiere | 100 | 180,00 | 16,66 | 1,60 | 0,34 | 0,50 | 9,00 | 98,15 |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | In cantiere | 2900 | 5220,00 | 16,66 | 1,72 | 0,34 | 0,50 | 10,00 | 98,06 |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 1,68 | 0,34 | 0,50 | 11,00 | 97,91 |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | In cantiere | 4960 | 8928,00 | 16,66 | 2,26 | 0,34 | 0,50 | 12,00 | 97,93 |
| TERRA | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 5,29 | 0,34 | 0,50 | 13,00 | 98,04 |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | In cantiere | 3672 | 6609,60 | 16,66 | 2,44 | 0,34 | 0,50 | 14,00 | 97,69 |
| TERRA | 2.5 PASANA | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 5,27 | 0,34 | 0,50 | 15,00 | 97,77 |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | In cantiere | 6420 | 11556,00 | 16,66 | 2,33 | 0,34 | 0,50 | 16,00 | 97,40 |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | In cantiere | 108395 | 195111,00 | 16,66 | 5,60 | 0,34 | 0,50 | 17,00 | 97,51 |
| TERRA | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 10,18 | 0,34 | 0,50 | 18,00 | 97,45 |
| TERRA | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | In cantiere | 307092 | 552765,60 | 16,66 | 9,79 | 0,34 | 0,50 | 19,00 | 97,31 |
| TERRA | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 6,85 | 0,34 | 0,50 | 20,00 | 97,13 |
| TERRA | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 3,20 | 0,34 | 0,50 | 21,00 | 96,83 |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | In cantiere | 22600 | 40680,00 | 16,66 | 6,66 | 0,34 | 0,50 | 22,00 | 96,86 |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 3,14 | 0,34 | 0,50 | 23,00 | 96,55 |
| TERRA | 6.3FOCE CANALE ZOZO | In cantiere | | 0,00 | 16,66 | 3,12 | 0,34 | 0,50 | 24,00 | 96,42 |
| TERRA | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | In cantiere | 9020 | 16236,00 | 16,66 | 1,60 | 0,34 | 0,50 | 25,00 | 95,98 |

Tabella 2-7: Calcolo dell'efficienza di abbattimento delle polveri

Il bilancio complessivo delle emissioni di polveri dai cantieri elencati relativi alle attività di scavo, carico, trasporto, scarico, formazione di cumuli ed erosione degli stessi è riportata di seguito.

| Materia | Luogo di produzione | EMISSIONE POLVERI PER SCAVO | | | EMISSIONE POLVERI PER CARICO | | | EMISSIONE POLVERI PER SCARICO | | | EMISSIONE POLVERI PER PISTE | | | EMISSIONE POLVERI PER CUMULI | | |
|---------|--|--|--------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|----------------|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|
| | | PTS (g/ora) 6,5*10 ⁻⁴ KG/TONN | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 2 | 1,488 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,068 | 0,041 | 0,00042 | 14,52 | 4,29 | 0,43 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | 1,772 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,068 | 0,041 | 0,00042 | 14,67 | 4,33 | 0,43 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | 2,058 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 7,33 | 2,17 | 0,22 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | 1,203 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 12,40 | 3,66 | 0,37 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | 1,787 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 3,88 | 1,15 | 0,11 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | 1,946 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 3,79 | 1,12 | 0,11 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | 2,044 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 4,07 | 1,20 | 0,12 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | 2,202 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,068 | 0,041 | 0,00042 | 1,99 | 0,59 | 0,06 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | 4,368 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 2,67 | 0,79 | 0,08 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | 2,061 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,068 | 0,041 | 0,00042 | 6,26 | 1,85 | 0,18 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | 4,872 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 2,89 | 0,85 | 0,09 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 2.5 PASANA | 2,348 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,068 | 0,041 | 0,00042 | 6,23 | 1,84 | 0,18 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | 5,486 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,101 | 0,061 | 0,00063 | 2,76 | 0,81 | 0,08 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | 7,867 | 1,340 | 0,014 | 4,580 | 2,748 | 0,028 | 0,101 | 0,061 | 0,00063 | 6,62 | 1,96 | 0,20 | 0,0493 | 0,0241 | 0,0045 |
| TERRA | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | 8,043 | 1,340 | 0,014 | 4,580 | 2,748 | 0,028 | 0,068 | 0,041 | 0,00042 | 24,08 | 7,12 | 0,71 | 0,0493 | 0,0241 | 0,0045 |
| TERRA | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | 5,657 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 23,16 | 6,84 | 0,68 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | 3,521 | 0,521 | 0,005 | 1,781 | 1,069 | 0,011 | 0,068 | 0,041 | 0,00042 | 8,10 | 2,39 | 0,24 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | 6,673 | 0,893 | 0,009 | 3,053 | 1,832 | 0,019 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 7,57 | 2,24 | 0,22 | 0,0329 | 0,0161 | 0,0030 |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | 3,309 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 15,75 | 4,66 | 0,47 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | 3,629 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 3,71 | 1,10 | 0,11 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | 3,774 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,034 | 0,020 | 0,00021 | 3,69 | 1,09 | 0,11 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |
| TERRA | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | 4,238 | 0,447 | 0,005 | 1,527 | 0,916 | 0,009 | 0,000 | 0,000 | 0,00000 | 2,48 | 0,73 | 0,07 | 0,0164 | 0,0080 | 0,0015 |

Tabella 2-8: Emissioni globali con mitigazione

Dopo aver determinato le emissioni di ciascun cantiere, si verificano i livelli di emissione con i corrispondenti limiti come riportati nelle linee guida ARPAT, il tutto è riassunto nella seguente tabella:

| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|----------------------------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|
| Materia | Luogo di produzione | INTERVALLO DISTANZA RECETTORE | DURATA DEGLI SCAVI | TOTALE PTS | LIMITE PTS | TOTALE PM 10 | LIMITE PM 10 | TOTALE PM 2.5 | LIMITE PM 2.5 | VERIFICA |
| | | Metri | Giorni | PTS (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | |
| TERRA | 1.1 SCOLMATORE 2 | 0 - 50 | 349,23 | 19,17 | 122 | 7,07 | 73 | 0,461 | 7 | VERIFICATO |
| TERRA | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | 150 - 200 | 12,67 | 19,59 | 1703 | 7,12 | 1022 | 0,465 | 102 | VERIFICATO |
| TERRA | 1.3 CABU ABBAS | 50 - 100 | 35,00 | 12,51 | 607 | 4,93 | 364 | 0,248 | 36 | VERIFICATO |
| TERRA | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | 0 - 50 | 27,49 | 15,18 | 173 | 5,05 | 104 | 0,382 | 10 | VERIFICATO |
| TERRA | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | 100 - 150 | 60,21 | 7,25 | 1243 | 2,54 | 746 | 0,130 | 75 | VERIFICATO |
| TERRA | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | 50 - 100 | 9,65 | 7,31 | 607 | 2,51 | 364 | 0,128 | 36 | VERIFICATO |
| TERRA | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | 345 | 66,75 | 7,69 | 1703 | 2,59 | 1022 | 0,136 | 102 | VERIFICATO |
| TERRA | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | 0 - 50 | 388,50 | 5,80 | 122 | 2,00 | 73 | 0,075 | 7 | VERIFICATO |
| TERRA | 2.2 GADDURESU | 0-50 | 102,66 | 10,16 | 150 | 3,55 | 90 | 0,110 | 9 | VERIFICATO |
| TERRA | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | 0-50 | 128,75 | 9,93 | 150 | 3,26 | 90 | 0,201 | 9 | VERIFICATO |
| TERRA | 2.4 UA NIEDDA | 50 - 100 | 77,54 | 10,88 | 607 | 3,61 | 364 | 0,117 | 36 | VERIFICATO |
| TERRA | 2.5 PASANA | 0-50 | 32,48 | 10,19 | 122 | 3,25 | 73 | 0,200 | 7 | VERIFICATO |
| TERRA | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | 0-50 | 82,63 | 11,43 | 122 | 3,62 | 73 | 0,113 | 7 | VERIFICATO |
| TERRA | 3.1 SCOLMATORE 1 | 100-150 | 359,08 | 19,22 | 1243 | 6,13 | 746 | 0,243 | 75 | VERIFICATO |
| TERRA | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | 340 | 63,62 | 36,82 | 1703 | 11,27 | 1022 | 0,759 | 102 | VERIFICATO |
| TERRA | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | 340 | 453,24 | 31,93 | 692 | 9,61 | 415 | 0,716 | 41 | VERIFICATO |
| TERRA | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | 100-150 | 111,51 | 13,49 | 865 | 4,03 | 519 | 0,258 | 52 | VERIFICATO |
| TERRA | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | 100-150 | 443,24 | 17,36 | 507 | 5,00 | 304 | 0,255 | 30 | VERIFICATO |
| TERRA | 6.1 SELIGHEDDU | 50-100 | 162,25 | 20,64 | 315 | 6,05 | 189 | 0,481 | 19 | VERIFICATO |
| TERRA | 6.2 SAN NICOLA | 0-50 | 109,11 | 8,92 | 138 | 2,49 | 83 | 0,126 | 8 | VERIFICATO |
| TERRA | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | 0-50 | 5,99 | 9,04 | 173 | 2,48 | 104 | 0,125 | 10 | VERIFICATO |
| TERRA | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | 0-50 | 8,08 | 8,27 | 173 | 2,10 | 104 | 0,089 | 10 | VERIFICATO |

Tabella 2-9: Emissioni globali con mitigazione e confronto con i limiti di emissione

Dal confronto tra i limiti di emissione e le effettive produzioni di polvere su base oraria si osserva che con le mitigazioni attuate mediante la bagnatura dei materiali di scavo, la copertura dei cumuli, la copertura delle terre durante il trasporto, la bagnatura delle piste, è possibile contenere le emissioni entro i limiti previsti senza dover adottare misure ulteriori.

2.4. Formazione dei rilevati

Si pone ora attenzione alle operazioni relative alla formazione dei rilevati previsti nell'area Colcò e Cimitero.

I materiali considerati percorreranno la pista di cantiere per una lunghezza media di circa 150 m per quanto riguarda l'area di Colcò e di 100 m per quanto riguarda l'area del Cimitero, e in queste due zone dovranno essere stesi e compattati per la formazione dei rilevati. Per il calcolo delle emissioni di particolato generate da questa attività si considerano quindi tre fasi:

- Transito su pista non asfaltata;
- Scarico dei materiali nelle aree preposte;
- Stesa e compattazione del materiale

La determinazione dei livelli di emissione delle polveri su base oraria è condotta analogamente a quanto descritto nel precedente paragrafo. Relativamente alla compattazione si è assunto un rullo da 11,4 Mg che percorre la lunghezza media di 150 m a Colcò e 100 m nell'area del Cimitero, con velocità di avanzamento di circa 5 km/h. Il fattore Emissivo per il transito del rullo espresso in Kg/km è pari a 2,21 per il PTS, 0,68 per il PM10 e 1,59 per il PM2,5.

Di seguito si riportano i dati relativi ai materiali in arrivo all'area del cimitero e di Colcò.

| | | | | | | | | | FASE DI TRASPORTO | | | | FASE DI SCARICO | Costipamento meccanico |
|---------|---|---------------------|---------------|---|------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|------------------------|
| LOTTO | Luogo di produzione | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Durata lavori [giorni] | Durata lavori [ore] | Materiale trattato tonn/ora | N° di viaggi/h | PM10 [g/ora] | Durata scarico [ore] | Scarico orario a mezzo (t/ora) | Numero mezzi | PM10 [g/ora] | PM10 [g/ora] |
| LOTTO 1 | 1.1 SCOLMATORE 2 | Area Cimitero | 83820 | ##### | 33,90 | 406,79 | 370,90 | 12,37 | 1222,81 | 419,23 | 359,89 | 2 | 5,76 | 6789,16 |
| | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | Area Cimitero | 3524 | 6343,20 | 1,43 | 17,10 | 370,90 | 12,37 | 1222,81 | 17,63 | 359,89 | 2 | 5,76 | 6789,16 |
| | 1.3 CABU ABBAS | Area Cimitero | 35295 | 63531,00 | 14,27 | 171,29 | 370,90 | 12,37 | 1222,81 | 176,53 | 359,89 | 2 | 5,76 | 6789,16 |
| | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | Area Cimitero | 8612 | 15501,60 | 3,48 | 41,80 | 370,90 | 12,37 | 1222,81 | 43,07 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |
| | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | Area Cimitero | 14273,8 | 25692,84 | 5,77 | 69,27 | 370,90 | 12,37 | 1222,81 | 71,39 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |
| | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | Area Cimitero | 3760 | 6768,00 | 1,52 | 18,25 | 370,90 | 12,37 | 1222,81 | 18,81 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |
| | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | Area Cimitero | 23800 | 42840,00 | 9,63 | 115,50 | 370,90 | 12,37 | 1222,81 | 119,04 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |
| LOTTO 6 | 6.1 SELIGHEDDU | Area Cimitero | 35816 | 64468,80 | 56,86 | 682,36 | 94,48 | 3,15 | 311,49 | 179,13 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |
| | 6.2 SAN NICOLA | Area Cimitero | 52781,08 | 95005,94 | 83,80 | 1005,58 | 94,48 | 3,15 | 311,49 | 263,98 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |
| | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | Area Cimitero | 2651,5 | 4772,70 | 4,21 | 50,52 | 94,48 | 3,15 | 311,49 | 13,26 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |
| | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | Area Cimitero | 3230 | 5814,00 | 5,13 | 61,54 | 94,48 | 3,15 | 311,49 | 16,15 | 359,89 | 1 | 2,88 | 3394,58 |

Tabella 2-10: Dati sui volumi dei materiali destinati all'area del cimitero

| LOTTO | Luogo di produzione | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Durata lavori [giorni] | Durata lavori [ore] | Materiale trattato/o ra | N° di viaggi/h | FASE DI TRASPORTO | | Scarico orario a mezzo (t/ora) | Numero mezzi di scavo | FASE DI SCARICO | | FORMAZIONE DEI RILEVATI |
|---------|---|---------------------|---------------|--|------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|---|-----------------------------|--------------------|--------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | PM10 [g/ora] | Durata scarico [ore] | | | PM10 [g/ora] | PM10 [g/ora] | |
| LOTTO 2 | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | Area Colcò | 138191 | 248743,80 | 139,95 | 1119,58 | 222,18 | 7,41 | 732,49 | 691,16 | 359,89 | 1,00 | 2,88 | 3394,58 | |
| | 2.2 GADDURESU | Area Colcò | 57345 | 103221,00 | 58,07 | 464,59 | 222,18 | 7,41 | 732,49 | 286,81 | 359,89 | 2,00 | 5,76 | 6789,16 | |
| | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | Area Colcò | 77000 | 138600,00 | 77,98 | 623,83 | 222,18 | 7,41 | 732,49 | 385,12 | 359,89 | 1,00 | 2,88 | 3394,58 | |
| | 2.4 UA NIEDDA | Area Colcò | 155654,4 | 280177,92 | 157,63 | 1261,07 | 222,18 | 7,41 | 732,49 | 778,51 | 359,89 | 2,00 | 5,76 | 6789,16 | |
| | 2.5 PASANA | Area Colcò | 7822 | 14079,60 | 7,92 | 63,37 | 222,18 | 7,41 | 732,49 | 39,12 | 359,89 | 1,00 | 2,88 | 3394,58 | |
| | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | Area Colcò | 47836 | 86104,80 | 48,44 | 387,55 | 222,18 | 7,41 | 732,49 | 239,25 | 359,89 | 2,00 | 5,76 | 6789,16 | |
| LOTTO 3 | 3.1 SCOLMATORE 1 | Area Colcò | 177825 | 320085,00 | 180,09 | 1440,69 | 222,18 | 7,41 | 732,49 | 889,39 | 359,89 | 3,00 | 8,64 | 10183,74 | |
| LOTTO 4 | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Area Colcò | 55763 | 100373,40 | 69,78 | 558,22 | 179,81 | 6,00 | 592,81 | 278,90 | 359,89 | 3,00 | 8,64 | 10183,74 | |
| | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | Area Colcò | 134651 | 242371,80 | 168,49 | 1347,94 | 179,81 | 6,00 | 592,81 | 673,46 | 359,89 | 2,00 | 5,76 | 6789,16 | |
| | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | Area Colcò | 49332 | 88797,60 | 61,73 | 493,84 | 179,81 | 6,00 | 592,81 | 246,73 | 359,89 | 1,00 | 2,88 | 3394,58 | |
| LOTTO 5 | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | Area Colcò | 200000 | 360000,00 | 400,00 | 3200,00 | 112,50 | 3,75 | 370,90 | 1000,30 | 359,89 | 2,00 | 5,76 | 6789,16 | |
| LOTTO 6 | 6.1 SELIGHEDDU | Area Colcò | 1576 | 2836,80 | 504,03 | 4032,24 | 0,70 | 0,02 | 2,32 | 7,88 | 359,89 | 1,00 | 2,88 | 3394,58 | |
| | 6.2 SAN NICOLA | Area Colcò | 61,08 | 109,94 | 19,53 | 156,27 | 0,70 | 0,02 | 2,32 | 0,31 | 359,89 | 1,00 | 2,88 | 3394,58 | |
| | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | Area Colcò | 239 | 430,20 | 76,44 | 611,49 | 0,70 | 0,02 | 2,32 | 1,20 | 359,89 | 1,00 | 2,88 | 3394,58 | |

Tabella 2-11: Dati sui volumi dei materiali destinati all'area Colcò

Nelle tabelle seguenti, sono rappresentati i calcoli delle emissioni delle polveri per le tre fasi sopracitate:

| | | | EMISSIONI POLVERI AREA CIMITERO SENZA MITIGAZIONE | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---------------------|---|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|---------------|------------|-------------|--------------|
| | | | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI | TOTALE PTS | TOTALE PM10 | TOTALE PM2,5 |
| LOTTO | Luogo di produzione | Luogo di Riutilizzo | PTS [g/ora] | PTS [g/ora] | PTS [g/ora] | PM10 [g/ora] | PM10 [g/ora] | PM10 [g/ora] | PM2,5 [g/ora] | PM2,5 [g/ora] | PM2,5 [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] |
| LOTTO 1 | 1.1 SCOLMATORE 2 | Area Cimitero | 1222,81 | 9,57 | 11074,52 | 1222,81 | 5,76 | 3394,58 | 122,28 | 0,030 | 339,46 | 12306,90 | 4623,14 | 461,77 |
| | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | Area Cimitero | 1222,81 | 9,57 | 22149,04 | 1222,81 | 5,76 | 6789,16 | 122,28 | 0,059 | 678,92 | 23381,42 | 8017,73 | 801,26 |
| | 1.3 CABU ABBAS | Area Cimitero | 1222,81 | 9,57 | 11074,52 | 1222,81 | 5,76 | 3394,58 | 122,28 | 0,030 | 339,46 | 12306,90 | 4623,14 | 461,77 |
| | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | Area Cimitero | 1222,81 | 4,79 | 22149,04 | 1222,81 | 2,88 | 6789,16 | 122,28 | 0,059 | 678,92 | 23376,63 | 8014,85 | 801,26 |
| | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | Area Cimitero | 1222,81 | 4,79 | 11074,52 | 1222,81 | 2,88 | 3394,58 | 122,28 | 0,030 | 339,46 | 12302,11 | 4620,27 | 461,77 |
| | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | Area Cimitero | 1222,81 | 4,79 | 22149,04 | 1222,81 | 2,88 | 6789,16 | 122,28 | 0,059 | 678,92 | 23376,63 | 8014,85 | 801,26 |
| | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | Area Cimitero | 1222,81 | 4,79 | 33223,55 | 1222,81 | 2,88 | 10183,74 | 122,28 | 0,089 | 1018,37 | 34451,15 | 11409,43 | 1140,74 |
| LOTTO 6 | 6.1 SELIGHEDDU | Area Cimitero | 311,49 | 4,79 | 22149,04 | 311,49 | 2,88 | 6789,16 | 31,15 | 0,059 | 678,92 | 22465,31 | 7103,53 | 710,12 |
| | 6.2 SAN NICOLA | Area Cimitero | 311,49 | 4,79 | 11074,52 | 311,49 | 2,88 | 3394,58 | 31,15 | 0,030 | 339,46 | 11390,79 | 3708,95 | 370,64 |
| | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | Area Cimitero | 311,49 | 4,79 | 22149,04 | 311,49 | 2,88 | 6789,16 | 31,15 | 0,059 | 678,92 | 22465,31 | 7103,53 | 710,12 |
| | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | Area Cimitero | 311,49 | 4,79 | 11074,52 | 311,49 | 2,88 | 3394,58 | 31,15 | 0,030 | 339,46 | 11390,79 | 3708,95 | 370,64 |

Tabella 2-12: Emissioni di particolato generato dalle operazioni nell'area del cimitero

| | | | EMISSIONI POLVERI AREA COLCO' SENZA MITIGAZIONE | | | | | | | | | | | |
|---------|--|---------------------|---|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|---------------|------------|-------------|--------------|
| | | | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI | TOTALE PTS | TOTALE PM10 | TOTALE PM2,5 |
| LOTTO | Luogo di produzione | Luogo di Riutilizzo | PTS [g/ora] | PTS [g/ora] | PTS [g/ora] | PM10 [g/ora] | PM10 [g/ora] | PM10 [g/ora] | PM2,5 [g/ora] | PM2,5 [g/ora] | PM2,5 [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] |
| LOTTO 2 | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | Area Colcò | 1098,73 | 4,79 | 11074,52 | 1098,73 | 2,88 | 3394,58 | 109,87 | 0,0003 | 339,46 | 12178,04 | 4496,19 | 449,33 |
| | 2.2 GADDURESU | Area Colcò | 1098,73 | 9,57 | 22149,04 | 1098,73 | 5,76 | 6789,16 | 109,87 | 0,0006 | 678,92 | 23257,34 | 7893,65 | 788,79 |
| | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | Area Colcò | 1098,73 | 4,79 | 11074,52 | 1098,73 | 2,88 | 3394,58 | 109,87 | 0,0003 | 339,46 | 12178,04 | 4496,19 | 449,33 |
| | 2.4 UA NIEDDA | Area Colcò | 1098,73 | 9,57 | 22149,04 | 1098,73 | 5,76 | 6789,16 | 109,87 | 0,0006 | 678,92 | 23257,34 | 7893,65 | 788,79 |
| | 2.5 PASANA | Area Colcò | 1098,73 | 4,79 | 11074,52 | 1098,73 | 2,88 | 3394,58 | 109,87 | 0,0003 | 339,46 | 12178,04 | 4496,19 | 449,33 |
| LOTTO 3 | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | Area Colcò | 1098,73 | 9,57 | 22149,04 | 1098,73 | 5,76 | 6789,16 | 109,87 | 0,0006 | 678,92 | 23257,34 | 7893,65 | 788,79 |
| | 3.1 SCOLMATORE 1 | Area Colcò | 1098,73 | 14,36 | 33223,55 | 1098,73 | 8,64 | 10183,74 | 109,87 | 0,0009 | 1018,37 | 34336,65 | 11291,11 | 1128,25 |
| LOTTO 4 | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Area Colcò | 889,22 | 14,36 | 33223,55 | 889,22 | 8,64 | 10183,74 | 88,92 | 0,0002 | 1018,37 | 34127,13 | 11081,60 | 1107,30 |
| | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | Area Colcò | 889,22 | 9,57 | 22149,04 | 889,22 | 5,76 | 6789,16 | 88,92 | 0,0001 | 678,92 | 23047,83 | 7684,14 | 767,84 |
| | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | Area Colcò | 889,22 | 4,79 | 11074,52 | 889,22 | 2,88 | 3394,58 | 88,92 | 0,0002 | 339,46 | 11968,52 | 4286,68 | 428,38 |
| LOTTO 5 | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | Area Colcò | 556,35 | 9,57 | 22149,04 | 556,35 | 5,76 | 6789,16 | 55,64 | 0,0001 | 678,92 | 22714,96 | 7351,27 | 734,55 |
| | 6.1 SELIGHEDDU | Area Colcò | 3,48 | 4,79 | 11074,52 | 3,48 | 2,88 | 3394,58 | 0,35 | 0,0000 | 339,46 | 11082,78 | 3400,94 | 339,81 |
| LOTTO 6 | 6.2 SAN NICOLA | Area Colcò | 3,48 | 4,79 | 11074,52 | 3,48 | 2,88 | 3394,58 | 0,35 | 0,0000 | 339,46 | 11082,78 | 3400,94 | 339,81 |
| | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | Area Colcò | 3,48 | 4,79 | 11074,52 | 3,48 | 2,88 | 3394,58 | 0,35 | 0,0000 | 339,46 | 11082,78 | 3400,94 | 339,81 |

Tabella 2-13: Emissioni di particolato generato dalle operazioni nell'area Colc

Una volta determinati i livelli di emissione delle polveri per le due aree si sono confrontati con i limiti di emissione fissati nelle linee guida ARPAT, l'esito del confronto è stato riportato nelle seguenti tabelle.

| LOTTO | Luogo di produzione | Luogo di Riutilizzo | TOTALE PTS | Valori limite per recettore a distanza compresa tra 100 e 150 m | TOTALE PM10 | Valori limite per recettore a distanza compresa tra 100 e 150 m | TOTALE PM2,5 | Valori limite per recettore a distanza compresa tra 100 e 150 m | VERIFICA |
|---------|--------------------------------|---------------------|------------|---|-------------|---|--------------|---|------------|
| | | | [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] | [g/ora] | |
| LOTTO 1 | 1.1 SCOLMATORE 2 | Area Cimitero | 86,98 | 1243,00 | 32,68 | 746,00 | 3,26 | 75 | Verificato |
| | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA | Area Cimitero | 196,69 | 1243,00 | 67,45 | 746,00 | 6,74 | 75 | Verificato |
| | 1.3 CABU ABBAS | Area Cimitero | 120,26 | 1243,00 | 45,18 | 746,00 | 4,51 | 75 | Verificato |
| | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA | Area Cimitero | 267,13 | 1243,00 | 91,59 | 746,00 | 9,16 | 75 | Verificato |
| | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU | Area Cimitero | 208,79 | 1243,00 | 78,42 | 746,00 | 7,84 | 75 | Verificato |
| | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA | Area Cimitero | 432,10 | 1243,00 | 148,15 | 746,00 | 14,81 | 75 | Verificato |

| | | | | | | | | | |
|--------|---|---------------|----------------|---------|----------------|---------------|---------------|----|------------|
| | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA | Area Cimitero | 668,67 | 1243,00 | 221,45 | 746,00 | 22,14 | 75 | Verificato |
| LOTTO6 | 6.1 SELIGHEDDU | Area Cimitero | 705,88 | 1243,00 | 223,20 | 746,00 | 22,31 | 75 | Verificato |
| | 6.2 SAN NICOLA | Area Cimitero | 392,56 | 1243,00 | 127,82 | 746,00 | 12,77 | 75 | Verificato |
| | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | Area Cimitero | 805,24 | 1243,00 | 254,62 | 746,00 | 25,45 | 75 | Verificato |
| | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | Area Cimitero | 458,42 | 1243,00 | 149,26 | 746,00 | 14,92 | 75 | Verificato |
| | TOTALE | | 4342,73 | | 1439,80 | 747,00 | 143,92 | | |

Tabella 2-14: Verifica emissioni polveri area Cimitero

| | | | VERIFICA DELLE EMISSIONI POLVERI AREA COLCO' CON MITIGAZIONE | | | | | | |
|---------|--|---------------------|--|---|---------------------------|---|----------------------------|--|------------|
| LOTTO | Luogo di produzione | Luogo di Riutilizzo | TOTALE PTS [g/ora] | Valori limite per recettore [g/ora] | TOTALE PM10 [g/ora] | Valori limite per recettore [g/ora] | TOTALE PM2,5 [g/ora] | Valori limite per recettore [g/ora] | VERIFICA |
| LOTTO 2 | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO | Area Colcò | 254,61 | 375 | 4496,19 | 225,00 | 449,33 | 22 | Verificato |
| | 2.2 GADDURESU | Area Colcò | 482,40 | 607 | 7893,65 | 364,00 | 788,79 | 36 | Verificato |
| | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu | Area Colcò | 238,32 | 865 | 4496,19 | 225,00 | 449,33 | 52 | Verificato |
| | 2.4 UA NIEDDA | Area Colcò | 538,08 | 1243,00 | 7893,65 | 364 | 788,79 | 75 | Verificato |
| | 2.5 PASANA | Area Colcò | 271,53 | 607,00 | 4496,19 | 364 | 449,33 | 36 | Verificato |
| | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE | Area Colcò | 605,84 | 1243,00 | 7893,65 | 746 | 788,79 | 75 | Verificato |
| LOTTO 3 | 3.1 SCOLMATORE 1 | Area Colcò | 855,15 | 1243,00 | 11291,11 | 746 | 1128,25 | 75 | Verificato |
| LOTTO 4 | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Area Colcò | 868,94 | 1243,00 | 11081,60 | 746 | 1107,30 | 75 | Verificato |
| | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa | Area Colcò | 619,09 | 1243,00 | 7684,14 | 746 | 767,84 | 75 | Verificato |

| | | | | | | | | | |
|---------|---|------------|--------|---------|---------|--------|--------|----|------------|
| | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato) | Area Colcò | 343,01 | 1244,00 | 4286,68 | 747 | 428,38 | 75 | Verificato |
| LOTTO 5 | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus | Area Colcò | 719,69 | 1013,00 | 7351,27 | 304 | 734,55 | 41 | Verificato |
| LOTTO6 | 6.1 SELIGHEDDU | Area Colcò | 348,23 | 1243,00 | 3400,94 | 746,00 | 339,81 | 75 | Verificato |
| | 6.2 SAN NICOLA | Area Colcò | 381,95 | 1243,00 | 3400,94 | 746,00 | 339,81 | 75 | Verificato |
| | 6.3 FOCE CANALE ZOZO | Area Colcò | 397,25 | 1243,00 | 3400,94 | 746,00 | 339,81 | 75 | Verificato |

Tabella 2-15: Verifica emissioni polveri area Colco'

Le verifiche sui livelli di emissione delle polveri PTS, PM10 e PM2.5 relative ai singoli cantieri e alle aree di deposito temporaneo ha evidenziato come i valori sia tali da non richiedere modellazioni dedicate salvo applicare le mitigazioni previste quali: bagnatura dei materiali e delle piste di cantiere, copertura dei mezzi in transito e dei cumuli. Relativamente al cumulo dei cantieri si è verificata la distanza tra i recettori e i cantieri più prossimi operativi nel medesimo periodo osservando che le distanze sono piuttosto elevate, superiori ai 500 m, distanza tale da vedere depositate le polveri prima che giungano al recettore.

La verifica in fase di realizzazione delle opere dell'efficacia delle misure di mitigazione adottate avviene mediante il monitoraggio ambientale definito nello specifico documento facente parte dello SIA e al quale si rimanda per i dettagli relativi alla componente aria.

Si vedano gli elaborati grafici dal 6.01.26 al 6.01.34 per l'ubicazione dei cantieri e le relative emissioni.

2.5. Stima delle emissioni inquinanti NOx, CO, CO2

Per il calcolo delle emissioni inquinanti si applica la formula del modello COPERT (Computer programme to calculate emissions from road traffic), realizzato dall'European Environmental Agency (EEA), ossia:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

Dove:

E_{hot} = emissioni a caldo, ovvero quelle dei veicoli che hanno raggiunto la temperatura di esercizio;

E_{cold} = emissioni a freddo, ovvero le emissioni dei veicoli durante il riscaldamento (con T° dell'acqua $< 70^{\circ}C$);

E_{evap} = emissioni evaporative costituite dai soli COVNM (Composti Organici Volatili Non Metanici);

Nel nostro caso poiché trattasi di veicoli (Camion/Autocarri) a diesel, si farà riferimento alle sole emissioni hot riferite ai tratti sterrati di cantiere ed a quelli urbani/extraurbani asfaltati. L'equazione da applicare sarà quindi:

$$E_{hot} = n_j * m_{j,k} * e_{i,j,k} \text{ (g/km)}$$

n_j = numero dei veicoli alla classe j-esima;

$m_{j,k}$ = distanza percorsa da ogni veicolo della categoria j su strada di classe k;

$e_{i,j,k}$ = fattore di emissione per l'inquinante i, rilevato per i veicoli della categoria j, su strada di classe k,

Di seguito, la tabella riguardante i fattori di emissione sopracitati:

| e (g/km) per mezzi EURO 3 | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|-----------------|--------|
| NOx | | CO | | CO ₂ | |
| Urbano | Rurale | Urbano | Rurale | Urbano | Rurale |
| 2,81 | 4,46 | 0,78 | 1,36 | 712,37 | 1130,8 |

Sono state calcolate le distanze percorse da ogni mezzo e le emissioni complessive dei mezzi, con l'applicazione della formula (E_{hot}). Le emissioni sono poi state moltiplicate per le distanze, ottenendo così le masse di ogni inquinante prodotto al passaggio dei mezzi in ogni tratto. I dati sopracitati sono riportati nella tabella sottostante:

| | | | | | | | | | NOx [g] | | | CO [g] | | | CO ₂ [g] | | |
|---------|---|---|--|---|--|--|-----------------------------|--------------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|---------------------|----------|----------|
| | | | Cantieri di Produzione delle terre | Lunghezza strada sterrata [Km] | Lunghezza strada asfaltata [Km] | Lunghezza tratti complessivi (km) | Sito di destinazione finale | Flussi orari | Asfaltata | Sterrata | Somma | Asfaltata | Sterrata | Somma | Asfaltata | Sterrata | Somma |
| LOTTO 1 | 1 | 1 | Scolmatore 2 | 0,25 | 1,80 | 2,05 | Cantiere 1.2 | 1,06 | 5,34 | 1,15 | 6,49 | 1,48 | 0,35 | 1,83 | 1353,44 | 292,42 | 1645,86 |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | Opere di presa Abba Fritta | 0,15 | 11,60 | 11,75 | Cantiere A - Cimitero | 1,06 | 35,15 | 0,21 | 35,36 | 9,76 | 0,06 | 9,82 | 8910,32 | 53,94 | 8964,26 |
| | 1 | 3 | Cabu Abbas | 0,00 | 15,40 | 15,40 | | 1,00 | 32,61 | 0,67 | 33,28 | 9,05 | 0,20 | 9,26 | 8266,80 | 169,69 | 8436,49 |
| | 1 | 4 | Opera di presa San Nicola | 0,50 | 9,80 | 10,30 | | 1,00 | 43,29 | 0,00 | 43,29 | 12,02 | 0,00 | 12,02 | 10974,89 | 0,00 | 10974,89 |
| | 1 | 5 | Opera di presa Seligheddu | 0,50 | 9,80 | 10,30 | | 1,96 | 53,86 | 4,36 | 58,22 | 14,95 | 1,33 | 16,28 | 13654,20 | 1105,83 | 14760,03 |
| | 1 | 6 | Opera di presa Pasana | 1,70 | 8,30 | 10,00 | | 1,96 | 45,69 | 14,85 | 60,55 | 12,68 | 4,53 | 17,21 | 11583,51 | 3766,09 | 15349,60 |
| | 1 | 7 | Opera di presa Paole Longa | 0,30 | 7,30 | 7,60 | | 2,00 | 41,04 | 2,68 | 43,72 | 11,39 | 0,82 | 12,21 | 10404,76 | 678,75 | 11083,52 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOTTO 2 | 2 | 1 | Scolmatore San Nicola - Zozò | 0,30 | 8,30 | 8,60 | Cantiere B - Colcò | 1,92 | 44,67 | 2,56 | 47,23 | 12,40 | 0,78 | 13,18 | 11324,31 | 649,73 | 11974,04 |
| | 2 | 2 | Gadduresu | 0,30 | 8,30 | 8,60 | | 1,34 | 31,16 | 1,79 | 32,95 | 8,65 | 0,55 | 9,20 | 7900,13 | 453,27 | 8353,40 |
| | 2 | 3 | Deviatore Gadduresu - Seligheddu | 0,00 | 7,80 | 7,80 | | 1,91 | 41,86 | 0,00 | 41,86 | 11,62 | 0,00 | 11,62 | 10612,08 | 0,00 | 10612,08 |
| | 2 | 4 | Ua Niedda | 0,00 | 8,50 | 8,50 | | 1,16 | 27,80 | 0,00 | 27,80 | 7,72 | 0,00 | 7,72 | 7047,82 | 0,00 | 7047,82 |
| | 2 | 5 | Pasana | 0,00 | 7,40 | 7,40 | | 1,93 | 40,22 | 0,00 | 40,22 | 11,16 | 0,00 | 11,16 | 10196,71 | 0,00 | 10196,71 |
| | 2 | 6 | Deviatore Paole Longa e Tannaule | 0,20 | 4,40 | 4,60 | | 1,27 | 15,72 | 1,13 | 16,86 | 4,36 | 0,35 | 4,71 | 3985,61 | 287,58 | 4273,19 |
| LOTTO 3 | 3 | 1 | Scolmatore 1, tratto Seligheddu-Pasana | 0,1 | 6,40 | 6,50 | Cantiere B - Colcò | 1,60 | 28,77 | 0,71 | 29,49 | 7,99 | 0,22 | 8,20 | 7294,67 | 180,93 | 7475,60 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabella 2-16: Masse di inquinante prodotto su tratto stradale_prima parte

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---|--|------|-------|-------|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|----------|---------|----------|
| LOTTO 4 | 4 | 1 | Galleria naturale Pasana - Paole Longa | 0,20 | 2,80 | 3,00 | Cantiere B - Colcò | 0,66 | 5,19 | 0,59 | 5,78 | 1,44 | 0,18 | 1,62 | 1316,46 | 149,27 | 1465,73 |
| | | | | 4,70 | 6,80 | 11,50 | Cantiere 1.2 | 0,67 | 12,80 | 14,04 | 26,85 | 3,55 | 4,28 | 7,84 | 3245,56 | 3560,89 | 6806,45 |
| | | | | 4,50 | 10,60 | 15,10 | Cantiere 1.3 | 0,67 | 19,96 | 13,45 | 33,40 | 5,54 | 4,10 | 9,64 | 5059,25 | 3409,36 | 8468,61 |
| | | | | 2,50 | 0,00 | 2,50 | Cantiere 1.7 | 0,67 | 0,00 | 7,47 | 7,47 | 0,00 | 2,28 | 2,28 | 0,00 | 1894,09 | 1894,09 |
| | | | | 4,75 | 4,00 | 8,75 | Cantiere 2.1 | 0,67 | 7,53 | 14,19 | 21,72 | 2,09 | 4,33 | 6,42 | 1909,15 | 3598,77 | 5507,92 |
| | | | | 4,75 | 4,00 | 8,75 | Cantiere 2.2 | 0,48 | 5,40 | 10,17 | 15,56 | 1,50 | 3,10 | 4,60 | 1367,75 | 2578,22 | 3945,97 |
| | | | | 4,50 | 4,00 | 8,50 | Cantiere 2.3 | 0,67 | 7,53 | 13,45 | 20,98 | 2,09 | 4,10 | 6,19 | 1909,15 | 3409,36 | 5318,51 |
| | | | | 4,50 | 4,00 | 8,50 | Cantiere 2.4 | 0,44 | 4,95 | 8,83 | 13,78 | 1,37 | 2,69 | 4,07 | 1253,77 | 2238,98 | 3492,76 |
| | | | | 4,50 | 3,00 | 7,50 | Cantiere 2.5 | 0,03 | 0,25 | 0,60 | 0,86 | 0,07 | 0,18 | 0,25 | 64,11 | 152,66 | 216,77 |
| | | | | 0,90 | 1,50 | 2,40 | Cantiere 2.6 | 0,63 | 2,66 | 2,53 | 5,18 | 0,74 | 0,77 | 1,51 | 673,19 | 641,16 | 1314,35 |
| | | | | 2,30 | 0,00 | 2,40 | Cantiere 4.2 | 0,67 | 0,00 | 6,87 | 6,87 | 0,00 | 2,10 | 2,10 | 0,00 | 1742,56 | 1742,56 |
| | | | | 4,60 | 1,70 | 6,30 | Cantiere 6.1 | 0,10 | 0,48 | 2,05 | 2,53 | 0,13 | 0,63 | 0,76 | 121,10 | 520,17 | 641,27 |
| | | | | 4,50 | 7,60 | 12,10 | Cantiere 6.2 | 0,11 | 2,35 | 2,21 | 4,56 | 0,65 | 0,67 | 1,33 | 595,54 | 559,75 | 1155,29 |
| | | | | 4,50 | 7,60 | 12,10 | Cantiere 6.3 | 1,00 | 21,36 | 20,07 | 41,43 | 5,93 | 6,12 | 12,05 | 5414,01 | 5088,60 | 10502,61 |
| | 4 | 2 | Galleria cut&cover Paole Longa | 0,20 | 2,90 | 3,10 | Cantiere B - Colcò | 1,01 | 8,23 | 0,90 | 9,13 | 2,28 | 0,27 | 2,56 | 2086,53 | 228,42 | 2314,95 |
| | | | | 0,00 | 2,20 | 2,20 | Cantiere B - Colcò | 1,99 | 12,30 | 0,00 | 12,30 | 3,41 | 0,00 | 3,41 | 3118,76 | 0,00 | 3118,76 |
| | 4 | 3 | Galleria naturale Paole Longa | 0,00 | 12,40 | 12,40 | Cantiere 1.3 | 0,08 | 2,79 | 0,00 | 2,79 | 0,77 | 0,00 | 0,77 | 706,67 | 0,00 | 706,67 |
| | | | | 0,65 | 7,40 | 8,05 | Cantiere 1.4 | 0,08 | 1,73 | 0,24 | 1,97 | 0,48 | 0,07 | 0,55 | 439,29 | 61,25 | 500,55 |
| | | | | 1,80 | 5,50 | 7,30 | Cantiere 1.5 | 0,08 | 1,29 | 0,67 | 1,96 | 0,36 | 0,20 | 0,56 | 326,50 | 169,62 | 496,12 |
| | | | | 0,35 | 3,90 | 4,25 | Cantiere 1.6 | 0,08 | 0,91 | 0,13 | 1,04 | 0,25 | 0,04 | 0,29 | 231,52 | 32,98 | 264,50 |
| | | | | 0,00 | 6,60 | 6,60 | Cantiere 2.1 | 0,08 | 1,55 | 0,00 | 1,55 | 0,43 | 0,00 | 0,43 | 391,80 | 0,00 | 391,80 |
| | | | | 0,00 | 9,80 | 9,80 | Cantiere 6.4 | 0,04 | 1,10 | 0,00 | 1,10 | 0,31 | 0,00 | 0,31 | 279,25 | 0,00 | 279,25 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOTTO 5 | 5 | 1 | Opera di scarico nel Padrongianus | 0,00 | 2,10 | 2,10 | Cantiere B - Colcò | 1 | 5,90 | 0,00 | 5,90 | 1,64 | 0,00 | 1,64 | 1495,98 | 0,00 | 1495,98 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOTTO 6 | 6 | 1 | Seligheddu | 0,10 | 6,20 | 6,30 | Cantiere B - Colcò | 1,00 | 17,42 | 0,45 | 17,87 | 4,84 | 0,14 | 4,97 | 4416,69 | 113,08 | 4529,77 |
| | | | | 0,10 | 7,00 | 7,10 | Cantiere A - Cimitero | 2,00 | 39,34 | 0,89 | 40,23 | 10,92 | 0,27 | 11,19 | 9973,18 | 226,16 | 10199,34 |
| | | | | 0,00 | 3,20 | 3,20 | Cocciani - Pittulongu | 0,28 | 2,52 | 0,00 | 2,52 | 0,70 | 0,00 | 0,70 | 638,28 | 0,00 | 638,28 |
| | | | | 0,00 | 17,20 | 17,20 | Cocciani - Colcò | 0,57 | 27,55 | 0,00 | 27,55 | 7,65 | 0,00 | 7,65 | 6984,08 | 0,00 | 6984,08 |
| | | | | 0,00 | 17,50 | 17,50 | Cocciani-Cimitero | 0,48 | 23,60 | 0,00 | 23,60 | 6,55 | 0,00 | 6,55 | 5983,91 | 0,00 | 5983,91 |
| | 6 | 2 | San Nicola | 0,00 | 11,50 | 11,50 | Cantiere B - Colcò | 1,00 | 32,32 | 0,00 | 32,32 | 8,97 | 0,00 | 8,97 | 8192,26 | 0,00 | 8192,26 |
| | | | | 0,00 | 12,30 | 12,30 | Cantiere A - Cimitero | 2,00 | 69,13 | 0,00 | 69,13 | 19,19 | 0,00 | 19,19 | 17524,30 | 0,00 | 17524,30 |
| | | | | 0,00 | 17,20 | 17,20 | Cocciani - Colcò | 0,53 | 25,62 | 0,00 | 25,62 | 7,11 | 0,00 | 7,11 | 6493,96 | 0,00 | 6493,96 |
| | | | | 0,00 | 17,50 | 17,50 | Cocciani-Cimitero | 0,56 | 27,54 | 0,00 | 27,54 | 7,64 | 0,00 | 7,64 | 6981,23 | 0,00 | 6981,23 |
| | | | | 0,00 | 11,50 | 11,50 | Cantiere B - Colcò | 1,00 | 32,32 | 0,00 | 32,32 | 8,97 | 0,00 | 8,97 | 8192,26 | 0,00 | 8192,26 |
| | 6 | 3 | Foce canale Zozò | 0,00 | 12,30 | 12,30 | Cantiere A - Cimitero | 2,00 | 69,13 | 0,00 | 69,13 | 19,19 | 0,00 | 19,19 | 17524,30 | 0,00 | 17524,30 |
| | | | | 0,00 | 17,20 | 17,20 | Cocciani - Colcò | 0,32 | 15,47 | 0,00 | 15,47 | 4,29 | 0,00 | 4,29 | 3920,88 | 0,00 | 3920,88 |
| | | | | 0,00 | 17,50 | 17,50 | Cocciani-Cimitero | 0,03 | 1,48 | 0,00 | 1,48 | 0,41 | 0,00 | 0,41 | 373,99 | 0,00 | 373,99 |
| | | | | 0,00 | 12,30 | 12,30 | Cantiere A - Cimitero | 1,5 | 51,84 | 0,00 | 51,84 | 14,39 | 0,00 | 14,39 | 13143,23 | 0,00 | 13143,23 |

Tabella 2-17: Masse di inquinante prodotto su tratto stradale_seconda pa

3. AMBIENTE IDRICO

3.1. Valutazione degli impatti potenziali

La rete di canali urbani di Olbia è caratterizzata da un'elevata densità di drenaggio. Tuttavia, la pressione dei carichi inquinanti è per lo più trascurabile, in quanto le acque nere vengono scaricate nella rete fognaria comunale, mentre le attività agricole e industriali sono di tipo intensivo. Attualmente, il reticolo principale, soprattutto nei tratti in prossimità della foce a mare, è caratterizzato dalla presenza degli scarichi della rete bianca di drenaggio urbana, sia stradale che delle volumetrie dell'area urbana ed extraurbana. In caso di precipitazioni di una certa intensità, i canali possono essere interessati dallo scolo delle acque di dilavamento delle strade, con oli e grassi. La quantità di sostanze che va a finire nei canali è comunque trascurabile. Un altro problema si crea durante eventi pluviometrici eccezionali, che possono comportare un rigurgito ed un travaso delle acque del reticolo dei canali all'interno della rete degli scarichi urbani delle acque bianche, con conseguenti fenomeni di allagamento nelle strade e nelle abitazioni. Le acque superficiali del reticolo fluviale oggetto di intervento sono state interessate da un piano di indagini e campionamenti, i cui risultati sono analizzati in dettaglio negli elaborati specifici allegati al progetto. I valori di concentrazione di alcuni inquinanti superiori ai limiti di legge, riscontrati in alcuni punti, sono da associare con buona probabilità agli effetti delle recenti alluvioni. Gli interventi previsti in progetto, migliorando l'assetto del sistema idraulico, contribuiranno a limitare il rischio di inquinamento delle acque superficiali durante gli eventi pluviometrici intensi. Le acque che interessano i canali, in particolare nella zona più a valle, sono definibili salmastre. Questo è dovuto all'assetto complessivamente lagunare della condizione marittima della foce dei corsi d'acqua, con possibilità di marea sigiziale superiore alla media sarda. A tal proposito è da ricordare che l'evento del nubifragio del 2013 (Cleopatra) è stato incentivato proprio da una situazione sfavorevole di marea sigiziale. Altro aspetto da non trascurare, anche per la qualità delle acque, è la presenza o meno del trasporto solido. I materiali terrigeni che raggiungono i canali del territorio urbano provengono prevalentemente dal territorio extraurbano, in particolare dai versanti fortemente acclivi, con pendenze superiori al 15-

20%. In queste zone si possono formare superfici interessate da rill erosion o erosione in rivoli (o addirittura gully erosion, erosione in solchi), quando le pendenze si aggirano e superano il 15%-20%. Ma le zone interessate da dinamiche erosive, nel territorio extraurbano di Olbia, si trovano anche in zone con pendenze inferiori al 15%, in conseguenza, rispettivamente, di talune pratiche agronomiche (aratura meccanica a rittochino; dissodamenti) e della proliferazione dei cantieri con movimenti terra, che intervengono su litologie di per sé favorevoli ai fenomeni di degradazione fisica, sia che si tratti di arenizzazioni che di materiali detritici di colmata.

In generale, i sedimenti presenti in alveo o depositati di recente sulle sponde dei canali urbani di Olbia provengono dall'erosione a monte di tratti più pendenti e dall'erosione spondale stessa, che spesso precede in sequenza temporale e spaziale la sedimentazione. In diversi tratti si osserva la contiguità fra i due fenomeni, che spesso hanno offerto dei traccianti per la ricostruzione dell'evento idrologico su tutti i tratti a monte del centro urbano. Si tratta spesso di sedimenti ghiaiosi e sabbiosi con frazioni secondarie di limo e/o argilla. Buona parte di questi canali, in particolare le aree di espansione, sono impostati nei terreni bonificati, con le colmate di terreni sabbiosi, ghiaiosi, limosi, e argilloso siltosi. Le colmate storiche costituiscono condizioni favorevoli all'erosione in caso di fenomeni particolarmente intensi e su tratti a correnti veloci, come in diversi casi è stato l'evento del 2013.

L'azione erosiva si traduce per contro in crescenti aliquote di sedimenti nei canali, che interferiscono con le regolari dinamiche dei corsi d'acqua. Una volta sedimentati, i sedimenti favoriscono la colonizzazione e la proliferazione di vegetazione riparia, laddove la riduzione di velocità ottenuta con l'ampliamento delle sezioni realizzate con le sistemazioni, favorisce la deposizione dei sedimenti più fini e quindi induce maggiori necessità manutentive. La trattazione che segue fornisce un quadro sintetico degli interventi previsti nel progetto di riqualificazione dei corsi d'acqua urbani di Olbia e consente una "lettura" delle principali ricadute positive/effetti migliorativi sull'ambiente e, contestualmente, delle criticità connesse a ciascuna azione progettuale. Una volta introdotto il progetto e le ricadute positive e

negative, per ciascun intervento viene quindi riportata una breve descrizione con l'indicazione delle azioni migliorative e perturbative e dei relativi effetti attesi - laddove significativi - sull'assetto ambientale. Le principali azioni perturbative sono relative alla sola fase di cantiere e sono connesse al disturbo dell'ambiente terrestre e di quello idrico. Le azioni migliorative si concretizzano a regime in termini di riassetto idraulico e geomorfologico dei corsi d'acqua e di risanamento dell'ambiente fluviale e delle pertinenze. Gli effetti attesi costituiscono il "riferimento" per la verifica degli impatti esplicitati nelle matrici finali che riportano una sintesi delle valutazioni condotte per le diverse componenti ambientali, riassumendo per ciascun aspetto considerato, i fattori di impatto potenziale nelle diverse fasi di intervento e le tipologie di impatto, entità e durata.

3.1.1. Esame del progetto

In vista di quanto descritto nei paragrafi precedenti, l'obiettivo degli interventi di mitigazione del rischio idraulico sarà quello di modificare, ove possibile, i tronchi fluviali e i ponti adattandoli alle portate. Considerata l'evidente rigidità della rete idrica dei corsi d'acqua che attraversano il centro abitato, con parecchie interferenze (volumetrie di vario tipo), che spesso non consentono di poter adeguare le sezioni della complessa rete di canali nel centro abitato, come sarebbe necessario relativamente alle portate con tempi di ritorno di 200 anni calcolate, si è studiata la soluzione più adeguata per poter ridurre le portate dei canali prima che raggiungano il centro urbano, migliorando il ritardo di picco.

Le opere individuano tre direttrici principali:

- 1) La direttrice Seligheddu-Padrongianus, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 1 e le opere di presa sui rii Seligheddu, Pasana e Paole Longa, che permette di convogliare le portate di piena nell'alveo del Rio Padrongianus, esterno alla città, con successivo scarico a mare;
- 2) La direttrice Abba Fritta-Cabu Abbas, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 2 e

con scarico nel rio Cabu Abbas in zona industriale, esterno al centro abitato, e successivo scarico a mare;

- 3) La direttrice San Nicola-Zozò-Gadduresu-Seligheddu, lunga la quale si sviluppano lo scolmatore tre e gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto di monte del rio Zozò, il deviatore Zozò-Gadduresu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del Gadduresu, il deviatore Gadduresu-Seligheddu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto finale del rio Seligheddu. Questa direttrice si sviluppa in parte in ambito urbano.

Una quarta direttrice, minore, è formata dal deviatore Paule Longa/Tannaule-Seligheddu che ha la finalità di risolvere le criticità idrauliche della zona Bandinu e si sviluppa in una zona non urbanizzata.

L'intercettazione delle portate di piena con immissione negli scolmatori avviene presso alcune opere di presa. Le opere sono costituite da un tratto di corso d'acqua reso più largo e profondo rispetto alla sezione corrente del rio, nel quale viene realizzata una “vasca di calma” in linea, che ha un duplice scopo: costituire una zona ove la corrente rallenta ottenendo il tirante per attivare lo stramazzo di presa, mediante sfioro laterale delle portate nello scolmatore e fungere da trappola per i sedimenti ovvero per intercettare una parte del trasporto solido, preservando da possibili danneggiamenti le pareti degli scolmatori ed il golfo di Olbia da interrimenti. A valle della soglia di presa è prevista una “vasca di dissipazione” che permette di dissipare il carico cinetico, contenendo al piede dello stramazzo la formazione del risalto. Per sostenere il livello nella vasca di calma (e di carico) e rendere più efficiente lo sfioro laterale delle portate di piena, è prevista un'opera trasversale all'asse del corso d'acqua presidiata da paratoie affiancate da stramazzo di sfioro di emergenza. In fase di ordinario esercizio dell'opera, le paratoie sono regolate in modo da permettere il mantenimento del deflusso ordinario ed ecologico verso valle, garantendo l'apporto di acque dolci al golfo di Olbia. La diversione delle portate verso lo

scolmatore avviene solo in condizioni di piena, senza operazioni sulle paratoie ma sfruttando la partizione delle portate tra quelle modeste che continuano a defluire verso valle sotto il lembo inferiore delle paratoie (che in condizioni di piena funzionano sottobattente) e quelle che sfiorano verso lo scolmatore. Infine, la soluzione progettuale si compone di interventi in città sui canali urbani in termini di:

- abbassamenti del fondo dei 3 canali urbani principali nei tratti di foce (dragaggio sino alla -2,00 m s.m.m. delle foci e dei tratti finali dei rii San Nicola, Zozò e Seligheddu);
- allargamenti delle sezioni esistenti;
- realizzazione di 3 deviatori in ambito periurbano ed urbano.

Per una dettagliata illustrazione delle opere di progetto si rimanda alla relazione illustrativa A.1.2a; A.1.2b e al quadro di riferimento ambientale D.3.1.

Il contenimento degli interventi e delle loro dimensioni in ambito urbano è reso possibile dalle opere previste in ambito extraurbano che riducono in modo significativo le portate idrauliche che transitano in città.

3.1.2. Valutazione impatti potenziali per ogni singolo intervento

Gli effetti della realizzazione delle opere in progetto durante la fase di cantiere sono riconducibili, in primo luogo, alle perturbazioni che possono generarsi dalle operazioni di **scavo**, demolizione, **dragaggio alle foci**, trattamento dei sedimenti, realizzazione degli argini e delle opere di protezione e di rivestimento, **realizzazione delle colmate**. Queste azioni generano impatti sulla componente rumore, vibrazioni, aria, acque superficiali e sotterranee, habitat, flora e fauna. Nei successivi paragrafi si affrontano i temi relativi agli impatti prodotti sulle matrici ambientali.

Dal punto di vista qualitativo si ritiene che le modalità di sviluppo dell'intervento siano in grado di minimizzare gli effetti sulle caratteristiche delle acque defluenti negli alvei dei corsi d'acqua. L'assetto dell'alveo che si verrà progressivamente a creare durante la realizzazione

delle opere può influire sulla velocità e sul livello delle acque di piena. Per evitare che si verifichino impatti negativi, la realizzazione delle opere sarà attuata seguendo uno schema che preveda la riduzione delle interferenze con le acque defluenti nell'alveo e il mantenimento delle dimensioni della sezione di deflusso. Innanzitutto, è importante considerare che la realizzazione delle opere di mitigazione è stata studiata attentamente per gradi, o meglio per lotti di realizzazione, come indicato nel progetto. In fase di esercizio, le opere di mitigazione saranno pienamente operative e la principale finalità dell'intervento, ovvero la messa in sicurezza del centro urbano attraverso il miglioramento della capacità di smaltimento delle acque di piena da parte della rete idrografica, sarà realizzata. Dal punto di vista prettamente idraulico, pertanto, l'impatto dell'intervento sulla componente acque superficiali risulta sicuramente positivo. Nel presente paragrafo, verrà preso in considerazione ogni singolo intervento.

La progettazione interessa una serie di opere, tra loro differenti, per le quali sono stati definiti dei criteri di verifica generali da rispettare. Questi criteri sono, in parte, definiti dalle normative vigenti e, in parte, sono accorgimenti progettuali necessari al fine del corretto funzionamento delle opere. Tali criteri sono stati definiti per le principali opere in progetto che possono suddividersi in:

- Scolmatori in galleria;
- Corsi d'acqua;
- Attraversamenti fluviali.

La portata di riferimento assunta per il dimensionamento degli scolmatori è quella massima da scolmare in occasione dell'evento di progetto con Tempo di Ritorno di 200 anni, critica per il bacino del Rio Seligheddu. Contestualmente è stata svolta un'analisi volta a definire le portate minime da garantire a valle delle opere di presa, volta ad assicurare il corretto apporto di acqua dolce al golfo di Olbia. Fatto ciò, si sono ripartite le portate alle opere di presa in maniera tale da minimizzare gli interventi sugli alvei urbani e periurbani. Sulla base delle portate scolmate alle singole opere di presa, che si sommano in maniera idrologica,

secondo i loro idrogrammi, all'interno degli scolmatori, sono state dimensionate le opere affinché:

- Il funzionamento delle gallerie scolmatrici sia sempre a pelo libero in occasione del transito del picco di piena;
- La linea dell'energia sia inferiore o al più prossima alla calotta della galleria naturale e dei tratti in cut&cover, in occasione del transito del picco di piena;
- Le opere di presa non siano rigurgitate dai tiranti che si formano negli scolmatori;
- evitare transizioni di regime lenta-veloce/veloce-lenta del moto della corrente lungo i canali scolmatori

Fase di cantiere: Le opere previste in tale fase, sono prevalentemente scavi, localmente demolizioni dove vi sono opere artificiali; quindi, trasporti di materiale in eccesso e accantonamento provvisorio delle terre e dei suoli per un successivo riutilizzo; infine, vi è la realizzazione delle opere artificiali. I lavori verranno effettuati parzializzando le sezioni di scavo e di realizzazione degli argini, isolando di conseguenza gli alvei che vengono coinvolti nelle opere, per il transito degli automezzi; in tal modo si impediranno le interferenze con le acque defluenti e di conseguenza il rischio di contaminazione delle acque superficiali, con i mezzi meccanici che transitano nel cantiere, con possibile produzione di rifiuti speciali. Particolare attenzione è da porre alle sezioni da realizzare con tecnologia cut&cover ed in particolare a quelle sezioni che prevedono una quota di imposta del nuovo canale artificiale relativamente profonda. Per contenere l'ampiezza degli scavi per le sezioni più profonde è stata prevista la realizzazione di alcune paratie di sostegno in pali trivellati e giunzione tra i pali con gettiniezioni in jet grouting, al fine di sostenere i terreni sciolti laterali durante le fasi di realizzazione.

La sezione più impegnativa è senza dubbio quella descritta dal tipologico 3 e dal tipologico 4 delle tavole di progetto che richiede la realizzazione di 2 paratie di pali trivellati e di gettiniezioni di jet-grouting di sutura.

Tali sezioni sono ubicate proprio nel tratto parallelo alla strada statale SS 127 che

sostanzialmente rappresenta, dal punto di vista idrogeologico, uno spartiacque di separazione tra l'incisione del Rio Seligheddu e l'incisione del Rio Pasana. Pertanto, l'effetto schermante ancorché di estensione limitata della paratia di pali trivellati non avrà influenza sul regime della falda effimera che continuerà ad avere i propri assi di drenaggio laterali nell'incisione nel Rio Seligheddu e nell'incisione del Rio Pasana e in direzione est (ovvero verso il mare). Tale direzione è parallela alla galleria, non ortogonale alla stessa.

Il flusso prevalente di questa falda effimera è parallelo all'asse della galleria e non trasversale ad essa e quindi la paratia di pali non costituisce per la falda effimera alcun ostacolo.

Fase di esercizio: la realizzazione delle gallerie scolmatrici, regolarizza notevolmente la circolazione idrica dei canali, riducendo i picchi di portata negli eventi di piena, migliorando notevolmente il drenaggio dei canali a valle proteggendoli dalle piene. Oltre a ridurre i tiranti idraulici, riduce anche la velocità di deflusso delle acque verso valle; ne consegue che le acque che raggiungono i canali a valle, hanno energia ridotta, quindi l'azione erosiva, evidente negli eventi di piena, viene notevolmente ridimensionata. Inoltre, l'azione di trattenimento dei sedimenti nelle opere di presa migliora la torbidità delle acque e limita l'interrimento delle foci e le problematiche menzionate in precedenza circa il trasporto solido.

3.1.3. Interazione delle opere di progetto alle foci con la salinità della falda

Si è valutato l'aspetto per il quale l'allargamento e l'approfondimento dei corsi d'acqua nel centro urbano, in particolare nei tratti di foce del Rio Selighedd e del Rio San Nicola, potrebbe comportare una variazione nell'equilibrio e nella miscelazione tra acqua dolce e acqua salata. Per la valutazione di tale aspetto, si è valutata la caratterizzazione chimico-fisica delle acque nei rii urbani, eseguita per la progettazione del “Piano di manutenzione dei canali” di recente redazione da parte del Comune di Olbia, e dai risultati ottenuti dalla campagna di indagine, che hanno permesso di caratterizzare l'acqua di falda.

Nella progettazione relativa al “Piano di manutenzione dei canali” si sono individuati i punti di campionamento (sedimenti ed acque) raffigurati nelle figure di seguito. I tratti di intervento interessati dall’abbassamento ed allargamento dell’alveo presentano un’estensione dalla foce di circa 1.000 m (da ponte delle Tre Venezie alla foce) per quanto riguarda il Seligheddu, 700 m per il San Nicola e 400 m per lo Zozò. I campioni di acqua prelevati dai canali nelle zone di interesse sono localizzati a circa 500 m e a circa 1 km dalla foce. Le analisi su questi campioni hanno individuato una conducibilità variabile da 20.060 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 24.440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ che portano a classificare le acque dei rii come salmastre.



Figura 3.1: Ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (verde) e acque (azzurro)

La presenza di acqua salmastra nei canali riscontrata nelle indagini condotte nel progetto relativo al piano di manutenzione dei canali porta a ritenere che tale situazione sia presente anche a livello di falda, considerazione confermata dai risultati delle indagini condotte per la redazione dello SIA. Mediante l'utilizzo di piezometri con sonda multi-parametrica sono state rilevate caratteristiche chimico-fisiche dell’acqua di falda alle foci tali da caratterizzare la suddetta acqua come **salmastra**.

| Rio | Conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$ | |
|------------|---------------------------------------|--------------|
| | 500 m da Foce | 1 km da Foce |
| Seligheddu | 24440 +/- 1134 | 1197 +/- 56 |
| San Nicola | 20060 +/- 931 | 1880 +/- 87 |

Tabella 3-1: Valori di conducibilità nei tratti finali dei rii



Figura 3.2: Seligheddu: ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (in verde) e delle acque (in azzurro)



Figura 3.3: San Nicola-Zozò: ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (in verde) e delle acque (in azzurro)

3.1.4. Prove nell’ambito dei prelievi di campioni d’acqua indagini in corso

La presenza di acqua salmastra nei canali riscontrata nelle indagini condotte nel progetto relativo al piano di manutenzione dei canali porta a ritenere che tale situazione sia presente anche a livello di falda.

I risultati delle indagini propedeutiche alla progettazione delle opere di mitigazione del rischio idraulico, hanno confermato tale ipotesi.

Nel piano indagini svolto, si sono previsti tre piezometri nei pressi delle foci (due sul Seligheddu ed uno sul San Nicola) attrezzati con sonda multi parametrica al fine di poter definire le caratteristiche ambientali dell’acqua di falda.



Figura 3.4: Piezometri attrezzati con sonda multi-parametrica

Allo stato attuale, solamente i piezometri S38P e S48P sono stati installati. I risultati dell'analisi dell'acqua di falda prelevata da questi due piezometri sono riportati nella seguente tabella.

| Nome piezometro | Profondità piezometro | Livello falda (m) da boccaforo | pH | Temperatura (°C) | redox mVORP | %DO | ppmDO | Conducibilità (mS/cm) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|------|------------------|-------------|------|-------|-----------------------|
| S38P | 15 m | 1.88 | 7.08 | 18.57 | 28.8 | <0,1 | <0,01 | 11,19 |
| S48P | 15 m | 2.34 | 7.07 | 17.9 | -79.4 | <0,1 | <0,01 | 17,35 |

Tabella 3-2 Caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua di falda alle foci

Le conducibilità riscontrate portano a caratterizzare l'acqua di falda come salmastra.

3.1.5. Modellazione numerica

Al fine di studiare la variazione in termini di salinità della falda indotta dall'approfondimento ed allargamento delle sezioni alle foci, è stato implementato un modello numerico bidimensionale agli elementi finiti con il software *Feflow*.

È stata svolta una prima simulazione dello stato di fatto, ed è stata studiata la seguente configurazione:

- **SdP2 ottimizzata (a e b):** prevede il dragaggio della foce fino alla quota di -2.00 m s.l.m. e l'allargamento della sezione a 20 m.

Al fine di convertire i valori di conducibilità in concentrazione di sali si è fatto riferimento alla classificazione FAO, riportata nella tabella seguente:

| Water class | ECw (dS/m) | Salt concentration (mg/l) | Type of water |
|-------------------|------------|---------------------------|---|
| Non-saline | < 0.7 | < 500 | Drinking and irrigation water |
| Slightly saline | 0.7 – 2 | 500 – 1500 | Irrigation water |
| Moderately saline | 2 – 10 | 1500 – 7000 | Primary drainage water and ground water |
| High saline | 10 – 25 | 7000 – 15000 | Secondary drainage water and ground water |
| Very high saline | 25 – 45 | 15000 – 35000 | Very high saline water |
| Brine | >45 | >35000 | Seawater |

Source: FAO irrigation and Drainage Paper 48 1992

Tabella 3-3: Classificazione delle acque salmastre in base alla conducibilità e alla salinità

Ne consegue quindi che, in corrispondenza del sondaggio S38P, al valore di conducibilità della falda (pari a 11,19 mS/c), si associa un valore di concentrazione di sale di 7.5 g/l.

Al valore di conducibilità delle acque del Rio Seligheddu, si associa invece un valore di 14.5 g/l nel punto A1-L1 e di 1.5 g/l nel punto A1-L2.

Ai fini della modellazione, per la sezione tipologica si sono quindi imposte le seguenti condizioni al contorno:

- livello della falda e del Rio Seligheddu pari al livello del mare, ovvero pari a 0 m s.l.m.;
- concentrazione in corrispondenza del Rio Seligheddu pari ad un valore intermedio tra

quella dei due punti A1-L1 e A1-L1, ovvero pari a 12 g/l;

- concentrazione in falda ad una distanza di circa 100 m dalle sponde del rio pari a 0 g/l.

La modellazione ha inoltre tenuto in considerazione dell'effetto della diversa densità dell'acqua di mare rispetto all'acqua dolce. Nella modellazione di problemi dipendenti dalla densità, come l'intrusione di acqua salata, la condizione al contorno di carico piezometrico deve essere correlata alla densità ρ_s effettiva del fluido, ovvero dell'acqua salata.

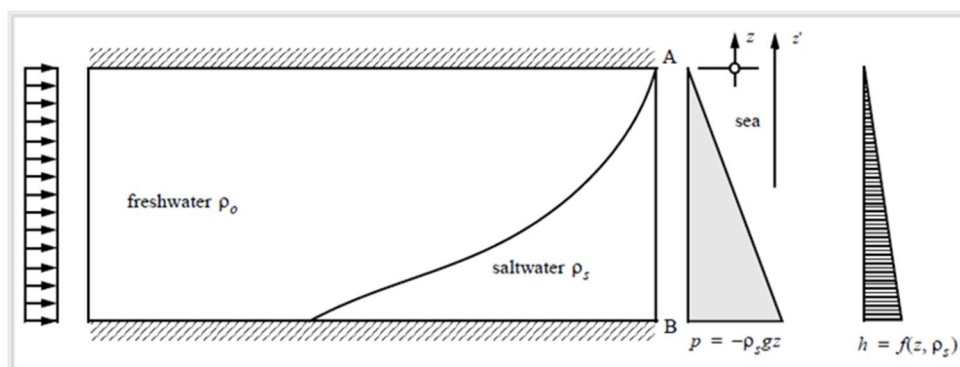


Figura 3.5: Schematizzazione delle condizioni al contorno nella modellazione dell'intrusione salina in Feflow

Al fine quindi di individuare la condizione al contorno da imporre sul Seligheddu, risulta necessario tener conto della definizione specifica di potenziale:

$$h = z + \frac{p}{\rho_o g}$$

dove ρ_o è la densità del fluido di riferimento. Nei problemi di intrusione salina la densità di riferimento è quella dell'acqua dolce. Il carico misurato in un piezometro, infatti, si riferisce al fluido presente nel piezometro stesso e quindi il carico misurato relativo al fluido di salinità nota C è pari a:

$$h_s = z + \frac{p}{\rho_s g}$$

Con ρ_s funzione della salinità C. Moltiplicando e dividendo il primo termine dell'equazione precedente per ρ_o si ottiene:

$$h_s = z + \frac{p}{\rho_s g} = h_s = z + \frac{p}{\rho_0 g} \frac{\rho_0}{\rho_s}$$

Attraverso vari passaggi si arriva a riscrivere il carico piezometrico relativo al fluido di salinità C nella seguente forma più semplice:

$$h_s = -\alpha z \quad (1)$$

con

$$\alpha = \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0}$$

Considerando $\rho_s = 1.024.5 \text{ kg/l}$ e $\rho_0 = 1 \text{ kg/l}$, si ottiene $\alpha = 0.0245$.

In sintesi, si cerca di convertire il carico piezometrico dell'acqua marina in termini di acqua dolce equivalente. Ne deriva quindi che la condizione al contorno imposta sulla sezione del Seligheddu (mare) nelle configurazioni di progetto è:

- per $z=0 \text{ m s.l.m.}$, $h=0 \text{ m s.l.m.}$;
- per $z=-2 \text{ m s.l.m.}$ (fondo canale nella configurazione SdP2 ottimizzata, SdP2 e SdP3), $h = 0.049 \text{ m s.l.m.}$;
- i punti intermedi sono stati interpolati linearmente secondo la relazione (1).

Infine, la stratigrafia di riferimento è costituita da uno strato superficiale, di spessore di circa 10 m, di granito arenizzato e un substrato di spessore di circa 40 m di granito. La permeabilità dello strato di granito arenizzato è stata posta pari a $1\text{E-}05 \text{ m/s}$, mentre quella del granito lapideo è stata posta pari a $1\text{E-}07 \text{ m/s}$.

Nella sezione dell'alternativa SdP2 e SdP3 alle palancole è stata assegnata una permeabilità di $1\text{E-}09 \text{ m/s}$.

3.1.6. Stato di fatto

La modellazione dello stato di fatto ha lo scopo di individuare una condizione di riferimento rispetto a cui misurare la variazione di salinità indotta dalle tre configurazioni di progetto a parità di distanza dalle sponde del Rio Seligheddu.

Lo stato di fatto è stato modellato facendo in modo che, in corrispondenza del punto di controllo S38P, la concentrazione fosse pari a quella misurata in sito, ovvero pari a circa 7.5 g/l.

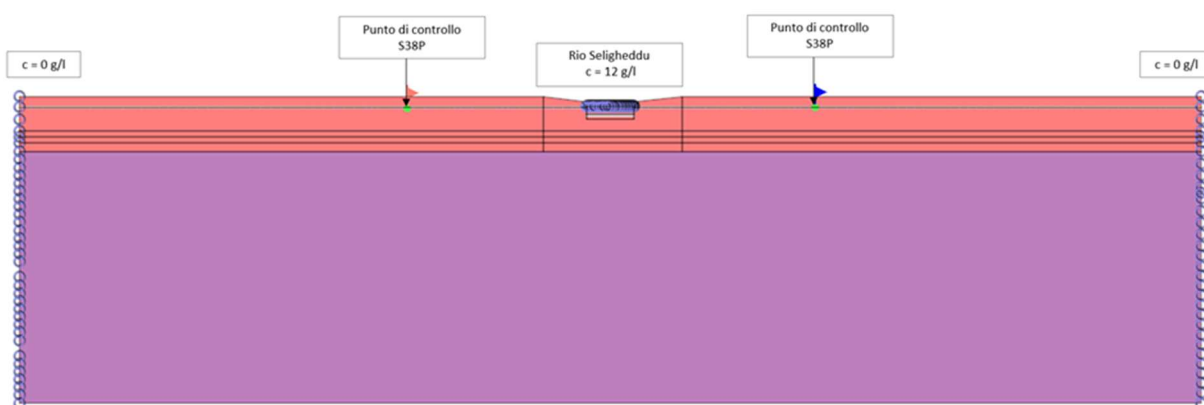


Figura 3.6: Schematizzazione delle condizioni al contorno nella modellazione dello stato di fatto

Nella figura 2.16 si riportano le linee di isoconcentrazione nello stato di fatto.

Si nota che in corrispondenza del punto di controllo la concentrazione di sali è circa pari a 7.5 g/l, così come misurato in campo e che ciò attesti la presenza di una falda salmastra.

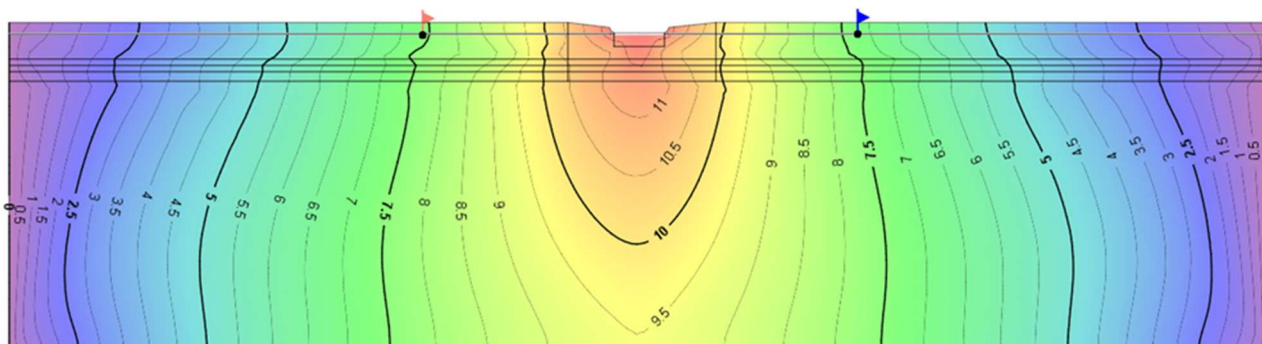


Figura 3.7: Andamento delle linee di isoconcentrazione nello stato di fatto

Soluzione SdP2 ottimizzata (a e b)

La soluzione progettuale dell'alternativa SdP2 ottimizzata prevede il dragaggio della foce fino alla quota di -2.00 m s.l.m. e l'allargamento della sezione a circa 20 m con sponde però realizzate in blocchi di granito. In questa configurazione si sono mantenute le stesse condizioni al contorno dello stato di fatto: lo scopo è quello di verificare di quanto aumenta la salinità in corrispondenza del medesimo punto di controllo 1.

Nella Figura 2.17 si ripotano le linee di isoconcentrazione ottenute dal modello.

Si noti come in corrispondenza del punto di controllo 1 la concentrazione di sali subisca una leggera variazione rispetto allo stato di fatto (7,5 g/l), attestandosi ad un valore di circa 8,5 g/l. Rispetto allo stato di fatto quindi si registra un incremento di circa 1 g/l.

Si può dunque ritenere che la soluzione di progetto non determini significative variazioni della salinità della falda rispetto allo stato attuale, essendo la falda già in condizioni salmastre.

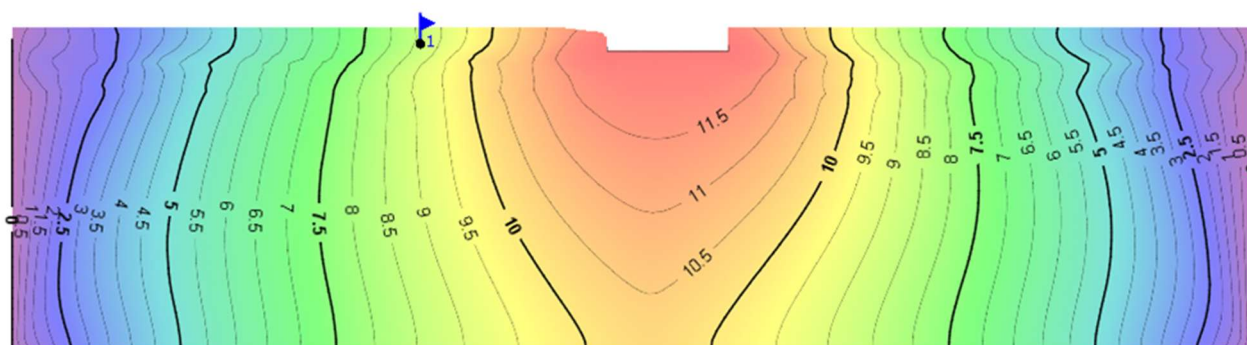


Figura 3.8: Andamento delle linee di isoconcentrazione nella configurazione prevista dall'alternativa SdP2 ottimizzata a e SdP2 ottimizzata b

4. SUOLO

4.1. Valutazione degli impatti potenziali

La trattazione che segue consente di analizzare le principali ricadute positive/effetti migliorativi sul suolo e sottosuolo degli interventi descritti nei precedenti capitoli, nonché le criticità connesse a ciascuna azione progettuale. Per ciascun intervento viene riportata una breve descrizione con l'indicazione delle azioni migliorative e perturbative e dei relativi effetti attesi, laddove significativi, sull'assetto suolo e sottosuolo. Come già descritto, le principali azioni perturbative sono relative alla sola fase di cantiere e sono connesse al disturbo dell'ambiente terrestre e di quello idrico. Le azioni migliorative si concretizzano a regime in termini di riassetto idraulico e geomorfologico dei corsi d'acqua e di risanamento dell'ambiente fluviale e delle pertinenze. Gli effetti attesi costituiscono il riferimento per la verifica degli impatti esplicitati nelle matrici finali, che riportano una sintesi delle valutazioni condotte per le diverse componenti ambientali, riassumendo per ciascun aspetto considerato i fattori di impatto potenziale nelle diverse fasi di intervento e le tipologie di impatto, entità e durata.

Gli effetti delle opere in progetto sul suolo, sottosuolo e acque sotterranee, nella fase di cantiere, sono riconducibili essenzialmente alla asportazione e alla movimentazione dei terreni e dei materiali inerti. La realizzazione degli interventi di risezionamento e rettifiche degli alvei dei corsi d'acqua, la realizzazione degli scolmatori e dei diversivi e delle vasche di laminazione, costituisce infatti la fase di maggiore impatto sulle componenti, dal momento che viene a determinarsi una trasformazione complessiva della morfologia del territorio.

Tali attività produrranno infatti temporanee alterazioni locali della morfologia superficiale e modesti effetti sul quadro paesaggistico complessivo, se si esclude l'area di deposito temporaneo delle terre e delle rocce derivanti dalla realizzazione dell'intervento che comportano opere di scavo. L'impatto sul paesaggio di tale deposito è significativo, producendo un'alterazione del quadro paesaggistico complessivo di particolare evidenza.

Tali aree sono state comunque scelte in modo accurato, escludendo le aree a rischio di esondazione, ma utilizzando per lo più aree di proprietà comunale, inutilizzate, a una distanza di sicurezza dal centro urbano.

Il volume di materiale inerte scavato ai fini della definizione della sezione di progetto nei vari tratti risulta di gran lunga superiore a quello necessario per gli interventi di ritombamento e pertanto il consumo di risorsa appare elevato. I materiali inerti in esubero, che non possono essere riutilizzati in cantiere, anche mediante trasformazioni, saranno pertanto oggetto di movimentazione all'esterno dell'area di cantiere secondo le modalità descritte nei documenti relativi ai Piani di utilizzo delle Terre e rocce da scavo allegate ai progetti definitivi dei lotti di intervento, ai sensi dell'art. 186 del D.lgs. 152/06 e s.m.i.

Le possibili interferenze con le acque sotterranee, ed i conseguenti potenziali impatti, possono verificarsi in conseguenza dell'interessamento dell'interfaccia tra la falda e l'idrografia superficiale. L'area di intervento si concentra in corrispondenza di una piana con depositi antropogenici (colmate di bonifiche), terreni paludosi di origine lagunare e depositi sabbiosi colluviali ed eluviali. Da un lato, pertanto, sono ipotizzabili transitori e localizzati effetti di intorbidimento delle acque in corrispondenza dell'interfaccia stessa.

Così come evidenziato nell'ambito della relazione geologica, la soggiacenza della superficie freatica nelle condizioni attuali è sempre molto limitata e comunque prossima al piano campagna, dove sono presenti i canali e dove devono essere realizzati i diversivi e gli scolmatori. Le opere in progetto rendono pertanto improbabili perturbazioni apprezzabili della superficie freatica, che comunque dovrebbe sensibilmente abbassarsi, soprattutto a valle dello scolmatore in progetto tra il Gadduresu e il Seligheddu e del diversivo in progetto tra il Zozò e il San Nicola.

In fase di esercizio risulteranno confermati gli impatti descritti in relazione al consumo di risorsa, dal momento che il bilancio tra terreno asportato e terreno riportato risulterà già definito e consolidato in fase di realizzazione degli interventi. Superata la fase di realizzazione delle opere, gli interventi in progetto avranno senz'altro dei risvolti positivi sotto

l'aspetto paesaggistico complessivo dell'area. È prevista la realizzazione di opere di ripristino delle aree di cantiere e l'adozione di scelte progettuali che assicureranno il corretto inserimento paesaggistico delle strutture di progetto.

5. VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI

5.1. Premessa

Gli interventi del progetto “Olbia e le sue acque”, come qualsiasi azione antropica nei sistemi ambientali, creeranno inevitabilmente un’interferenza con i processi e le dinamiche attualmente presenti negli ecosistemi. Tali interferenze potranno manifestarsi con una modifica di equilibri che naturalmente verranno compensati da meccanismi naturali di *feedback*. In altri casi potrebbero manifestarsi invece impatti, negativi o positivi. Gli stessi impatti potrebbero essere di tipo temporaneo o permanente.

Allo stato attuale, dai rilievi è emerso come i sistemi naturali siano già interessati da fattori di disturbo che ne limitano in alcuni casi lo sviluppo o ne compromettono la naturalità. In modo particolare, la vicinanza con un importante centro urbano (e tutte le sue infrastrutture correlate e a servizio, quali aeroporto, porti etc) costituisce la principale causa di antropizzazione e degrado dei sistemi, in alcuni casi fortemente artificializzati.

Tenuto conto di ciò, di seguito si analizzeranno inizialmente tutti gli impatti che già insistono sulle matrici di flora, habitat e fauna per le aree interessate dagli interventi in progetto. Successivamente, verranno invece prese in considerazione le interferenze e gli impatti che le [singole](#) azioni progettuali in corso d’opera e in *post-operam* [potrebbero](#) generare sulle suddette matrici.

Infine, si effettuerà una valutazione matriciale degli impatti previsti, raffrontati alla situazione attuale.

[Si specifica che la presente revisione contiene \(in carattere celeste\) le integrazioni richieste dall’Assessorato della difesa dell’ambiente \(e dai relativi enti coinvolti\) con nota RAS del 06/08/2025 \(Prot. Usc. 22821\), nonché ulteriori elementi emersi a seguito dei rilievi effettuati nel primo semestre del 2025.](#)

5.2. Impatti presenti

Il progetto “Olbia e le sue acque” insisterà fondamentalmente nell’area della città di Olbia con alcuni interventi in ambito urbano (canali) e alcuni in ambito extraurbano (Scolmatori, Deviatori, parco Colcò etc).

Come tutte le città e le aree antropizzate, anche la città di Olbia esercita sugli ecosistemi naturali la sua pressione negativa, a partire dal consumo di suolo e quindi dall’eliminazione degli ecosistemi stessi a causa dell’espansione **dell’edificato urbano**. Ciò ha comportato inevitabilmente la riduzione degli spazi naturali disponibili nonché la cementificazione e impermeabilizzazione del suolo, dirottando esclusivamente sul circuito superficiale le precipitazioni meteoriche, con i problemi (ben noti alla città) di allagamento nei tratti terminali dei corsi d’acqua.

A ciò si aggiungono tutte le aree coltivate o pascolative attorno alla città che, per sussistere, eliminano la copertura vegetale **arbustiva e/o arborea** naturale per sostituirla con monocolture (e.g. erbai). La stessa operazione dello sfalcio può comportare importanti interferenze negative alla fauna quali ad esempio l’uccisione di animali non in grado di scappare tempestivamente come *Testudo* sp.pl. o l’avifauna nidificante a terra. Nel caso del pascolo invece, quest’ultimo blocca l’evoluzione seriale della vegetazione ad uno stadio perennemente erbaceo consentendo la selezione solo di quelle specie vegetali scartate dal bestiame perché velenose o pungenti, quali ad esempio *Ferula communis*, *Euphorbia* sp., *Pyrus spinosa* etc.

A tutte le attività antropiche, sia cittadine che extraurbane, sono collegati anche gli impatti di inquinamento delle varie matrici naturali quali aria (gas di scarico, polveri...), acque (scarico fognature, percolazione di fertilizzanti nella falda...), rumore e vibrazioni (traffico automobilistico, treni, aerei, navi, pratiche produttive...).

Il disturbo acustico e la presenza umana allontanano chiaramente la fauna più elusiva dalle aree cittadine, limitandola a quelle specie sinantropiche che invece riescono a trarre benefici dalla presenza dell’uomo. La cornacchia grigia (*Corvus cornix*) e ultimamente il

gabbiano reale (*Larus michahellis*) sono due classici esempi. Ciò però causa un impoverimento e una semplificazione della biodiversità, portando financo a problemi causati dalla stessa fauna. Si pensi ad esempio all'apertura dei sacchetti dei rifiuti da parte di questi ultimi uccelli. Tra gli impatti negativi dovuti alla fauna, è doveroso segnalare anche il caso del cinghiale che, in virtù del suo onnivorismo, riesce anch'esso a coprire numerosi habitat. La facilità di cibo nelle aree cittadine però fa aumentare gli episodi di presenza di questo grosso animale nei quartieri di periferia, causando spesso anche incidenti stradali. Altri animali che purtroppo subiscono scontri con le automobili sono sicuramente *Vulpes vulpes ichtnusae* e *Erinaceus europaeus*.

Sempre al cinghiale inoltre è legato un particolare tipo di impatto nei confronti della flora. L'aumento in numero di questo ungulato, infatti, aumenta anche i casi di *rooting* dei pochi campi naturali dove ancora è possibile la presenza di bulbose (tra le quali anche orchidee selvatiche).

Per quanto riguarda gli ambienti costieri, infine, si segnala il caso di Pittulongu, nota anche come “spiaggia degli olbiesi”. La spiaggia di



Figura 5.1: : Attività di *rooting* di cinghiale in aree urbanizzate.

Pittulongu è inquadrabile come una *pocket beach* delimitata a nord e a sud da due promontori chiusi da un cordone dunale che sottende un'area retrodunale. Quest'ultima originariamente era costituita da stagni retrodunali in comunicazione col mare ma, negli anni '60 del secolo scorso, una bonifica finalizzata alla lottizzazione dell'area ha

parzialmente colmato gli stagni per poter realizzare il reticolo di strade attualmente presenti e alcuni edifici. Ciò ha avuto chiaramente un importantissimo impatto negativo su tali ambienti di enorme valenza naturalistica, **portando alla scomparsa degli habitat retrodunali**. A tale attività si è poi sommata, negli anni, la pressione turistica sulla spiaggia e l’inserimento di numerose specie alloctone che attualmente occupano parte del retroduna determinando, per competizione, la scomparsa della flora psammofila autoctona. Sempre per quanto riguarda il settore retrodunale, la ripresa degli habitat è annualmente interrotta dalla presenza delle automobili che utilizzano come parcheggio l’area retrodunale, interessata anche da habitat comunitari e specie di interesse naturalistico.

5.3. Possibili impatti dovuti agli interventi in progetto e loro valutazione matriciale

Sulla base dell’inquadramento ambientale emerso dai rilievi e sugli impatti già in essere sulle matrici ambientali, si affrontano di seguito i possibili impatti sulla flora, gli habitat e la fauna.

Verranno analizzati i singoli impatti ipotizzati per ogni singola matrice e successivamente quantificati anche in base alla durata temporale dell’impatto stesso, nonché alla sua persistenza. Si raffronterà inoltre ogni impatto con lo stato attuale (alternativa 0) al fine di valutare l’effettivo miglioramento addotto dagli interventi progettuali rispetto alla situazione attuale. Parimenti, verranno indicate in maniera sintetica le eventuali misure di mitigazione già previste per ogni impatto.

Nello specifico, per la valutazione degli impatti verrà utilizzato il seguente metodo di punteggio caratterizzato da:

- valori negativi nel caso di impatti negati,
- valore 0 nel caso di impatti nulli, non significativi o trascurabili
- valori positivi nel caso di impatti positivi.

| | | | | |
|----|----|---|---|---|
| -2 | -1 | 0 | 1 | 2 |
|----|----|---|---|---|

5.3.1. Flora e vegetazione

Gli impatti alla flora e alla vegetazione da parte degli interventi progettuali sono sicuramente connessi con l’eliminazione della stessa in corrispondenza delle opere da realizzare. Sebbene le scelte progettuali abbiano privilegiato l'utilizzo di aree non interessate da vegetazione (in modo particolare per le aree cantiere/deposito), sarà comunque necessario abbattere **diversi** esemplari arborei e arbustivi, con conseguenze anche sulla componente faunistica (cfr. par. succ.). **Nello specifico, i rilievi hanno consentito di effettuare una valutazione quantitativa degli individui arborei da abbattere, riportata nelle schede di campo degli interventi (a cui si rimanda) e nel dettaglio dei singoli interventi (cfr. cap. succ.).** Tra gli individui arborei interferenti con le opere in progetto, le specie prevalentemente interessate sono costituite da *Olea europaea* var. *sylvestris* ed *Eucalyptus* sp. Si segnala, inoltre, la necessità di abbattere una decina di individui di *Populus* sp. per l’opera di presa dello Scolmatore 2 e lungo il Deviatore 3. In ogni caso si evidenzia come *Eucalyptus* sp. rappresenti una specie alloctona rispetto al corteggio floristico autoctono. Tutte le specie interessate inoltre sono ampiamente diffuse nelle aree limitrofe, non rappresentando pertanto specie rare o necessitanti di particolari tutele di conservazione. In ogni caso (cfr. cap. succ.) laddove possibile, gli individui giovanili saranno espantati col proprio pane di terra, posizionati momentaneamente in mastelli e successivamente reimpiantati nelle stesse località di espanto. Parimenti, nelle scarpate dei canali verranno impiantate le talee degli stessi esemplari di *Salix* sp. e *Tamarix* sp. interferenti al fine di conservare *in loco* lo stesso germoplasma locale. Tutte le aree inoltre saranno interessate da una ri-vegetazione delle aree interferite anche con ulteriori elementi della flora locale scelti a valle dell’elenco floristico stilato durante i rilievi per ogni sito di intervento. Ciò consentirà pertanto di ripristinare lo stesso corteggio floristico presente precedentemente agli interventi (e.g. vegetazione ripariale in luogo delle sponde dei canali e vegetazione di macchia in ambienti

aperti). Il successo di attecchimento di tale misura verrà inoltre monitorata e valutata tramite un apposito monitoraggio in corso d'opera e in *post-operam* della flora (cfr. P.M.A.).

Tra gli effetti positivi degli interventi in progetto nei confronti della flora e della vegetazione, si segnala la rimozione delle specie aliene infestanti, come *Arundo donax*, che con la sua colonizzazione monospecifica ha impedito alla vegetazione ripariale autoctona di colonizzare le aree perimetrali dei canali della piana olbiese, o *Carpobrotus acinaciformis* che sta sostituendo in alcune aree del litorale di Pittulongu la flora psammofila locale.

Per quanto riguarda le specie tutelate, un possibile impatto negativo potrebbe essere la loro eliminazione a causa degli interventi progettuali o una loro compromissione. Tra le specie di importanza biogeografica si segnala l'endemismo *Dipsacus ferox* per il quale già in fase progettuale sono state previste delle **aree di preservazione** dove non verranno realizzate modifiche alla situazione attuale, anche per tutelare la presenza di tale specie. Si citano a titolo di esempio il parco Colcò dove a valle del rilievo floristico, il *layout* progettuale ha delimitato un'area di protezione a tutela degli habitat presenti e della specie *D. ferox* che non verrà interessata dagli interventi. Parimenti, nell'area di Pittulongu, gli interventi non interesseranno le aree colonizzate dalle specie guida caratterizzanti gli habitat comunitari individuati perimstrate durante il rilievo floristico. In ambito marino, infine, non si ritiene che gli interventi possano comportare interferenze in quanto le aree interessate non sono caratterizzate da vegetazione di pregio. A titolo di esempio si cita la *Posidonia oceanica* la cui presenza è segnalata solo all'esterno del golfo di Olbia.

Per quanto riguarda la biodiversità, non si ritiene che gli interventi possano comportare impatti negativi, in quanto:

- si massimizzerà il riutilizzo degli individui arborei e/o arbustivi già presenti con la tecnica dell'espianto e reimpianto,
- laddove possibile si privilegerà la propagazione per talea da esemplari locali (e.g. *Salix* sp.),

- tutte le integrazioni di vegetazione verranno realizzate utilizzando specie della flora locale e già presenti nel corteggio floristico delle aree di intervento.

Non verranno pertanto inserite specie aliene, invasive, **privilegiando invece l'utilizzo di germoplasma locale**. Parimenti, il riutilizzo del suolo locale (cfr. par. succ.) eviterà di ricorrere all'idrosemina per la rivegetazione e quindi all'utilizzo di sementi potenzialmente invasive. Inoltre, le operazioni di rimozione controllata delle specie aliene già presenti comporterà un **miglioramento** rispetto alla situazione attuale, fortemente compromessa in alcune aree proprio per la competizione tra specie aliene e flora autoctona. Altro possibile impatto potrebbe essere dovuto all'irrigidimento e artificializzazione di quei tratti di canali che per motivi idraulici o strutturali dovranno essere rivestiti, ritardando pertanto la ripresa della vegetazione ripariale e di conseguenza la colonizzazione da parte della fauna (cfr. par. succ.). Anche in questo caso, in fase progettuale è stata privilegiata la scelta dei rivestimenti in materiale lapideo **rispetto alle** superfici cementate senza soluzione di continuità. La scelta progettuale, pertanto, non sarà da ostacolo nel tempo alla rivegetazione dell'area **la quale potrà svilupparsi negli interstizi tra gli elementi lapidei formano a sua volta ulteriori micro-nicchie ecologiche**.

Per quanto riguarda la possibilità di frammentazione degli areali, si specifica che tutti gli interventi insisteranno lungo corsi d'acqua che già costituiscono una barriera naturale alle *patches* vegetazionali. Le uniche interruzioni di continuità potrebbero verificarsi a causa dell'apertura delle piste di cantiere. Queste ultime però sono state ridotte all'indispensabile in quanto in fase progettuale è stato privilegiato l'utilizzo della viabilità esistente. In ogni caso, le piste di cantiere, che insisteranno prevalentemente su incolti, saranno in terra battuta e nella maggior parte dei casi verranno ripristinate in fase di chiusura del cantiere consentendo pertanto alla vegetazione la ricucitura di tale cesura.

Altro impatto che potrebbe verificarsi a carico della vegetazione è la riduzione dell'attività fotosintetica e l'interferenza con la funzionalità degli stomi a causa della polvere prodotta dalle lavorazioni e che potrebbe depositarsi sulle superfici fogliari. La produzione di polvere potrà essere facilmente ridotta con il costante inumidimento delle piste in terra battuta, in

modo particolare nelle giornate di vento e nella stagione secca. In caso di trasporto o spostamento di materiale pulverulento, sarà buona pratica provvedere al ricoprimento del carico. Ulteriore misura di mitigazione che limita la produzione di polvere è l'utilizzo di mezzi gommati rispetto a quelli cingolati. Al fine di eliminare l'eventuale deposito di particolato sulle superfici fogliari della componente arbustiva e arborea in prossimità dei cantieri e delle relative piste, al bisogno si potrà procedere con una pulizia tramite lo spruzzo di acqua sugli individui interessati. Anche la fumosità e i gasi di scarico dei mezzi e macchinari di cantiere potrebbero interferire negativamente con la matrice flora. Anche in questo caso, tale impatto sarà mitigato utilizzando macchinari e mezzi in perfetta efficienza e laddove possibile – prediligendo l'utilizzo di macchinari elettrici a quelli a combustione interna. Si specifica infine che un apposito monitoraggio della qualità dell'aria consentirà l'attuazione di misure di intervento fino alla sospensione dei lavori in caso di superamento di valori soglia (cfr. anche P.M.A.).

Come in ogni cantiere, anche per le lavorazioni in progetto potrebbe esistere il rischio di accidentale sversamento di sostanze inquinanti quali ad esempio lubrificanti, combustibili etc. Tale rischio potrà essere evitato primariamente con l'utilizzo di macchinari e mezzi in perfetta efficienza e interessati da regolare manutenzione. Eventuali sostanze, lubrificanti etc dovranno inoltre essere stoccati in apposite aree, in sicurezza, all'interno di contenitori, su superficie impermeabili e in aree confinate. In ogni caso, lo stato delle acque superficiali (che potrebbero avere il ruolo di vettore di inquinanti) sarà controllato dalle attività del monitoraggio dell'ambiente idrico (cfr. P.M.A.).

In fase di *screening* preliminare ambientale è emersa la diretta correlazione tra presenza/assenza di determinate specie e le condizioni edafiche del territorio. L'esempio più esplicativo è sicuramente quello delle specie igrofile in aree caratterizzate da impaludamenti o ristagni idrici prolungati nel tempo. Modificare le condizioni edafiche di un territorio, ad esempio con la riduzione degli apporti idrici o viceversa con l'allagamento dell'area, potrebbe portare l'evoluzione della flora a nuovi equilibri manifestabili con la scomparsa di specie meno adatte alle nuove condizioni e la comparsa di specie più idonee.

Al fine di evitare tale problema, già in sede progettuale le scelte hanno privilegiato il mantenimento di alcune condizioni in modo particolare laddove sono stati segnalati habitat di interesse comunitario, come ad esempio nell’area di Colcò [dove verrà preservata un’area al fine di mantenere la situazione edafica attuale e la relativa vegetazione, composta tra l’altro anche da alcuni individui dell’endemismo *Dipsacus ferox* che si vuole preservare.](#) Parimenti, nell’area di Pittulongu concomitanti interventi di riqualificazione del litorale saranno mirati non solo al mantenimento delle associazioni vegetali presenti ma anche all’eliminazione di tutti i disturbi individuati in fase di rilievo al fine di migliorare la qualità degli habitat e favorirne la loro espansione. Come già esplicitato, scopo del monitoraggio della flora (cfr P.M.A.) sarà anche quello di verificare il rispetto di tali misure ed eventualmente segnalare la comparsa di criticità quali – come in questo caso – importanti modifiche alle condizioni edafiche che potrebbero compromettere o modificare le associazioni vegetali presenti, al fine di attuare tempestivamente misure di correzione e mitigazione.

L’utilizzo di materiale alloctono in un determinato territorio (e.g. per sterri, rimodellazioni morfologiche etc), qualora particolarmente differente rispetto a quello presente *in loco*, potrebbe alterare il fondo geochimico di una determinata area con tutte le ricadute sulla flora, gli habitat e la fauna colonizzante. Il suolo di un determinato territorio è difatti il risultato di un lungo processo di pedogenizzazione a spese del *bedrock* lapideo ed ogni territorio si caratterizza per un profilo pedogenetico peculiare dipendente direttamente da *bedrock*, condizioni climatiche e processi biologici. *Bedrock* diversi genereranno pertanto suoli diversi e suoli diversi saranno pertanto colonizzati da vegetazione differente. L’esempio più chiaro è dato sicuramente dalle specie acidofile e basofile. Tenuto conto di ciò, tutto il materiale dovrà provenire da ambiti confrontabili a quelli di destinazione, al fine di evitare le contaminazioni geochimiche precedentemente esposte. Ciò sarà possibile grazie al riutilizzo *in loco* dei materiali (cfr. piano delle materie) come, ad esempio, nelle operazioni di escavo e reinterro. I materiali che verranno spostati rimarranno inoltre sempre nell’ambito della piana di Olbia in un’area, pertanto, confrontabile dal punto di vista geochimico. Per quanto riguarda invece i materiali di dragaggio, prima di un loro riutilizzo questi saranno caratterizzati al fine di verificarne la compatibilità coi siti di destinazione. Si specifica inoltre

che il previsto monitoraggio della matrice suolo (cfr. P.M.A.) determinerà un controllo geochimico al fine di verificare il rispetto delle C.S.C. delle Terre e Rocce da Scavo (T.R.S.) e quindi un loro riutilizzo nel rispetto del D.lgs 152/2006.

A riguardo di tale aspetto si significa inoltre che l'utilizzo *in loco* o in prossimità delle aree di intervento di tutti i materiali – compresi i materiali di dragaggio – evita ulteriori impatti sulle matrici ambientali quali ad esempio il trasporto per lunghe distanze o l'occupazione di volumi in discarica.

In Italia, e probabilmente in tutta Europa, la Sardegna rappresenta un *hotspot* di biodiversità. Ciò è dovuto probabilmente oltre alle peculiari condizioni climatiche di un'isola al centro del Mediterraneo anche alle connessioni territoriali con Corsica e Arcipelago toscano avvenuta durante le ultime glaciazioni ed il successivo stato di insularità. La bassa densità abitativa e il permanere di condizioni di alta naturalità in diverse aree dell'isola hanno favorito il mantenimento di una flora e di una fauna tipica, caratterizzata da numerosi endemismi e di specie dall'alto valore biogeografico e conservazionistico. Una delle principali minacce alla biodiversità è rappresentata dalle specie aliene (che possono raggiungere l'isola accidentalmente o intenzionalmente) e la loro successiva competizione con la flora sarda. Un esempio è sicuramente dato dalle due principali specie aliene e invasive riscontrate nelle aree di intervento quali *Carpobrotus acinaciformis* e *Oxalis pes-caprae*. *Carpobrotus acinaciformis*, in modo particolare in ambienti psammofili costieri, origina fitte coperture sul substrato sabbioso soffocando la locale flora dunale fino a generare localmente delle colonizzazioni monospecifiche. Parimenti, *Oxalis pes-caprae* invade i campi entrando in competizione col corteggio erbaceo locale, riducendo la biodiversità dei campi fino a diventare, anche in questo caso, predominante rispetto alle specie autoctone. Ulteriori esempi possono essere citati per numerose altre specie, presenti in maniera importante nell'area di intervento che si sovrappongono alla flora locale (e.g. *Acacia saligna*). Oltre all'impianto intenzionale di specie alloctone effettuato dall'uomo, spesso la diffusione di tali specie avviene accidentalmente per il gettito di substrato contenente una banca del seme alloctona. Tenuto conto di ciò, pertanto, un altro possibile impatto alla matrice flora potrebbe essere l'involontario inserimento di germoplasma alloctono e/o di specie aliene tramite la

banca del seme contenuta nelle T.R.S. che verranno riutilizzate. Al fine di limitare tale possibilità, particolare attenzione dovrà essere prestata nella fornitura e successiva stesa di T.R.S.. Ad esempio, dovrà essere precluso l'utilizzo di suolo vegetale proveniente da campi invasi da *Oxalis pes-caprae* su aree ancora non colonizzate da tale specie alloctona. Anche in questo caso, il monitoraggio della flora verificherà, in modo particolare in corso d'opera e in *post-operam*, il rispetto di tale misura di prevenzione. Inoltre, dovrà essere verificata e segnalata la presenza di specie aliene nelle aree di intervento e, in accordo con gli enti locali (quali ARPAS, CFVA etc) procedere all'immediata rimozione controllata (secondo le indicazioni fornite da ISPRA o dalle normative regionali vigenti) delle specie alloctone. In accordo con gli enti di controllo, in fase di corso d'opera si potrebbe anche prevedere un test di germinazione sui cumuli al fine di determinare se le specie presenti siano compatibili con i siti di destinazione.

Una caratteristica del suolo è la sua porosità dalla quale dipendono la sua permeabilità alle acque zenitali, gli scambi gassosi e i processi fisiologici ad opera degli apparati radicali della vegetazione. Uno degli impatti connessi alle lavorazioni potrebbe essere un eccessivo compattamento del suolo con l'alterazione delle funzioni precedentemente citate e la comparsa di fenomeni quali il ristagno idrico e la sofferenza radicale della vegetazione. Al fine di evitare ciò, già in fase progettuale è stato privilegiato l'utilizzo della viabilità esistente al fine di impostare la minor estensione possibile di piste sui terreni vegetati. Al fine di preservare la preziosa risorsa pedogenetica e la banca del seme locale in esso contenuta, durante gli scavi e gli sbancamenti è prevista la separazione dello strato pedogenetico superficiale, da stoccare in apposita area dedicata, e da riutilizzare successivamente per il ricoprimento delle aree da rinverdire. Tale operazione dovrà essere realizzata con particolare attenzione, in modo da evitare di interessare con lo scotico anche gli strati più profondi ed il *bedrock*. Per quanto riguarda l'eventuale presenza di semi di specie aliene, vale quanto riportato precedentemente.

Infine, si vuole argomentare il possibile impatto con la flora e la vegetazione presente nelle limitrofe aree tutelate. In particolar modo, per quanto riguarda la rete Natura 2000, si

significa che il Sito di Importanza Comunitaria (SIC) più vicino è rappresentato da ITB010010 "*Isola di Tavolara, Molara e Molarotto*" distante circa 10 km dai siti di intervento più vicini. Tenuto conto della distanza, delle barriere fisiche di separazione quale un importante braccio di mare nonché il promontorio di Capo Ceraso, si ritiene impossibile che gli interventi in progetto nella piana di Olbia possano determinare delle interferenze alla flora nel suddetto SIC, anche in forze di tutti i presidi ambientali e le misure di mitigazione previste.

Per quanto riguarda la suddivisione degli impatti nelle diverse fasi operative, tutti gli impatti negativi ora citati si potrebbero verificare in fase di corso d'opera. Per quanto riguarda possibili impatti in fase di *post-operam*, si segnala la possibilità di locali modifiche alle condizioni edafiche nel tempo una volta che le opere saranno in esercizio. Anche in tale caso, il monitoraggio in *post-operam* dovrà verificare tale possibilità e nel caso proporre e attuare tempestivamente interventi di mitigazione.

L'analisi di tutti i possibili impatti sulla matrice flora e vegetazione evidenzia come tutti gli impatti negativi analizzati saranno di natura temporanea. Inoltre, come facilmente osservabile dalla tabella successiva e da quanto esposto precedentemente, la quasi totalità degli impatti sarà mitigata o annullata da interventi di mitigazione già stabiliti. Ad esempio, l'eliminazione di esemplari arborei e/o arbustivi verrà mitigata con l'espianto e il reimpianto degli stessi individui e con l'integrazione di tale vegetazione con ulteriori individui. Inoltre, l'eliminazione delle specie aliene e invasive presenti costituirà per la flora locale un importante impatto positivo.

Tenuto pertanto conto delle misure di mitigazione già previste, nonché dell'enorme vantaggio che la riduzione della pericolosità idrogeologica comporterà per la città di Olbia, gli impatti alla matrice flora si ritengono di lieve entità e soprattutto temporanei. In alcuni casi, gli interventi consentiranno anzi un miglioramento della situazione attuale, come ad esempio lungo le fasce ripariali ingombre da una colonizzazione monospecifica a *Arundo donax* a discapito della flora ripariale locale.

| Impatto | Alternativa 0 | Alternativa progettuale | | Mitigazione |
|---|---------------|-------------------------|------------------------|-------------|
| | | Fase di cantiere (CO) | Fase di esercizio (PO) | |
| Eliminazione di individui arborei e arbustivi | 0 | -2 | 0 | +1 |
| Eliminazione specie aliene e invasive | 0 | +2 | 0 | 0 |
| Eliminazione specie tutelate | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alterazione della biodiversità | -1 | +1 | 0 | 0 |
| Frammentazione areali | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Riduzione attività fotosintetica per accumulo polvere sulle superfici fogliari | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Rischio di rilascio/sversamento sostanze inquinanti | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Modifiche alla circolazione idrica e alterazione delle condizioni edafiche con conseguente diversificazione della flora per adattamento alle nuove condizioni | 0 | -1 | -1 | +1 |
| Variazione valori di fondo geochimico a causa di materiale alloctono e modifiche all'assetto floristico locale. | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Inserimento di specie aliene con banca del seme in materiale alloctono | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Compattamento e modifiche permeabilità suolo | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Sbancamenti e modifica a struttura, tessitura e stratigrafia degli orizzonti pedologici | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Interferenza con flora in aree protette | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Impatto complessivo | -1 | -7 | -1 | +9 |
| | | +1 | | |

5.3.2. Habitat

I rilievi nelle aree di intervento hanno messo in evidenza la presenza degli habitat di interesse comunitario 2110, 2210, 1410 e 1420 nell'area di Pittulungu. **La definizione e**

perimetrazione di tali habitat ha consentito l'esclusione di tali aree da quelle interessate dagli interventi. Nell'area di Colcò è stato osservato l'habitat di interesse comunitario 6420 per un'estensione di circa 1,87 ha. Buona parte di tale habitat (circa 0,67 ha) verrà mantenuta e non interessata dagli interventi (cfr. elaborati progettuali) tramite la preservazione di un'area che manterrà pertanto le condizioni edafiche ed il corteggio floristico attuale. Infine, in un'area in prossimità dell'ex blocchiera, in ogni caso non interessata dagli interventi dello Scolmatore 1, è stata identificata una piccola *patches* di habitat prioritario 3170* che non verrà interessata dagli interventi. Per completezza di informazione si specifica che ulteriori piccole *patches* assimilabili all'habitat di interesse comunitario 6420 sono state osservate anche in prossimità della via S.Guido o in alcune aree del Deviatore 3. Alcune specie guida dell'habitat prioritario 3170*, parimenti, sono state osservate a sud della via Micaleddu e nei pressi dello Scolmatore 2 **in aree comunque non interessate dagli interventi.** La presenza di piccoli nuclei a *Salicornia sp.* non sono sufficienti, infine, alla definizione dell'habitat di interesse comunitario 1310 nei tratti terminali e salini del canale Zozò e del Rio San Nicola.

Gli impatti alla matrice habitat sono strettamente connessi a quelli alla matrice flora, pertanto prevalentemente già esposti nel paragrafo precedente.

In ogni caso, il rischio principale per tale matrice è sicuramente l'eliminazione degli habitat presenti. Come già esposto, al fine di conservare il più possibile gli habitat di importanza comunitaria/prioritari individuati **durante i rilievi**, il progetto ha evitato su tali aree la sovrapposizione degli interventi (e.g. Pittulongu e Colcò), conservando pertanto gli habitat presenti. **Ad ulteriore tutela**, per ogni zona di intervento interessata da habitat di interesse comunitario¹, è stata predisposta una “scheda di dettaglio” contenente i rilievi fito-sociologici e una cartografia indicante l'ubicazione e l'estensione degli habitat stessi aggiornata al rilievo della primavera 2025. Gli ulteriori rilievi e monitoraggi in *ante-operam*, consentiranno la precisa perimetrazione degli habitat presenti relativamente all'evoluzione nel tempo degli stessi, e consentiranno di poter stabilire tutte le misure di conservazione prima dell'inizio dei

¹ Scolmatore 1, Parco Colcò, Pittulongu.

lavori. Tra queste, ad esempio, l'esclusione della sovrapposizione con gli habitat di interventi progettuali, aree di cantiere o piste. In fase di corso d'opera le aree più sensibili potrebbero anche essere delimitate al fine di evitare accidentali occupazioni o attraversamenti di tali aree. La tutela degli habitat sarà inoltre garantita dal monitoraggio a tale matrice ambientale in tutte le tre fasi previste di *ante-operam*, corso d'opera e *post-operam* (cfr. P.M.A.) con un monitoraggio continuo. Ciò consentirà pertanto anche di adottare tempestivamente azioni di mitigazione aggiuntive – anche in accordo con gli enti preposti – all'eventuale comparsa di criticità.

Si significa infine che attualmente, la presenza di specie aliene (e.g. dominanza di *Arundo donax* nelle fasce ripariali o di *Carpobrotus* sp. nei sistemi dunali) e di azioni antropiche (pressione turistica sugli habitat del litorale di Pittulongu, sovrappascolo etc) stanno minando l'esistenza stessa di alcuni habitat individuati nelle aree di intervento. Le azioni progettuali saranno viceversa – laddove possibile – indirizzate all'eliminazione dei disturbi presenti e alla tutela e miglioramento delle condizioni degli habitat individuati (e.g. eliminazione specie aliene, stralcio dagli interventi delle aree perimetrate come habitat e preservazione degli stessi etc).

Come già accennato per la flora, la modifica alla circolazione idrica e l'alterazione delle condizioni edafiche potrebbero portare alla conseguente diversificazione della flora per adattamento alle nuove condizioni e quindi la scomparsa di quelle specie guida che determinano l'esistenza di determinati habitat². Modificare le condizioni edafiche di un territorio, ad esempio con la riduzione degli apporti idrici o viceversa con l'allagamento dell'area, potrebbe portare l'evoluzione della flora a nuovi equilibri manifestabili con la scomparsa di specie meno adatte alle nuove condizioni e la comparsa di specie più idonee. Effetto simile potrebbe essere creato anche dall'eccessivo compattamento del suolo e quindi dalla modifica alla permeabilità, come già affrontato precedentemente. Anche per evitare tale impatto, in fase progettuale si è evitato di interessare con gli interventi le aree coperte da habitat e mantenere le condizioni che ne determinano le attuali caratteristiche,

² *Sensu* Biondi *et al.* (2009-2012). Manuale italiano di interpretazione degli habitat della direttiva 92/43/CEE.

al fine del mantenimento nel tempo di tali habitat. Ad esempio, nell'area di Colcò si manterranno i **canali presenti nel settore centrale**, e quindi i livelli di umidità che caratterizzano l'area su cui è stato individuato l'habitat di interesse comunitario 6420. Parimenti sono previste in capitolato le azioni fondamentali per eliminare i disturbi attualmente presenti all'espandersi degli habitat (e.g. pressione antropica e presenza di specie invasive nel litorale di Pittulongu). Ancora, già in fase progettuale, è stato massimizzato l'utilizzo di viabilità locale esistente al fine di ridurre il più possibile l'apertura di piste su campi o aree vegetate. Infine, anche per la matrice habitat è previsto un monitoraggio continuo, **nelle tre fasi di ante operam, corso d'opera e post-operam**, il cui scopo sarà anche quello di verificare il rispetto di tali misure ed eventualmente segnalare la comparsa di criticità quali – come in questo caso – importanti modifiche alle condizioni edafiche che potrebbero compromettere l'esistenza degli habitat, al fine di attuare tempestivamente misure di correzione e mitigazione.

Ulteriore causa di modifica alle condizioni che sottendono la presenza di determinate specie e habitat, potrebbe essere la modifica al fondo geochimico di un'area al seguito dell'apporto di materiale alloctono. L'utilizzo di materiale alloctono in un determinato territorio (e.g. per sterri, rimodellazioni morfologiche etc), qualora particolarmente differente rispetto a quello presente *in loco*, potrebbe difatti alterare il fondo geochimico di una determinata area con tutte le ricadute sulla flora, gli habitat e la fauna colonizzante. Il suolo di un determinato territorio è difatti il risultato di un lungo processo di pedogenizzazione a spese del *bedrock* lapideo ed ogni territorio si caratterizza per un profilo pedogenetico peculiare dipendente direttamente da *bedrock*, condizioni climatiche e processi biologici. *Bedrock* diversi genereranno pertanto suoli diversi e suoli diversi saranno pertanto colonizzati da vegetazione differente. L'esempio più chiaro è dato sicuramente dalle specie acidofile e basofile. Tenuto conto di ciò, tutto il materiale dovrà provenire da ambiti confrontabili a quelli di destinazione, al fine di evitare le contaminazioni geochimiche precedentemente esposte. Ciò sarà possibile grazie al riutilizzo *in loco* dei materiali (cfr. piano delle materie) come, ad esempio, nelle operazioni di escavo e reinterro. I materiali che verranno spostati rimarranno inoltre sempre nell'ambito della piana di Olbia in un'area, pertanto, confrontabile dal punto

di vista geochimico. Per quanto riguarda invece i materiali di dragaggio, prima di un loro riutilizzo questi saranno caratterizzati al fine di verificarne la compatibilità coi siti di destinazione. Si specifica inoltre che il previsto monitoraggio della matrice suolo (cfr. P.M.A.) determinerà un controllo geochimico al fine di verificare il rispetto delle C.S.C. delle T.R.S. e quindi un loro riutilizzo nel rispetto del D.lgs 152/2006.

Ulteriore causa di scomparsa di specie e di habitat potrebbe essere causata dalla competizione di specie aliene sulla flora locale. Ad esempio, si è osservato come *Carpobrotus acinaciformis*, in modo particolare in ambienti psammofili costieri, origini fitte coperture sul substrato sabbioso soffocando la locale flora dunale fino a generare localmente delle colonizzazioni monospecifiche. Oltre all'impianto intenzionale di specie alloctone effettuato dall'uomo, spesso la diffusione di tali specie avviene accidentalmente per il gettito di substrato contenente una banca del seme alloctona. Al fine di limitare tale possibilità, particolare attenzione dovrà essere prestata nella fornitura e successiva stesa di (T.R.S.). Ad esempio, sarà precluso l'utilizzo di suolo vegetale proveniente da campi invasi da *Oxalis pes-caprae* su aree ancora non colonizzate da tale specie alloctona. Anche in questo caso, il monitoraggio della flora e degli habitat dovrà verificare, in modo particolare in corso d'opera e in *post-operam*, il rispetto di tale misura di prevenzione. Inoltre, dovrà essere verificata e segnalata la presenza di specie aliene nelle aree di intervento e, in accordo con gli enti locali (quali ARPAS, CFVA etc) procedere all'immediata rimozione controllata (secondo le indicazioni fornite da ISPRA o dalle normative regionali vigenti) delle specie alloctone.

Ulteriore rischio per gli habitat potrebbe essere quello del rilascio/sversamento di sostanze inquinanti (e.g. combustibile, olii lubrificanti...) dai mezzi di cantiere che potrebbero raggiungere il reticolo idrografico o la falda idrica e, a cascata, interferire con flora e habitat. Come già esposto, Tale rischio potrà essere evitato primariamente con l'utilizzo di macchinari e mezzi in perfetta efficienza e interessati da regolare manutenzione. Eventuali sostanze, lubrificanti etc dovranno inoltre essere stoccati in apposite aree, in sicurezza, all'interno di contenitori, su superficie impermeabili e in aree confinate. In ogni caso, lo stato

delle acque superficiali sarà controllato dalle attività del monitoraggio dell’ambiente idrico (cfr. P.M.A.).

Infine, si vuole argomentare il possibile impatto con gli habitat presenti nelle limitrofe aree tutelate. In particolar modo, per quanto riguarda la rete Natura 2000, si significa che il Sito di Importanza Comunitaria (SIC) più vicino è rappresentato da ITB010010 “*Isola di Tavolara, Molara e Molarotto*” distante circa 10 km dai siti di intervento più vicini mentre invece le Zone di Protezione Speciale (ZPS) sono a sud la ZPS ITB013019 “*Isole del Nord-Est tra Capo Ceraso e Stagno idi San Teodoro*”, mentre a nord la ZPS ITB013018 “*Capo Figari, Cala Sabina, Punta Canigione e Isola Figarolo*” entrambe a distanza chilometrica dai siti di intervento (>5 km). Tenuto conto della distanza, delle barriere fisiche di separazione quale un importante braccio di mare nonché dell’impossibilità di generare modifiche edafiche o floristiche su aree così distanti, si ritiene impossibile che gli interventi in progetto nella piana di Olbia possano determinare delle interferenze agli habitat delle suddette aree protette della Rete Natura 2000, anche in forze di tutti i presidi ambientali e le misure di mitigazione previste.

Per quanto riguarda la suddivisione degli impatti nelle diverse fasi operative, tutti gli impatti negativi ora citati si potrebbero verificare in fase di corso d’opera. Anche in questo caso, vi è la possibilità in *post-operam* di locali modifiche alle condizioni edafiche nel tempo, una volta che le opere saranno in esercizio. Il monitoraggio in *post-operam* dovrà verificare tale possibilità e nel caso proporre e attuare tempestivamente interventi di mitigazione. Pertanto, tali possibili impatti negativi, saranno di natura temporanea. Inoltre, come facilmente osservabile dalla tabella successiva e da quanto esposto precedentemente, la quasi totalità degli impatti sarà mitigata o annullata da interventi di mitigazione già stabiliti.

Tenuto pertanto conto delle misure di mitigazione già previste, nonché dell’enorme vantaggio che la riduzione della pericolosità idrogeologica comporterà per la città di Olbia, gli impatti alla matrice habitat si ritengono di lieve entità e soprattutto temporanei. In alcuni casi, gli interventi consentiranno anzi un miglioramento della situazione attuale, come ad

esempio lungo le fasce ripariali attualmente ingombre da una colonizzazione monospecifica a *Arundo donax* a discapito dei potenziali habitat ripariali.

| Impatto | Alternativa 0 | Alternativa progettuale | | Mitigazione |
|---|---------------|-------------------------|------------------------|-------------|
| | | Fase di cantiere (CO) | Fase di esercizio (PO) | |
| Eliminazione habitat (compresi habitat comunitari e prioritari) | -1 | 0 | 0 | +1 |
| Modifiche alla circolazione idrica e alterazione delle condizioni edafiche con conseguente diversificazione della flora per adattamento alle nuove condizioni. | 0 | -1 | -1 | +1 |
| Variazione valori di fondo geochimico a causa di materiale alloctono e modifiche all'assetto floristico locale. | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Inserimento di specie aliene con banca del seme in materiale alloctono. | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Rischio di rilascio/sversamento di sostanze inquinanti (e.g. combustibile, olii lubrificanti...) dai mezzi di cantiere che potrebbero raggiungere il reticolo idrografico o la falda idrica e, a cascata, interferire con flora, fauna e habitat. | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Interferenza con habitat in aree protette | 0 | 0 | 0 | |
| | | | | |
| Impatto complessivo | -1 | -4 | -1 | 5 |
| | | 0 | | |

5.3.3. Fauna

L'assetto faunistico nelle aree di intervento, come emerso dai rilievi, si caratterizza per una colonizzazione fortemente condizionata dagli interventi antropici, con una semplificazione della biodiversità faunistica e una concentrazione di specie solo in alcuni ambiti (e.g. corridoi ambientali).

Il principale disturbo alla fauna sarà costituito dall'eliminazione della vegetazione e delle aree utilizzate per il riparo e la nidificazione come, ad esempio, i fitti canneti individuati in numerosi tratti dei canali e dei corsi d'acqua interessati dagli interventi. Tale impatto sarà

limitato dalla organizzazione delle opere in lotti, consentendo quindi all'avifauna di spostarsi in habitat simili ed evitare lo stravolgimento di tutti i canali contemporaneamente.

Altro impatto sarà legato all'abbattimento di vegetazione utilizzata per la nidificazione o per il sostentamento. Si citano per quest'ultimo caso alcune specie mellifere per le api o gli olivastri della cintura extra-urbana di Olbia, utilizzati da stormi di storni nella stagione invernale. Anche per questo impatto sono state definite delle misure di mitigazione finalizzate alla riduzione dell'impatto stesso. Nelle operazioni di rivegetazione verranno difatti utilizzate le stesse specie che attualmente costituiscono il corteggio floristico delle aree interessate dagli interventi, reinserendo pertanto nell'ecosistema lo stesso elemento precedentemente eliminato. [Parimenti, parte degli individui giovanili in buone condizioni fitosanitarie saranno espianati e reimpiantati col proprio pane di terra, così come da specie quali *Salix* sp. e *Tamarix* sp. verranno realizzate talee per la rivegetazione dei canali](#) al fine di non perdere gli individui interferenti e conservare il germoplasma locale. Ciò consentirà pertanto di non mutare le abitudini trofiche della fauna legate alle specie vegetali presenti. Il monitoraggio nelle tre fasi (*ante-operam*, corso d'opera e *post-operam*) verificherà che nell'area (e.g negli esemplari da espianare) non siano in atto attività di nidificazione o altre importanti fasi etologiche. Si significa infine che l'impianto *ex novo* in molte aree di specie [arbustive e arboree](#) aumenterà le aree di sosta e i siti di nidificazione per l'avifauna costituendo, pertanto, un impatto positivo permanente.

Un altro importante impatto per la fauna potrebbe essere il disturbo etologico e quindi l'interferenza con tutti i comportamenti e i cicli stagionali che caratterizzano alcune specie. Si ritiene che, tenuto conto che buona parte degli interventi insisteranno su aree antropizzate, artificializzate e spesso in vicinanza a importanti infrastrutture, l'apporto di disturbo da parte delle operazioni sarà contenuto rispetto alla situazione attuale. In ogni caso, già in fase progettuale per le aree di cantiere e per gli interventi sono state privilegiate aree non vegetate [\(e quindi meno frequentate ad esempio dall'avifauna\)](#). In corso d'opera ulteriori misure di mitigazioni limiteranno tale impatto quali ad esempio l'utilizzo di mezzi nuovi o in perfetta efficienza al fine di ridurre la rumorosità. Anche l'utilizzo di mezzi gommati

anziché cingolati, l'utilizzo di macchinari certificati, l'utilizzo privilegiato di apparecchiature elettriche anziché a combustione potrà ridurre il disturbo alla componente faunistica. Ulteriore disturbo etologico potrebbe essere la presenza dei cantieri, delle lavorazioni e la rumorosità in aree di corteggiamento e nidificazione che potrebbero rispettivamente portare all'insuccesso della fase di accoppiamento o all'abbandono della prole. In ogni caso, al fine di tutelare la fauna, in un'ottica di sviluppo sostenibile, tutte le fasi (*ante-operam*, *corso d'operam* e *post-operam*) saranno coperte da un monitoraggio continuo che potrà indicare l'avvallo o la pausa alle lavorazioni in presenza di particolari fasi etologiche in atto o di altre sensibili criticità faunistiche.

Ulteriore impatto alla fauna potrebbe essere causato dai lavori di dragaggio dei tratti terminali di alcuni canali. Tali operazioni potrebbe difatti causare un eccessivo intorbidimento delle acque con conseguenze alla fauna ittica (invertebrati e vertebrati). Tenuto conto della situazione attuale, e che ad ogni importante evento pluviometrico tutti i canali e corsi d'acqua che sfociano nel golfo di Olbia apportano un importante contenuto di materiale solido dai rilievi dell'anfiteatro retrostante la città, si ritiene che tale impatto sia già presente. E anche a causa di tale criticità (a cui si aggiunge anche il disturbo nautico e inquinamento delle acque) il corteggio **ittico** nel golfo di Olbia si caratterizza per una bassa biodiversità. Si significa invece, che gli interventi in progetto **prevedono soluzioni in grado di trattenere a monte buona parte del materiale in sospensione** limitando pertanto l'apporto solido al golfo di Olbia e migliorando pertanto il problema della torbidità cronica durante gli eventi pluviometrici. Si ritiene pertanto che sotto tale punto di vista gli interventi costituiscano un importante impatto positivo, a tutela dell'ecosistema marino e della sua colonizzazione.



Figura 5.2: – Effetto delle ondate di piena a seguito di importanti eventi pluviometrici (situazione pre- e post- evento pluviometrico, rispettivamente a sinistra e a destra)³.

Ulteriore impatto alla fauna potrebbe essere causato dalla pulizia, potatura o abbattimento di vegetazione attorno ai corsi d’acqua riducendo l’apporto di ombreggiatura nella stagione calda che, a sua volta, potrebbe determinare una variazione nelle temperature delle acque e determinare la scomparsa di alcune specie (e.g. invertebrati). A tale riguardo si specifica che solo alcuni tratti dei corsi d’acqua saranno interessati dalle lavorazioni, permettendo quindi alla fauna eventualmente di spostarsi in ambiti limitrofi più idonei. In ogni caso però, per tutti gli interventi sono previste importanti attività di ri-vegetazione e ricostituzione (e spesso miglioramento) della copertura arbustiva e arborea finalizzata al ripristino delle condizioni *ex ante*.

Tra gli impatti alla fauna spesso connessi ai lavori di regimazione idraulica compaiono le artificializzazioni e l’irrigidimento dei corsi d’acqua, con sponde cementate e quindi con l’eliminazione di tutti gli anfratti e i ripari forniti dalla vegetazione ripariale che permettono la colonizzazione della fauna. A tal riguardo, le soluzioni progettuali hanno evitato la finitura delle sponde in cemento privilegiando invece sponde rinverdite o al massimo stabilizzate con massi ciclopici in luogo di aree caratterizzate da criticità idrauliche o strutturali. Tali soluzioni progettuali andranno pertanto a mitigare l’impatto della artificializzazione fornendo

³ Dati satellite Sentinel.

anfratti e nicchie sfruttabili dalla fauna, consentendo anche la colonizzazione da parte della vegetazione ripariale e la conseguente ricomparsa della fauna.

Infine, si vuole argomentare il possibile impatto con le specie presenti nelle limitrofe aree tutelate. In particolar modo, per quanto riguarda la rete Natura 2000, si significa che il Sito di Importanza Comunitaria (SIC) più vicino è rappresentato da ITB010010 “*Isola di Tavolara, Molara e Molarotto*” distante circa 10 km dai siti di intervento più vicini mentre invece le Zone di Protezione Speciale (ZPS) sono a sud la ZPS ITB013019 “*Isole del Nord-Est tra Capo Ceraso e Stagno di San Teodoro*”, mentre a nord la ZPS ITB013018 “*Capo Figari, Cala Sabina, Punta Canigione e Isola Figarolo*” entrambe a distanza chilometrica dai siti di intervento (>5 km). Parimenti, l’IBA174M ricalca i confini delle citate ZPS. Tenuto conto della distanza, delle barriere fisiche di separazione (quale un importante braccio di mare) nonché dell’impossibilità di generare modifiche edafiche o floristiche su aree così distanti, si ritiene impossibile che gli interventi in progetto nella piana di Olbia possano determinare delle interferenze alle specie nidificanti nelle suddette aree protette, anche in forze di tutti i presidi ambientali e le misure di mitigazione previste.

Per quanto riguarda il dettaglio delle fasi realizzative, in fase di cantiere (in corso d’opera) sicuramente la presenza umana e le attività (rumore, vibrazioni etc) porteranno un disturbo alla fauna. Le stesse operazioni di dragaggio potrebbero aumentare la torbidità delle acque interferendo con la fauna marina (invertebrati e ittiofauna). Ma tale impatto sarà temporaneo e paragonabile a tutti gli episodi di torbidità che si registrano nel golfo di Olbia in occasione di importanti eventi pluviometrici. Tra la fauna marina non si registrano inoltre specie sottoposte a tutela o di interesse biogeografico (e.g. *Pinna nobilis*). Parimenti, neanche in ambiente terrestre si registrano importanti aree prioritarie per specie tutelate. Le due principali specie segnalate nell’area sono rappresentate da *Tetrax tetrax* e *Porphyrio porphyrio*. Nel caso di *T. tetrax*, il più vicino areale di distribuzione segnalato è ubicato a sud del fiume Padrongianos e pertanto ad oltre 2 km dalle aree di intervento. I rilievi faunistici effettuati non hanno difatti individuato tale specie neanche nella stagione riproduttiva (periodo in cui è più facile riconoscere all’ascolto la specie). Per quanto riguarda invece la

specie *Porphyrio porphyrio*, la specie è stata individuata nell'area umida retrostante la spiaggia de Lo Squalo e pertanto distante rispetto agli interventi in progetto nell'area di Pittulongu. Si significa inoltre che la maggior parte dell'avifauna sottoposta a tutela non insiste direttamente sulle aree di intervento ma spesso sorvola solo le aree di intervento. Per quanto riguarda gli anfibi invece, sicuramente la regimazione dei corsi d'acqua potrebbe comportare un loro allontanamento da alcuni siti, determinando uno spostamento della loro presenza.

In fase di esercizio (*post-operam*) si ipotizza un generale ripristino delle condizioni pre-impatto e una riorganizzazione e ricolonizzazione delle aree. Già attualmente, infatti, si è osservato che a seguito dei lavori di regimazione dei numerosi canali, la frequentazione da parte di avifauna acquatica è ripresa velocemente (e.g. *Egretta garzetta*, *Anas platyrhynchos*, *Gallinula chloropus*...)

In generale quindi gli impatti saranno legati all'allottamento temporaneo degli individui, impatto pertanto reversibile nel tempo. Difatti, a differenza della flora, gli animali possono spostarsi e allontanarsi. Tutte le misure di mitigazioni definite per gli interventi del presente progetto sono mirate al ripristinare (o migliorare) le condizioni idonee alla ricolonizzazione per favorirne il più rapido ritorno.

| Impatto | Alternativa 0 | Alternativa progettuale | | Mitigazione |
|---|---------------|-------------------------|------------------------|-------------|
| | | Fase di cantiere (CO) | Fase di esercizio (PO) | |
| Eliminazione habitat e vegetazione | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Eliminazione flora utilizzata per nidificazione o sostentamento trofico | 0 | -1 | +1 | -1 |
| Disturbo etologico | -1 | -1 | 0 | +1 |
| Intorbidimento acque durante operazioni di dragaggio. | -2 | -1 | +2 | +2 |
| Riduzione ombreggiatura a causa di pulizia vegetazione | 0 | -1 | 0 | +1 |
| Irrigidimento e artificializzazione sponde | 0 | 0 | 0 | +1 |

| | | | | |
|---|----|----|----|----|
| Interferenza con fauna in aree protette | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Impatto complessivo | -3 | -5 | +3 | +7 |
| | | 5 | | |

5.4. Disamina degli impatti per singoli interventi.

5.4.1. Scolmatore 1 “Rio Seligheddu – Padrongianos”

Lo “**Scolmatore 1 Seligheddu-Padrongianos**” convoglia parte delle acque del rio Seligheddu su un percorso alternativo a sud della città per conferirle sulla sinistra idraulica del Fiume Padrongianos. Il principale scopo di quest’opera sarà pertanto quello di deviare le ondate di piena da monte ed evitare che le stesse raggiungano il mare attraversando la città di Olbia. Ulteriore funzione dell’opera sarà quella di trattenere in vasche di calma parte del sedimento solido che, in occasione di importanti eventi pluviometrici, [allo stato attuale raggiunge](#) il mare intorbidendo le acque del golfo di Olbia. Tale azione determinerà pertanto sicuramente un impatto positivo e permanente sull’intero ecosistema del golfo di Olbia. Non si ritiene inoltre che la riduzione dell’apporto solido possa, a cascata, determinare problemi di erosione costiera in limitrofe spiagge giacché i sedimenti che giungono al golfo di Olbia trasportati dai fiumi e dai canali che drenano i rilievi alle spalle della città rimangono all’interno del golfo stesso. La forma semichiusa e allungata della *rias* difatti limita il moto ondoso e il ricambio di acqua determinando nel tempo un insabbiamento per il quale si è dovuto agire negli anni con operazione di dragaggio per garantire la sicurezza del traffico nautico. Per quanto riguarda specifici impatti alla flora e agli habitat si segnala la necessità di potature ed eliminazione di esemplari in luogo degli interventi progettuali. Tale impatto verrà in ogni caso mitigato sia con l’espianto e il reimpianto in aree prossimali di tutti gli individui arbustivi e arborei in buone condizioni fito-sanitarie. Inoltre, per tutte le aree di intervento sono previste opere di rivegetazione al fine di ripristinare la situazione *ex ante*. Si ritiene in alcuni casi che la situazione *post-operam* potrà addirittura essere migliore soprattutto laddove verranno eliminate specie alloctone e verrà ripristinata invece una vegetazione ripariale con specie locali di tali habitat (e.g. *Salix* sp., *Tamarix* sp. etc).

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei⁴:

- *Acacia saligna* (3)
- *Alnus glutinosa* (2)
- *Eucalyptus* sp. (50)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~140)
- *Phillyrea* sp. (~20)
- *Populus alba* (3)
- *Pyrus* sp. (~53)
- *Quercus* sp. (2)
- *Rhamnus alaternus* (6)
- *Salix* sp. (~41)
- *Tamarix* sp. (~27)
- *Taxodium* sp. (1)
- *Ulmus minor* (2)

Per quanto riguarda gli habitat, nelle aree di intervento non sono stati riconosciuti habitat di importanza comunitaria. Si segnala nell'area dell'ex blocchiera, una piccola *patch* caratterizzata dalle specie guida dell'habitat prioritario 3170*. Tale habitat è stato perimetrato ed indicato nella scheda di dettaglio. Si specifica in ogni caso che tale perimetrazione **non si sovrapporrà** alle lavorazioni in progetto. In ogni caso i monitoraggi in *ante-operam* consentiranno perimetrare meglio eventuali espansioni nel tempo di tale habitat e fornire quindi indicazioni per la fase di corso d'opera. Per quanto riguarda la fauna, inevitabilmente le attività comporteranno un'interferenza etologica determinando lo spostamento e l'allontanamento della fauna. Tale impatto sarà però temporaneo e reversibile in modo particolare tenendo conto che alla fine degli interventi si ricreeranno tutte le condizioni per rifavorire la ricolonizzazione delle aree da parte della vegetazione come, ad esempio, la rivegetazione con le stesse specie locali precedentemente presenti (o con gli stessi esemplari a seguito di espianto – reimpianto laddove possibile). Si specifica infine che il monitoraggio faunistico continuativo da effettuare in tutte le fasi consentirà di determinare l'avvio, il proseguimento o la pausa di qualsiasi attività lavorativa alla comparsa

⁴ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

di particolari fasi etologiche (e.g. corteggiamento, nidificazione etc) fino all’allontanamento spontaneo delle specie, consentendo pertanto tempestive azioni di mitigazione a tutela della fauna.

5.4.2. Scolmatore 2 “Abba Fritta-Cabu Abbas”

Lo “**Scolmatore 2 Abba Fritta – Cabu Abbas**” convoglierà parte delle acque del rio Abba Fritta verso est, sul rio Cabu Abbas.

Anche in questo caso, si segnala la necessità di abbattimento di alcuni individui in modo particolare in luogo dell’opera di presa sul rio Abba Fritta. Si specifica anche in questo caso la definizione di importanti opere di ri-vegetazione che andranno a migliorare nettamente la copertura dell’area, in modo particolare attorno all’area umida da realizzare e che insisterà su un settore attualmente fortemente degradato e sovra-pascolato. Si segnala anche in questo caso la possibilità di espianto e reimpianto - laddove possibile - nonché la possibilità di poter utilizzare parte del biomateriale di potatura o di abbattimento per la realizzazione – anche in altre aree di intervento – di vimate vive, ad esempio con *Salix* sp., in virtù della sua capacità di propagazione vegetativa.

Nello specifico, si stima per l’intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei⁵:

- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~30)
- *Phillyrea latifolia* (3)
- *Populus alba* (~6)
- *Pyrus spinosa* (5)
- *Quercus suber* (3)
- *Salix* sp. (~11)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi. Le aree interessate da specie guida (e.g. 3170*) [osservate in aree limitrofe](#) non verranno infatti interessate dagli interventi e in ogni caso saranno

⁵ Per l’ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

tutelate dal monitoraggio in tutte le fasi. Per quanto riguarda la fauna, valgono le stesse indicazioni precedentemente esposte. Si significa in ogni caso che a parte il settore dell'opera di presa, la maggior parte degli interventi insisteranno in sotterraneo o in aree antropizzate e urbanizzate (e.g. area industriale).

5.4.3. Scolmatore 3 “Rio San Nicola-Zozò”

Lo “**Scolmatore 3 San Nicola – Zozò**” convoglierà parte delle acque del rio San Nicola nel canale Zozò.

Anche in questo caso i principali impatti alla flora sono connessi con la potatura e l'eliminazione alcuni esemplari arborei e arbustivi. Si ricorda sempre la misura di mitigazione di espianto e reimpianto nonché la ri-vegetazione delle aree di intervento con specie locali al fine di ripristinare e migliorare la copertura vegetale.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei⁶:

- *Acacia saligna* (1)
- *Alnus glutinosa* (2)
- *Eucalyptus* sp. (12)
- *Ficus carica* (1)
- *Laurus nobilis* (1)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (25)
- *Phillyrea* sp. (2)
- *Quercus* sp. (11)
- *Salix* sp. (16)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Per quanto riguarda gli impatti alla fauna valgono le osservazioni già citate precedentemente.

⁶ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

5.4.4. Deviatore 1 Canale Zozò in Rio Gadduresu

Il “**Deviatore 1 Zozò-Gadduresu**” convoglierà parte delle acque di monte del canale Zozò nel rio Gadduresu, sviluppandosi, linearmente, ad oriente della via S. Guido.

Gli impatti alla flora sono prevalentemente connessi con la sovrapposizione dell’opera alla vegetazione igrofila esistente. Si ricorda anche in questo caso la misura di mitigazione di espianto e reimpianto nonché la rivegetazione delle aree di intervento con specie locali al fine di ripristinare e migliorare la copertura vegetale.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei⁷:

- *Ficus carica* (1)
- *Laurus* sp. (2)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (9)
- *Phyllirea* sp. (1)
- *Prunus* sp. (1)
- *Pyrus* sp. (2)
- *Quercus ilex* (1)
- *Rhamnus alaternus* (3)
- *Salix* sp. (2)

Per quanto riguarda gli habitat, si segnala in prossimità dell’opera di presa, piccole *patches* caratterizzate dalle specie guida dell’habitat 6420 che in ogni caso saranno esterne agli interventi.

Per quanto riguarda gli impatti alla fauna valgono le osservazioni già citate precedentemente.

5.4.5. Deviatore 2 Rio Gadduresu in Rio Seligheddu

Il “**Deviatore 2 Gadduresu-Seligheddu**” convoglierà parte delle acque del rio Gadduresu nel rio Seligheddu. L’opera di presa sul rio Gadduresu è prevista subito a valle del ponte

⁷ Per l’ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

con via Archimede da cui il deviatore si svilupperà su terreni prevalentemente incolti e orti, fino allo scarico sul rio Gadduresu previsto a valle dell’attraversamento con la S.S.127.

Non si rilevano significativi impatti al netto dell’interferenza con alcuni esemplari arborei e arbustivi che – laddove possibile – verranno espianati e reimpianti oppure sostituiti *ex novo* con esemplari delle stesse specie.

Nello specifico, si stima per l’intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei⁸:

- *Crataegus* sp. (1)
- *Cydonia* sp. (1)
- *Ficus carica* (4)
- *Laurus nobilis* (1)
- *Melia* sp. (2)
- *Olea europaea* (3)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~30)
- *Phyllirea* sp. (~30)
- *Prunus amygdalus* (2)
- *Punica granatum* (1)
- *Rhamnus alaternus* (4)
- *Salix pendulina* (2)
- *Ulmus minor* (~30)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Per quanto riguarda gli impatti alla fauna valgono le osservazioni già citate precedentemente. Si significa comunque che l’area di intervento insisterà in un settore urbanizzato e pertanto poco colonizzato dalla fauna.

5.4.6. Deviatore 3 Rio Paule Longa e Rio Tannaule in Rio Seligheddu

Il “Deviatore 3 Paule Longa-Tannaule-Seligheddu” convoglierà le acque del rio Paule Longa e del rio Tannaule nel rio Seligheddu, poco prima dell’attraversamento ferroviario su

⁸ Per l’ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

quest'ultimo. Non si rilevano significativi impatti al netto dell'interferenza con alcuni esemplari arborei e arbustivi che – laddove possibile – verranno espianati e reimpianti oppure sostituiti *ex novo* con esemplari delle stesse specie.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei⁹:

- *Eucalyptus* sp. (~30)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~35)
- *Phyllirea* sp. (2)
- *Populus* sp. (~8)
- *Pyrus* sp. (16)
- *Quercus* sp. (7)
- *Salix* sp. (~10)
- *Tamarix* sp. (12)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Per quanto riguarda la fauna, tali interventi insisteranno in aree prevalentemente urbanizzate e pertanto poco colonizzate dalla fauna limitando pertanto interferenze a tale componente. In ogni caso il costante monitoraggio faunistico determinerà la possibilità di avallare o sospendere le lavorazioni così come di predisporre tempestive azioni di mitigazione alla comparsa di eventuali criticità.

5.4.7. Tratti a Monte del Seligheddu (Monte Telti- Ua Niedda – La Fossa)

Il tratto a monte del rio Seligheddu prevede l'adeguamento del rio **Ua Niedda** e del rio **La Fossa** fino all'opera di presa dello Scolmatore 1.

Anche in tale tratto, la principale interferenza con la flora sarà costituita dall'abbattimento di esemplari arbustivi e arborei, in modo particolare nel tratto in corrispondenza dell'attraversamento con la SS 127, *seppur in buona parte costituiti da specie alloctone (e.g.*

⁹ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

Eucalyptus sp.). Si segnalano inoltre alcune coltivazioni (e.g. *Citrus* sp., *Olea europaea*...) o specie ornamentali all'interno dei terreni privati. Valgono anche in questo caso tutte le misure di mitigazione per la flora esposte precedentemente. Si specifica solo che la pulizia dell'alveo ingombro in maniera importante da solo *Arundo donax* e il ripristino della vegetazione ripariale con esemplari locali (e.g. *Salix* sp., *Tamarix* sp.), consentirà un miglioramento della biodiversità e la formazione di nuove nicchie ecologiche, comportando un impatto positivo.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹⁰:

- *Acacia saligna* (4)
- *Acacia* sp. (1)
- *Alnus glutinosa* (~20)
- *Citrus* sp. (10)
- *Cupressus* sp. (4)
- *Eucalyptus* sp. (~106)
- *Ficus carica* (2)
- *Hesperocyparis* / *Cupressus* sp. (~11)
- *Morus nigra* (1)
- *Olea europaea* (~75)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~90)
- *Phoenix* sp. (2)
- *Phyllirea* sp. (10)
- *Pinus* sp. (6)
- *Pyrus* sp. (3)
- *Pyrus spinosa* (30)
- *Quercus ilex* (16)
- *Ramnus alaternus* (2)
- *Robinia pseudoacacia* (1)
- *Salix* sp. (~17)
- *Tamarix* sp. (3)

¹⁰ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Per quanto riguarda la fauna, si specifica che buona parte degli interventi insisteranno in aree edificate ed antropizzate dove pertanto non si evidenziano importanti colonizzazioni.

5.4.8. Tratto in adeguamento Rio Cabu Abbas

Il tratto in adeguamento del rio **Cabu Abbas** inizia tra la via Gabon e l’opera di incontro con lo Scolmatore 2 dove il rio già mostra argini cementati per un precedente intervento.

Tale intervento attraversa la zona industriale caratterizzata pertanto da una copertura vegetale contenuta, limitando pertanto gli impatti possibili alla flora.

Nello specifico, si stima per l’intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹¹:

- *Acacia dealbeata* (1)
- *Acacia saligna* (14)
- *Acer negundo* (1)
- *Eucalyptus* sp. (~63)
- *Ficus carica* (1)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~85)
- *Phillyrea* sp (3)
- *Phillyrea* sp. (1)
- *Pinus* sp. (1)
- *Punica granatum* (1)
- *Salix* sp. (3)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Anche per quanto riguarda la fauna non si rilevano importanti impatti in virtù della scarsa colonizzazione dell’area.

¹¹ Per l’ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

5.4.9. Tratto in adeguamento Rio Seligheddu

Il tratto in adeguamento del rio Seligheddu è costituito dalla porzione a valle della S.S.127 in corrispondenza dell'affluenza, in sinistra idraulica, del futuro “Deviatore 2 – Gadduresu-Seligheddu”.

Anche in questo caso si ritengono limitati gli impatti alla flora a causa dell'attraversamento di aree urbanizzate e al degrado del corteggio floristico ad opera di specie aliene.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹²:

- *Esperocyparis arizonica* (~15)
- *Eucalyptus* sp. (~72)
- *Ficus carica* (2)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~41)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi. Per quanto riguarda la fauna, si segnalano alcuni popolamenti di *Gallinula chloropus*, *Fulica atra*, *Egretta garzetta*, *Ardea cinerea* tra i canneti a valle del vecchio depuratore. Gli interventi determineranno inevitabilmente un allontanamento degli individui. Le previste rivegetazioni ricreeranno localmente aree con vegetazione ripariale finalizzata alla ricolonizzazione da parte della fauna. In ogni caso il costante monitoraggio faunistico determinerà la possibilità di avallare o sospendere le lavorazioni così come di predisporre tempestive azioni di mitigazione alla comparsa di eventuali criticità.

¹² Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.



Figura 5.3: – Area ormaggio. In alto situazione attuale caratterizzata da un fitto canneto a Arundo donax, in basso rendering progettuale.



5.4.10. Tratto in adeguamento su Rio Tannaule

Il tratto in adeguamento del **rio Tannaule** è costituito da un piccolo tratto a ovest della linea ferroviaria prima dell'unione col rio Paule Longa. Gli interventi insisteranno su un

incolto privo di vegetazione arborea e arbustiva limitando pertanto gli impatti alla flora. Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento di 3 esemplari di *Olea europaea* var. *sylvestris* interferenti con le opere progettuali.

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Per quanto riguarda la fauna, si specifica che buona parte degli interventi insisteranno in aree edificate ed antropizzate dove pertanto non si evidenziano importanti colonizzazioni.

5.4.11. Tratto in adeguamento su Rio Pasana

Il tratto in adeguamento del rio Pasana inizierà in prossimità della via Giove, per immettersi verso est nel rio Seligheddu in prossimità della convergenza con il “Deviatore 2 Gadduresu – Seligheddu”.

Anche in questo caso gli interventi insisteranno in aree urbanizzate o su incolti dove non si è osservata la presenza di vegetazione di pregio, limitando pertanto gli impatti alla flora.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹³:

- *Olea europaea* var. *sylvestris* (8)
- *Pyrus spinosa* (5)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Parimenti non sono state osservate particolari colonizzazioni da parte della fauna. In ogni caso il costante monitoraggio faunistico determinerà la possibilità di avallare o sospendere le lavorazioni così come di predisporre tempestive azioni di mitigazione alla comparsa di eventuali criticità.

¹³ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

5.4.12. Tratto in adeguamento Rio Gadduresu

Il tratto in adeguamento del rio Gadduresu ha inizio poco più ad ovest dell'attraversamento della circonvallazione di Olbia.

Anche in questo caso i principali impatti alla flora sono connessi con la potatura e l'eliminazione di alcuni esemplari arborei e arbustivi. Si ricorda sempre la misura di mitigazione di espanto e reimpianto nonché la ri-vegetazione delle aree di intervento con specie locali al fine di ripristinare e migliorare la copertura vegetale.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹⁴:

- *Acacia dealbata* (1)
- *Eucalyptus* sp. (5)
- *Ficus carica* (1)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (23)
- *Populus* sp. (8)
- *Quercus* sp. (4)
- *Salix* sp. (8)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Per quanto riguarda la fauna, si specifica che buona parte degli interventi insisteranno in aree edificate ed antropizzate dove pertanto non si evidenziano importanti colonizzazioni. In ogni caso il costante monitoraggio faunistico determinerà la possibilità di avallare o sospendere le lavorazioni così come di predisporre tempestive azioni di mitigazione alla comparsa di eventuali criticità.

¹⁴ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

5.4.13. Tratto in adeguamento Rio San Nicola

I lavori di adeguamento del rio San Nicola partiranno dal ponte della circonvallazione verso est.

Nel primo tratto, l'unico impatto sarà costituito dall'eliminazione della vegetazione ripariale dominata da *Arundo donax* (e subordinatamente *Salix* sp.) e quindi al conseguente allontanamento della fauna. L'area attorno a tale corso d'acqua è invece caratterizzata da incolti senza vegetazione di pregio. Dalla via Petta verso valle invece, gli interventi insisteranno fondamentalmente in ambiente urbano non costituendo pertanto impatti alle matrici naturali. Si segnala solo l'eliminazione di alcune alberature a *Eucalyptus* sp. e altre specie alloctone (e.g. *Phoenix* sp.) presenti, ad esempio, nell'area prospiciente il parco Fausto Noce. Parimenti, a tale intervento, è connesso anche l'esproprio dell'area adiacente al ponte di via d'Annunzio attualmente caratterizzato da un incolto a *Eucalyptus* sp. e *Olea europaea* var. *sylvestris* su cui insiste un'abitazione e un relativo giardino.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹⁵:

- *Acacia saligna* (5)
- *Alnus* sp. (1)
- *Ceratonia siliqua* (4)
- *Citrus* sp. (2)
- *Eriobotrya japonica* (2)
- *Esperocyparis arizonica* (1)
- *Eucalyptus* sp. (~85)
- *Ficus carica* (2)
- *Fraxinus* sp. (1)
- *Laurus nobilis* (1)
- *Olea europaea* (4)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (25)
- *Phyllirea* sp. (5)
- *Phytolacca dioica* (4)

¹⁵ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

- *Quercus ilex* (~62)
- *Rhamnus alaternus* (1)
- *Salix* sp. (~15)
- *Tamarix* sp. (3)
- *Taxodium* sp (1)
- *Ulmus* sp. (~7)
- *Washingtonia* sp. (2)

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Parimenti non si rilevano importanti impatti legati alla fase di dragaggio dei tratti terminali, proprio in virtù della situazione già artificiale e compromessa dal punto di vista ambientale che caratterizza l'area urbana.

5.4.14. Tratto in adeguamento Canale Zozò

Il canale Zozò si caratterizza per sponde cementate da ovest fino alla Piazzetta Lai, proseguendo poi verso est con sponde in terra fino alla foce. Anche in questo caso, tenuto conto che gli interventi insisteranno in un piccolo tratto, peraltro all'interno dell'area urbana, non si prevedono impatti alle matrici ambientali. Si segnala solo l'eliminazione di alcune alberature in prossimità del parco Fausto Noce e di alcuni esemplari di *Salicornia* sp. nel tratto di foce.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹⁶:

- *Acacia saligna* (2)
- *Eucalyptus* sp. (15)
- *Melia* sp. (1)
- *Populus* sp. (14)
- *Tamarix* sp. (4)
- *Washingtonia* sp. (1)

¹⁶ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Parimenti non si rilevano importanti impatti legati alla fase di dragaggio dei tratti terminali, proprio in virtù della situazione già artificiale e compromessa dal punto di vista ambientale che caratterizza l'area urbana.

5.4.15. Area Cimitero

L'area di destinazione a sud del cimitero ha un'estensione di alcuni ettari ed insiste su un incolto colonizzato prevalentemente da specie segetali e ruderali a cui si associano isolati esemplari di *Pyrus spinosa*, *Olea europaea* var. *sylvestris* e *Pistacia lentiscus*. Nell'ultimo tratto, il canale sottopasserà la S.P.24, costeggerà alcune case e attraverserà una radura caratterizzata da specie segetali, ruderali ed isolati esemplari di *Olea europaea* var. *sylvestris* e *Pistacia lentiscus*, per immettersi infine nel Padrongianos a valle del ponte sulla strada provinciale. In tale tratto, nel Padrongianos è presente una briglia a valle della quale si segnala una importante colonizzazione a *Salix purpurea*, *Tamarix* sp., *Arundo donax* e *Phragmites australis*. Sulle sponde sono inoltre presenti diversi esemplari di *Eucalyptus* sp. di cui alcuni saranno interferenti con l'opera di scolo.

Il principale impatto per quest'area di intervento sarà pertanto costituito dall'eliminazione di tali esemplari che – laddove possibile – verranno espianati e reimpiantati *in loco* nel nuovo assetto morfologico dell'area.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹⁷:

- *Acacia saligna* (1)
- *Eucalyptus* sp. (3)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (20)
- *Pyrus spinosa* (20)
- *Salix* sp. (4)

¹⁷ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

- *Tamarix* sp. (2)

Tra gli impatti ipotizzati è emersa la possibilità di una variazione del fondo geochimico ad opera dei materiali da utilizzare. Come già esposto, tale criticità sarà limitata con uno studio geochimico e mineralogico finalizzato a stabilire la compatibilità dei materiali col sito di destinazione. Ulteriore impatto potrebbe essere l'introduzione di specie aliene contenuta nella banca del seme di tale materiale. Anche tale impatto sarà mitigato col riutilizzo del suolo locale precedentemente prelevato tramite operazione di scotico e riutilizzato nella nuova morfologia al fine anche di preservare la propria banca del seme locale.

Per quanto riguarda gli habitat, anche in questo caso non se ne segnala la presenza in corrispondenza degli interventi.

Per quanto riguarda la fauna, non si segnalano significativi impatti in quanto la scarsa vegetazione non consente allo stato attuale un'importante colonizzazione faunistica. La presenza di aree naturali/seminaturali limitrofe consentirà inoltre alla fauna, qualora disturbata, di potersi spostare in aree simili.

Tenuto conto che tale intervento rappresenta il più esterno verso sud-est rispetto alla città di Olbia, si significa anche in tale sede che il più vicino areale di distribuzione segnalato per la specie *Tetrax tetrax* è ubicato a sud del fiume Padrongianos e pertanto ad oltre 2 km dalle aree di intervento. I rilievi faunistici effettuati non hanno difatti individuato tale specie neanche nella stagione riproduttiva (periodo in cui è più facile riconoscere all'ascolto la specie). In ogni caso, il monitoraggio previsto sia in *ante operam* che in corso d'opera consentirà di verificarne l'eventuale presenza e, in caso positivo, attuare tutte le misure di mitigazione fino alla sospensione dei lavori nel periodo riproduttivo o fino all'allontanamento spontaneo della specie.

5.4.16. Area Colcò

L'area di Colcò interessata dagli interventi in progetto è una vasta area (30 ha) compresa tra la S.S. 729, la via Aviazione generale, via degli Aviatori e la S.P.24. Da tale poligono sono esclusi il canile comunale, l'istituto tecnico e le abitazioni sulla S.P.24. È incluso invece l'ostello della gioventù.

L'impatto principale per quest'area è sicuramente l'eliminazione di buona parte della vegetazione presente, sebbene gli interventi di mitigazione prevedano l'espianto e il reimpianto *in loco* di parte degli individui e l'inserimento *ex novo* delle stesse specie floristiche che caratterizzano l'area.

Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹⁸:

- *Acacia saligna* (8)
- *Eucalyptus* sp. (~60)
- *Olea europaea* var. *sylvestris* (~80)
- *Phoenix* sp. (2)
- *Pinus* sp. (14)
- *Populus* sp. (10)
- *Pyrus spinosa* (~260)
- *Rhamnus alaternus* (4)
- *Salix* sp. (~30)
- *Tamarix* sp. (~40)
- *Ulmus minor* (10)

Si specifica che buona parte degli individui arborei indicati per il settore E e SW è già stata (o verrà) eliminata nell'ambito del progetto della bretella aeroportuale RFI limitando per tanto la quota parte di individui arborei da abbattere relativi al progetto del Parco di Colcò.

Tra gli impatti ipotizzati è emersa la possibilità di una variazione del fondo geochimico ad opera dei materiali da utilizzare. Come già esposto, tale criticità sarà limitata con uno studio

¹⁸ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

geochimico e mineralogico finalizzato a stabilire la compatibilità dei materiali col sito di destinazione. Ulteriore impatto potrebbe essere l'introduzione di specie aliene contenuta nella banca del seme di tale materiale. Anche tale impatto sarà mitigato col riutilizzo del suolo locale precedentemente prelevato tramite operazione di scotico e riutilizzato nella nuova morfologia al fine anche di preservare la propria banca del seme locale, **e preservare quindi il germoplasma locale.**

Per quanto riguarda gli habitat, si segnala nell'area la presenza dell'habitat 6420. **La perimetrazione precisa di tali habitat è indicata nella scheda di dettaglio e verrà confermata o eventualmente implementata in fase di *ante-operam*, qualora avvenissero modifiche nel tempo (e.g. lavori per la bretella ferroviaria). Dai rilievi emersi, su una superficie attualmente stimata nel 2025 di circa 1,87 ha, si prevede di preservare 0,67 ha di habitat. L'impatto negativo di sottrazione per sovrapposizione con gli interventi è pertanto quantificabile in circa 1,2 ha (di cui circa 0,2 ha già interessati dai lavori per la bretella ferroviaria).**

La preservazione di buona parte dell'habitat 6420 consentirà anche di tutelare gli esemplari dell'endemismo *Dispacus ferox* ivi rilevato.

Le lavorazioni determineranno anche un allontanamento della fauna dall'area che in ogni caso non si presenta particolarmente ricca di specie, al netto dell'avifauna che in ogni caso potrà spostarsi in aree limitrofe simili.

5.4.17. Area Pittulongu

L'area di Pittulongu verrà interessata dal presente progetto in quanto una aliquota di sabbie provenienti dal dragaggio del settore di foce di alcuni canali potrebbe essere riutilizzata nella riqualificazione della spiaggia e del suo settore retrodunale.

Anche in questo caso, l'impatto alla flora principale è costituito dall'eliminazione della vegetazione interferente. Nello specifico, si stima per l'intervento la necessità (per eccesso) di abbattimento dei seguenti individui arborei¹⁹:

- *Acacia saligna* (~16)
- *Eucalyptus* sp. (2)
- *Myoporum laetum* (~20)
- *Phoenix* sp. (7)
- *Pinus* sp. (3)
- *Tamarix* sp. (2)

Nell'area di Pittulongu, sono stati individuati e perimetrati gli habitat 2110, 2210, 1410, 1420 (cfr. scheda di dettaglio). La definizione della precisa perimetrazione di tali habitat ha consentito di escludere gli stessi dalle aree interessate dagli interventi, a tutela degli habitat stessi (e della vegetazione che li caratterizza).

L'ultima versione del progetto, pertanto, esclude dagli interventi l'area del parcheggio sud, identificata come un'area di potenziale habitat 1410-1420 in assenza del disturbo delle auto. Ciò consente pertanto di rispondere positivamente all'osservazione della nota della Provincia di Sassari (DGA 17510 del 18.06.2025) dove si evidenziava una eccessiva estensione dell'habitat 2210 a scapito delle praterie alofile e i pascoli a *Juncetalia*.

Ad ulteriore tutela degli habitat e della flora locale si segnala come impatto positivo degli interventi in progetto l'eliminazione delle specie aliene e invasive attualmente presenti che competono con la flora psammofila locale. In tutte le aree di intervento, inoltre, non sono previsti interventi di piantumazione e/o semina proprio per escludere la possibilità di inserimento di specie o di germoplasma alloctono o, peggio, di fitopatologie. Parimenti, gli interventi prevedono la regimazione degli accessi al litorale evitando il camminamento diffuso sui sistemi dunali, consentendo pertanto la colonizzazione spontanea di questi da parte della vegetazione pioniera e facilitando la ricucitura degli habitat. Anche nel sistema retrodunale l'eliminazione dei parcheggi eliminerà l'attuale interferenza antropica a

¹⁹ Per l'ubicazione dei singoli individui si rimanda alle schede di campo.

vantaggio della conservazione e del miglioramento degli habitat. Tali interventi costituiranno pertanto un impatto positivo per i sistemi naturali. Ulteriore misura di mitigazione sarà infine costituita dal monitoraggio durante le tre fasi di *ante-operam*, corso d'opera e *post-operam* sia della componente vegetazionale che degli habitat. Ciò consentirà in fase di *ante-operam* di confermare o aggiornare l'estensione degli habitat e di conseguenza definire meglio le aree di intervento. In fase di corso d'opera e *post operam* consentirà di adottare tutte le eventuali misure di mitigazione all'eventuale insorgenza di criticità.

Tra gli impatti ipotizzati è emersa anche la possibilità di una variazione del fondo geochimico ad opera dei materiali da utilizzare. Come già esposto, tale criticità sarà limitata con uno studio geochimico e mineralogico finalizzato a stabilire la compatibilità dei materiali col sito di destinazione. Ulteriore impatto potrebbe essere l'introduzione di specie aliene contenuta nella banca del seme di tale materiale.

Per quanto riguarda la fauna, l'area è colonizzata da un corteggio limitato anche a causa della situazione di forte antropizzazione e degrado naturalistico. Pertanto, minimi si ritengono gli impatti alla fauna.

Tuttavia, tra i potenziali impatti individuati alla componente faunistica si segnalano, in corso d'opera, il disturbo etologico ad opera del cantiere (mezzi, movimentazione sedimenti etc). In fase di esercizio, si segnala infine un probabile disturbo etologico connesso al nuovo impianto di illuminazione con pali alti 4 metri. Quest'ultimo impatto sarà mitigato con la direzionalità del fascio luminoso esclusivamente verso il basso. In ogni caso si significa che il litorale di Pittulongu è già inserito in un'area antropizzata ed urbanizzata dove già è presente l'illuminazione pubblica notturna. Pertanto non si ritiene che l'illuminazione prevista per il progetto possa aumentare l'impatto luminoso già presente.

In ogni caso, come per tutti gli interventi, anche in questo caso, a tutela della fauna, il costante monitoraggio faunistico determinerà la possibilità di avallare o sospendere le lavorazioni in corso d'opera così come di predisporre tempestive azioni di mitigazione alla comparsa di eventuali criticità.

5.5. Valutazione degli effetti cumulativi

Al fine di valutare l'eventuale presenza di impatti cumulativi, si deve verificare se gli effetti di un'azione introdotta o indotta dal progetto si aggiungano o interagiscono con altri effetti, legati ad altre fasi di programmazione in corso o previste. Ulteriore impatto cumulativo potrebbe essere considerata l'interazione con pressioni e impatti cronici già presenti ai quali l'aggiunta di anche minimi nuovi impatti potrebbe determinare effetti di più elevata magnitudo.

Per la valutazione degli effetti cumulativi è pertanto necessario prendere in considerazione gli impatti già presenti (cfr. cap. prec.) nonché gli impatti che potrebbero generarsi da ulteriori fasi progettuali o ulteriori progetti in programmazione nelle aree di intervento.

Come più volte esposto, buona parte degli interventi progettuali insisteranno su aree urbane o suburbane della città di Olbia; pertanto, in settori più o meno già antropizzati e urbanizzati, caratterizzati da sistemi naturali già compromessi o artificializzati. Numerosi sono gli impatti che già interessano le matrici naturali di flora, habitat e fauna tra i quali si potrebbero citare a solo titolo di esempio l'eliminazione della vegetazione a seguito della realizzazione di infrastrutture o urbanizzazioni, la modifica della copertura vegetale a seguito di coltivazioni o di utilizzo a pascolo dei terreni periferici, l'inquinamento dovuto alle attività umane nonché il disturbo che tutte le infrastrutture (città, viabilità, linea ferroviaria, porti e aeroporto) possono generare.

Tenuto conto di ciò, si ritiene minimo l'apporto in magnitudo degli impatti generati dal presente progetto a fronte di quelli già esistenti e cronici. Inoltre, inferiore è da ritenere la significatività di tali impatti se si considerano i numerosi presidi e le numerose misure di mitigazione previste, il carattere temporale e reversibile degli impatti stessi e la definizione di numerose azioni volte al ripristino (e spesso al miglioramento) dei luoghi. In alcuni casi, inoltre, gli interventi progettuali andranno a ridurre gli impatti presenti consentendo quindi di avere un impatto complessivo in positivo. A titolo di esempio non esaustivo si citano

- la rimozione delle specie invasive a favore della vegetazione alloctona,

- l'intercettazione di sedimenti in vasche di calma al fine di limitare l'intorbidimento del golfo di Olbia in occasione di importanti eventi pluviometrici

5.6. Valutazione degli effetti cumulativi con altri progetti previsti

Nel quadro delle trasformazioni urbane in corso, il progetto “Olbia e le sue Acque” si inserisce all'interno di un sistema più ampio di interventi previsti sul territorio comunale, con i quali condivide obiettivi e strategie di riqualificazione ambientale, miglioramento della qualità urbana e rafforzamento della rete degli spazi pubblici. La natura strutturante del progetto, fondata sulla messa in sicurezza idraulica e sulla ricostruzione del rapporto tra città e sistema delle acque, lo rende infatti un elemento di riferimento per le altre iniziative programmate, rispetto alle quali si pone in termini di integrazione e reciproco rafforzamento.

Dal punto di vista paesaggistico, tale relazione si traduce nella costruzione di una trama continua di spazi aperti, percorsi e ambiti rinaturalizzati che costituisce l'ossatura ecologica e fruitiva della città e offre un quadro unitario entro cui possono inserirsi le ulteriori trasformazioni previste. La compatibilità con i progetti di contesto è quindi garantita sia sul piano funzionale – in termini di accessibilità, connessioni e riduzione delle condizioni di rischio – sia sul piano percettivo e morfologico, contribuendo a definire un'immagine coordinata e riconoscibile del paesaggio urbano.

Per l'inquadramento complessivo del sistema degli interventi e per l'analisi dei rapporti tra il progetto “Olbia e le sue Acque” e gli altri progetti previsti si rimanda all'elaborato D.2.1 – Quadro di riferimento programmatico. Nei paragrafi che seguono si riportano sinteticamente le principali trasformazioni urbane con le quali il progetto si relaziona.

5.7. Raddoppio della tangenziale di Olbia

Tra gli interventi infrastrutturali che interessano il territorio comunale e che si relazionano con il progetto “Olbia e le sue Acque” assume un ruolo rilevante il raddoppio della tangenziale di Olbia, per il quale è attualmente in corso la redazione del progetto. La scelta delle alternative ha portato CIPNES, soggetto attuatore dell'intervento, ad optare per

L’“Alternativa 3”, ritenuta la più sostenibile dal punto di vista logistico, ambientale e dell’interazione con gli insediamenti urbani.

Il raddoppio della tangenziale di Olbia “Alternativa 3” è esplicitamente inserito nel nuovo Piano Urbanistico Comunale (PUC) adottato e pubblicato dal Comune di Olbia nel 2025. Il PUC recepisce il nuovo corridoio viario come infrastruttura strategica sovracomunale, integrandolo nella struttura insediativa, nella mobilità e nella pianificazione delle aree produttive e di espansione.

L’opera non risulta allo stato attuale cantierata e il suo iter attuativo è ancora legato al completamento delle successive fasi tecnico-amministrative e alla definizione degli aspetti finanziari, configurandosi quindi come intervento in fase di sviluppo progettuale avanzato.

Sono attualmente in corso le attività di indagine geognostica e gli studi storico archeologici. L’infrastruttura costituisce un tratto della S.S. 131 D.C.N., itinerario classificato dalla programmazione regionale come parte della rete fondamentale della viabilità sarda e quindi elemento strategico per la connessione del nodo trasportistico di Olbia con la Sardegna centrale e nord-orientale e, più in generale, con il sistema della SS 131 “Carlo Felice”.

L’intervento nasce dall’esigenza di adeguare la circonvallazione esistente, oggi caratterizzata da una piattaforma stradale non più rispondente agli attuali standard funzionali e di sicurezza, né in grado di sostenere l’incremento dei flussi di traffico connessi allo sviluppo urbano e al ruolo intermodale della città. Il raddoppio della sede stradale rappresenta pertanto un’opera di rilevanza territoriale che incide non solo sulla mobilità, ma anche sulla struttura morfologica e percettiva dei margini urbani, ridefinendo il rapporto tra infrastruttura, spazi aperti e sistema ambientale.

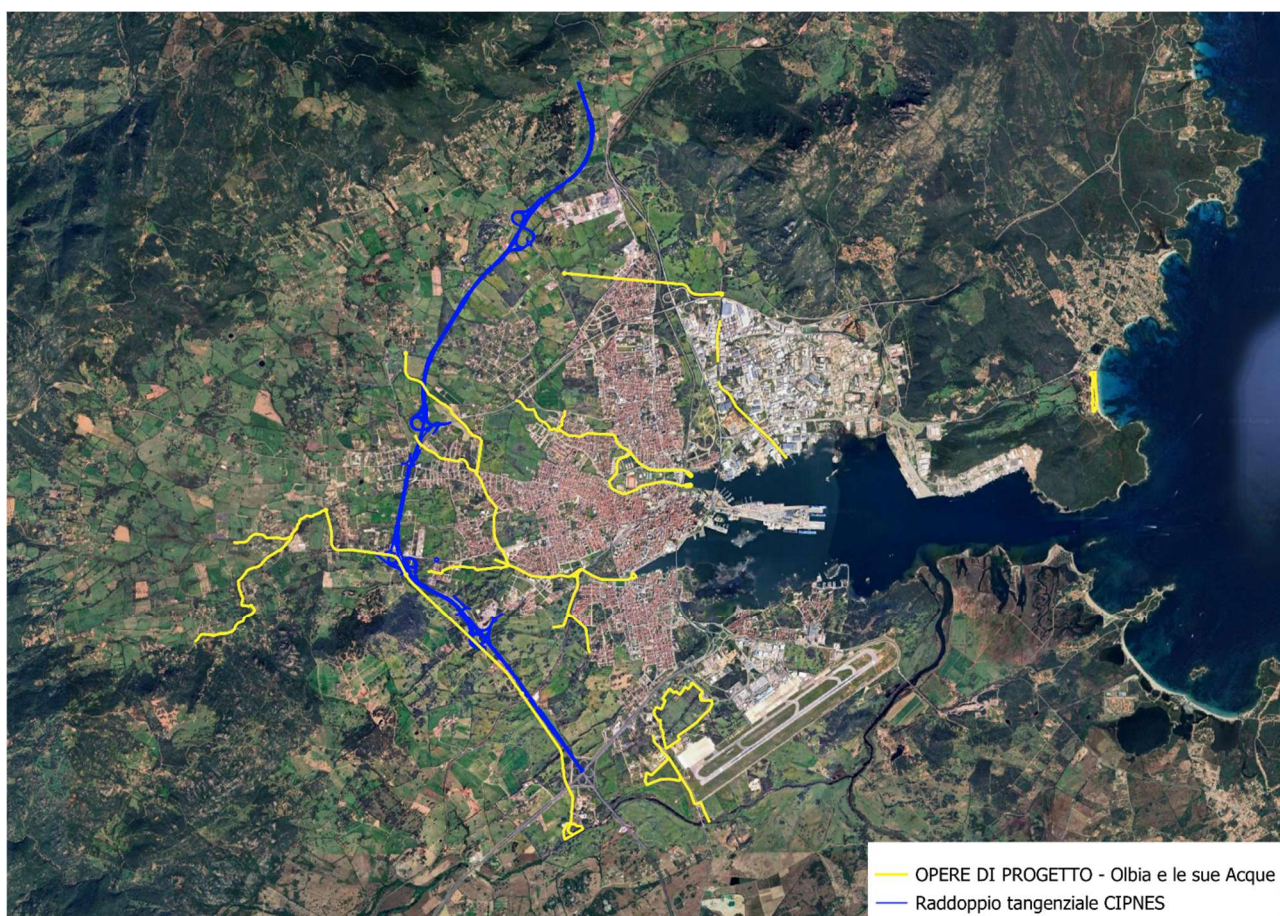


Figure 5-1: Interazione tra Opere di progetto “Olbia e le sue Acque” e il raddoppio della tangenziale di CIPNES

Dal punto di vista paesaggistico, la presenza della tangenziale si colloca in un ambito di contatto tra la città costruita, le aree produttive e gli spazi aperti attraversati dal sistema dei canali, configurandosi come elemento lineare di forte riconoscibilità. Il progetto “Olbia e le sue Acque”, che interviene sugli stessi ambiti con opere di messa in sicurezza idraulica e di riqualificazione ambientale, introduce in questi contesti una nuova struttura ecologica e fruitiva fondata sulla continuità dei corsi d'acqua, sulla rinaturalizzazione delle sponde e sulla realizzazione di percorsi ciclopeditoni. La relazione tra i due interventi non si configura quindi in termini di conflitto, ma come occasione per coordinare infrastrutture di scala diversa all'interno di un disegno unitario del paesaggio.

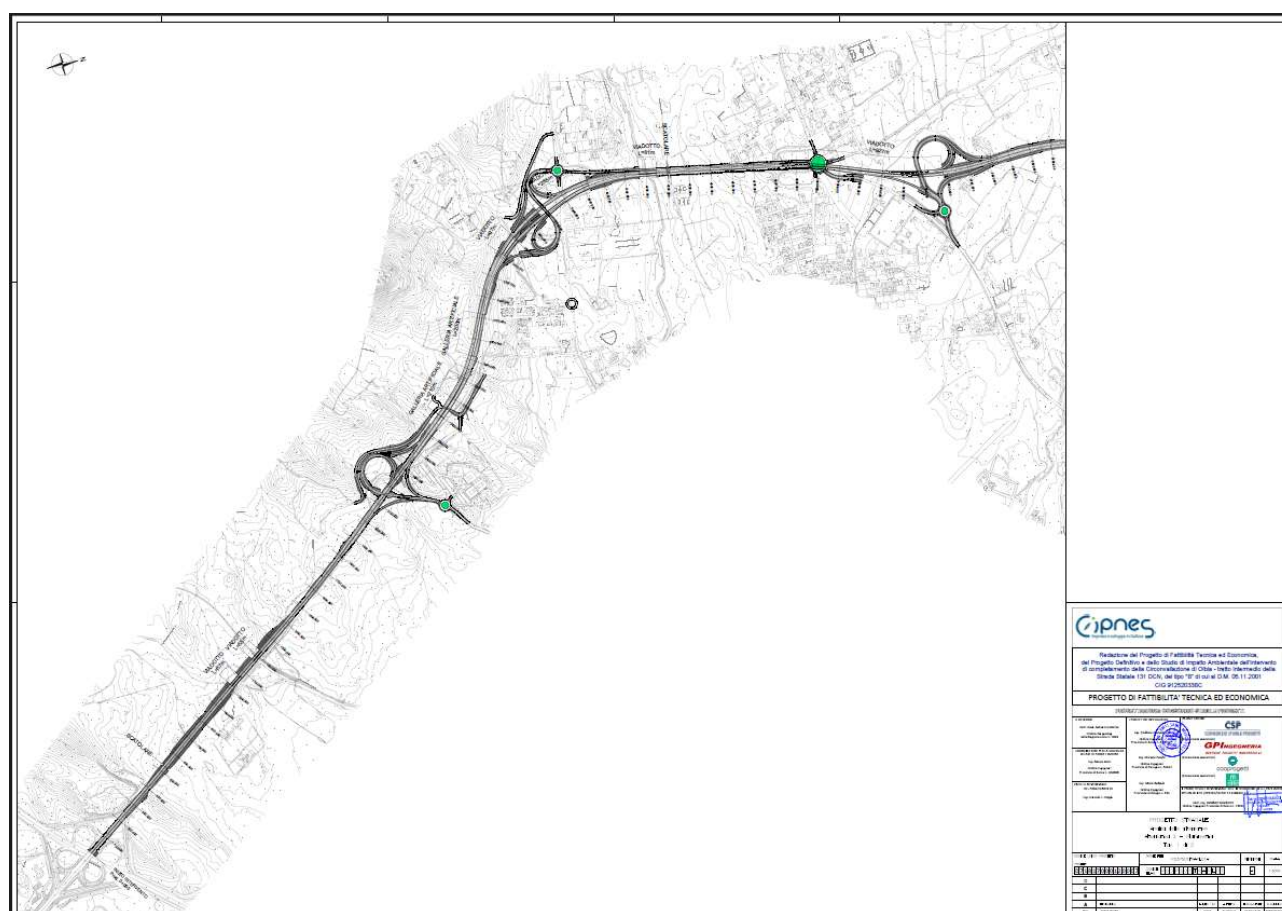


Figure 5-2 - Redazione del PFTE, Progetto Definitivo, e Studio di Impatto Ambientale dell'intervento di completamento della Circonvallazione di Olbia - tratto intermedio della Strada Statale 131 DCN, Progetto Stradale, Analisi delle alternative - Alternativa 3

Le verifiche progettuali condotte hanno evidenziato che le interferenze tra il raddoppio della tangenziale e le opere idrauliche previste risultano puntuali e tecnicamente risolvibili. La quota altimetrica della livelletta stradale è infatti sensibilmente superiore a quella dei canali di progetto, consentendo la coesistenza delle due infrastrutture senza alterarne il funzionamento. Nei tratti in cui la nuova sede stradale interseca il canale scolmatore, in particolare in prossimità di via Maltana, la soluzione è individuata nell'estensione di brevi porzioni in viadotto in corrispondenza degli svincoli, con rampe di accesso e uscita adattate alla presenza dell'opera idraulica. Analogamente, il tratto della tangenziale che si sviluppa parallelamente al canale scolmatore in prossimità della presa del Paule Longa è stato

verificato come planimetricamente compatibile, essendo il canale stesso collocato in posizione tale da non interferire con il futuro ampliamento della sede stradale.

Le verifiche effettuate sulle principali reti tecnologiche presenti – in particolare sulla condotta foranea DN 900 in capo ad Abbanoa e sulla condotta DN 450 del Consorzio di Bonifica – hanno inoltre escluso criticità, confermando la possibilità di coordinare i diversi interventi senza compromettere la funzionalità dei sottoservizi.

In termini paesaggistici e urbanistici, la compatibilità tra il raddoppio della tangenziale e il progetto “Olbia e le sue Acque” si traduce nella possibilità di affiancare a una grande infrastruttura viaria un sistema continuo di spazi aperti, canali rinaturalizzati e percorsi della mobilità lenta, capace di mitigare l’impatto percettivo della viabilità e di trasformare i margini infrastrutturali in ambiti di connessione ecologica e fruitiva. Il sistema delle acque, infatti, introduce lungo il tracciato elementi di naturalità, visuali aperte, fasce verdi e percorsi ciclopeditoni che contribuiscono a ridurre la frammentazione del paesaggio e a migliorare la qualità complessiva degli spazi attraversati.

Il coordinamento tra i due progetti consente quindi di coniugare le esigenze della mobilità di scala territoriale con gli obiettivi di sicurezza idraulica, riqualificazione ambientale e costruzione della rete ecologica urbana, evitando sovrapposizioni incongrue e favorendo una lettura integrata delle trasformazioni in atto. In questa prospettiva, la tangenziale non si configura come elemento estraneo al sistema paesaggistico, ma come infrastruttura che, se correttamente relazionata al progetto delle acque, può essere inserita all’interno di un disegno più ampio di riequilibrio tra componenti naturali, spazi aperti e rete della mobilità.

5.8. Ponte ferroviario sul Rio Seligheddu

Tra gli interventi infrastrutturali che interessano direttamente il sistema del Rio Seligheddu si colloca il progetto di adeguamento idraulico della linea ferroviaria Cagliari – Golfo Aranci, sviluppato da RFI e attualmente in fase di progettazione definitiva. L’opera riguarda il tratto posto al km 282+584, dove è prevista la sostituzione dell’attuale ponte ferroviario con due nuovi ponti metallici, uno relativo al binario provvisorio – destinato a divenire in futuro il

binario di raddoppio – e uno al binario definitivo. L'intervento si inserisce in un contesto infrastrutturale già complesso, caratterizzato dalla presenza della linea ferroviaria a singolo binario, di attraversamenti stradali a raso e di opere idrauliche puntuali, e nasce con l'obiettivo di migliorare la sicurezza idraulica del corso d'acqua e l'efficienza del sistema ferroviario, eliminando le criticità legate all'attuale configurazione dell'attraversamento. I nuovi ponti presentano una luce netta di circa 52 metri, tale da garantire un'adeguata sezione di deflusso del rio, e sono costituiti da impalcati in carpenteria metallica con schema a travata e via di corsa inferiore, impostati su spalle unificate nella configurazione finale. L'innalzamento del piano del ferro comporta inoltre la sistemazione dei rilevati ferroviari e l'adeguamento delle opere longitudinali e trasversali connesse. Allo stato attuale l'intervento non risulta ancora avviato alla fase esecutiva né alla cantierizzazione, ma il livello di definizione raggiunto dal progetto consente di valutarne in modo compiuto le relazioni con il sistema degli interventi previsti da “Olbia e le sue Acque” e di impostare fin da ora un coordinamento unitario delle trasformazioni.

Dal punto di vista paesaggistico, l'intervento assume un ruolo rilevante perché interessa uno dei principali corridoi ecologici e fruitivi della città, oggetto di una profonda riqualificazione nell'ambito del progetto “Olbia e le sue Acque”. Il nuovo assetto dell'attraversamento ferroviario, aumentando la luce libera sul corso d'acqua e superando le attuali condizioni di restringimento, consente infatti una maggiore continuità morfologica e percettiva dell'alveo e delle sue sponde, migliorando la leggibilità del sistema fluviale e la qualità degli spazi aperti connessi. L'eliminazione delle interferenze più critiche tra infrastruttura ferroviaria e dinamica idraulica si traduce non solo in un incremento del livello di sicurezza, ma anche nella possibilità di restituire al rio un'immagine più coerente con il suo ruolo di elemento strutturante del paesaggio urbano.

La compatibilità con il progetto “Olbia e le sue Acque” è quindi intrinseca alla natura stessa dell'intervento. Entrambi i progetti perseguono infatti l'obiettivo della riduzione del rischio idraulico e della riqualificazione del corridoio fluviale, operando su scale e componenti diverse ma convergenti. Il nuovo ponte ferroviario, grazie alle maggiori luci e alla

razionalizzazione delle sottostrutture, non costituisce una barriera alla continuità degli interventi di sistemazione delle sponde, alla realizzazione dei percorsi ciclopeditoni e alla riconnessione ecologica e fruitiva prevista lungo il Rio Seligheddu. Al contrario, la nuova configurazione dell’attraversamento contribuisce a rendere possibile e coerente il disegno complessivo del parco fluviale e del sistema della mobilità lenta, riducendo l’effetto di frammentazione oggi determinato dall’infrastruttura esistente.

Sotto il profilo percettivo, la sostituzione dell’attuale ponte con strutture metalliche di maggiore luce e con un numero ridotto di elementi in alveo determina una semplificazione del quadro visivo e una maggiore apertura delle visuali ad altezza d’uomo lungo l’asse del corso d’acqua, viceversa, l’innalzamento significativo del piano del ferro, tale da garantire i franchi idraulici nello scenario attuale, segna fortemente e modifica lo skyline. L’opera, pur mantenendo la propria riconoscibilità come infrastruttura ferroviaria, si inserisce in un contesto paesaggistico in trasformazione in cui il rio diventa spazio pubblico lineare e sistema ecologico continuo, contribuendo a rafforzarne la leggibilità.

Nel complesso, l’intervento di RFI si configura quindi come un elemento pienamente coerente con le strategie volte alla sicurezza del progetto “Olbia e le sue Acque”: l’adeguamento idraulico dell’attraversamento ferroviario, oltre a risolvere una criticità funzionale, diventa parte integrante del processo di riqualificazione paesaggistica del Rio Seligheddu, favorendo la continuità degli spazi aperti, la sicurezza del territorio e la costruzione di un nuovo rapporto tra infrastrutture, acqua e città.

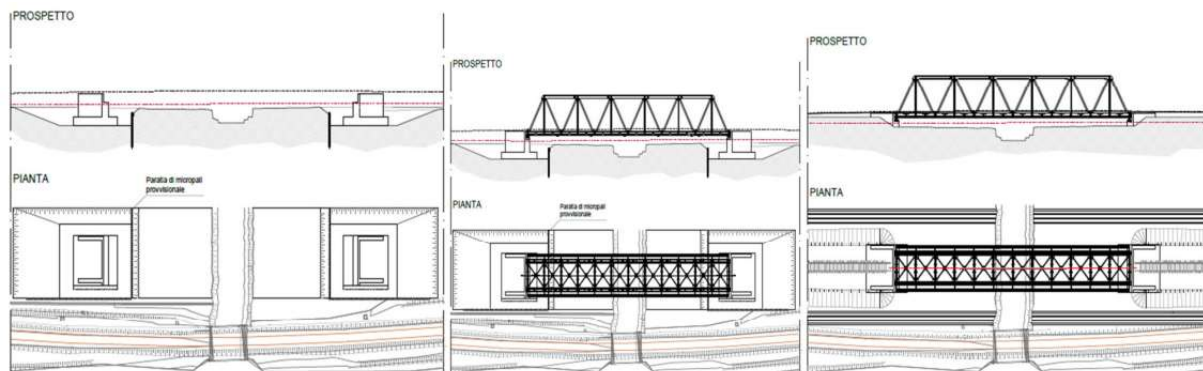


Figure 5-4: Fase 1

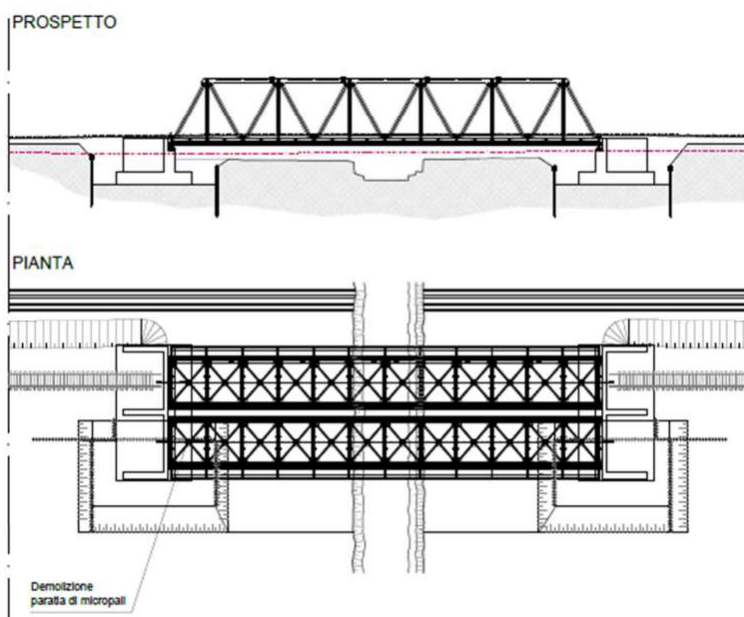


Figure 5-3: Fase 2

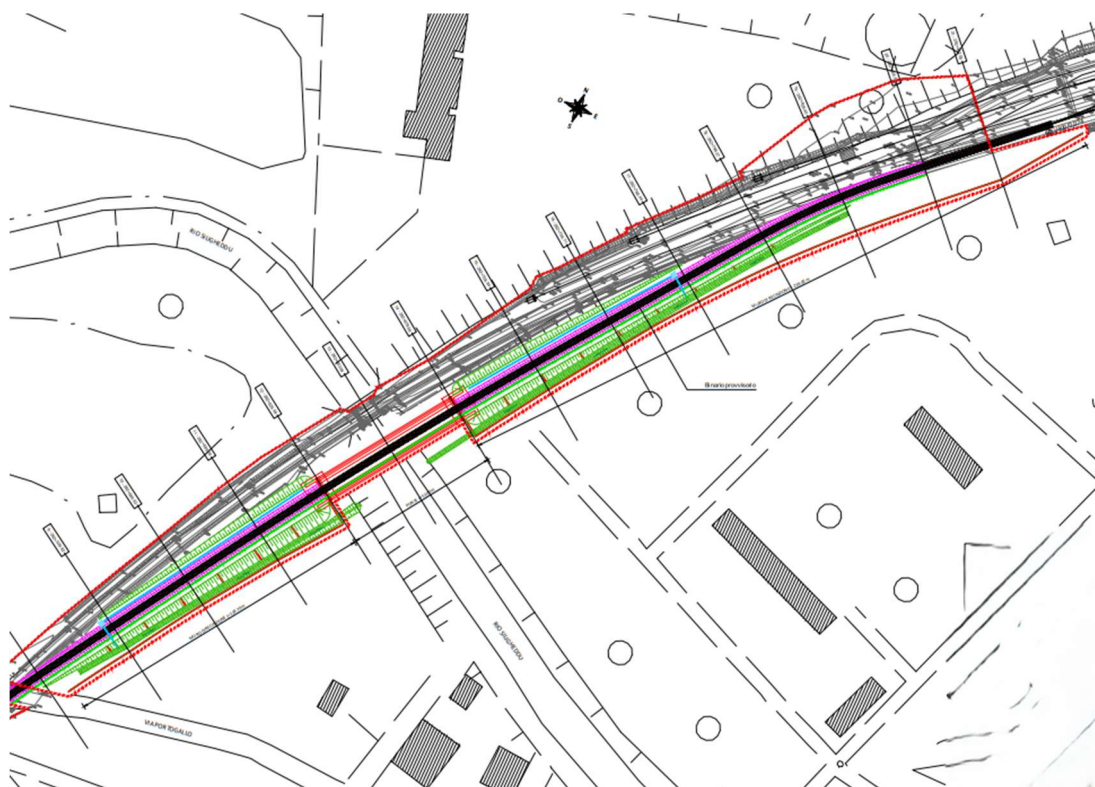
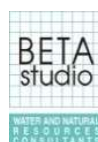


Figure 5-5: Ponte ferroviario sul Rio Seligheddu; fonte: RFI

5.9. Riqualficazione urbana del Piano di Risanamento Urbanistico ‘Sa Minda Noa’ Realizzazione di un parco urbano con annesso palazzetto dello sport”

Tra gli interventi di trasformazione urbana che interessano il settore settentrionale della città si colloca il progetto di riqualficazione del Piano di Risanamento Urbanistico di Sa Minda Noa, promosso dal Comune di Olbia. L’intervento è ormai entrato nella sua fase esecutiva, con l’avvio del cantiere e la realizzazione delle prime opere strutturali del palazzetto dello sport, finanziato nell’ambito delle misure del PNRR. L’area di intervento, estesa per circa 93.000 m² e acquisita al patrimonio comunale con destinazione a verde pubblico attrezzato, è posta ai margini del quartiere sviluppatosi a partire dagli anni Settanta in assenza di una pianificazione organica e successivamente interessato da un processo di regolarizzazione urbanistica e completamento delle opere di urbanizzazione primaria.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Il progetto risponde alla carenza di spazi pubblici e attrezzature sportive in questo settore della città attraverso la realizzazione di un nuovo parco urbano con annesso palazzetto dello sport, configurandosi come elemento di riequilibrio tra tessuto edilizio e dotazioni collettive. La morfologia dell’area, caratterizzata da una naturale pendenza da nord verso sud, costituisce la matrice su cui si imposta l’organizzazione degli spazi aperti e delle strutture, consentendo una sistemazione paesaggisticamente coerente con l’andamento del suolo e con il sistema degli spazi pubblici del quartiere.

L’ambito di intervento risulta direttamente connesso alle opere del progetto “Olbia e le sue Acque”, in particolare all’opera di presa sul Rio Abba Fritta e al canale scolmatore che da essa si sviluppa verso il Rio Cabu Abbas. La parziale sovrapposizione tra il bacino previsto dall’opera idraulica e il perimetro del piano urbanistico non determina elementi di criticità, in quanto interessa porzioni già destinate a verde pubblico attrezzato e quindi pienamente compatibili con la presenza del sistema di regolazione idraulica. Questa condizione consente anzi di interpretare l’infrastruttura idraulica come componente strutturante del nuovo paesaggio urbano, trasformando un’opera tecnica in elemento ordinatore degli spazi aperti e occasione di qualificazione ambientale.

Un aspetto di particolare rilevanza è rappresentato dalla pista di servizio prevista lungo l’opera di presa, che assume anche la funzione di percorso ciclopeditone. Il tracciato, accessibile da via Mosca e sviluppato per una lunghezza di circa 1,2 km, si configura come un’infrastruttura di mobilità lenta capace di connettere il nuovo parco urbano e il palazzetto dello sport con il sistema più ampio dei percorsi ciclopeditoni previsti dal progetto di mitigazione del rischio idraulico. In tal modo l’opera idraulica, oltre alla propria funzione di sicurezza, diventa supporto per la costruzione di nuovi spazi di relazione e di fruizione, contribuendo a migliorare l’accessibilità e la qualità urbana del quartiere.

Dal punto di vista paesaggistico, l’intervento assume un ruolo strategico nella ricomposizione del margine urbano di Sa Minda Noa. La presenza del parco e delle attrezzature sportive introduce un sistema di spazi aperti capace di mitigare la densità edilizia, incrementare la dotazione di verde e costruire una nuova immagine urbana fondata

sulla continuità tra infrastrutture idrauliche, percorsi lenti e servizi collettivi. L'integrazione tra il bacino dell'opera di presa, le sistemazioni a verde e i percorsi ciclopeditoni consente infatti di superare la tradizionale separazione tra opere di difesa idraulica e spazi della vita quotidiana, restituendo un paesaggio multifunzionale in cui sicurezza, fruizione e qualità ambientale risultano strettamente connesse.

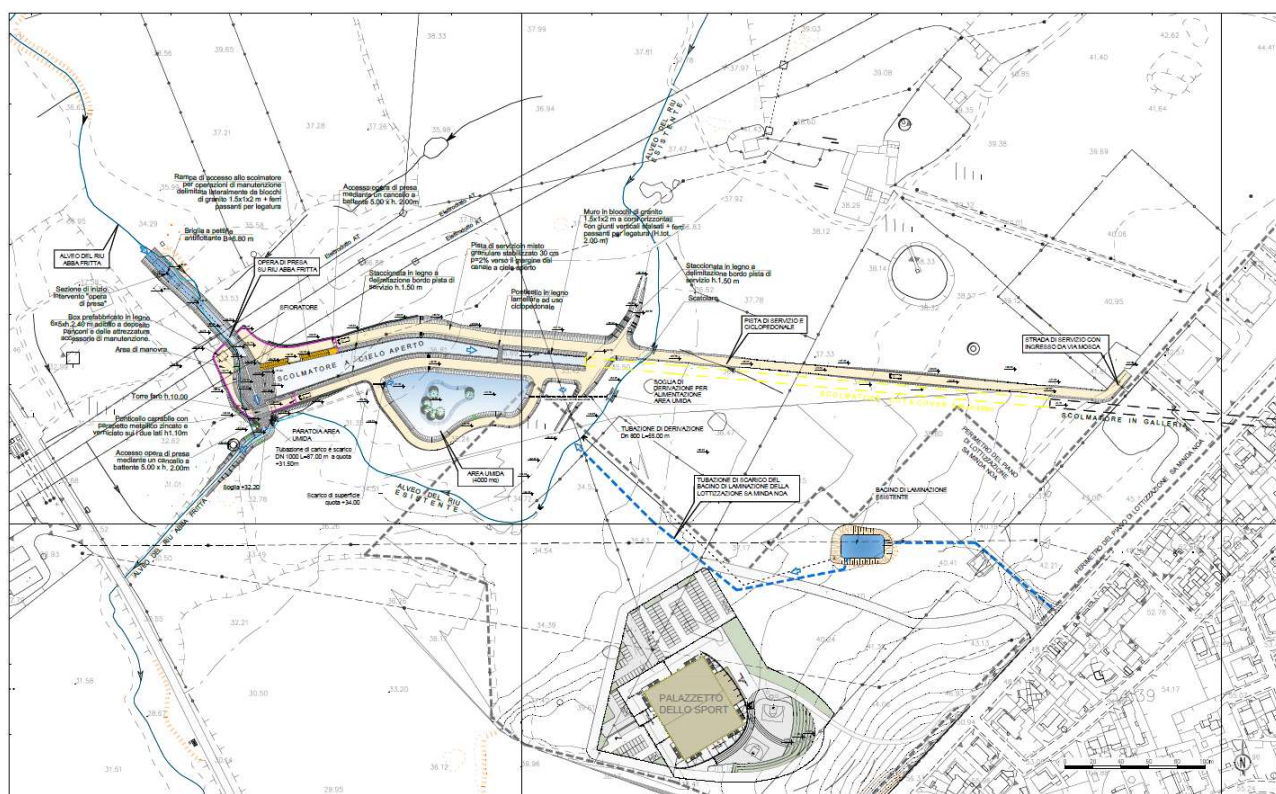


Figure 5-6: Verifica di compatibilità tra il tracciato dello sciatore e il nuovo palazzetto dello sport

La compatibilità con il progetto “Olbia e le sue Acque” è quindi piena e reciproca. Da un lato, le opere idrauliche trovano nel nuovo parco un contesto paesaggisticamente coerente che ne attenua l'impatto e ne valorizza la presenza; dall'altro, il progetto di riqualificazione urbana beneficia della nuova accessibilità e delle connessioni generate dal sistema della mobilità lenta e dal disegno complessivo del corridoio ecologico legato ai corsi d'acqua. L'intervento contribuisce così alla costruzione di una rete continua di spazi pubblici e

infrastrutture verdi che, partendo dai sistemi idraulici, si estende ai quartieri e alle nuove centralità urbane.

Nel complesso, la realizzazione del parco urbano e del palazzetto dello sport a Sa Minda Noa rappresenta un tassello significativo nel processo di rigenerazione paesaggistica della città: un progetto che, integrandosi con le opere di mitigazione del rischio idraulico, trasforma un ambito periferico in una nuova polarità urbana, rafforzando il sistema del verde pubblico, la mobilità lenta e la qualità degli spazi collettivi.

5.10. Interventi di razionalizzazione e adeguamento rete di smaltimento acque meteoriche in zona Ospedale

Il progetto relativo alla razionalizzazione e all’adeguamento della rete di smaltimento delle acque meteoriche nel comparto urbano della zona Ospedale è finalizzato al miglioramento delle condizioni di deflusso del sistema di drenaggio esistente attraverso un insieme coordinato di opere di potenziamento, sostituzione e nuova realizzazione di collettori, nonché mediante la realizzazione di una nuova area di laminazione. L’intervento si configura prevalentemente come opera infrastrutturale a carattere interrato, con limitati elementi emergenti, e prevede in particolare la realizzazione di una vasca di laminazione in prossimità dell’intersezione tra via De Fabris e via Santarosa. Tale invaso, con una capacità di circa 16.000 m³ e una superficie di circa 8.000 m², è dimensionato in modo da ottimizzare la regolazione delle portate in uscita e risultare compatibile con la morfologia locale, mantenendo livelli idrici massimi contenuti entro valori coerenti con le quote del contesto urbano circostante.

Dal punto di vista paesaggistico, la nuova area di laminazione rappresenta l’elemento di maggiore rilevanza dell’intervento, in quanto introduce una modifica morfologica percepibile, sebbene inserita in un ambito urbano già caratterizzato da una forte componente infrastrutturale. Le altre opere previste – sostituzione di tratti tombati, posa di nuovi scatolari, interconnessioni della rete esistente e manutenzione straordinaria dei collettori – si sviluppano infatti nel sottosuolo e si concludono con il ripristino delle superfici stradali, senza determinare trasformazioni permanenti nella percezione del paesaggio urbano.

L'intervento si inserisce in un contesto già fortemente urbanizzato e caratterizzato dalla presenza di viabilità primaria e secondaria, sottoservizi e tessuti edilizi consolidati; in questo quadro, la sistemazione finale della piattaforma stradale e il rifacimento coordinato dei sottoservizi costituiscono un'occasione di riordino dello spazio pubblico, contribuendo al miglioramento della qualità urbana senza introdurre nuovi elementi di discontinuità visiva o funzionale.

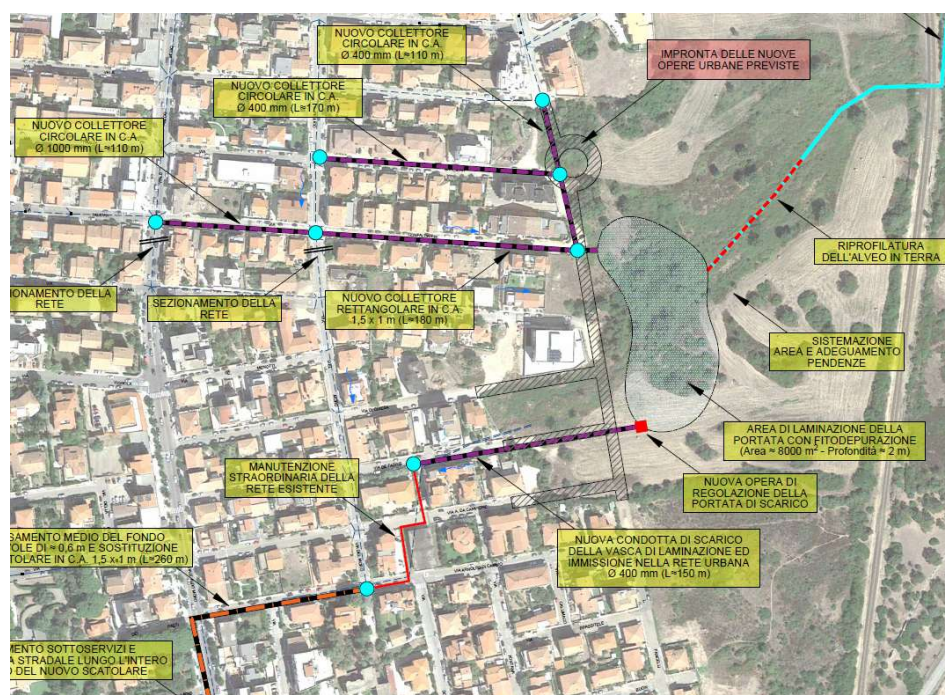


Figure 5-7: Area interessata dalla vasca di laminazione

Per quanto riguarda il rapporto con il progetto “Olbia e le sue Acque”, l’analisi congiunta dei due processi evidenzia l’assenza di interferenze dirette e di effetti cumulativi sul paesaggio. Le opere di adeguamento della rete meteorica operano infatti in un ambito distinto, seppur appartenente al medesimo sistema urbano della gestione delle acque, e la vasca di laminazione – unico elemento con rilevanza morfologica – è localizzata a distanza significativa dalle aree interessate dagli interventi del progetto di mitigazione del rischio idraulico. L’intervento si colloca inoltre nell’ambito della programmazione comunale delle opere di potenziamento del sistema di drenaggio urbano e segue un proprio iter attuativo

autonomo rispetto al progetto “Olbia e le sue Acque”, condizione che conferma l’assenza di sovrapposizioni operative e di effetti cumulativi sotto il profilo paesaggistico e percettivo.

Questa separazione spaziale, unita alla natura prevalentemente interrata delle opere, consente di escludere la sovrapposizione di effetti percettivi e paesaggistici tra i due interventi. Al contrario, i due progetti risultano complementari sotto il profilo funzionale, in quanto concorrono al miglioramento complessivo del sistema di gestione delle acque urbane operando su scale e ambiti differenti: il progetto “Olbia e le sue Acque” agisce sulla rete idraulica principale e sui corridoi fluviali, mentre gli interventi in zona Ospedale intervengono sulla rete di drenaggio secondaria a scala locale.

Nel complesso, l’intervento presenta un impatto paesaggistico contenuto e compatibile con il contesto urbano di riferimento e con il quadro delle trasformazioni previste dal progetto di mitigazione del rischio idraulico, contribuendo al potenziamento della resilienza del sistema di smaltimento delle acque meteoriche senza alterare gli equilibri percettivi e morfologici del paesaggio.

5.11. Dragaggio del Golfo di Olbia

L’intervento previsto dall’Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna riguarda la manutenzione dei fondali del canale di accesso, delle aree di evoluzione e degli specchi acquei prospicienti le banchine operative del Porto di Olbia, con l’obiettivo di ripristinare le quote batimetriche stabilite dai Piani Regolatori Portuali vigenti e garantire nel tempo la piena operatività dello scalo. L’opera si colloca nel quadro della pianificazione portuale vigente ed è stata sviluppata a livello progettuale nell’ambito dell’Adeguamento Tecnico Funzionale del Piano Regolatore Portuale, con attuazione programmata secondo le priorità operative e finanziarie dell’Autorità di Sistema Portuale. Le attività di dragaggio interesseranno la canaletta di accesso – per una lunghezza di circa 3 km e una larghezza media di circa 125 m – fino alla profondità di progetto di -11,00 m s.l.m.m., mentre le restanti sub-aree portuali saranno portate alla quota di -10,00 m s.l.m.m.; l’unico bacino di evoluzione destinato alle manovre delle navi di maggiori dimensioni è localizzato di fronte all’Isola Bianca e presenta un diametro di circa 500 m.

Il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), recependo il parere negativo del Ministero della Cultura, il 17 giugno 2025, ha espresso giudizio parzialmente negativo sulla compatibilità ambientale del progetto di dragaggio del golfo di Olbia. La decisione riguarda in particolare le vasche di colmata Nord previste nell'area del pontile ex Palmera, ritenute incompatibili con la tutela paesaggistica della costa.

Il MASE ha invece espresso parere positivo sulle condizioni ambientali del dragaggio in sé, ma non sulla soluzione di gestione dei sedimenti.

Dal punto di vista paesaggistico l'intervento di dragaggio, si sviluppa in ambito portuale e in ambiente marino già fortemente antropizzato, dove la configurazione dello spazio è storicamente legata alle funzioni infrastrutturali e produttive del porto. Le trasformazioni previste (dragaggio), essendo in gran parte riferite al fondo marino, non determinano modifiche dirette e permanenti nella percezione del paesaggio costiero, mentre le opere connesse alla realizzazione delle vasche di colmata (bocciate dal MASE) si sarebbero collocate in aree già destinate ad usi portuali e cantieristici, in continuità con la struttura funzionale esistente. In questo senso l'intervento pur presentato quale operazione di adeguamento e manutenzione di un sistema infrastrutturale consolidato, è stato valutato negativamente dal MASE, il cui diniego si concentra su due punti specifici:

- l'area dell'ex Palmera è uno degli ultimi tratti di costa naturale non artificializzati a nord di Olbia;
- le vasche di colmata avrebbero comportato un nuovo banchinamento di circa 5 ettari, ritenuto incompatibile con il vincolo paesaggistico del 1965 che tutela la zona come “di notevole interesse pubblico”.



Figure 5-8: Sovrapposizione dei due progetti oggetto di confronto

Il progetto, nella sua articolazione completa, prevedeva la realizzazione di quattro vasche di colmata per il conferimento dei materiali non idonei al ripascimento in mare: due funzionali all’ampliamento dell’attracco 9 e alla realizzazione di un nuovo dente di attracco in corrispondenza dell’attracco 8, e due localizzate nell’area dell’ex pontile Palmera, in un tratto costiero già caratterizzato dalla presenza di infrastrutture per la cantieristica navale.

Il rapporto con il progetto “Olbia e le sue Acque” risulta non interferente e complementare. Le opere di presa, gli scolmatori e le vasche di calma previsti dal progetto di mitigazione del rischio idraulico determinano infatti una significativa riduzione dell’apporto solido verso il Golfo di Olbia, attraverso la regolarizzazione dei deflussi, la diminuzione delle velocità di corrente e la conseguente riduzione dei fenomeni erosivi durante gli eventi di piena. Questo effetto si traduce in una minore tendenza all’interrimento degli specchi acquei portuali e,

quindi, in una riduzione nel tempo della necessità di interventi di dragaggio, con evidenti benefici sia in termini ambientali sia sotto il profilo gestionale e paesaggistico del golfo.

Per quanto riguarda le possibili interferenze tra le attività di dragaggio previste nei due progetti, l'analisi della sovrapposizione planimetrica evidenzia l'assenza di interazioni dirette, in quanto le aree interessate risultano spazialmente distinte e collocate a distanza significativa tra loro. Anche nell'ipotesi cautelativa di una contemporaneità delle fasi di cantiere, le lavorazioni previste alle foci dei rii Seligheddu, San Nicola e Zozò si sviluppano in ambiti circoscritti e lontani dalle aree portuali oggetto degli interventi dell'AdSP, escludendo la possibilità di effetti cumulativi connessi alla diffusione di torbidità o alla sovrapposizione delle plume di dragaggio.

La coesistenza dei due interventi non comporta pertanto modifiche negative allo stato paesaggistico del Golfo di Olbia, ma anzi evidenzia una relazione funzionale sinergica: il progetto “Olbia e le sue Acque”, agendo a monte sul sistema idraulico e sul controllo dei sedimenti, contribuisce al miglioramento delle condizioni idrodinamiche e alla stabilità degli assetti portuali, mentre l'intervento dell'Autorità Portuale garantisce il mantenimento dell'operatività dello scalo all'interno di un quadro di gestione complessiva più efficiente del sistema delle acque.

Nel complesso, sotto il profilo paesaggistico, gli interventi risultano compatibili e non determinano impatti cumulativi, inserendosi in ambiti funzionali differenti ma complementari e concorrendo, su scale diverse, al miglioramento della qualità ambientale e della resilienza del sistema costiero del Golfo di Olbia.

Risultano in corso attività istituzionali volte a verificare la rimodulabilità del progetto, tale da garantirne la compatibilità paesaggistica.

5.12. Realizzazione delle vasche di colmata nella costa nord del Porto di Olbia – ex stabilimento Palmera – e loro completamento e allestimento per ospitare cantieristica navale da diporto

L'intervento per la realizzazione delle vasche di colmata nella costa nord del Porto di Olbia, in località S'Arrasolu, è parte del più ampio processo di adeguamento funzionale dello scalo portuale e trae origine dalle attività di dragaggio della canaletta di accesso previste dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, di cui al punto precedente. La finalità dell'opera era duplice: da un lato accogliere i sedimenti derivanti dall'approfondimento dei fondali portuali, dall'altro riconfigurare planimetricamente il fronte costiero in modo da ospitare un polo dedicato alla cantieristica navale da diporto, dotato delle attrezzature tecniche e degli spazi operativi necessari allo svolgimento delle attività di manutenzione, alaggio, varo e rimessaggio delle unità. L'intervento è previsto nell'ambito dell'Adeguamento Tecnico Funzionale del Piano Regolatore Portuale vigente ed è stato sviluppato a livello progettuale in coerenza con tale strumento di pianificazione, con attuazione demandata alla programmazione operativa e finanziaria dell'Autorità di Sistema Portuale.

Il citato Provvedimento del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica del Ministero della Cultura dello scorso 17 giugno 2025, esprimendosi negativamente sulla realizzabilità delle vasche di colmata Nord previste nell'area del pontile ex Palmera, in quanto ritenute incompatibili con la tutela paesaggistica della costa, sostanzialmente chiude la porta alla realizzabilità del progetto, il quale prevedeva la esecuzione di ampi piazzali operativi per la movimentazione e la manutenzione delle imbarcazioni, un bacino di alaggio con sistema synchro-lift per unità di grandi dimensioni, un ulteriore bacino per travel lift destinato a imbarcazioni di minore dislocamento e un banchinamento attrezzato per l'ormeggio. Le superfici a terra sono dotate di sistemi di raccolta e trattamento delle acque di lavorazione e di prima pioggia, finalizzati alla separazione delle sostanze inquinanti e al riutilizzo in circuito chiuso delle acque depurate, in coerenza con i criteri di sostenibilità ambientale propri delle moderne infrastrutture portuali.

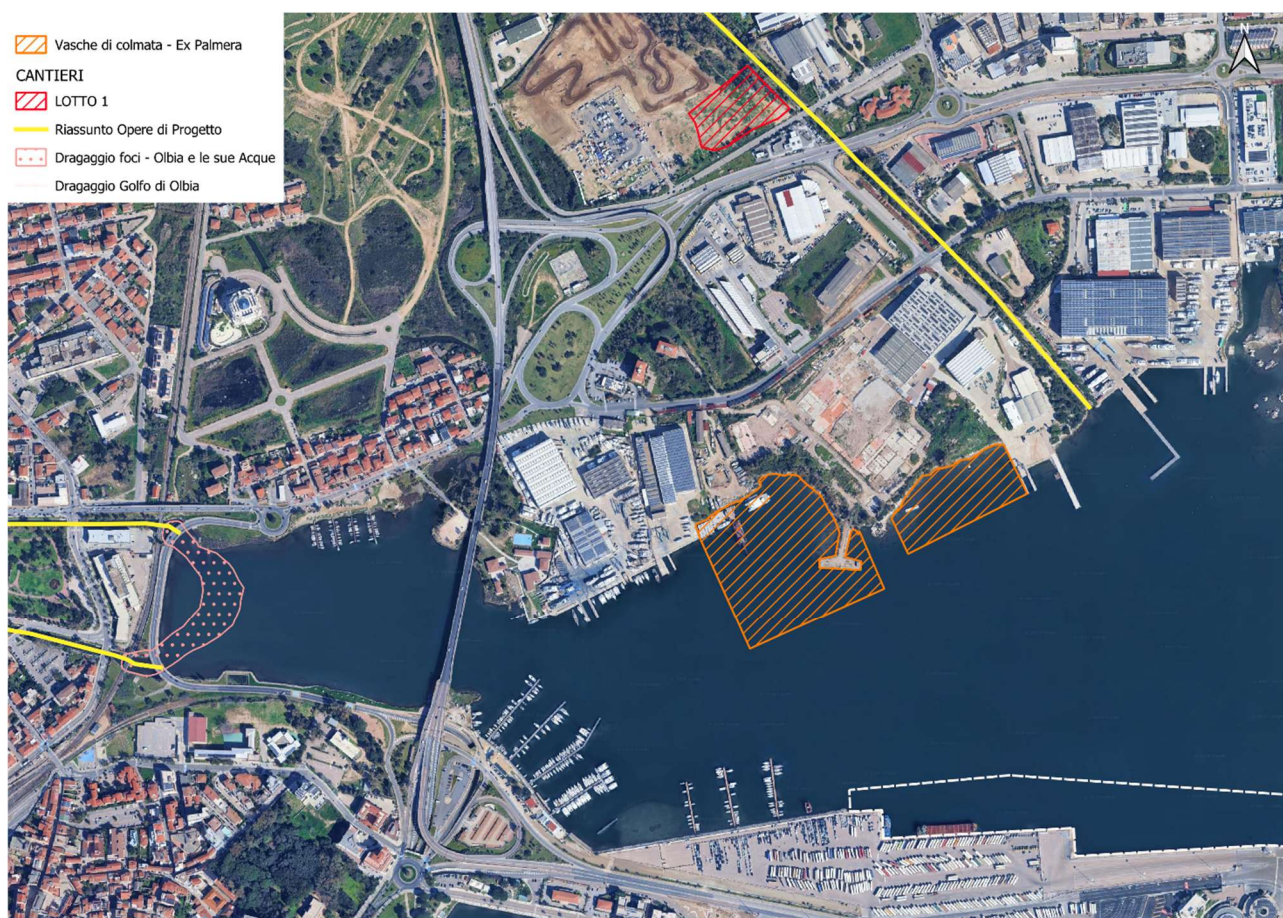


Figure 5-9: Sovrapposizione progetto vasche di colmata e Olbia e le sue Acque

Dal punto di vista paesaggistico l'intervento è stato ritenuto dal Ministero della Cultura, fortemente critico, evidenziando che l'area dell'ex Palmera è uno degli ultimi tratti di costa naturale non artificializzati a nord di Olbia e le vasche di colmata, realizzando un nuovo banchinamento di circa 5 ettari, si porrebbero in contrasto con il vincolo paesaggistico del 1965 che tutela la zona come “di notevole interesse pubblico”, sulla base del questo parere si è espresso il MASE riguardo il più ampio progetto di dragaggio del porto di Olbia.

Risultano in corso attività istituzionali volte a verificare la rimodulabilità del progetto, tale da garantirne la compatibilità paesaggistica.

Il confronto planimetrico con il progetto “Olbia e le sue Acque” sviluppato nella fase precedente al provvedimento ministeriale e riferita alla configurazione non autorizzata evidenziava comunque l'assenza di sovrapposizioni spaziali tra le opere: l'intervento più prossimo è rappresentato dal risezionamento del rio Cabu Abbas, localizzato in corrispondenza di via Libia, a distanza tale da escludere interferenze dirette. I due progetti operano inoltre in ambiti funzionali distinti – portuale-industriale nel primo caso, idraulico-ambientale nel secondo – e condividono un contesto già destinato ad attività produttive.

5.13. Collegamento ferroviario Aeroporto Città di Olbia

Il progetto per il collegamento ferroviario tra la rete ferroviaria nazionale e l'Aeroporto di Olbia Costa Smeralda, sviluppato da RFI e attualmente in fase esecutiva, costituisce un'infrastruttura strategica per il sistema della mobilità dell'area vasta di Olbia e Golfo Aranci. L'intervento prevede la realizzazione di una nuova linea a semplice binario della lunghezza di circa 3,4 km, comprensiva della bretella di connessione con la linea esistente in direzione Ozieri–Chilivani (Bivio Micaleddu), della nuova stazione aeroportuale, dei fabbricati tecnologici e delle opere viarie connesse per la ricucitura della viabilità interferita.

Dal punto di vista morfologico e paesaggistico il tracciato si articola in differenti tipologie costruttive: un primo tratto in rilevato, un tratto in galleria di circa 450 m in attraversamento della SS 729 e un successivo sviluppo in viadotto per circa 900 m fino all'area aeroportuale, dove la stazione è anch'essa prevista in sopraelevata. La soluzione in viadotto, oltre a garantire la continuità della rete infrastrutturale esistente, consente di ridurre in modo significativo l'impronta a terra delle opere e quindi il consumo diretto di suolo, mantenendo la permeabilità degli spazi sottostanti e limitando la frammentazione del tessuto urbano e degli ambiti naturali attraversati.

L'interferenza principale con il progetto “Olbia e le sue Acque” riguarda l'attraversamento in sopraelevata dell'area di Colcò, destinata alla realizzazione del nuovo parco urbano. In questo ambito il coordinamento tra i due progetti è stato sviluppato in modo unitario: l'infrastruttura ferroviaria è stata recepita all'interno degli elaborati progettuali del parco e considerata nelle simulazioni paesaggistiche, orientando le scelte compositive e funzionali

degli spazi aperti. Il disegno del parco è stato quindi organizzato tenendo conto della presenza del viadotto, trasformandolo da elemento potenzialmente interferente a componente integrata del nuovo paesaggio, attraverso la definizione dei percorsi, delle aree di sosta e delle sistemazioni a verde in grado di garantire la continuità della fruizione e la qualità percettiva degli spazi.

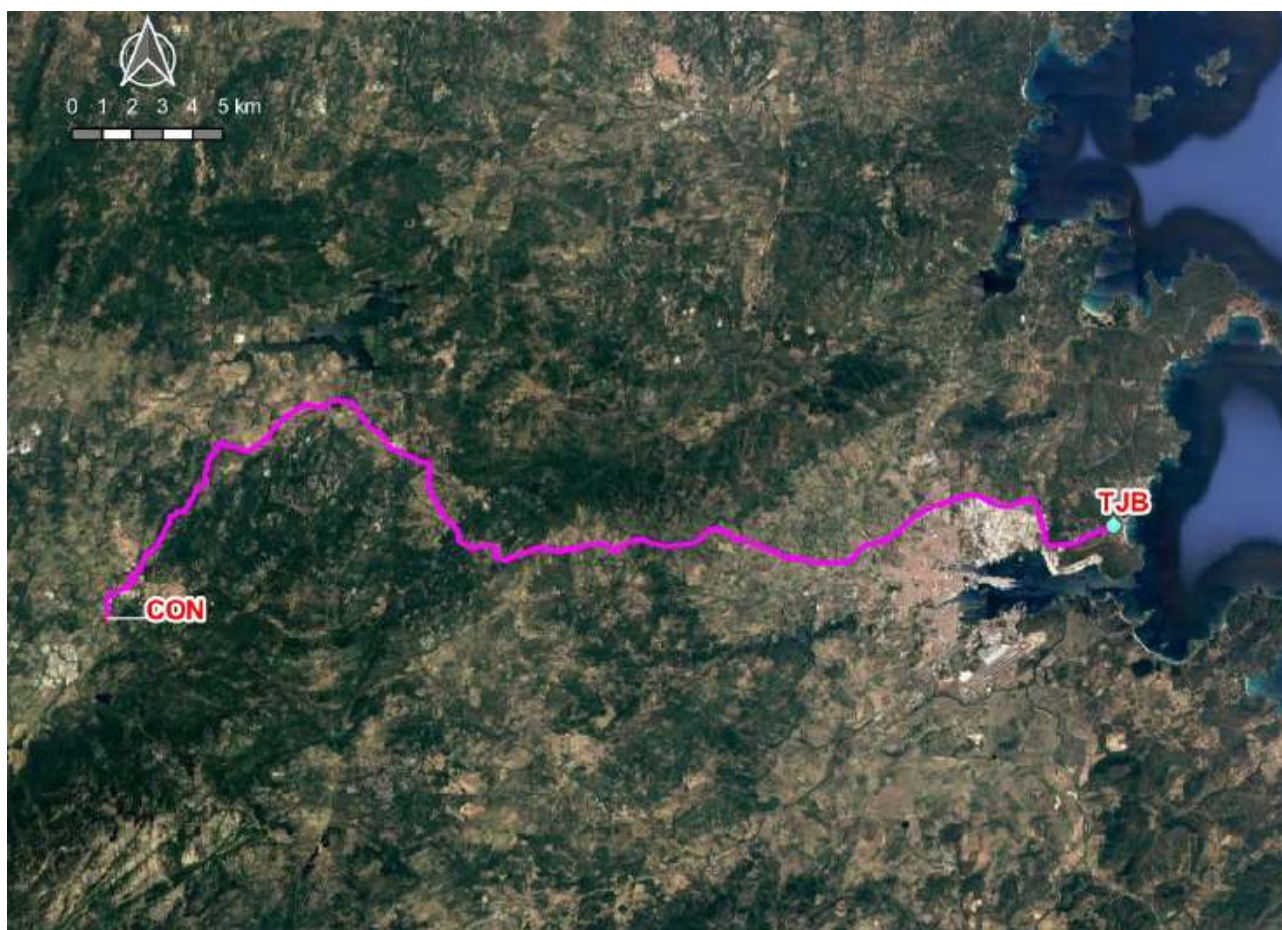


Figure 5-10 - Condizioni percettive ante operam - Via degli Aviatori. PFTE Collegamento Aeroporto-Olbia



Figure 5-11 - Condizioni percettive post operam - Via degli Aviatori. PFTE Collegamento Aeroporto-Olbia

La soluzione sopraelevata dell'infrastruttura, oltre a ridurre l'occupazione diretta di suolo, consente infatti la piena accessibilità e permeabilità dell'area del parco, evitando effetti di barriera e permettendo la continuità dei sistemi ciclopedonali e delle connessioni ecologiche previste dal progetto di riqualificazione idraulica e paesaggistica. Da questo punto di vista la compresenza delle due opere non determina una sovrapposizione conflittuale, ma una condizione di integrazione funzionale e visiva, nella quale la nuova infrastruttura ferroviaria diventa uno degli elementi del paesaggio contemporaneo con cui il progetto del parco si confronta.



PARCO EOLICO OFFSHORE AL LARGO DELLE COSTE DELLA SARDEGNA NORD - ORIENTALE:

LEGENDA

- Pozzetto di Giunzione (TJB)
- Cavidotto Terrestre
- CON Sottostazione Elettrica di Conversione, Misura e Consegna

OPERE A TERRA

Elaborazione iLStudio su foto aerea

Figure 5-12 – Opere a terra, soluzione con consegna nel comune di Tempio Pausania

Dal punto di vista percettivo, l’impatto dell’opera è legato principalmente alla presenza dei tratti in viadotto, che introducono un segno infrastrutturale riconoscibile nel paesaggio urbano. Tuttavia, la collocazione in un ambito già interessato da trasformazioni infrastrutturali e la progettazione coordinata con il sistema degli spazi aperti consentono di controllarne gli effetti visivi e di inserirlo in un quadro compositivo unitario. La sopraelevazione della stazione aeroportuale risponde allo stesso principio, riducendo l’impronta a terra e mantenendo la funzionalità degli spazi sottostanti.

Sotto il profilo della compatibilità complessiva, il progetto ferroviario e quello di mitigazione del rischio idraulico operano su sistemi differenti ma complementari: il primo sul sistema della mobilità, il secondo su quello idraulico-ambientale e degli spazi aperti.

Al fine di assicurare il necessario coordinamento tecnico-funzionale tra gli interventi di realizzazione del nuovo viadotto ferroviario e quelli previsti per il parco urbano, è stata avviata una interlocuzione costante con i progettisti di RFI, che ha permesso di sviluppare in forma coordinata le soluzioni tecniche; successivamente, pur formalmente richiesta a RFI la trasmissione del cronoprogramma delle opere, tale da poterne valutare gli impatti cumulativi, la documentazione non è stata resa disponibile. Occorre evidenziare che non sono state riconosciute, da parte del progetto di RFI, significative qualità ambientali nell’ambito dell’area di Colcò, le stesse attività avviate sul campo, si sono sovrapposte ad ambiti viceversa ritenuti sensibili dal progetto Olbia e le sue acque.

In coerenza con la programmazione PNRR, la consegna dei lavori delle opere del nuovo collegamento ferroviario Olbia-Aeroporto risulta prevista per il mese di giugno 2026. I lavori relativi alla Fase A sono stati formalmente avviati; allo stato attuale, tuttavia, il cantiere risulta sospeso.

In assenza di un cronoprogramma aggiornato non è stato possibile procedere a una compiuta valutazione delle potenziali interferenze tra i diversi interventi. Le eventuali criticità interferenziali e le conseguenti misure di coordinamento saranno pertanto oggetto di successiva analisi e definizione nell’ambito dei necessari approfondimenti tecnico-progettuali e procedurali.

5.14. Parco eolico offshore a largo delle coste della Sardegna Nord-orientale

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto eolico offshore galleggiante per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, con una potenza complessiva pari a 462 MW, costituito da trentatré aerogeneratori organizzati in due sottoparchi e collegati a due sottostazioni elettriche marine. Da queste ultime si sviluppano i cavi di esportazione

dell'energia che, attraverso un elettrodotto marino in alta tensione a 220 kV, raggiungono la terraferma. Nel punto di approdo è prevista la realizzazione del manufatto di transizione tra il cavo sottomarino e quello terrestre, interamente interrato, dal quale prende avvio il tracciato dell'elettrodotto a terra che si sviluppa per circa dieci chilometri fino alla nuova sottostazione di trasformazione localizzata in adiacenza alla stazione elettrica esistente “Olbia 1”. In tale ambito avviene l'elevazione della tensione a 380 kV e la successiva connessione alla rete di trasmissione nazionale mediante un ulteriore collegamento interrato che raggiunge la futura stazione “Olbia 380”. L'intervento è attualmente in fase di procedimento autorizzativo a livello statale, con avvio dell'istruttoria di Valutazione di Impatto Ambientale e delle connesse verifiche ai fini del rilascio del provvedimento unico, e non presenta allo stato attuale una cantierizzazione definita.

Dal punto di vista paesaggistico l'intervento si articola su due scale differenti. La componente in mare aperto introduce un nuovo elemento tecnologico percepibile nella dimensione del paesaggio costiero e della linea d'orizzonte, mentre la parte terrestre presenta un'incidenza visiva estremamente contenuta in quanto le infrastrutture di connessione elettrica sono previste in posa interrata e le nuove stazioni si collocano in continuità con ambiti già caratterizzati dalla presenza di impianti tecnologici. Questa scelta consente di evitare la frammentazione di contesti a maggiore naturalità e di concentrare le trasformazioni in aree infrastrutturali consolidate, riducendo la dispersione di elementi tecnici nel territorio e mantenendo sostanzialmente inalterata la percezione dei paesaggi attraversati.

Il rapporto con il progetto “Olbia e le sue Acque” si configura in termini di sostanziale autonomia funzionale e spaziale. Le opere idrauliche e di riqualificazione paesaggistica previste lungo il sistema dei rii urbani e nei nuovi parchi si sviluppano infatti in ambiti territoriali distinti rispetto al tracciato dell'elettrodotto e alle aree interessate dalle stazioni elettriche, senza sovrapposizioni planimetriche né interferenze dirette. Ne consegue che non si determinano effetti cumulativi sul sistema paesaggistico fluviale oggetto degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e di ricomposizione ambientale. La diversa

scala territoriale e la differente natura delle trasformazioni fanno sì che le eventuali modifiche percettive legate alla presenza del parco eolico riguardino prevalentemente il paesaggio marino, mentre il progetto “Olbia e le sue Acque” continua a operare sul rafforzamento della struttura ecologica e fruitiva del sistema urbano delle acque.

Nel complesso, la coesistenza dei due interventi risulta compatibile sotto il profilo paesaggistico. La localizzazione delle opere terrestri in prossimità di infrastrutture esistenti consente di contenere l'impatto visivo e di preservare gli ambiti di maggiore sensibilità, mentre l'assenza di interferenze con il sistema dei canali, delle opere di laminazione e dei parchi urbani esclude alterazioni della qualità dei paesaggi oggetto di riqualificazione. L'intervento per la produzione di energia da fonte rinnovabile si inserisce così in un quadro territoriale in cui le trasformazioni idrauliche e ambientali previste dal progetto “Olbia e le sue Acque” mantengono la propria efficacia e leggibilità paesaggistica, contribuendo nel complesso a un modello di sviluppo orientato alla resilienza ambientale e alla sostenibilità.

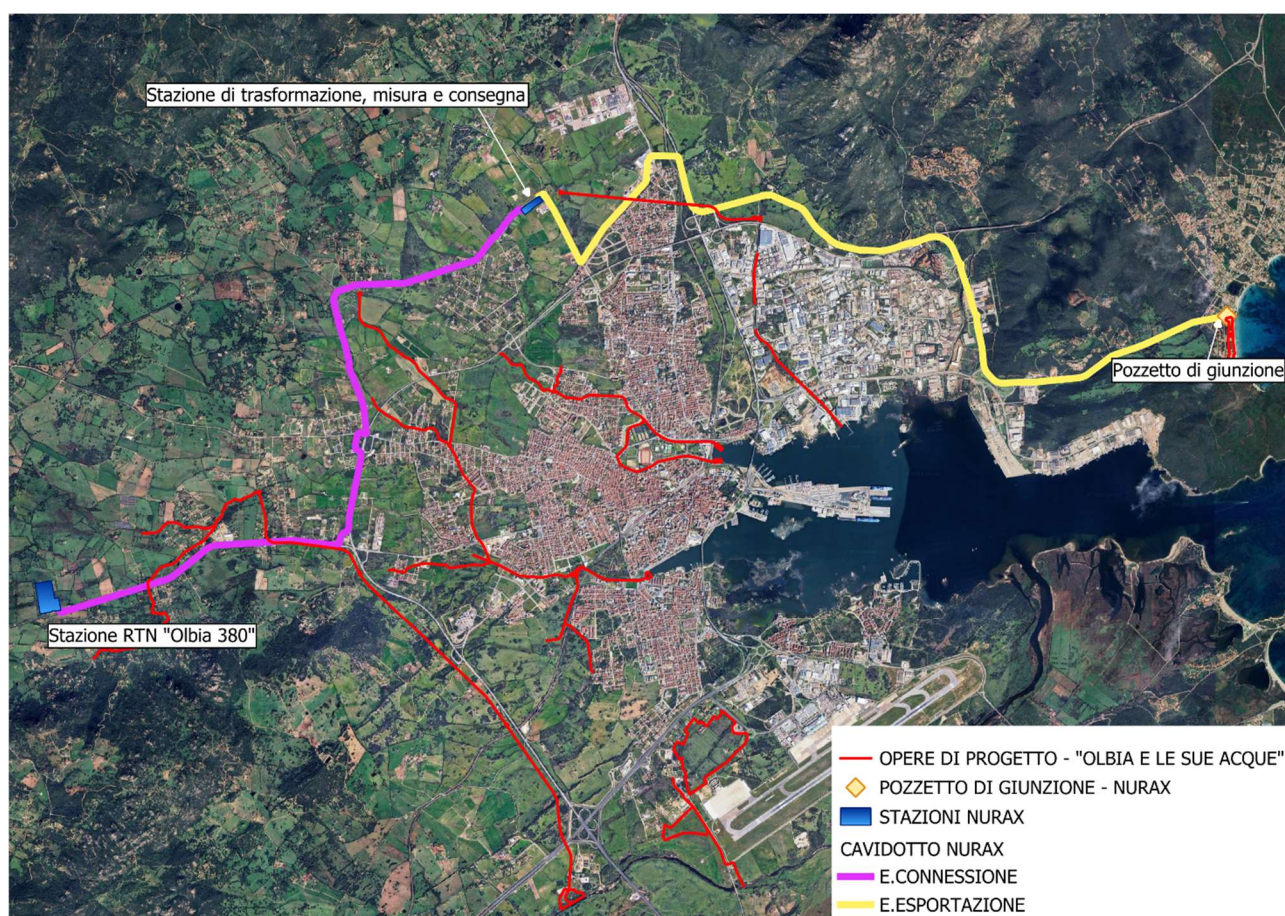


Figure 5-13: Sovrapposizione tra “Olbia e le sue Acque” e progetto “Parco Eolico offshore a largo delle coste della Sardegna Nord-Orientale”

5.15. Parco eolico offshore nel Mar Tirreno Nord-Occidentale

Il progetto del parco eolico offshore nel Mar Tirreno nord-occidentale prevede la realizzazione di un impianto galleggiante per la produzione di energia da fonte rinnovabile con una potenza complessiva pari a 1008 MW, costituito da settantadue aerogeneratori organizzati in due sottoparchi collegati tra loro da una rete di cavi inter-array sottomarini. L'energia prodotta viene convogliata verso terra mediante un elettrodotto marino in alta tensione che approda sulla costa in corrispondenza del punto di transizione tra cavo marino e terrestre, dove è previsto un manufatto interrato di giunzione. Da qui il collegamento prosegue in sotterraneo per circa dieci chilometri fino alla nuova sottostazione di trasformazione, localizzata in prossimità della stazione elettrica esistente “Olbia 1”, nella

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

quale avviene l'elevazione della tensione a 380 kV e la successiva immissione nella rete nazionale attraverso un ulteriore elettrodotto anch'esso interrato che raggiunge la futura stazione "Olbia 380". L'intervento è attualmente in fase di procedimento autorizzativo statale con istruttoria di Valutazione di Impatto Ambientale in corso; allo stato attuale non risulta associato a una fase realizzativa definita, condizione che consente di valutarne gli effetti esclusivamente in termini programmatici e di escludere interferenze temporali dirette con le opere del progetto "Olbia e le sue Acque".

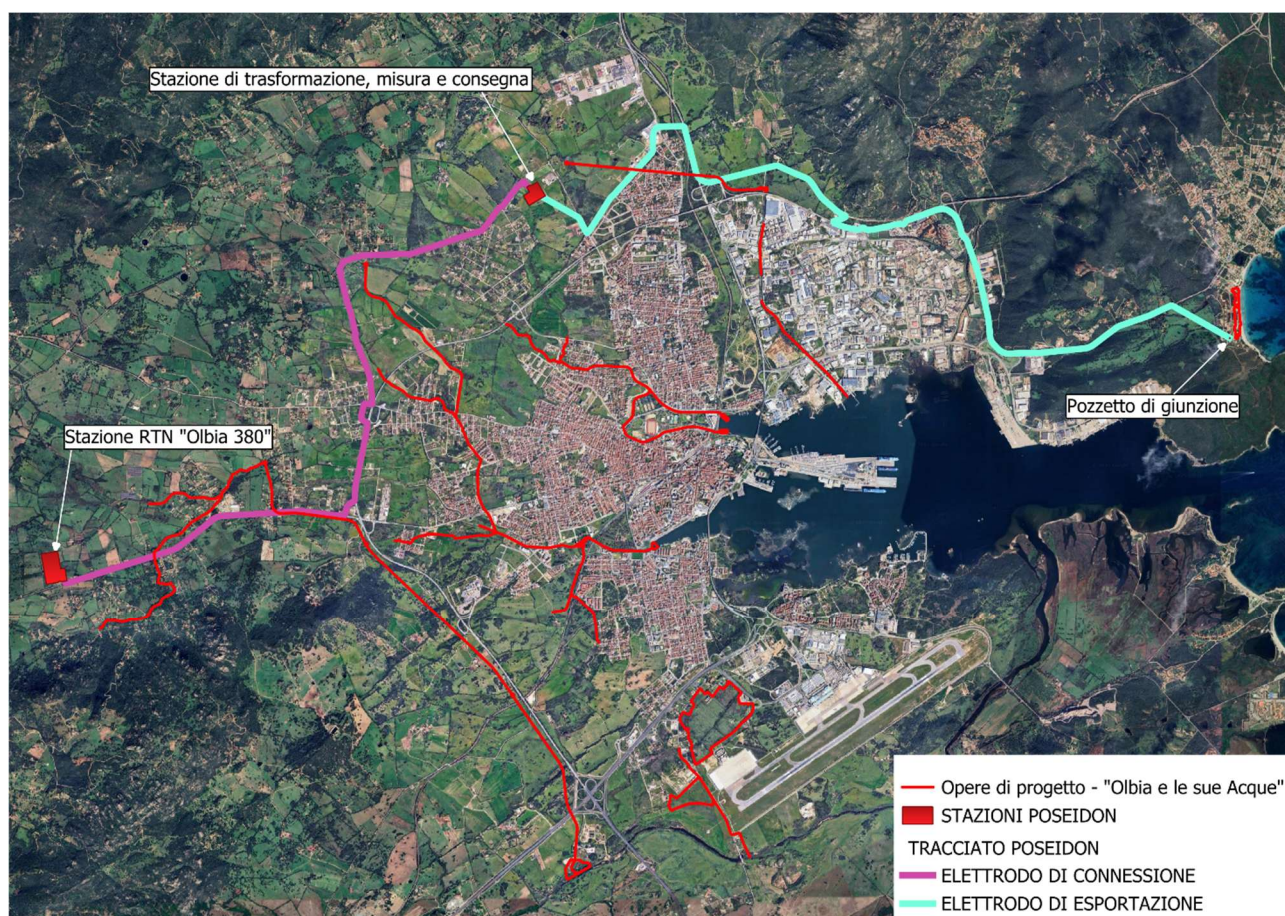


Figure 5-14: Sovrapposizione del progetto "Olbia e le sue Acque" con il progetto "Parco eolico offshore nel Mar Tirreno Nord-Occidentale"

Sotto il profilo paesaggistico l'intervento presenta una duplice scala di lettura. La componente offshore introduce un elemento tecnologico percepibile nel paesaggio marino

e nella relazione visiva con la linea di costa, mentre la parte terrestre è caratterizzata da un'incidenza visiva molto contenuta, in quanto le infrastrutture di connessione elettrica risultano completamente interrato e le nuove stazioni sono collocate in continuità con ambiti già connotati dalla presenza di impianti energetici. Tale scelta localizzativa consente di concentrare le trasformazioni in contesti infrastrutturali consolidati, evitando la frammentazione di aree a maggiore naturalità e mantenendo sostanzialmente inalterata la percezione dei paesaggi attraversati dagli elettrodotti.

Il confronto planimetrico con il progetto “Olbia e le sue Acque” evidenzia come le stazioni elettriche previste dal parco eolico risultino esterne agli ambiti direttamente interessati dagli interventi idraulici e paesaggistici, mentre il tracciato degli elettrodotti interrati presenta alcune intersezioni puntuali con le opere in progetto. Tali interferenze non determinano criticità sostanziali, poiché possono essere risolte con le medesime modalità tecniche già previste per la gestione delle altre reti interrate presenti nel sottosuolo urbano, attraverso adeguamenti localizzati delle quote o dei tracciati senza modificare l'assetto morfologico e percettivo dei luoghi.

Ne deriva un quadro di sostanziale compatibilità tra i due interventi. Il progetto “Olbia e le sue Acque” continua a operare sul rafforzamento del sistema ambientale e della struttura paesaggistica dei corsi d'acqua urbani e dei nuovi parchi, mentre le opere connesse al parco eolico si sviluppano prevalentemente in ambiti infrastrutturali e con soluzioni tecniche che riducono l'impatto visivo e l'occupazione permanente di suolo. L'assenza di sovrapposizioni spaziali significative e la natura interrata delle connessioni elettriche escludono effetti cumulativi sul paesaggio fluviale e sugli spazi di riqualificazione previsti dal progetto idraulico.

Nel complesso, la coesistenza dei due progetti non altera la leggibilità del sistema delle acque urbane né la qualità degli interventi di ricomposizione paesaggistica previsti, ma si inserisce in un quadro territoriale più ampio in cui le infrastrutture per la produzione di energia rinnovabile e quelle per la mitigazione del rischio idraulico operano su scale

differenti e con funzioni complementari, contribuendo entrambe a un modello di trasformazione orientato alla sostenibilità ambientale e alla resilienza del territorio.

5.16. Progettazione delle varianti ferroviarie nei tratti di linea insistenti sulle aste fluviali del canale Zozò e del rio San Nicola, finalizzata alla ricostruzione dei ponti ferroviari esistenti della linea ferroviaria Cagliari – Golfo Aranci, compresa la risoluzione dell’interferenza stradale di via dei Lidi

Tra gli interventi infrastrutturali che interessano direttamente il progetto Olbia e le sue Acque si colloca il progetto delle varianti della linea ferroviaria Cagliari – Golfo Aranci, sviluppato da RFI per il canale Zozò e il rio San Nicola e attualmente in fase di studio, ancora preliminare.

Le opere riguardano i tratti ferroviari della linea che saltano, in prossimità della foce, i due canali, prevedendo la sostituzione dei modesti ponti ferroviari attuali che cincidono sugli alvei, con due nuovi ponti realizzati con struttura metallica, uno relativo al canale Zozò di luce pari a circa 26,00 metri ed un secondo, relativo al rio San Nicola, di luce pari a circa 40,00 metri.

L’intervento si inserisce in un contesto infrastrutturale complesso, caratterizzato dalla presenza della linea ferroviaria che non garantisce i franchi idraulici necessari. Nasce con l’obiettivo di migliorare la sicurezza idraulica dei corsi d’acqua e l’efficienza del sistema ferroviario, eliminando le criticità legate all’attuale configurazione dell’attraversamento. Le opere devono trovare relazione e specifico coordinamento con l’intervento del progetto Olbia e le sue acque relativamente alla demolizione e ricostruzione del Ponte nella intersezione stradale di Via D’Annunzio – Via dei Lidi ed alla relativa riorganizzazione della viabilità. In tal senso è stato fornito ai progettisti di RFI il materiale progettuale sviluppato nell’ambito di questo progetto, tale da poter garantire la organica integrazione tra i diversi progetti e le relative opere.

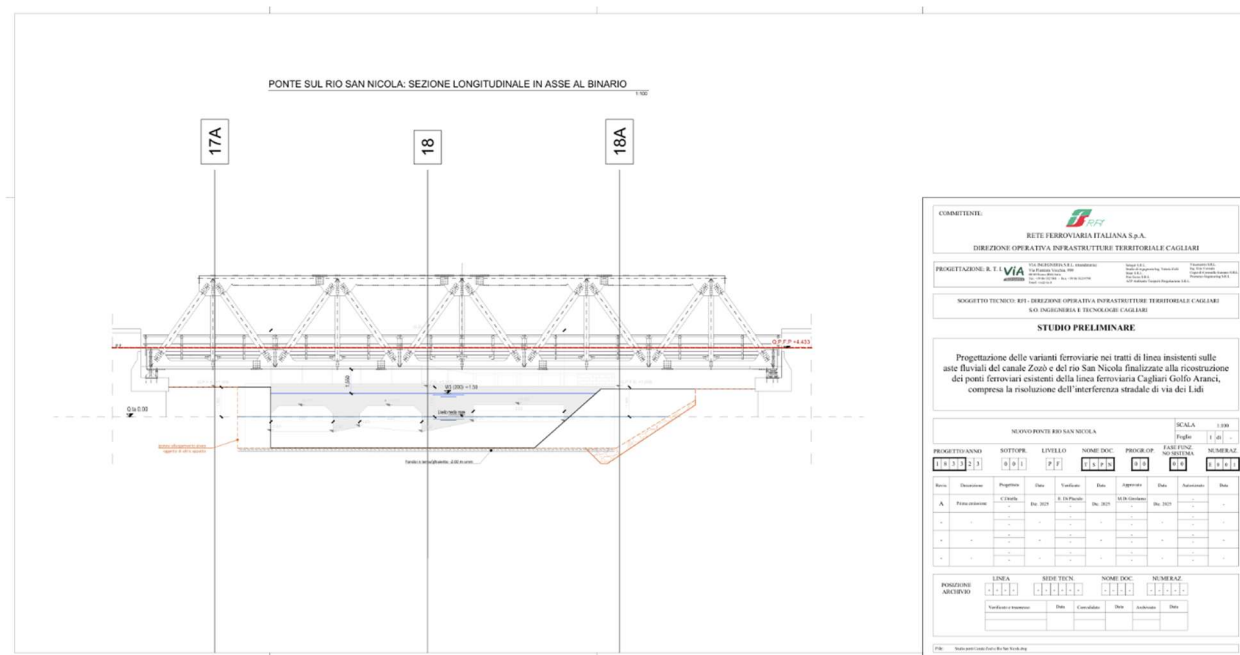
I nuovi ponti sono costituiti da impalcati in carpenteria metallica, impostati su spalle esterne all’alveo. L’innalzamento notevole del piano del ferro, +4,975 sul medio mare per il canale

Zozò e +4,433 sul medio mare per il rio San Nicola comporta la sistemazione dei relativi rilevati ferroviari e l'adeguamento delle opere longitudinali e trasversali connesse. Allo stato attuale l'intervento risulta in fase assolutamente preliminare, non risulta ancora avviato alcuna fase esecutiva né di cantierizzazione, non si dispone dello scenario progettuale per quanto attiene alla risoluzione della interferenza con il nuovo assetto della viabilità veicolare su via dei Lidi.

Il livello di definizione progettuale, ancora al livello di studio preliminare, consente di valutare esclusivamente alcune relazioni con il sistema degli interventi previsti da “Olbia e le sue Acque”. Dal punto di vista paesaggistico, l'intervento assume un ruolo rilevante, incidendo direttamente sulla linea di costa della città e sullo skyline litoraneo. Il nuovo assetto previsto per gli attraversamenti ferroviari, aumentando la luce libera sui due corsi d'acqua e superando le attuali condizioni di restringimento, consente certamente un significativo miglioramento dal punto di vista idraulico. L'eliminazione della interferenza critica determinata dalla infrastruttura ferroviaria alle dinamiche idrauliche si traduce certamente in un incremento del livello di sicurezza, ma introduce in foce al canale ed al rio un'immagine forte nel paesaggio urbano e in quello litoraneo, in questo momento non declinabili completamente considerato il livello ancora preliminare degli studi progettuali.

La compatibilità con il progetto “Olbia e le sue Acque” è quindi intrinseca alla natura stessa dell'intervento. Entrambi i progetti perseguono infatti l'obiettivo della riduzione del rischio idraulico dei corridoi fluviali, operando su scale e componenti diverse ma convergenti. I nuovi ponti ferroviari, grazie alle maggiori luci e alla razionalizzazione delle sottostrutture, non costituiscono una barriera alla continuità degli interventi di sistemazione delle sponde, alla realizzazione dei percorsi ciclopeditoni.

Sotto il profilo percettivo, la sostituzione degli attuali ponti con strutture metalliche di maggiore luce, pur con l'eliminazione di elementi in alveo, considerato l'innalzamento del piano del piano del ferro, tale da garantire i franchi idraulici nello scenario attuale, segna profondamente l'insenatura litoranea e modifica lo skyline litoraneo in quella porzione di costa della città, sia nella percezione da terra verso il mare e sia da mare verso terra.



Infine, per completezza di informazione, si ribadisce anche in questa sede come anche a valle della valutazione dei suddetti effetti cumulativi non si ritiene che nessuna interferenza possa essere determinata nelle aree protette citate (Rete Natura 2000 e IBA), esterne alle aree di intervento, da queste separate da barriere geografiche e soprattutto ubicate a distanze chilometriche.

5.17. Sintesi degli impatti previsti

- Produzione di polvere durante la fase di cantiere (a causa di scavi, movimentazione terre...) che potrebbero depositarsi sulla superficie fogliare ed interferire con la capacità fotosintetica e con la funzionalità degli stomi.
- Emissione gas di scarico mezzi di cantiere che potrebbero interferire sulla qualità dell'aria per la fauna e la flora esposta.
- Rischio di rilascio/sversamento di sostanze inquinanti (e.g. combustibile, olii lubrificanti...) dai mezzi di cantiere che potrebbero raggiungere il reticolo idrografico o la falda idrica e, a cascata, interferire con flora, fauna e habitat.
- Eliminazione di individui arborei/arbustivi.
- Eliminazione habitat (compresi habitat comunitari e prioritari)
- Eliminazione aree di foraggiamento, riparo e riproduzione per la fauna.
- Alterazione della biodiversità.
- Modifiche alla circolazione idrica e alterazione delle condizioni edafiche con conseguente diversificazione della flora per adattamento alle nuove condizioni.
- Inserimento di specie aliene con banca del seme in materiale alloctono.
- Variazione valori di fondo geochimico a causa di materiale alloctono e modifiche all'assetto floristico locale.
- Compattamento suolo.
- Disturbo etologico.
- Interferenza attività trofica fauna.
- Disturbo luminoso.
- Sbancamenti.

- Modifica a struttura, tessitura e stratigrafica degli orizzonti pedologici.
- Modifiche permeabilità suolo.
- Inquinamento acustico.

5.18. Conclusioni

Lo studio dei possibili impatti **alle matrici flora, habitat** e fauna connessi con gli interventi in progetto ha consentito di determinare una valutazione degli stessi in forma matriciale.

In generale, gli interventi hanno mostrato impatti negativi poco significativi e temporanei (prevalentemente connessi alla fase di cantiere).

Da tale studio inoltre emerge come le misure di prevenzione, i presidi ambientali e gli interventi di mitigazione già previsti in fase progettuale consentano una importante riduzione degli impatti stessi costituendo in alcuni casi anche degli impatti positivi.

Lo studio degli impatti già presenti, rappresentanti pertanto la situazione cronica di fondo, nonché la pianificazione dei futuri interventi nell'area di Olbia, hanno anche consentito di valutare gli eventuali impatti cumulativi.

5.19. Impatti complessivi sulla vegetazione e le relative mitigazioni

Attraverso i rilievi in campo è stato possibile censire le alberature interferenti per ogni opera in progetto stabilendo il numero di esemplari appartenenti alle specie arboree ed arbustive da espiantare. Inoltre è stato individuato anche il numero di esemplari che una volta espiantati sono potenzialmente reimpiantabili. Inoltre, è stata determinata la superficie attualmente impegnata dalle specie arboree ed arbustive che viene rimossa con la realizzazione delle opere.

La sintesi dei conteggi descritti è riportata nella seguente tabella:

| OPERA | Vegetazione arborea/arbustiva interferente (N.) | Vegetazione arborea soggetta a reimpianto (N.) | Superfici arboree e arbustive sottratte dalle opere (mq) |
|--|--|---|---|
| SCOLMATORE 1 "RIO SELIGHEDDU – PADRONGIANOS" | 359 | 53 | 60870 |
| SCOLMATORE 2 "ABBA FRITTA-CABU ABBAS" | 58 | 27 | 6750 |
| AREA COLCO' | 418 | 90 | 20000 |
| AREA CIMITERO | 49 | 15 | 3300 |
| AREA PITTULONGU | 50 | 0 | 6000 |
| TRATTI A MONTE DEL RIO SELIGHEDDU (MONTE TELTI – UA NIEDDA – RIO LA FOSSA) | 411 | 20 | 58500 |
| SCOLMATORE 3 "RIO SAN NICOLA-ZOZÒ" | 75 | 31 | 11000 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO SAN NICOLA | 230 | 70 | 14800 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO SELIGHEDDU (TRATTO A VALLE) | 100 | 20 | 15780 |
| DEVIATORE 3 RIO PAULE LONGA E RIO TANNAULE IN RIO SELIGHEDDU | 117 | 25 | 15935 |
| DEVIATORE 1 CANALE ZOZÒ IN RIO GADDURESU | 22 | 5 | 3600 |
| DEVIATORE 2 RIO GADDURESU IN RIO SELIGHEDDU | 108 | 20 | 7040 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO CABU ABBAS | 170 | 44 | 9600 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO GADDURESU | 51 | 10 | 6500 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO SU RIO PASANA | 13 | 5 | 0 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO CANALE ZOZÒ | 37 | 0 | 3400 |
| TOTALE | 2268 | 435 | 243075 |

Dalla tabella si rileva che saranno espianati complessivamente 2268 esemplari arborei/arbustivi, dei quali 435 potranno essere reimpiantati e si prevede di sottrarre 243.075 m² di copertura arborea/arbustiva.

Attraverso le opere di mitigazione previste dal progetto si prevede di piantumare, anche riutilizzando le specie espianate compatibili con il rimpianto 59.575 esemplari arbustivi e 3201 arborei, la superficie di progetto destinata ad accogliere questi esemplari è pari a 32.801 mq.

Il tutto è riassunto nella seguente tabella:

| OPERA | Nuove Piantumazioni arbustive | Nuove Piantumazioni alberi | Superfici alberate di nuova introduzione (mq) |
|--|-------------------------------|----------------------------|---|
| SCOLMATORE 1 "RIO SELIGHEDDU – PADRONGIANOS" | 7812 | | 39044 |
| SCOLMATORE 2 "ABBA FRITTA-CABU ABBAS" | 2646 | | 13221 |
| AREA COLCO' | 4884 | 2932 | 24417 |
| AREA CIMITERO | 2168 | 269 | 10840 |
| AREA PITTULONGU | | | |
| TRATTI A MONTE DEL RIO SELIGHEDDU (MONTE TELTI – UA NIEDDA – RIO LA FOSSA) | 10085 | | 50421 |
| SCOLMATORE 3 "RIO SAN NICOLA-ZOZÒ" | 1944 | | 9715 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO SAN NICOLA | 5578 | | 20677 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO SELIGHEDDU (TRATTO A VALLE) | 1418 | | 7090 |
| DEVIATORE 3 RIO PAULE LONGA E RIO TANNAULE IN RIO SELIGHEDDU | 2786 | | 13930 |
| DEVIATORE 1 CANALE ZOZÒ IN RIO GADDURESU | 2268 | | 11341,5 |
| DEVIATORE 2 RIO GADDURESU IN RIO SELIGHEDDU | 2268 | | 11341,5 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO CABU ABBAS | 4634 | | 23177 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO RIO GADDURESU | 2184 | | 10922 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO SU RIO PASANA | 912 | | 4560 |
| TRATTO IN ADEGUAMENTO CANALE ZOZÒ | 7988 | | 20706 |
| TOTALE | 59575 | 3201 | 271.403 |

A fronte di 2.268 esemplari espianati, il progetto prevede la messa a dimora di 59.575 arbusti e 3.201 alberi, dei quali 435 potranno essere ricavati dagli esemplari espianati in quanto suscettibili di rimpianto.

A fronte di una superficie di 243.075 mq impegnata da specie arboree ed arbustive, che verrà rimossa, il progetto ne realizza 274.403 mq.

Il bilancio sia in termini di esemplari espianati rispetto a quelli messi a dimora, sia in termini di superfici arboree ed arbustive perse e di nuova realizzazione è ampiamente positivo.

Infatti grazie ai due nuovi parchi e alla piantumazione delle scarpate di scavo realizzate nei risezionamenti e nella realizzazione dei tre nuovi deviatori si mette a dimora un significativo numero di nuovi arbusti e alberi rispetto a quelli sacrificati dalla realizzazione degli interventi. Inoltre si segnala che l'espianto in diversi casi riguarda specie aliene o non autoctone, mentre i nuovi esemplari che si metteranno a dimora ricadono tutte nell'elenco delle specie autoctone come individuate nei rilievi di campo.

Dalle considerazioni esposte si riscontra l'adeguatezza delle mitigazioni proposte e non si rendono necessarie compensazioni. Si segnala che i due nuovi parchi offrono spazi adeguati per accogliere in futuro nuove piantumazioni arboree ed arbustive.

Per una dettagliata analisi degli impatti, si rimanda alle schede di campo raccolte nell'elaborato C.2.33; alla relazione sui rilievi di campo contenuta nell'elaborato C.2.34, ai rilievi floristici, vegetazionali e Habitat nella zona di Pittulongu, elaborato C.2.35.

6. SALUTE PUBBLICA

Come già visto l’opera prevede la realizzazione di 6 lotti, i quali sono organizzati in diversi cantieri, molti dei quali all’interno del centro urbano di Olbia. Da quanto è emerso dalle ricerche sulla qualità dell’aria è possibile dedurre che complessivamente nell’area di progetto la qualità dell’aria è buona, i valori di inquinanti non eccedono i limiti normativi, sono stabili o in miglioramento rispetto ai dati decennali e i valori registrati non rappresentano un pericolo per la salute umana animale o ambientale.

La realizzazione dei cantieri genererà una grande quantità di materiale particolato, tipicamente dannoso per la salute umana, ma le misure di mitigazione previste dal progetto sono mirate alla riduzione di qualsiasi rischio per gli abitanti di Olbia.

Per quanto riguarda i flussi veicolari determinati dal progetto, essi rimangono in condizioni accettabili, non troppo distanti dalla situazione ante-operam, senza congestionare particolarmente il traffico nel territorio comunale di Olbia e senza costituire elementi di criticità per la salute umana, anche in termini di emissioni inquinanti da traffico veicolare.

Durante l’analisi della qualità delle acque dei rii di Olbia è risultato che la quasi totalità delle concentrazioni di inquinanti rilevate rispettano gli standard di qualità, fatta eccezione per il Mercurio che presenta valori al di sopra della soglia. Le concentrazioni di Mercurio rilevate, pur superando gli standard di qualità, sono inferiori ai valori limite di emissione individuati dal d.lgs. n. 152/2006 “Norme in materia ambientale”, di conseguenza non sono necessari interventi di mitigazione rispetto a tale sostanza presenza di inquinante. Un altro contaminante da menzionare è il Boro, il quale non è stato confrontato con i valori di SQA – MA, in quanto non figura nella lista delle sostanze dell’elenco di priorità. La concentrazione di tale contaminante, tuttavia, supera le CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) individuate dal d.lgs. n. 152/2006 in cinque dei quindici campioni analizzati, di conseguenza si rende necessaria la comunicazione di tali superamenti all’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna (ARPAS), che procederà alla caratterizzazione del sito e all’analisi del rischio, al fine di individuare le CSR (Contaminazione Soglia di Rischio) e procedere come da normativa.

7. TRAFFICO

In riferimento alla “Analisi dell’assetto viario e del traffico per la verifica degli impatti connessi all’avvio dei cantieri”, è stata sviluppata un’analisi di dettaglio nell’elaborato D.3.3, nel quale sono stati individuati quali tratti potrebbero essere congestionati, avendo un effetto potenzialmente negativo sulla qualità della circolazione all’interno del centro urbano di Olbia. Le tabelle seguenti inquadrano tali tratti stradali, classificandoli secondo il Piano Urbano della Mobilità (PUM), utilizzano un colore per l’entità del flusso veicolare rispetto alla capacità della strada, secondo la scala individuata all’interno del PUM e distinta tra stagione invernale e stagione estiva. Infatti, la colorazione delle caselle della tabella seguente corrisponde alle diverse classi del rapporto tra flusso che interessa il tratto e la corrispondente capacità secondo la seguente articolazione:

- colore grigio, flusso/capacità caratterizzato da valori trascurabili;
- colore azzurro, $\text{flusso/capacità} < 0,2$;
- colore verde, $0,5 < \text{flusso/capacità} < 0,2$;
- colore arancio, $0,75 < \text{flusso/capacità} < 0,5$;
- colore rosso, $1,2 < \text{flusso/capacità} < 0,75$;
- colore viola $\text{flusso/capacità} > 1,2$.

Si mette in evidenza che, per classificare la qualità della circolazione, il solo dato del flusso di traffico non rappresenta un parametro indicativo. Infatti, non è importante quante auto transitano su un certo tratto stradale (domanda di traffico) in valore assoluto, ma rispetto alla capacità che caratterizza lo stesso arco (offerta di traffico). Solo il confronto tra domanda e offerta permette di determinare la qualità della circolazione. Tanto maggiore è l’offerta rispetto alla domanda (dunque quanto più il rapporto flusso / capacità del tratto è vicino allo zero) tanto migliore sarà la qualità della circolazione. Inoltre, altro modo per leggere il suddetto rapporto è la sua differenza rispetto all’unità, che è un indice di quanto sono distanti le condizioni di congestione. Dunque, le strade con rapporti flusso/capacità bassi sono in grado di sopportare un incremento del traffico senza giungere alla saturazione.

Le considerazioni esposte in precedenza verranno utilizzate per comprendere se e quali lavori avranno un effetto sulla circolazione non accettabile.

Nello specifico ci si è focalizzati su quei tratti stradali, principalmente appartenenti alla Strada Panoramica di Olbia (o tangenziale), interessati dal passaggio dei mezzi pesanti per il trasporto dei materiali di cantiere verso le zone di deposito individuate, ovvero la zona del Cimitero e l'area di Colcò.

Le tabelle ottenute dal confronto tra i lavori previsti e le strade interessate da questi lavori sono le seguenti:

| Strada | Sezione di rilievo | Classifica funzionale | Totale passaggi | Rapporto flusso/capacità | Rapporto Q/C Estate |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------|
| Tangenziale | S12 | Strada Extraurbana Principale | 212,00 | 0,18 | |
| | | | 205,00 | 0,17 | |
| | | | 417,00 | 0,35 | |
| Tangenziale | I26 | Strada Extraurbana Principale | 200,00 | 0,17 | |
| | | | 174,00 | 0,15 | |
| | | | 374,00 | 0,31 | |
| Tangenziale | I25a | Strada Extraurbana Principale | 280,00 | 0,23 | |
| | | | 547,00 | 0,46 | |
| | | | 827,00 | 0,69 | |
| Tangenziale | I25b | Strada Extraurbana Principale | 295,00 | 0,25 | |
| | | | 295,00 | 0,25 | |
| | | | 590,00 | 0,49 | |
| Tangenziale | I27 | Strada Extraurbana Principale | 171,00 | 0,21 | |
| | | | 208,00 | 0,24 | |
| | | | 379,00 | 0,45 | |
| SS125 Orientale Sarda | S05 | Strada di scorrimento | 288,00 | 0,24 | |
| | | | 257,00 | 0,21 | |
| | | | 545,00 | 0,45 | |
| Strada Statale 729 Sassari - Olbia | I24 | Strada Extraurbana Principale | 256,00 | 0,21 | |
| | | | 231,00 | 0,19 | |
| | | | 487,00 | 0,40 | |

Tabella 7-1 – Condizioni del traffico nei tratti di interesse stato attuale – mesi estivi

I rilievi di traffico sono riportati nell'elaborato C.2.1.

Come risulta evidente, nessuna delle strade interessate presenta condizioni di deflusso carenti. La situazione peggiore, anche se non interessata da condizioni di flusso instabile o

congestionato, risulta il tratto della tangenziale identificato come I25a, nei pressi dell'incrocio con la SS127, la Strada Statale Settentrionale Sarda.

7.1. Metodologia HCM

Per il calcolo delle condizioni di circolazione si è utilizzata, oltre a quella già vista all'interno del PUM, un'altra metodologia volta a caratterizzare le condizioni operative all'interno della corrente di traffico e la loro percezione da parte degli utenti, definita livello di servizio. Il metodo per la determinazione di tale parametro è stato elaborato negli Stati Uniti dal Transportation Research Board nel 1965, ed è stato pubblicato nel testo Highway Capacity Manual (HCM) nel 2000. Sono state prese in considerazione sette sezioni di rilievo delle viabilità d'interesse, e sulla base del modello di calcolo del Livello di Servizio descritto, prendendo come dati di ingresso nelle varie formulazioni le caratteristiche geometriche dei tratti stradali considerati, si è proceduto al calcolo del LOS. Nelle seguenti tabelle si riporta il LDS dello stato attuale determinato secondo le metodologie di cui sopra.

| Strada | Sez. rilievo | Classifica funzionale | Totale passaggi | Velocità media di viaggio VMV | | | Percentuale di tempo in coda %TR | | | Livello di servizio LOS |
|------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---|----------------------|--------------------------------------|---|--------------------|-------------------------|
| | | | | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso o Vp | Velocità media di viaggio ATS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp | |
| Tang. | S12 | Strada Extraurbana Principale | 417 | 85,1 | 0,94 | 503,3 | 72,13 | 0,99 | 478,07 | C |
| Tang. | I26 | Strada Extraurbana Principale | 374 | 85,1 | 0,95 | 448,07 | 72,51 | 0,99 | 428,3 | C |
| Tang. | I25a | Strada Extraurbana Principale | 827 | 85,1 | 0,99 | 947,95 | 68,94 | 1 | 943,86 | D |
| Tang. | I25b | Strada Extraurbana Principale | 590 | 85,1 | 0,97 | 693,52 | 70,95 | 1 | 673,75 | C |
| Tang. | I27 | Strada Extraurbana Principale | 379 | 85,1 | 0,94 | 460,11 | 73,44 | 0,99 | 434,89 | C |
| SS125 Oriental e Sarda | S05 | Strada di scorrimento | 545 | 82,22 | 0,94 | 657,5 | 67,77 | 0,99 | 624,77 | C |

Tabella 7-2 – Livelli di servizio Ante Operam dei tratti a due corsie

Tabella 7-3 – Livelli di servizio Ante Operam della SS 729

| Strada | Sez. di rilievo | Classifica funzionale | Totale passaggi | Velocità media di viaggio VMV | | | Densità [Autovetture/ Km per corsia] | Livello di servizio LOS |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| | | | | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp | | |
| Strada Statale 729 Sassari - Olbia | I24 | Strada Extraurbana Principale | 487 | 70,8 | 0,94 | 311,26 | 4,09 | A |

Dall'analisi dello stato attuale la tangenziale si trova al limite del livello di servizio C e in un solo tratto al livello di servizio D. Per analizzare l'effetto indotto sulle condizioni di deflusso veicolare a seguito del transito dei mezzi di cantiere nel mese e nell'ora di punta, si sono determinati i parametri e i corrispondenti Lds nelle condizioni di cantiere, come riportati di seguito.

Tabella 7-4 - Calcolo della VMV e del %TR per le sezioni di interesse – stato di cantiere mese estivo ora di punta del mattino.

| Strada | Sez. di rilievo | Classifica funzionale | Totale passaggi | Velocità media di viaggio VMV | | | Percentuale di tempo in coda %TR | | |
|-----------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---|--------------------|--------------------------------------|---|--------------------|
| | | | | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo o presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp | Velocità media di viaggio ATS [Km/h] | Fattore correttivo o presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp |
| Tangenziale | S12 | Strada Extraurbana Principale | 424 | 85,1 | 0,94 | 495,81 | 72,13 | 0,99 | 476,04 |
| Tangenziale | I26 | Strada Extraurbana Principale | 381 | 85,1 | 0,95 | 456,02 | 72,41 | 0,99 | 436,25 |
| Tangenziale | I25a | Strada Extraurbana Principale | 834 | 85,1 | 0,99 | 955,91 | 68,84 | 1 | 951,82 |
| Tangenziale | I25b | Strada Extraurbana Principale | 597 | 85,1 | 0,97 | 701,48 | 70,85 | 1 | 681,7 |
| Tangenziale | I27 | Strada Extraurbana Principale | 381 | 85,1 | 0,94 | 462,39 | 73,41 | 0,99 | 437,16 |
| SS125 Orientale Sarda | S05 | Strada di scorrimento | 547 | 82,22 | 0,94 | 659,77 | 67,74 | 0,99 | 627,05 |

Tra i tratti stradali di interesse è presente anche una sezione della Strada Statale 729 Sassari – Olbia a quattro corsie, per la quale è stata applicata la metodologia prevista per quella tipologia di strada.

Tabella 7-5 - Calcolo della VMV per la sezione I24 – stato di cantiere mese estivo ora di punta del mattino.

| Strada | Sezione di rilievo | Classifica funzionale | Totale passaggi | Velocità media di viaggio VMV | | | |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---|--------------------|-------------------------------------|
| | | | | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp | Densità [Autovetture/Km per corsia] |
| Strada Statale 729 Sassari - Olbia | I24 | Strada Extraurbana Principale | 493 | 70,8 | 0,94 | 297.61 | 4,20 |

Dai valori ottenuti nelle tabelle soprastanti si può desumere il LOS, i risultati sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 7-6- Livelli di Servizio nelle condizioni di cantiere nell'ora di punta mese più carico estivo.

| Strada | Sezione di rilievo | Classifica funzionale | Livello di servizio LOS |
|-----------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Tangenziale | S12 | Strada Extraurbana Principale | C |
| Tangenziale | I26 | Strada Extraurbana Principale | C |
| Tangenziale | I25a | Strada Extraurbana Principale | D |
| Tangenziale | I25b | Strada Extraurbana Principale | C |
| Tangenziale | I27 | Strada Extraurbana Principale | C |
| SS125 Orientale Sarda | S05 | Strada di scorrimento | C |

Tabella 7-7- Livelli di Servizio nelle condizioni di cantiere nell'ora di punta mese più carico estivo. SS 789

| Strada | Sezione di rilievo | Classifica funzionale | Livello di servizio LOS |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Strada Statale 729 Sassari - Olbia | I24 | Strada Extraurbana Principale | A |

Come si può desumere dalla tabella soprastante, il LOS delle sezioni delle strade a due corsie (Tangenziale e SS125) oscilla tra il livello C, quindi condizioni di flusso con libertà di manovra condizionata, e il livello D, ovvero condizioni di flusso con libertà di manovra molto limitata e ridotto livello di comfort fisico e psicologico dei conducenti. Discorso differente per quanto riguarda la sezione stradale della SS729 a quattro corsie, la quale rientra nel Livello di Servizio A, quindi condizioni di flusso libero con assenza di condizionamenti tra i veicoli.

Dalla verifica dei livelli di servizio, la sezione I25a, risulta attualmente nel livello D, i flussi dovuti al trasporto dei materiali di cantiere non modificano in modo significativo lo stato attuale del deflusso veicolare che permane all'inizio del livello di servizio D. Inoltre, si osserva che i mezzi carichi si muovono nella direzione del traffico nella quale si hanno i minori flussi rappresentati dal 30% del flusso bidirezionale con ulteriore attenuazione degli effetti.

Le condizioni di deflusso a seguito dell'ingresso dei mezzi pesanti nella rete viaria subiscono un peggioramento limitato che non li fa scadere in livelli di servizio da congestione, ma determina riduzioni di velocità e aumenti percentuali di tempo in coda estremamente contenuti e compatibili.

L'approccio integrato che ha coinvolto il cronoprogramma dei lavori, l'organizzazione dei cantieri e dei materiali ex situ, la scelta delle ore e dei percorsi dei mezzi ha consentito di realizzare un modello di circolazione dei mezzi di cantiere compatibile con il sistema di

offerta attuale garantendone la conservazione degli attuali LOS, senza creare un decadimento significativo degli stessi, il tutto ulteriormente assicurato dell'aver ottenuto il risultato appena descritto utilizzando i flussi del periodo estivo, con la situazione di maggior concentrazione dei cantieri da cronoprogramma e nell'ora di punta. Le condizioni rappresentate sono sicuramente portate a migliorare nelle altre ore della giornata e una volta terminata l'alta stagione turistica. Per i dettagli sulle scelte legate all'articolazione dei cantieri e del relativo cronoprogramma si rimanda all'elaborato D.3.3 – Analisi dell'assetto viario e del traffico.

7.2. Gli effetti sul traffico derivanti dall'approvvigionamento dei cantieri

L'approvvigionamento di calcestruzzo per la realizzazione degli scolmatori 1 e 2 rappresenta la voce di maggiore incidenza in termini di generazione dei flussi di traffico. Si fa presente che i flussi prodotti dalla realizzazione dei getti in cls e dalla movimentazione dei conci prefabbricati sono successivi alle attività di scavo, pertanto non si sommano ai flussi delle terre in uscita dal cantiere. Da considerazioni geometriche è evidente come i volumi di materiali di scavo siano maggiori dei volumi di calcestruzzo da gettare e che l'impatto principale è determinato dalla movimentazione delle terre e rocce da scavo.

Tuttavia, è utile quantificare l'entità del traffico generato dalla realizzazione degli scolmatori nelle fasi di realizzazione dei getti per i tratti cut&cover.

L'analisi parte dalla quantificazione dei volumi di calcestruzzo necessari per la realizzazione delle sezioni in cut&cover relativi ai due scolmatori.

La realizzazione dello scolmatore 1 nei tratti cut&cover avverrà sia mediante l'utilizzo di conci prefabbricati, sia mediante elementi gettati in opera. Il fabbisogno di calcestruzzo è stato determinato a partire dalle sezioni tipologiche dei manufatti determinando le corrispondenti incidenze.

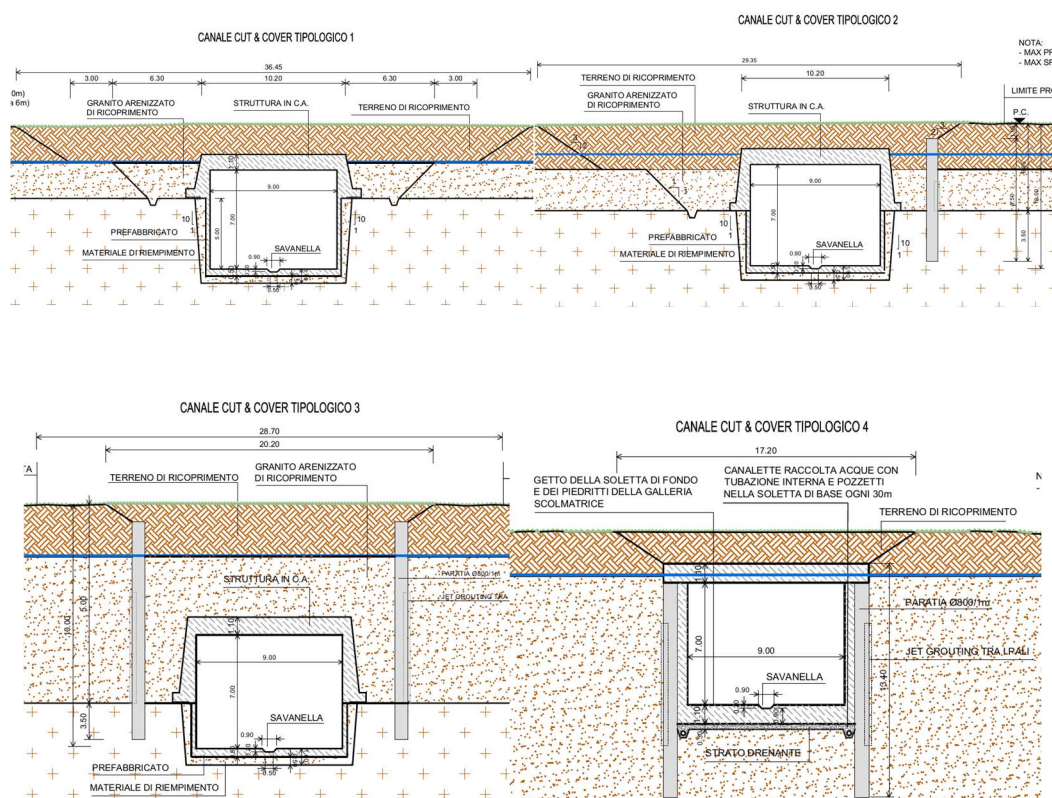


Figura 7.1 – Le 4 sezioni tipologiche relative allo Scolmatore 1 – tratti cut & cover

Tabella 7-8 – Incidenza di CLS relativa alle 4 sezioni tipologiche di Fig. 7.1

| Tipologico | Area c.a. Totale (m ²) | Area c.a. in opera (m ²) | Area c.a.p. Prefabbricato (m ²) |
|------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | 24 | 16,33 | 7,67 |
| 2 | 24,42 | 17,47 | 6,95 |
| 3 | 25,51 | 19,19 | 6,32 |
| 4 | 32,41 | 32,41 | 0 |

Moltiplicando l'incidenza di calcestruzzo del Tipologico per il suo sviluppo lineare si sono determinati i volumi di calcestruzzo necessari alla realizzazione dello scolmatore 1.

Tabella 7-9 – Cantiere 3.1 – Scolmatore 1 – Fabbisogno di cls

| Tipologico | Sviluppo | Volume cls Totale | Volume CLS in opera | Volume cls prefabbricato |
|---------------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------------|
| | m | mc | mc | Mc |
| 1 | 400 | 9600 | 6532 | 3068 |
| 2 | 140 | 3419 | 2446 | 973 |
| 3 | 100 | 2551 | 1919 | 632 |
| 4 | 1122 | 36364,02 | 36364,02 | 0 |
| Totali | 1762 | 51934,02 | 47261,02 | 4673 |

Tabella 7-10 – Cantiere 4.2 – Scolmatore 1 – Fabbisogno di cls

| Tipologico | Sviluppo | Volume cls Totale | Volume CLS in opera | Volume cls prefabbricato |
|---------------|------------|-------------------|---------------------|--------------------------|
| | m | mc | mc | mc |
| 1 | 738 | 17712 | 12052 | 5660 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Totale | 738 | 17712 | 12052 | 5660 |

Complessivamente si stima un fabbisogno di calcestruzzo per lo scolmatore 1 di circa 59.313,02 mc, assumendo un'incidenza dell'acciaio di circa 100 kg/mc, si stima un fabbisogno di acciaio per armature pari a 5.931 Tonnellate. La realizzazione dello scolmatore 2 nei tratti cut&cover avverrà secondo due tipologici. Tipologico 1 è costituito da una parte prefabbricata in calcestruzzo armato (la parte inferiore che poggia sul granito fratturato) ed una parte gettata in opera (la parte superiore di chiusura). Il tipologico 2 interamente realizzato nel granito arenizzato realizzato da due elementi ad U prefabbricati. Il fabbisogno di calcestruzzo è stato determinato a partire dalle sezioni tipologiche dei manufatti determinando le corrispondenti incidenze.

Tabella 7-11 – Incidenza di CLS relativa alle 2 sezioni tipologiche dello Scolmatore 2

| Tipologico | Area c.a. Totale m ² | Area c.a. in opera m ² | Area c.a.p. Prefabbricato m ² |
|------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | 14,32 | 4,77 | 9,55 |
| 2 | 10,86 | 10,86 | 0 |

Moltiplicando l'incidenza di calcestruzzo del Tipologico per il suo sviluppo lineare si sono determinati i volumi di calcestruzzo necessari alla realizzazione dello scolmatore 2.

Tabella 7-12 – Cantiere 3.1 – Scolmatore 2 – Fabbisogno di cls

| Tipologico | Sviluppo | Volume cls Totale | Volume CLS in opera | Volume cls prefabbricato |
|------------|----------|-------------------|---------------------|--------------------------|
| | m | mc | mc | mc |
| 1 | 365 | 5226 | 3485,75 | 1741.05 |

Tabella 7-13 – Cantiere 4.2 – Scolmatore 2 – Fabbisogno di cls

| Tipologico | Sviluppo | Volume cls Totale | Volume CLS in opera | Volume cls prefabbricato |
|------------|----------|-------------------|---------------------|--------------------------|
| | m | mc | mc | mc |
| 2 | 60 | 651,60 | 651,60 | 0 |

Complessivamente si stima un fabbisogno di calcestruzzo per lo scolmatore 2 di circa 4137,35 mc, assumendo un'incidenza dell'acciaio di circa 100 kg/mc, si stima un fabbisogno di acciaio per armature pari a 413,735 Tonnellate.

Una volta stabiliti i quantitativi di calcestruzzo da gettare in opera per i due scolmatori, dai cronoprogrammi dei relativi cantieri si determinano i giorni previsti per la realizzazione delle attività di getto. Per lo scolmatore 1 le attività sono relative al getto dei piedritti e della soletta.

Per lo scolmatore 2 le attività di getto sono inglobate nelle attività Galleria tratto cut&cover lato monte e lato valle che durano 90 giorni ciascuna, si ipotizza che i getti abbiano durata pari al 30%, per un numero di giorni pari a 27.

Nella tabella 7.8 si riporta la durata dei cantieri e delle fasi di getto.

Tabella 7-14 Durata dei lavori per la realizzazione dei due scolmatori e per la realizzazione dei getti.

| Cantiere | OPERA | DURATA TOTALE IN GIORNI | DURATA DEI GETTI IN GIORNI |
|----------|--------------|-------------------------|----------------------------|
| 3.1 | SCOLMATORE 1 | 590 | 150 |
| 4.2 | SCOLMATORE 1 | 480 | 150 |
| 1.1 | SCOLMATORE 2 | 480 | 27 |

Il calcestruzzo da gettare in opera si ipotizza avvenga mediante autobetoniere da 15 m³, nella seguente tabella 7.9 si riporta il numero di viaggi complessivi relativi a ciascun cantiere.

Tabella 7-15 Flussi di traffico prodotti dai cantieri dello scolmatore 1 e dello scolmatore 2 per i getti in opera.

| Cantiere | OPERA | VOLUME GETTI IN m3 | DURATA DEI GETTI IN GIORNI | VIAGGI COMPLESSIVI | VIAGGI / GIORNO | VIAGGI / ORA |
|----------|--------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| 3.1 | SCOLMATORE 1 | 47261,02 | 150 | 3150,73 | 21 | 1,75 |
| 4.2 | SCOLMATORE 1 | 12052 | 150 | 803,47 | 5 | 0,45 |
| 1.1 | SCOLMATORE 2 | 4137,35 | 27 | 275,82 | 10 | 0,85 |

I flussi di traffico determinati dalla produzione dei conci prefabbricati. Si riporta sotto a titolo di esempio estratto di un'offerta (offerta Coprem del 29.09.2023) per uno scatolare 9 x7 m.

Tabella 7-16 - Offerta Coprem del 29.09.2023. Ogni pezzo è fatto con due elementi prefabbricati ad U

| DESCRIZIONE FORNITURA PRODOTTI | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|--------|---------------|------------------|--------|--------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------|---------------------------|-------|-----------|----------------|
| Codice prodotto | Base interna | Altezza interna | Lungh. | Spes. muri | Spes. soletta | Peso | Cod. riv. | Perc. riv. | Num. pezzi | Quantità metri lineari | Prezzo | Quantità trasportabili | | Ricoprim. | Carico mob. |
| | W [mm] | H [mm] | L [mm] | tw [mm] | tr [mm] | [kg] | | % | [n°] | [m] | [€/m] | [m] | [num] | R [cm] | [ton] |
| SC90070010060SN | 9.000 | 7.000 | 1.000 | 600 | 600 | 51.800 | | | 1.200 | 1.200,00 | 17.975,00 | 0,50 | 0,5 | 350 | STRAD. 1ª CAT. |

Si noti che in questa offerta si supponeva di avere una galleria scatolare completamente prefabbricata formata da due elementi ad U (da nota offerta: "manufatti prefabbricati in c.a. realizzati con scatolari aperti a "U" 900 x 350cm", per essere assemblati in cantiere in modo da formare uno scatolare chiuso 900 x 350cm").

Nel caso specifico del progetto, si prevede quindi un solo elemento prefabbricato (le dimensioni saranno diverse).

Nell'offerta si considera che:

- Il concio prefabbricato ha una lunghezza di 1 metro lineare;
- La quantità trasportabile è 0,5 (cioè, solo uno dei due elementi ad U);

Si può supporre quindi un concio di 1 ml ed il trasporto di un solo elemento prefabbricato alla volta.



Figura 7.2. Trasporto di un manufatto scatolare prefabbricato

Quindi il numero di conci da produrre è pari a:

$$N. \text{conci prefabbricati} = \frac{L_{\text{galleria}}}{L_{\text{concio}} (= 1 \text{ ml})}$$

Ed il numero di viaggi è pari a:

$$N. \text{viaggi per trasporto a cantiere} = \frac{N. \text{conci prefabbricati}}{\text{Quantità trasportabile} (= 1)}$$

Sulla base quindi del tipologico di riferimento e della relativa lunghezza, si calcola, con le formule sopra riportate, il numero di conci per ogni lotto ed il numero di viaggi complessivo.

Di seguito si riporta il flusso di traffico generato dai Conci prefabbricati.

Tabella 7-17 – Flussi generati dalla fornitura dei conci prefabbricati per gli scolmatori 1 e 2

| CANTIERE 3.1 | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------|
| Tipologico | Sviluppo | N. CONCI | N. VIAGGI CONCI | VIAGGI /ORA |
| | m | | | |
| 1 | 400 | 400 | 400 | 0,33 |
| 2 | 140 | 140 | 140 | 0,12 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 0,46 |
| Totale | 640 | 640 | 640 | 0,91 |

| CANTIERE 4.2 | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------|
| Tipologico | Sviluppo | N. CONCI | N. VIAGGI CONCI | VIAGGI /ORA |
| | m | | | |
| 1 | 738 | 738 | 738 | 0,615 |
| Totale | 738 | 738 | 738 | 0,62 |

| CANTIERE 1.1 | | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------|
| Tipologico | Sviluppo | N. CONCI | N. VIAGGI CONCI | VIAGGI /ORA |
| | m | | | |
| 1 | 365 | 365 | 365 | 1,69 |
| Totale | 365 | 365 | 365 | 1,69 |

Dopo aver determinato i flussi veicolari prodotti dalle attività di getto e dalla fornitura dei conci prefabbricati, si analizzano gli impatti degli stessi sulla rete viaria.

Relativamente ai conci prefabbricati, questi possono essere forniti anche nelle ore in cui non si effettuano i getti pertanto si ritiene ragionevole ipotizzare che i loro flussi non si sommino a quelli dei getti in opera. Potrebbe effettuarsi la fornitura sia nel periodo precedente l'effettuazione dei getti, sia in orari differenziati rispetto a questi. Essendo i viaggi relativi ai conci minori rispetto a quello dei getti si effettuano le verifiche per questi valori.

Partendo dal cronoprogramma dei lavori, in corrispondenza di ogni mese e per i singoli cantieri si sono inseriti i flussi veicolari determinati sia dalle attività di scavo sia dai getti in opera e si è determinato il mese critico corrispondente al mese 11 che non corrisponde ai getti di calcestruzzo per la realizzazione degli scolmatori che avvengono nei mesi 15 – 19; 19 – 23; 7-9; 12-14.

Di seguito si riporta il Cronoprogramma dei lavori con i flussi orari generati nei diversi mesi dai cantieri.

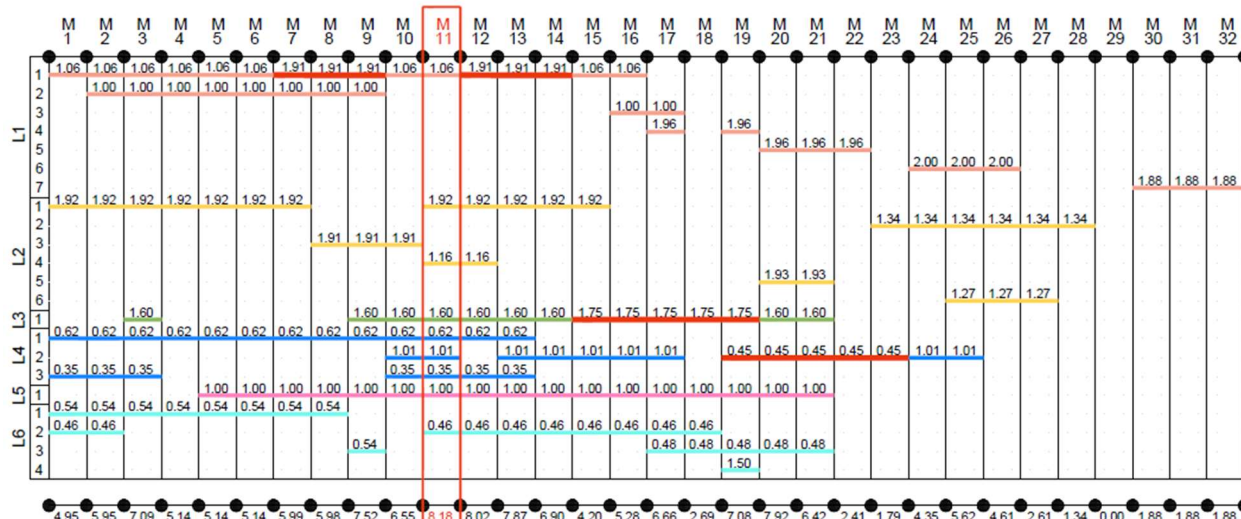


Figura 7.3 – Cronoprogramma dei lavori e flussi prodotti dai cantieri complessivi dell'approvvigionamento del calcestruzzo

Quindi l'impatto sulla viabilità per la realizzazione dei getti è inferiore a quello determinato dalla movimentazione delle terre e rocce da scavo, che tuttavia, come precedentemente descritto, è sostenibile dalle sezioni stradali interessate, con un deflusso in condizioni di servizio accettabili.

7.3. Gli effetti sul traffico derivanti dalla realizzazione dei nuovi Parchi

La realizzazione dei nuovi parchi urbani di Colcò e del cimitero determinano in condizioni di esercizio dei flussi veicolari aggiuntivi all'attuale sistema viario. In questo paragrafo si analizzano le condizioni di deflusso sulle viabilità al contorno delle aree parco prima e dopo la realizzazione degli interventi di progetto.

L'accessibilità ai parchi in progetto dalle seguenti strade:

Via Loiri: sono presenti i due ingressi che si rapportano prioritariamente con la città, un primo nei pressi dell'istituto Tecnico ITPAA, già servito dal trasporto pubblico locale con apposita

fermata, e un secondo nei pressi della via Conca Onica per il quale è prevista la realizzazione di una nuova fermata del TPL dedicata.

Via dei Mugnai: al servizio della porzione ovest del parco, funge da ingresso a priorità pedonale ma con dimensioni tali da poter permettere in caso di necessità l'accesso di mezzi di manutenzione e soccorso.

Via degli Aviatori: sono presenti due ulteriori ingressi che collegano il parco con le funzioni poste a sud del parco ed in particolare il cimitero Su Lizzu con l'adiacente parco, il terminal per voli privati, con fermata TPL esistente, e l'aeroporto di Olbia Costa Smeralda dove oltre alla fermata del trasporto pubblico locale sarà presente la fermata del nuovo collegamento ferroviario con il centro urbano.

Via dei Cestai: sono presenti due ulteriori accessi. Considerando la particolare posizione entrambi gli accessi presenti sulla via sono pensati per un ridotto bacino di utenza.

La via dei Cestai è infatti una strada chiusa con sezione stradale di ridotte dimensioni che non permette l'implementazione di un doppio senso di percorrenza. Per questo il progetto prevede l'istituzione di un senso unico di marcia che permetta, sfruttando la nuova corsia veicolare realizzata per l'accesso ai parcheggi, di percorrere il tratto in entrambe le direzioni in sicurezza. Considerato il flusso ridotto in arrivo al Rifugio Fratelli minori di Olbia, la via dei Cestai proseguirà oltre il primo accesso al parco lungo la via con il senso unico di marcia alternato esistente. Il secondo accesso, posto al termine della strada oltre il rifugio F.lli minori, sarà un ingresso pedonale secondario con possibilità di accesso per i mezzi di manutenzione e soccorso. Si veda tav. 3.01.03 di inquadramento dei parchi.



Figura 7.4 – Planimetria generale nuovo parco urbano di Colcò

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



- © Cimitero Su lizzu
- ⓓ Terminal aeroportuale voli privati

Figura 7.6 – Planimetria generale nuovo parco del Cimitero

Il progetto dei nuovi parchi urbani implementa e si integra al sistema di reti ciclopeditoni già realizzate dal Comune di Olbia o in programmazione. I parchi intercettano due importanti assi di mobilità lenta, il primo che dal centro urbano percorre tutta la via Loiri (SP.24) sino a raggiungere il Cimitero Su Lizzu e il secondo che affiancando via degli Aviatori conetterà il parco del Cimitero al parco di Colcò, al terminal aeroportuale dedicato ai mezzi privati, la nuova fermata della linea ferroviaria Aeroporto-centro città e l'Aeroporto Olbia Costa

Smeralda dal quale è possibile raggiungere secondo un percorso ad anello il centro cittadino.

La valutazione degli effetti del traffico generato e attratto dai parchi in progetto può essere condotta a partire dalla dotazione di aree di sosta come riassunta nella figura 7.6.

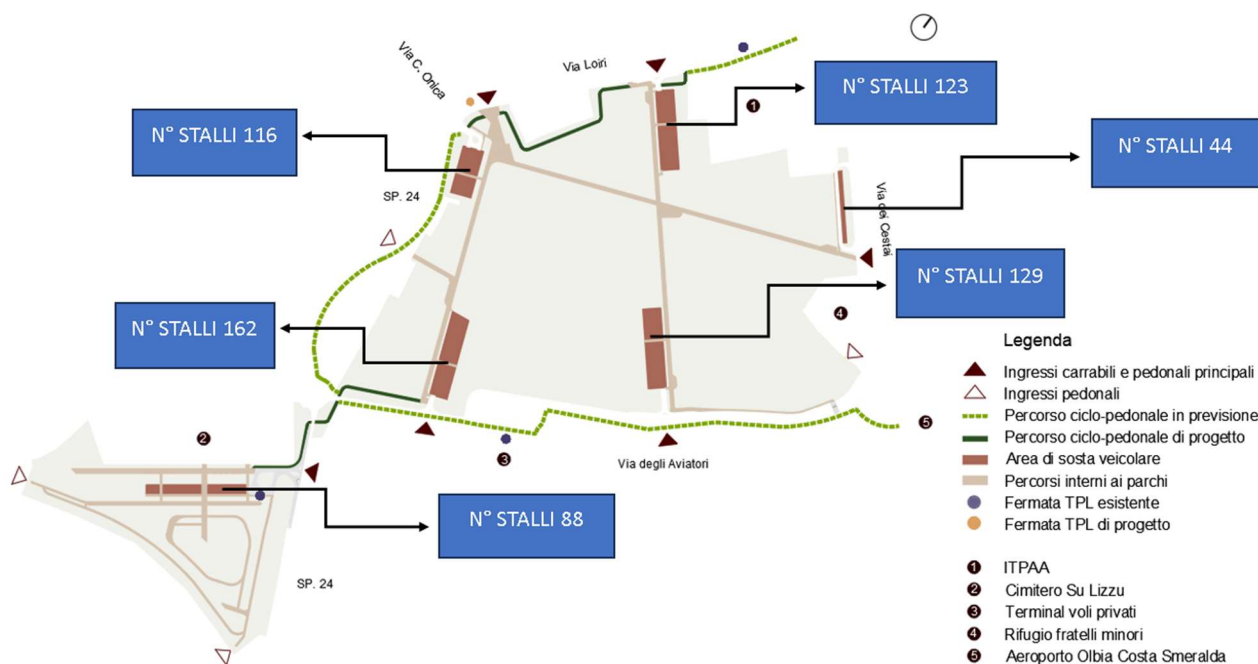


Figura 7.9 Gli stalli di sosta e la loro ubicazione rispetto agli accessi e alle viabilità al contorno

Sulla via Liori gravitano due aree di sosta, la prima da 116 stalli e la seconda da 123 stalli. Il flusso massimo atteso è pari a 239 vei/h, che si somma al flusso rilevato nella sezione antistante l'Istituto tecnico e professionale agrario nell'ora di punta del mattino, mese di luglio 2023, pari a 230 vei/h per senso di marcia più carico. Il flusso complessivo è pari a 469 vei/h, valore lontano dalla capacità di una strada a due corsie che si attesta a circa 2800 vei/h.

Sulla via degli Aviatori insistono altre due aree di sosta, la prima da 162 stalli e la seconda da 129 stalli.

La via degli Aviatori è una strada a 4 corsie, due per senso di marcia nel tratto antistante gli ingressi a Colcò e si riduce a due sole corsie nella confluenza con la rotatoria su Su Lizzu. I flussi di traffico rilevati nell'ore di punta del mattino, nel periodo estivo (mese di luglio 2023), nella sezione a due corsie sono di 310 vei/h per senso di marcia più carico. Ipotizzando che nell'arco di un'ora si saturino tutti e due i parcheggi del parco si somma un flusso monodirezionale di punta pari a 601 vei/h, valore lontano dalla capacità di una strada a due corsie che si attesta a circa 2800 vei/h.

Lungo la via dei Cestai è prevista un'area di sosta di 44 stalli. La via dei Cestai è una strada a bassissimo traffico, attualmente sul lato dei parcheggi in progetto serve il Rifugio Fratelli minori di Olbia. Considerato il modesto numero di stalli rapportato, all'attuale traffico, caratterizzato da flussi massimi dell'ordine di 10 vei/h monodirezionali, l'aggiunta dei nuovi flussi anche contemporanei determina condizioni di deflusso accettabili. Si segnala che la realizzazione dei parcheggi permette un miglioramento dell'attuale viabilità locale in quanto aggiunge la corsia di transito dei parcheggi alla corsia attuale che si presenta piuttosto stretta e rende poco agevole la circolazione a doppio senso di circolazione. Quindi in questo ambito le opere migliorano la circolazione veicolare del tratto.

Nell'area del cimitero si prevede la realizzazione di un'ulteriore area per 88 stalli.

Il flusso veicolare relativo alla via Loiri nel tratto adiacente il cimitero è stato rilevato nell'estate 2023 dalla società Sintagma per la redazione del PUM. Si riportano i dati rilevati.



Figura 7.10 – Sezione S16 di rilievo del traffico lungo la via Loiri – SP24 svolto dalla società Sintagma per il PUM 2024.

Tabella 7-18 - Flussi di traffico rilevati nella sezione S16 dalla società Sintagma nel periodo estivo

| COMUNE DI OLBIA | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Rilevo manuale dei flussi di traffico | |
| Sezione: | S16 |
| Descrizione: | SP24 |
| Direzione: | LOIRI |
| Intervallo: | 15 minuti |
| Ora: | 7:30-9:30 / 17:30-19:30 |
| Giorno: | Lunedì 31/07/2023 |

PUMS
Commessa CAJ

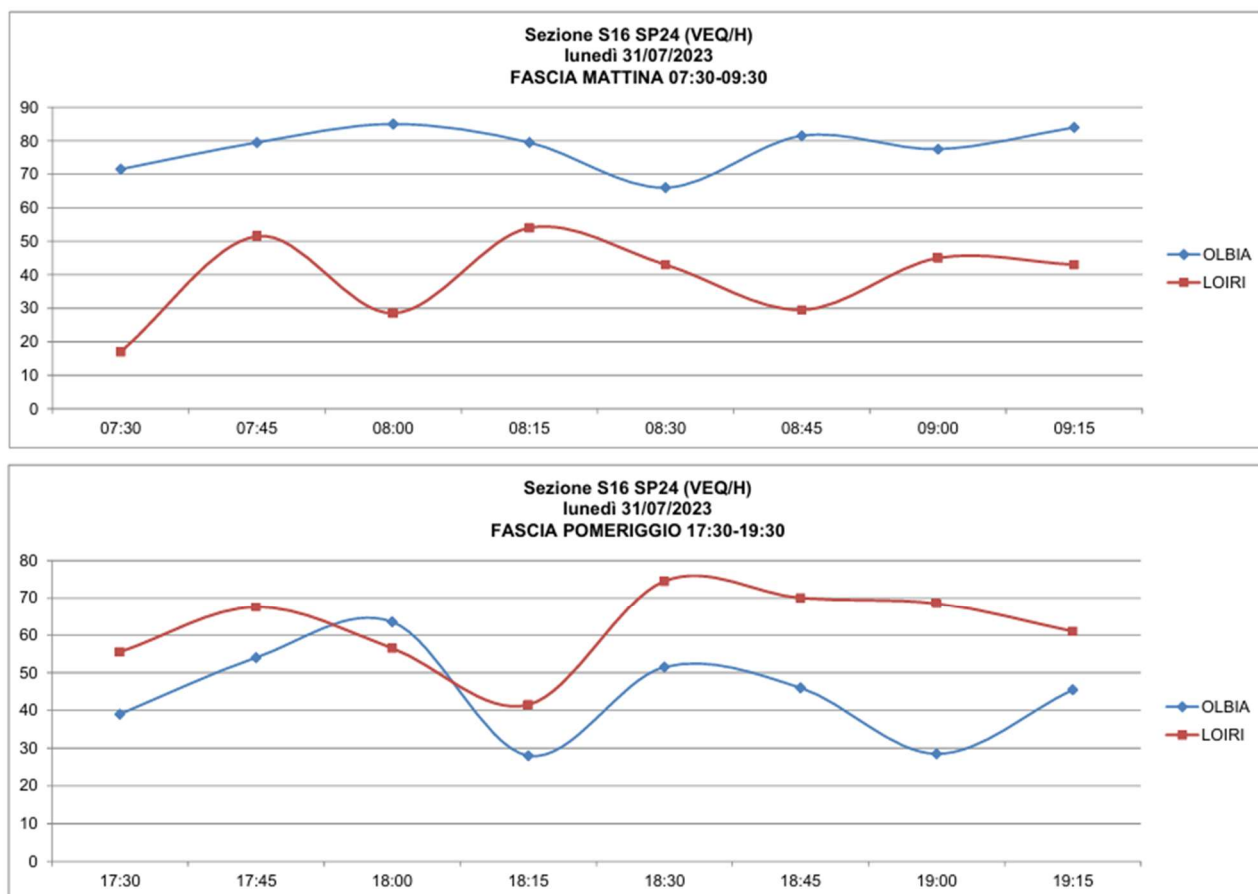
| SEZIONE S16 SP24, DIREZIONE LOIRI | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|------------|------|------|---------------------|---------------------|----|---------|-------------|---------------|---------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| | | BICI/MOTO | | AUTO | VEIC. COMM. LEGGERI | VEIC. COMM. PESANTI | | AUTOBUS | | TOT. Passaggi | Veicoli Equivalenti | TOT. Leggeri | TOT. Pesanti | % Leggeri | % Pesanti |
| | | Biciclette | Moto | Auto | N1 | N2 | N3 | Urbani | Extraurbani | | | | | | |
| FASCIA MATTINA | 07:30 | 0 | 0 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 17 | 16 | 0 | 100% | 0% |
| | 07:45 | 0 | 2 | 33 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 46 | 51,5 | 45 | 1 | 98% | 2% |
| | 08:00 | 0 | 0 | 21 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 28,5 | 26 | 0 | 100% | 0% |
| | 08:15 | 0 | 0 | 25 | 11 | 4 | 0 | 0 | 1 | 41 | 54 | 36 | 5 | 88% | 12% |
| | 08:30 | 0 | 1 | 27 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 37 | 43 | 35 | 2 | 95% | 5% |
| | 08:45 | 0 | 1 | 16 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 25 | 29,5 | 24 | 1 | 96% | 4% |
| | 09:00 | 0 | 0 | 26 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 38 | 45 | 37 | 1 | 97% | 3% |
| FASCIA POMERIGGIO | 09:15 | 0 | 3 | 26 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 38 | 43 | 36 | 2 | 95% | 5% |
| | 17:30 | 0 | 1 | 46 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 55,5 | 53 | 0 | 100% | 0% |
| | 17:45 | 1 | 1 | 49 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 62 | 67,5 | 61 | 1 | 98% | 2% |
| | 18:00 | 0 | 3 | 40 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 51 | 56,5 | 48 | 3 | 94% | 6% |
| | 18:15 | 0 | 1 | 37 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 40 | 41,5 | 39 | 1 | 98% | 3% |
| | 18:30 | 0 | 2 | 63 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | 74,5 | 72 | 0 | 100% | 0% |
| | 18:45 | 1 | 3 | 56 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 70 | 68 | 0 | 100% | 0% |
| | 19:00 | 0 | 0 | 53 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 62 | 68,5 | 60 | 2 | 97% | 3% |
| | 19:15 | 0 | 3 | 49 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 61 | 59 | 0 | 100% | 0% |

Tabella 7-19 – Andamento dei flussi nell'arco della giornata nella sezione S16

| COMUNE DI OLBIA | |
|--|-------------------------|
| Rilievo manuale dei flussi di traffico | |
| Sezione: | S16 |
| Descrizione: | SP24 |
| Direzione: | OLBIA |
| Intervallo: | 15 minuti |
| Ora: | 7:30-9:30 / 17:30-19:30 |
| Giorno: | Lunedì 31/07/2023 |

PUMS
Commessa CAJ

| | | SEZIONE S16 SP24, DIREZIONE OLBIA | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-----------------------------------|------|------|---------------------|---------------------|----|---------|-------------|---------------|---------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| | | BICI/MOTO | | AUTO | VEIC. COMM. LEGGERI | VEIC. COMM. PESANTI | | AUTOBUS | | TOT. Passaggi | Veicoli Equivalenti | TOT. Leggeri | TOT. Pesanti | % Leggeri | % Pesanti |
| | | Biciclette | Moto | Auto | N1 | N2 | N3 | Urbani | Extraurbani | | | | | | |
| FASCIA MATTINA | 07:30 | 0 | 0 | 47 | 8 | 5 | 0 | 0 | 0 | 60 | 71,5 | 55 | 5 | 92% | 8% |
| | 07:45 | 0 | 3 | 60 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 79,5 | 75 | 0 | 100% | 0% |
| | 08:00 | 0 | 0 | 64 | 9 | 2 | 1 | 0 | 0 | 76 | 85 | 73 | 3 | 96% | 4% |
| | 08:15 | 0 | 2 | 59 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 72 | 79,5 | 69 | 3 | 96% | 4% |
| | 08:30 | 0 | 1 | 51 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 61 | 66 | 60 | 1 | 98% | 2% |
| | 08:45 | 0 | 4 | 53 | 11 | 3 | 1 | 0 | 0 | 72 | 81,5 | 68 | 4 | 94% | 6% |
| | 09:00 | 0 | 2 | 57 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 70 | 77,5 | 67 | 3 | 96% | 4% |
| | 09:15 | 0 | 1 | 61 | 10 | 2 | 1 | 0 | 0 | 75 | 84 | 72 | 3 | 96% | 4% |
| FASCIA POMERIGGIO | 17:30 | 0 | 1 | 34 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 39 | 38 | 0 | 100% | 0% |
| | 17:45 | 0 | 2 | 42 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 50 | 54 | 48 | 2 | 96% | 4% |
| | 18:00 | 0 | 0 | 53 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 63,5 | 60 | 0 | 100% | 0% |
| | 18:15 | 0 | 0 | 25 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 28 | 27 | 0 | 100% | 0% |
| | 18:30 | 0 | 3 | 41 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 51,5 | 50 | 0 | 100% | 0% |
| | 18:45 | 0 | 0 | 36 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 42 | 46 | 41 | 1 | 98% | 2% |
| | 19:00 | 0 | 1 | 24 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 27 | 28,5 | 26 | 1 | 96% | 4% |
| | 19:15 | 0 | 2 | 37 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 45,5 | 44 | 0 | 100% | 0% |



Il flusso di traffico generato e attratto due parchi in progetto è legato prevalentemente ad attività ricreative collegate al tempo libero, i cui picchi non corrispondono con quelli casa – lavoro e lavoro – studio.

Le ore di maggior frequentazione per i parchi nel periodo estivo, sono quelle del mattino, dalle 8.30 alle 11.00 e quelle del pomeriggio dalle 17.00 alle 20.00.

La direttrice direzione Loiri dalle 18.15 alle 19.15 si può sommare ai flussi in arrivo ai parchi del pomeriggio. Si sommano i 315,5 veicoli equivalenti / ora agli 88 veicoli / ora generati dal parco del Cimitero, per un flusso unidirezionale pari a 403,5 vei/ora.

Anche per questa sezione stradale i flussi veicolari estivi cumulati sono lontani dalla capacità della strada a due corsie.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Dalle considerazioni svolte, il traffico indotto dalla realizzazione dei due nuovi parchi Colcò e Cimitero è compatibile con il sistema di offerta di trasporto esistente, le condizioni di deflusso sulle reti viarie al contorno dei parchi si conservano in condizioni lontane dalla capacità. Si evidenzia inoltre che le condizioni poste a base dell’analisi sono estremamente cautelative in quanto si sono assunti i momenti di punta del traffico veicolare esistente, rilevato nel periodo estivo, cumulato con quello generato dai due parchi, ipotizzando un’occupazione totale degli stalli nella medesima ora.

Occorre considerare che i due parchi saranno collegati anche dalle piste ciclabili e dalle linee di trasporto pubblico locale, riducendo l’afflusso dei mezzi privati.

Si rileva infine che i flussi veicolari indotti dalla realizzazione dei due parchi sono di modesta entità se rapportati alle emissioni della città di Olbia e sono ampiamente bilanciati dalla realizzazione delle aree verdi e dalle nuove piantumazioni.

8. RUMORE

8.1. Metodologia di valutazione

Il riferimento per la predisposizione della Valutazione previsionale di impatto acustico è la Deliberazione Regione Sardegna n. 62/9 del 14 novembre 2008: "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale e disposizioni in materia di acustica ambientale" e ss.mm.ii.

L'indagine è stata quindi svolta approfondendo:

- l'analisi della situazione di fatto in cui si inserisce il progetto;
- l'individuazione dei principali ricettori;
- l'individuazione delle principali fonti rumorose indotte;
- il calcolo dei possibili incrementi di rumorosità riconducibili all'attuazione dell'intervento in oggetto;
- il confronto dei valori attesi con i limiti di legge;
- la verifica/studio (qualora necessario) di soluzioni tecniche di mitigazione ambientale/contenitive con riferimento alla possibile propagazione sonora riconducibile alle sorgenti sonore indotte del progetto e oggetto di valutazione nel presente documento.

L'analisi si è inoltre strutturata attraverso approfondimenti in merito alla morfologia del territorio urbanizzato, così da poter stimare i livelli di rumorosità verso l'ambiente esterno tenendo in considerazione, in particolare, tutte le componenti fisiche e naturali frapposte tra le sorgenti e i ricettori più esposti. Si vedano gli elaborati di indagine SIA C.2.

8.2. Descrizione delle sorgenti di rumore

Le sorgenti presenti nelle fasi di cantiere sono costituite dai mezzi d'opera, dagli elettrotensili che l'impresa appaltatrice dei lavori utilizzerà per la realizzazione delle opere. Nella suddetta fase di realizzazione delle opere le sorgenti di rumore saranno da ricondurre ai mezzi d'opera utilizzati e alle lavorazioni da effettuate che avranno una durata limitata nel

tempo (tempo previsto dal progetto per l'esecuzione dei lavori) e saranno presenti solo in periodo diurno. Nel presente studio sono stati considerati gli effetti cumulativi delle emissioni derivanti dall'utilizzo contemporaneo dei mezzi nei vari cantieri, secondo quanto riportato nel cronoprogramma, che prevede una durata di 36 mesi, quindi si sono ipotizzati 36 scenari, uno per ogni mese di esercizio, in cui sono attive le sorgenti in ogni singolo cantiere.

Nello specifico le principali sorgenti rumorose considerate nei calcoli sono:

- Escavatore con benna da 2,5 m³, modello di riferimento indicativo CAT 352;
- Pala cingolata, modello di riferimento indicativo CAT 963;
- Camion;
- Macchina per formazione di micropali;
- Draga idraulica aspirante;
- Martellone demolitore;
- Autobetoniera;
- Autobotte;
- Chiatta;
- Dumper;
- Finitrice per asfalti;
- Elettropompa per wellpoint;
- Esplosivo;
- Impianto di vagliatura;
- Macchina per foratura su roccia;
- Macchina per fori esplosivo;
- Macchina perforatrice per posa condotte Toc;
- Pompa per getti CLS;
- Rullo da 5 tonnellate;
- Rullo da 25 tonnellate;
- Perforatrice orizzontale e spingitubo;

- Macchina per lo spritz beton;
- Macchina di taglio superwedge su escavatore;
- Macchina da taglio a filo diamantato;
- Trinciatutto per escavatore;
- Camion gru da 8 tonnellate;
- Jetgrouting;
- **Tramoggia (impianto Soil washing)**
- **Vibrovaglio lavatore gruppo sabbia (impianto Soil washing)**
- **Vibrovaglio asciugatrice gruppo sabbia (impianto Soil washing)**
- **Pompa gruppo sabbia (impianto Soil washing)**
- **Idrociclone (impianto Soil washing)**
- **vibrovaglio asciugatore, a valle idrociclone (impianto Soil washing)**
- **decantatore/chiarificatore (Impianto linea acqua-impianto Soil washing)**
- **filtropressa (Impianto linea acqua-impianto Soil washing)**

I relativi dati di potenza di emissione riportati rappresentano mediamente in via previsionale il rumore emesso dai mezzi d'opera simili che saranno utilizzati nel cantiere per la realizzazione delle opere di mitigazione del rischio idrogeologico del comune di Olbia. Le sorgenti sonore sono state considerate come puntiformi e coincidenti con il baricentro del velivolo o dell'utensile. [Si rimanda all'Elaborato C.2.2 - Valutazione previsionale di impatto acustico per i valori assunti per ciascuna macchina.](#)

Per i mezzi d'opera sono possibili diversi scenari di utilizzo, per i quali si generano differenti livelli di potenza sonora di emissione.

[La fase di esercizio dei vari cantieri è prevista esclusivamente nel periodo diurno, quindi all'interno del tempo di riferimento Tr che va dalle ore 6:00 alle ore 22:00, limitato nel tempo al periodo necessario per realizzare le opere.](#)

8.3. Classificazione di destinazione d'uso

Il comune di Olbia risulta attualmente dotato di PCA (piano di classificazione acustica comunale), adottato con delibera comunale n°20 del 08/04/2014, così come previsto dalla D.RAS 62/9 del 2008. Pertanto, si è provveduto a considerare la classe di appartenenza dell'area in oggetto attribuita dal PCA.

Le aree interessate sono risultate ricadenti in tutte le classi acustiche le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella:

| Classificazione acustica del territorio | | | Limiti di | | | | | |
|---|--------|--|------------|----------|-----------|----------|---------|----------|
| Classi di destinazione d'uso del territorio | | | immissione | | emissione | | qualità | |
| | Classe | Tipologia | Diurno | Notturmo | Diurno | Notturmo | Diurno | Notturmo |
| VERDE | I | aree particolarmente protette | 50 | 40 | 45 | 35 | 47 | 37 |
| GIALLO | II | aree ad uso prevalentemente residenziale | 55 | 45 | 50 | 40 | 52 | 42 |
| ARANCIONE | III | aree di tipo misto | 60 | 50 | 55 | 45 | 57 | 47 |
| ROSSO | IV | aree di intensa attività umana | 65 | 55 | 60 | 50 | 62 | 52 |
| VIOLA | V | aree prevalentemente industriali | 70 | 60 | 65 | 55 | 67 | 57 |
| BLU | VI | aree esclusivamente industriali | 70 | 70 | 65 | 65 | 70 | 70 |

Figura 8.1 - Classificazione acustica del territorio

8.4. Identificazione e descrizione dei ricettori

Nell’area in oggetto sono presenti diversi fabbricati aventi differenti destinazioni d’uso: residenziale, ricettivo, pubblico, ecc..

I principali ricettori del presente studio sono identificati in corrispondenza delle postazioni di misura da NR01 a NR42, come meglio identificati dalla tabella 4 nella “Relazione di clima acustico ante operam”, codice elaborato 23_250_RE01_B, per il progetto “Olbia e le sue acque – Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi – Macroarea 3 – Ambito urbano”.

Tabella 4. Codifica report acustici su punti misura

| N° Ricettore | INDIRIZZO | Report |
|--------------|---|---------------|
| NR-01 | Via: del Diamante_ ospedale fronte parcheggi Dir. Sanitaria | Report_NR01_a |
| NR-02 | Via: del Diamante_ ospedale retro eliporto aule formazione | Report_NR02_a |
| NR-03 | Via: Nereide,6 | Report_NR03_a |
| NR-04 | Via: Villa Chiara 10 | Report_NR04_a |
| NR-05 | Via: SS 127 Settentrionale Sarda distr. Beyfin | Report_NR05_a |
| NR-06 | Via: della Luna | Report_NR06_a |
| NR-07 | Via: SS 127 Settentrionale Sarda | Report_NR07_b |
| NR-08 | Via: SS 127 Settentrionale Sarda | Report_NR08_b |
| NR-09 | Via: Maltineddu 5/A | Report_NR09_a |

| N° Ricettore | INDIRIZZO | Report |
|--------------|---|---------------|
| NR-10 | Via Rio Siligheddu | Report_NR10_a |
| NR-11 | Via Marconi 35 | Report_NR11_a |
| NR-12 | Via: Fausto Noce | Report_NR12_b |
| NR-13 | Via: SS Circonvallazione Ovest n. 1 | Report_NR13_a |
| NR-14 | Via: traversa di Via S.Vittore | Report_NR14_a |
| NR-15 | Via: Maccionitta | Report_NR15_a |
| NR-16 | Via: S. Vittore | Report_NR16_a |
| NR-17 | Via: Teggia e Stambene | Report_NR17_a |
| NR-18 | Via: Lussemburgo, n.32 | Report_NR18_a |
| NR-19 | Via: Bonn, n.1 | Report_NR19_a |
| NR-20 | Via: Birmania _Gruppo GAIA x terrazzo Palestra | Report_NR20_a |
| NR-21 | Via: Israele | Report_NR21_b |
| NR-22 | Viale Italia | Report_NR22_a |
| NR-23 | Via Indonesia | Report_NR23_a |
| NR-24 | via: Luigi Galvani 10 x Ass. UNIPOL-STUDIO MEDICO | Report_NR24_a |
| NR-25 | Via: Roma/via Tasso edicola | Report_NR25_b |
| NR-26 | Angolo Via Ungheria 5 | Report_NR26_a |
| NR-27 | ORTOS area agricola traversa SS127 | Report_NR26_a |
| NR-28 | Via: Burrai Area partitore Acquedotto | Report_NR28_a |
| NR-29 | Via: Albitrone | Report_NR29_a |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

8.5. Individuazione sorgenti esistenti

Il Comune di Olbia ha affidato alla società BIONOISE Engineering Srl mediante aggiudicazione a seguito bando di gara pubblica con D.D. n. 3895 del 11/09/2023 CIG A0086F1C3F i rilievi fonometrici.

La relazione sul clima acustico è stata prodotta ai sensi dell’art. 8 Legge 26 ottobre 1995 n.447 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”. La metodologia di valutazione ha previsto i seguenti passaggi:

- Caratterizzazione del clima acustico attuale;
- Esecuzione di monitoraggio acustico di sette giorni in 42 postazioni specifiche denominate progressivamente NR01 – NR42
- Esecuzione di monitoraggio condizioni meteorologiche durante le campagne di monitoraggio acustico
- Stesura Report di monitoraggio.

Il complesso del monitoraggio acustico settimanale nei 42 punti indagati, ha permesso di ricostruire in dettaglio in clima acustico ante operam nell’area di Olbia, con evidenza degli andamenti acustici nell’arco della settimana, in funzione della collocazione in ambito prettamente urbano o periurbano in aree a destinazione commerciale/industriale o agricola. Nella tabella seguente, vengono riportati tutti i punti di monitoraggio con livello equivalente misurato, suddivisi per diurno e notturno nelle postazioni di monitoraggio settimanale.

Tabella 6. Risultati punti di misura di lungo periodo

| ID Nome | Destinazione Presunta | Distanza Sorgenti | LeqA D | LeqA N | Classe PCCA | LMITI PCCA | |
|------------|------------------------------------|----------------------|--------|--------|----------------|------------|--------|
| | | | | | | LeqA D | LeqA D |
| NR_01 | Ospedale | 355 | 54,7 | 48,8 | I | 50 | 40 |
| NR_02 | Ospedale | 255 | 67 | 62,7 | I | 50 | 40 |
| NR_03 | Abitazione | 158 | 53,3 | 47,5 | III | 60 | 50 |
| NR_04 | Abitazione | 180 | 52,8 | 46,6 | IV | 65 | 55 |
| NR_05 | Distributore carburante | 100 | 53,9 | 47,9 | III | 60 | 50 |
| NR_06 | Annesso agricolo | 35 | 53,7 | 47,5 | III | 60 | 50 |
| NR_07 | Abitazione | 62 | 59,4 | 53,2 | III | 60 | 50 |
| NR_08 | Abitazione | 30 | 55,5 | 49 | II | 55 | 45 |
| NR_09 | Abitazione | 36 | 55,5 | 48 | III | 60 | 50 |
| NR_10 | Abitazione | 96 | 50,9 | 49,8 | II | 55 | 45 |
| NR_11 | Abitazione | 4 | 61,2 | 54,1 | II | 55 | 45 |
| NR_12 | Servizi sanitari (Croce bianca) | 4 | 58,1 | 49,9 | II | 55 | 45 |
| NR_13 | Abitazione | 7 | 57,7 | 50 | II | 55 | 45 |
| NR_14 | Abitazione | 200 | 50,7 | 43,6 | III | 60 | 50 |
| NR_15 | Annesso agricolo | 110 | 57,2 | 49,1 | III | 60 | 50 |
| NR_16 | Abitazione | 50 | 57,8 | 49,7 | III | 60 | 50 |
| NR_17 | Abitazione | 50 | 46,5 | 41,7 | II | 55 | 45 |
| NR_18 | Abitazione | 0 | 61,2 | 46,9 | II | 55 | 45 |
| NR_19 | Abitazione | 0 | 62,1 | 46,7 | II | 55 | 45 |
| NR_20 | Locale industriale | 140 | 62,3 | 52,9 | V | 70 | 60 |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| ID Nome | Destinazione Presunta | Distanza Sorgenti | LeqA D | LeqA N | Classe PCCA | LIMITI PCCA | |
|------------|----------------------------|----------------------|--------|--------|----------------|-------------|--------|
| | | | | | | LeqA D | LeqA D |
| NR_21 | Locale industriale | 67 | 61,5 | 53,7 | V | 70 | 60 |
| NR_22 | Distributore carburante | 37 | 62,5 | 54,3 | VI | 70 | 70 |
| NR_23 | Locale industriale | 75 | 53,3 | 46,6 | VI | 70 | 70 |
| NR_24 | Locale commerciale | 38 | 60,9 | 57,1 | III | 60 | 50 |
| NR_25 | Edicola | 70 | 65 | 57,8 | II | 55 | 45 |
| NR_26 | Locale commerciale | 60 | 62,6 | 56,1 | II | 55 | 45 |
| NR_27 | Azienda agricola | 150 | 49,1 | 45,3 | III | 60 | 50 |
| NR_28 | Partitore acquedotto | 60 | 54,4 | 46,6 | III | 60 | 50 |
| NR_29 | Abitazione | 32 | 39,9 | 36,7 | III | 60 | 50 |
| NR_30 | Abitazione | 6 | 43,2 | 36,3 | III | 60 | 50 |
| NR_31 | Abitazione | 23 | 49,7 | 42,9 | II | 55 | 45 |
| NR_32 | Abitazione | 4 | 53,8 | 51,7 | II | 55 | 45 |
| NR_33 | Scuola superiore | 5 | 52,7 | 47 | I | 50 | 40 |
| NR_34 | Abitazione | 5 | 57,2 | 44,7 | II | 55 | 45 |
| NR_35 | Abitazione | 6 | 50,3 | 41,7 | II | 55 | 45 |
| NR_36 | Abitazione | 8 | 47,8 | 38,9 | II | 55 | 45 |
| NR_37 | Abitazione | 9 | 61,7 | 54,4 | II | 55 | 45 |
| NR_38 | Abitazione | 5 | 53,2 | 44,2 | II | 55 | 45 |
| NR_39 | Abitazione | 7 | 55,2 | 46,8 | III | 60 | 50 |
| NR_40 | Abitazione | 5 | 50,6 | 46,4 | II | 55 | 45 |
| NR_41 | Abitazione | 5 | 62,8 | 56 | II | 55 | 45 |
| NR_42 | Scuola elementare | 10 | 53,1 | 45,4 | I | 50 | 40 |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

“Per una completa consultazione dei valori misurati si rimanda al singolo report di monitoraggio acustico, dettagliati come codifica nella tabella 4.

In riferimento al capitolo “4 CONCLUSIONI” della “Relazione di clima acustico ante operam”, si riporta quanto segue:

“Il complesso dei dati acustici rilevati nelle quattro settimane di monitoraggio, permettono di analizzare in dettaglio il clima acustico attuale nelle aree urbane di Olbia, interessate dal progetto di mitigazione del rischio idraulico; in particolare si rileva che i quartieri densamente antropizzati ed interessati da rilevante traffico veicolare evidenziano livelli acustici significativi, quali ad esempio le zone urbane (NR25, NR26, NR41); al contrario le zone periurbane a vocazione prevalentemente agricola, mostrano livelli acustici piuttosto modesti. Per specifiche postazioni di misura si riportano alcune osservazioni in particolare riferite ai ricettori sensibili:

- NR02 Ospedale Giovanni Paolo II; questa postazione sul retro-ospedale verso l’eliporto è influenzata sia dal passaggio degli elicotteri, sia dalla presenza in copertura delle griglie di ventilazione delle UTA;
- NR33 Scuola Superiore AMSICORA; i valori rilevati sono sostanzialmente in linea con la destinazione acustica in Classe I per il periodo diurno;
- NR42 Scuola elementare ISTICAREDDU; anche in questo caso i livelli di immissione al ricettore scolastico diurni, sono in linea con la destinazione in Classe I.

Risulta evidente dai valori acustici rilevati, dall’osservazione diretta nelle quattro settimane di sopralluogo, che il clima acustico dell’ambito urbano di Olbia è fortemente influenzato dal traffico veicolare su gomma.”

Il complesso dei dati acustici rilevati nelle quattro settimane di monitoraggio, permettono di analizzare in dettaglio il clima acustico attuale nelle aree urbane di Olbia, interessate dal progetto di mitigazione del rischio idraulico; in particolare si rileva che i quartieri densamente antropizzati ed interessati da rilevante traffico veicolare evidenziano livelli acustici significativi, quali ad esempio le zone urbane (NR25, NR26, NR41); al contrario le zone periurbane a vocazione prevalentemente agricola, mostrano livelli acustici piuttosto modesti. Per specifiche postazioni di misura si riportano alcune osservazioni in particolare riferite ai ricettori sensibili:

- NR02 Ospedale Giovanni Paolo II; questa postazione sul retro-ospedale verso l’eliporto è influenzata sia dal passaggio degli elicotteri, sia dalla presenza in copertura delle griglie di ventilazione delle UTA;
- NR33 Scuola Superiore AMSICORA; i valori rilevati sono sostanzialmente in linea con la destinazione acustica in Classe I per il periodo diurno;
- NR42 Scuola elementare ISTICAREDDU; anche in questo caso i livelli di immissione al ricettore scolastico diurni, sono in linea con la destinazione in Classe I.

Risulta evidente dai valori acustici rilevati, dall’osservazione diretta nelle quattro settimane di sopralluogo, che il clima acustico dell’ambito urbano di Olbia è fortemente influenzato dal traffico veicolare su gomma.

Si riporta di seguito l’elenco dei ricettori che ricadono dentro le fasce di pertinenza stradale, in base a quanto riportato nel PCA del Comune di Olbia, per i quali si è ricavato il livello di rumore residuo in base ai valori scaturiti dalla “Relazione di clima acustico ante operam”, codice elaborato 23_250_RE01_B, per il progetto “Olbia e le sue acque – Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi – Macroarea 3 – Ambito urbano” e dai report dei singoli ricettori:

| ID Nome | Destinazione | Cantiere | Distanza sorgenti | Pertinenza a stradale | Residuo L90 dB(A) |
|---------|-------------------------|--|-------------------|-----------------------|-------------------|
| NR_01 | Ospedale | Cantiere 4,1 | 355 | SI | 47,3 |
| NR_02 | Ospedale | Cantiere 4,1 | 255 | SI | 59,1 |
| NR_03 | Abitazione | Cantiere 1,6 e 2,5 | 158 | SI | 45 |
| NR_04 | Abitazione | Opere di presa Su rio Pasana - Cantiere Principale Rio Pasana 1 - Scolmatore 1 | 180 | SI | 47,3 |
| NR_05 | Distributore carburante | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 100 | SI | 45 |
| NR_06 | Annesso agricolo | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 35 | SI | 43,1 |
| NR_07 | Abitazione | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 62 | SI | 46,9 |
| NR_08 | Abitazione | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 30 | SI | 45,9 |
| NR_09 | Abitazione | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 36 | SI | 43,1 |

| | | | | | |
|-------|-------------------------|--|-----|----|------|
| NR_10 | Abitazione | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu | 96 | NO | - |
| NR_11 | Abitazione | Cantiere 2,5 Pasana | 4 | NO | - |
| NR_12 | Servizi sanitari | Cantiere 6,3 | 4 | NO | - |
| NR_13 | Abitazione | Cantiere 2,1 | 7 | NO | - |
| NR_14 | Abitazione | Cantiere 2,1 | 200 | SI | 42,4 |
| NR_15 | Annesso agricolo | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 110 | SI | 41,4 |
| NR_16 | Abitazione | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 50 | SI | 42 |
| NR_17 | Abitazione | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 50 | SI | 38 |
| NR_18 | Abitazione | Cantiere 1,1 | 0 | NO | - |
| NR_19 | Abitazione | Cantiere 1,1 | 0 | NO | - |
| NR_20 | Locale industriale | Cantiere 1,1 | 140 | NO | - |
| NR_21 | Locale industriale | Cantiere 1,3 | 67 | SI | 45,1 |
| NR_22 | Distributore carburante | Cantiere 1,3 | 37 | SI | 56,2 |
| NR_23 | Locale industriale | Cantiere 1,3 | 75 | SI | 47,7 |
| NR_24 | Locale commerciale | Cantiere 6,2 | 38 | SI | 52,9 |
| NR_25 | Edicola | Seligheddu 6,1 | 70 | SI | 58,6 |
| NR_26 | Locale commerciale | Seligheddu 6,1 | 60 | SI | 53,2 |
| NR_27 | Azienda agricola | Cantiere 4,1 | 150 | SI | 40,3 |
| NR_28 | Partitore acquedotto | Cantiere 4,2 | 60 | SI | 47,5 |
| NR_29 | Abitazione | Cantiere 2,4 AU NIEDDA | 32 | NO | - |
| NR_30 | Abitazione | Cantiere 2,4 AU NIEDDA | 6 | NO | - |
| NR_31 | Abitazione | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu | 23 | NO | - |
| NR_32 | Abitazione | Seligheddu | 4 | NO | - |
| NR_33 | Scuola superiore | Seligheddu | 5 | NO | - |
| NR_34 | Abitazione | Cantiere 2,6 | 5 | NO | - |
| NR_35 | Abitazione | Cantiere 2,2 - Cantiere Principale San Nicola / Gadduresu | 6 | NO | - |
| NR_36 | Abitazione | Cantiere 2,3 | 8 | NO | - |
| NR_37 | Abitazione | Cantiere principale Gadduresu 2,2 | 9 | NO | - |
| NR_38 | Abitazione | Cantiere 6,4 | 5 | NO | - |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| | | | | | |
|-------|------------|--------------|---|----|---|
| NR_39 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 7 | NO | - |
| NR_40 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 5 | NO | - |
| NR_41 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 5 | NO | - |

Sono stati identificati 6 punti di misura di controllo dei valori di rumore residuo, di cui si riporta la seguente tabella riassuntiva:

| ID Nome | Destinazione | Cantiere | Punti di controllo |
|---------|------------------|---------------------------------------|--------------------|
| NR_01 | Ospedale | Cantiere 4,1 | Pm1 |
| NR_02 | Ospedale | Cantiere 4,1 | |
| NR_12 | Servizi sanitari | Cantiere 6,3 | Pm2 |
| NR_33 | Scuola superiore | Seligheddu | Pm3 |
| NR_40 | Abitazione | Cantiere 6,2 | Pm4 |
| NR_43 | Pittulongu | Cantiere D - Pittulongu | Pm5 |
| NR_44 | Liceo Artistico | Impianto Soil Washing – Molo Cocciani | Pm6 |

Rispetto all’elenco riportato nei paragrafi precedenti, si è aggiunto come ricettore il numero NR_43, caratterizzante l’area di Pittulongu.

In riferimento alla richiesta di integrazioni (Nota SVIA n.22821 del 06/08/2025) relativa al cantiere di Soil Washing sito presso il Molo Cocciani, si è aggiunto come ricettore il numero NR_44, ovvero la sede staccata del Liceo artistico musicale sito tra la Via Zambia e Via Madagascar.

Si riporta di seguito la vista satellitare per meglio individuare la collocazione dei punti di misura individuati:

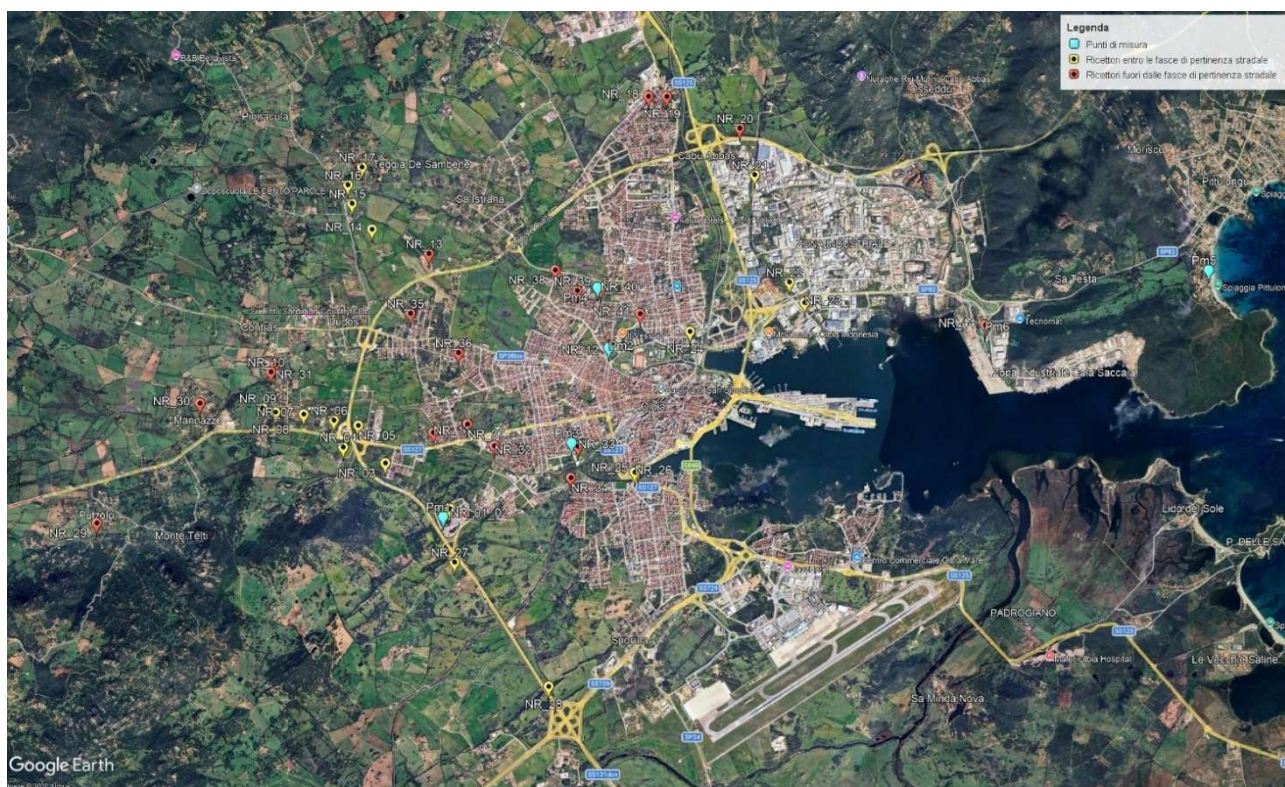


Figure 8-1: Punti di monitoraggio Acustico

I rilievi hanno interessato il Tempo di riferimento (T_n) diurno (ore 06.00-22.00), con Tempo di misura (T_m) di 60 minuti circa, ritenuti rappresentativi nell’arco dell’intero Tr. Le misure sono state presidiate per evidenziare ed eventualmente escludere eventi anomali. La velocità del vento, durante le misure, si è mantenuta inferiore a 5 m/s. Di seguito si riportano le caratteristiche della strumentazione usata:

| Tipo | Marca e Modello | N. di serie | Scadenza Taratura |
|-----------------------|-----------------|-------------|-------------------|
| Fonometro integratore | 01dB SOLO | 65684 | 11/06/2027 |
| Preamplificatore | 01dB PRE 12H | 20453 | 11/06/2027 |
| Microfono | Aksud 3201 | 49435 | 11/06/2027 |

| | | | |
|-------------|-----------|----------------|------------|
| Calibratore | CEL 284/2 | 4/0532646 7 | 11/06/2027 |
|-------------|-----------|----------------|------------|

La strumentazione è di classe 1, conforme alle Norme IEC 651/79 e 804/85 (CEI EN 60651/82 e CEI EN 60804/99).

Prima e dopo ogni serie di misure è stata controllata la calibrazione della strumentazione mediante calibratore (verificando che lo scostamento dal livello di taratura acustica non sia superiore a 0.5 dB) [Norma UNI 9432/08].

L'intera catena di misura impiegata è provvista dei certificati della verifica periodica della taratura in corso di validità rilasciati da laboratori accreditati da ACCREDIA.

Attraverso la modellizzazione con l'utilizzo del software di simulazione di simulazione acustica, Cadna A, versione 4.3, della DataKustik GmbH (metodo di calcolo descritto nella norma ISO 9613-2, "Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation") sono stati calcolati i livelli sonori generati dalle lavorazioni e prodotte le mappe a colori con intervalli di livello sonoro nelle aree intorno allo sviluppo dei cantieri analizzati.

La propagazione del suono in un ambiente esterno è la somma dell'interazione di più fenomeni: la divergenza geometrica, l'assorbimento del suono nell'aria, rilevante solo nel caso di ricevitori posti ad una certa distanza dalla sorgente, l'effetto delle riflessioni multiple dell'onda incidente sul selciato e sulle facciate degli edifici e/o su altri ostacoli naturali e/o artificiali, la diffrazione e la diffusione sui bordi liberi degli oggetti nominati. I fenomeni sommariamente descritti, inoltre, hanno effetti che variano con la frequenza del suono incidente: occorre, dunque, un'analisi almeno per bande d'ottava. Le stesse sorgenti, inoltre, sono in genere direttive: la funzione di direttività, a sua volta, varia con la frequenza.

Il metodo di calcolo utilizzato nel presente studio è la norma ISO 9613-2, "Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation".

Di seguito è riportata una breve descrizione dello standard di calcolo ISO 9613-2, il cui scopo principale è quello di determinare nei punti di ricezione il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato "A", secondo leggi analoghe a quelle descritte nelle norme tecniche ISO 9613, per condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono emesso da sorgenti di potenza nota. La propagazione del suono avviene "sottovento": il vento, cioè, soffia dalla sorgente verso il ricettore.

Secondo la norma ISO 9613-2, il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato “A”, mediato su un lungo periodo, è calcolato utilizzando la seguente formula:

$$L_{Aeq,LT} = L_{Aeq,dw} - C_m - C_{t,per} \quad (1)$$

dove:

- $L_{Aeq,LT}$ è il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato “A”, mediato nel lungo periodo [dB(A)];
- C_m è la correzione meteorologica;
- $C_{t,per}$ è la correzione che tiene conto del tempo durante il quale è stata attiva la sorgente nel periodo di riferimento calcolato;
- $L_{Aeq,dw}$ è il livello continuo equivalente medio di pressione sonora, ponderato “A”, calcolato in condizioni di propagazione sottovento [dB(A)]. Tale livello viene calcolato sulla base dei valori ottenuti per bande di ottava, da 63Hz a 8000 Hz, secondo l’equazione:

$$L_{Aeq,dw} = L_w - R - A \quad (2)$$

dove:

- L_w è il livello di potenza sonora emesso dalla sorgente [dB(A)];
- R è la riduzione in bande di ottava del livello emesso dalla sorgente, eventualmente definita dall’utente del programma;
- A è l’attenuazione del livello sonoro, in bande di ottava, durante la propagazione [dB(A)].

L’attenuazione del livello sonoro è calcolata in base alla formula seguente

$$A = D_c + A_{div} + A_{atm} + A_{ground} + A_{refl} + A_{screen} + A_{misc} \quad (3)$$

dove:

- D_c è l’attenuazione dovuta alla direttività della sorgente [dB(A)];
- A_{div} è l’attenuazione causata alla divergenza geometrica [dB(A)];
- A_{atm} è l’attenuazione dovuta all’assorbimento atmosferico, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- A_{ground} è l’attenuazione causata dall’effetto suolo, calcolata per bande di ottava [dB(A)]. Le proprietà del suolo sono descritte da un fattore di terreno, G , che vale 0 per terreno duro, 1 per quello poroso ed assume un valore compreso tra 0 ed 1 per terreno misto (valore che corrisponde alla frazione di terreno poroso sul totale);

- A_{refl} è l'attenuazione dovuta alle riflessioni da parte degli ostacoli presenti lungo il cammino di propagazione, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- A_{screen} è l'attenuazione causata da effetti schermanti, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- A_{misc} è l'attenuazione dovuta all'insieme dei seguenti effetti [dB(A)]:
 - ✓ $A_{foliage}$ è l'attenuazione causata dalla propagazione attraverso il fogliame, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
 - ✓ A_{site} è l'attenuazione dovuta alla presenza di un insediamento industriale, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
 - ✓ $A_{housing}$ è l'attenuazione causata dalla propagazione attraverso un insediamento urbano, a causa dell'effetto schermante e, contemporaneamente, riflettente delle case, calcolata per bande di ottava [dB(A)].

Per eseguire il calcolo del livello sonoro, il programma di simulazione richiede in input alcuni parametri ambientali, tra i quali la temperatura, il grado di umidità relativa ed il coefficiente di assorbimento acustico dell'aria, ecc.; si deve inserire anche un fattore di assorbimento rappresentativo dei diversi tipi di terreno. In funzione di tali parametri, è possibile ottenere un coefficiente di riduzione che permette di valutare l'attenuazione che l'onda sonora subisce durante la propagazione per l'influenza delle condizioni meteorologiche e di tutti gli elementi esplicitati nella (3) come, per esempio, l'effetto suolo e quello dell'aria. Il suono che giunge al ricettore, quindi, è dato dalla somma dell'onda diretta e di tutti i raggi secondari, riflessi dagli edifici e da ostacoli naturali e/o artificiali, debitamente attenuati. Nel presente studio sono state considerate le riflessioni fino al 2° ordine.

Per il coefficiente di assorbimento del suolo G è stato utilizzato il valore intermedio 0,5, mentre, vista la posizione geografica dell'impianto in progetto, si è impostata, nelle simulazioni, la temperatura pari a 20 °C e l'umidità relativa pari al 50%.

Mediante l'utilizzo del software CadnaA è stato simulato l'impatto acustico che le sorgenti dei cantieri avranno sui ricettori individuati nell'area.

I calcoli previsionali dei livelli di pressione generati dalla sorgente in prossimità dei ricettori sensibili, sono stati eseguiti secondo quanto riportato negli standard internazionali della serie ISO 9613. Gli standard sono stati applicati con delle ipotesi ad hoc al fine di consentirne l'utilizzo con la particolare tipologia di sorgente (mezzi d'opera vari) le situazioni considerate hanno in ogni caso sempre fatto

riferimento alle situazioni più gravose onde eseguire un calcolo a vantaggio della sicurezza dei recettori.
Di seguito si riportano i risultati della simulazione.

| ID Nome | Destinazione | Cantiere | Immissione LAeq Day |
|---------|----------------------------|---|------------------------|
| ID Nome | Destinazione | Cantiere | Immissione LAeq Day |
| NR_02 | Ospedale | Cantiere 4,1 | LAeq Day |
| NR_01 | Ospedale | Cantiere 4,1 | 55,1 |
| NR_02 | Ospedale | Cantiere 4,1 | 67,0 |
| NR_03 | Abitazione | Cantiere 1,6 e 2,5 | 56,6 |
| NR_04 | Abitazione | Opere di presa Su rio Pasana - Cantiere Principale Rio Pasana 1 - Scolmatore 1 | 60,9 |
| NR_05 | Distributore carburante | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 61,3 |
| NR_06 | Annesso agricolo | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 68,7 |
| NR_07 | Abitazione | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 67,3 |
| NR_08 | Abitazione | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 64,8 |
| NR_09 | Abitazione | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1 | 61,4 |
| NR_10 | Abitazione | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu | 54,8 |
| NR_11 | Abitazione | Cantiere 2,5 Pasana | 62,0 |
| NR_12 | Servizi sanitari | Cantiere 6,3 | 58,8 |
| NR_13 | Abitazione | Cantiere 2,1 | 59,6 |
| NR_14 | Abitazione | Cantiere 2,1 | 51,8 |
| NR_15 | Annesso agricolo | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 57,5 |
| NR_16 | Abitazione | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 58,0 |
| NR_17 | Abitazione | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 50,6 |
| NR_18 | Abitazione | Cantiere 1,1 | 62,7 |
| NR_19 | Abitazione | Cantiere 1,1 | 65,9 |
| NR_20 | Locale industriale | Cantiere 1,1 | 62,6 |
| NR_21 | Locale industriale | Cantiere 1,3 | 61,5 |
| NR_22 | Distributore carburante | Cantiere 1,3 | 63,7 |
| NR_23 | Locale industriale | Cantiere 1,3 | 55,5 |
| NR_24 | Locale commerciale | Cantiere 6,2 | 68,8 |
| NR_25 | Edicola | Seligheddu 6,1 | 67,1 |
| NR_26 | Locale commerciale | Seligheddu 6,1 | 66,4 |
| NR_27 | Azienda agricola | Cantiere 4,1 | 64,4 |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| | | | |
|-------|----------------------|--|------|
| NR_28 | Partitore acquedotto | Cantiere 4,2 | 62,4 |
| NR_29 | Abitazione | Cantiere 2,4 AU NIEDDA | 67,7 |
| NR_30 | Abitazione | Cantiere 2,4 AU NIEDDA | 56,8 |
| NR_31 | Abitazione | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu | 56,3 |
| NR_32 | Abitazione | Seligheddu | 69,2 |
| NR_33 | Scuola superiore | Seligheddu | 63,0 |
| NR_34 | Abitazione | Cantiere 2,6 | 67,5 |
| NR_35 | Abitazione | Cantiere 2,2 - Cantiere Principale San Nicola / Gadduresu | 67,8 |
| NR_36 | Abitazione | Cantiere 2,3 | 65,1 |
| NR_37 | Abitazione | Cantiere principale Gadduresu 2,2 | 62,3 |
| NR_38 | Abitazione | Cantiere 6,4 | 63,0 |
| NR_39 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 67,3 |
| NR_40 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 67,3 |
| NR_41 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 67,8 |
| NR_42 | Scuola elementare | Cantiere principale Gadduresu 2,2 | 54,5 |

Dalla simulazione si evince che i valori di immissione, nella fascia oraria diurna visto che il cantiere funzionerà solo in tale periodo di riferimento TR, saranno mediamente superiore ai 60 dB(A) e non raggiungeranno mai i 70 dB(A).

Mediante l'utilizzo del software CadnaA è stato simulato l'impatto acustico che le sorgenti dei cantieri avranno sui ricettori individuati nell'area. Si sono effettuate le simulazioni per ogni mese di attività di cantiere, per un totale di 36, in cui in ogni simulazione, secondo quanto riportato nel cronoprogramma si avranno differenti configurazioni di sorgenti nei differenti cantieri.

I calcoli previsionali dei livelli di pressione generati dalla sorgente in prossimità dei recettori sensibili, sono stati eseguiti secondo quanto riportato negli standard internazionali della serie ISO 9613. Gli standard sono stati applicati con delle ipotesi ad hoc al fine di consentirne l'utilizzo con la particolare tipologia di sorgente (mezzi d'opera vari) le situazioni considerate hanno in ogni caso sempre fatto riferimento alle situazioni più gravose onde eseguire un calcolo a vantaggio della sicurezza dei recettori. I risultati della simulazione sono riportati nell'elaborato C.2.2 – Valutazione previsionale di impatto acustico.

Dalle simulazioni effettuate per i diversi scenari previsti, si evince che i valori di immissione, nella fascia oraria diurna visto che il cantiere funzionerà solo in tale periodo di riferimento TR, saranno mediamente superiore ai 60 dB(A) e non raggiungeranno i 70 dB(A). Si evidenzia che nei mesi:

- M1 per il cantiere 1.1 scolmatore 2;
- M4, M5, M6, M7, M8 per il cantiere 3.1 scolmatore 1;

in cui si prevede l'utilizzo dell'esplosivo in alcuni cantieri, si avrà il superamento dei 70 dB(A). Tale superamento risulterebbe essere limitato nel tempo data la tipologia di sorgente che per sua natura è di tipo istantaneo, ed al fine di mitigare il disturbo nei confronti della popolazione limitrofa si raccomanda di rendere noto pubblicamente la calendarizzazione degli interventi con uso di esplosivo. Sulla base dell'assetto veicolare dell'opera in esame si è determinata l'incidenza del traffico veicolare indotto dall'opera in esame di cui riporta lo stralcio dell'elaborato “6.01.26 – Assetto veicolare complessivo”.

Per la valutazione del traffico veicolare indotto generato dall'opera si è considerato lo scenario acusticamente più impattante, ovvero quello in cui tutti i lotti siano attivi contemporaneamente. Si è ricavato dal cronoprogramma una media di 20 mezzi/giorno per i lotti 2,3 e 5 mentre per i lotti 1,3 e 4 in cui sono presenti gli scolmatori si sono previsti 26 mezzi/giorno.

Le strade sono state modellizzate considerando la velocità pari a 50 km/h per i mezzi pesanti e da cantiere.

| | | | |
|-------|-------------------------|--|------|
| NR_10 | Abitazione | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu | 51,8 |
| NR_11 | Abitazione | Cantiere 2,5 Pasana | 66,0 |
| NR_12 | Servizi sanitari | Cantiere 6,3 | 58,6 |
| NR_13 | Abitazione | Cantiere 2,1 | 58,3 |
| NR_14 | Abitazione | Cantiere 2,1 | 46,3 |
| NR_15 | Annesso agricolo | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 53,9 |
| NR_16 | Abitazione | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 52,1 |
| NR_17 | Abitazione | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola | 50,5 |
| NR_18 | Abitazione | Cantiere 1,1 | 61,2 |
| NR_19 | Abitazione | Cantiere 1,1 | 62,1 |
| NR_20 | Locale industriale | Cantiere 1,1 | 62,8 |
| NR_21 | Locale industriale | Cantiere 1,3 | 47,6 |
| NR_22 | Distributore carburante | Cantiere 1,3 | 60,4 |
| NR_23 | Locale industriale | Cantiere 1,3 | 49,8 |
| NR_24 | Locale commerciale | Cantiere 6,2 | 53,0 |
| NR_25 | Edicola | Seligheddu 6,1 | 58,6 |
| NR_26 | Locale commerciale | Seligheddu 6,1 | 53,3 |
| NR_27 | Azienda agricola | Cantiere 4,1 | 52,7 |
| NR_28 | Partitore acquedotto | Cantiere 4,2 | 55,4 |
| NR_29 | Abitazione | Cantiere 2,4 AU NIEDDA | 40,5 |
| NR_30 | Abitazione | Cantiere 2,4 AU NIEDDA | 51,4 |
| NR_31 | Abitazione | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu | 50,9 |
| NR_32 | Abitazione | Seligheddu | 54,5 |
| NR_33 | Scuola superiore | Seligheddu | 52,9 |
| NR_34 | Abitazione | Cantiere 2,6 | 57,5 |
| NR_35 | Abitazione | Cantiere 2,2 - Cantiere Principale San Nicola / Gadduresu | 53,6 |
| NR_36 | Abitazione | Cantiere 2,3 | 49,4 |
| NR_37 | Abitazione | Cantiere principale Gadduresu 2,2 | 64,2 |
| NR_38 | Abitazione | Cantiere 6,4 | 56,9 |
| NR_39 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 56,3 |
| NR_40 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 52,1 |
| NR_41 | Abitazione | Cantiere 6,2 | 63,0 |
| NR_42 | Scuola elementare | Cantiere principale Gadduresu 2,2 | 53,8 |
| NR_43 | Abitazione | Pittulongu | 49,2 |
| NR_44 | Liceo Artistico | Impianto Soil Washing – Molo Cocciani | 56,1 |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Dalla simulazione effettuata per il traffico indotto previsto, si evince che i valori di immissione, nella fascia oraria diurna visto che il cantiere funzionerà solo in tale periodo di riferimento TR, saranno mediamente superiore ai 60 dB(A) e non raggiungeranno mai i 70 dB(A).

Il monitoraggio della componente acustica sarà effettuato nelle fasi ante operam, in corso d’opera e post operam, utilizzando strumenti di misura certificati e metodiche standardizzate. Le misurazioni saranno eseguite mediante fonometro integratore e analizzatore di spettro di Classe 1, calibrati con calibratore di Classe 1, e con microfono dotato di cuffia antivento, protezione antipioggia e protezione antivolatili, al fine di garantire l’affidabilità dei dati raccolti. Le operazioni di rilevamento e misurazione seguiranno le metodiche prescritte dal DM 16/03/1998 e s.m.i., relative alla valutazione dell’inquinamento acustico. Le campagne di monitoraggio saranno effettuate con cadenza trimestrale nella fase ante operam, due volte durante la fase in corso d’opera e nuovamente con frequenza trimestrale nella fase post operam, assicurando un controllo continuativo e comparabile dei livelli di emissione sonora. L’argomento è trattato con maggiore dettaglio nell’elaborato D.5.1 “Piano di monitoraggio ambientale”.

9. VIBRAZIONI IN SOTTERRANEO

Il progetto prevede numerose gallerie e scavi in sotterraneo. In particolare, gli scavi riguardano lo scolmatore 1 e lo scolmatore 2. Lo scolmatore 1 si colloca in area agricola e lontano dagli abitati. I lavori per la realizzazione della nuova opera idraulica prevedono anche la realizzazione di una galleria naturale che sottopassa la collina di Sa Minda Noa, sulla quale si sviluppa una vasta zona residenziale.

Si pone perciò l'esigenza di verificare la compatibilità delle vibrazioni che saranno generate dalle lavorazioni in galleria con le residenze e gli immobili del quartiere.

Nel presente progetto sono previste modalità di scavo tese a controllare i rumori, le vibrazioni e più in generale gli effetti che lo scavo delle gallerie, in particolare quella in località Sa Minda Noa, potrebbe avere sugli immobili collocati sull'omonima collina sotto la quale è prevista la realizzazione della galleria.

Nel presente capitolo si descrivono le attività e le valutazioni da compiere durante i lavori, sulla base del modello geologico e geotecnico definito nella progettazione

9.1. Scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas”

Il secondo elemento delle opere esterne alla città di Olbia che provvede alla difesa idraulica della città è costituito dal cosiddetto scolmatore 2 “Abba Fritta - Cabu Abbas”.

Lo scolmatore 2 presenta una lunghezza di circa 2.100 m, con incile ad una quota di 31,30 m s.m.m. e scarico nel Cabu Abbas a 22,20 m s.m.m. La pendenza media longitudinale è dello 0,3%.

La portata TR200 del riu Abba Fritta alla sezione di presa presenta un picco di piena di 41,1 m³/s e considerando di scolmare la quasi totalità della piena (40 m³/s) nello scolmatore 2; la sezione necessaria ha dimensioni 6x4 m.

Il tracciato dello scolmatore è stato definito in modo che non intersechi l'area che sarà destinata al nuovo palazzetto dello sport, in modo che non ci siano interferenze tra le opere.

Lo scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas” è costituito da 6 sezioni tipologiche:

- Una sezione in galleria artificiale di larghezza 6 m e altezza 4 m per una lunghezza di sviluppo longitudinale di 395 m (canale cut and cover);
- Una sezione in galleria naturale di medesime dimensioni, per una lunghezza di sviluppo longitudinale 1.000 m
- Una sezione a cielo aperto di sviluppo longitudinale di 724,40 m. Il canale a cielo aperto è costituito dal tipologico 1a (canale a cielo aperto rettangolare realizzato con i blocchi di granito provenienti dallo scavo della galleria naturale rettangolare), 1b (canale trapezoidale con scarpate 3/2 rivestito) e tipologico 2 (canale a cielo aperto trapezoidale non rivestito)
- Una sezione scatolare di larghezza 5 metri e altezza 4 m per una lunghezza di sviluppo longitudinale pari a 22,10 m.

La lunghezza complessiva del canale scolmatore è pari a 2.141,50 m.



Figura 9.1: Planimetria del canale scolmatore 2 Abba Fritta – Cabu Abbas

Lo scavo viene realizzato in parte nel granito arenizzato ed in parte nel granito da compatto a fratturato.

Per quanto riguarda la galleria naturale, le porzioni di imbocco interessano per un tratto di circa 70 m lato ovest e 100 m lato est il granito arenizzato. Altrove la galleria si sviluppa all'interno del granito litoide con un grado di fratturazione medio-basso, quindi di ottima qualità.

Si descrivono nel seguito le sezioni tipo utilizzate per la galleria naturale:

Sezione Rettangolare: Tale sezione viene applicata ove l'ammasso è costituito dal granito litoide con un grado di fratturazione basso anche per diversi metri al di sopra della calotta.

Si tratta di una sezione che non prevede alcun tipo di consolidamento, prerivestimento o rivestimento definitivo ma unicamente, ove necessario, la messa in opera di chiodature radiali localizzate per contrastare la presenza di eventuali blocchi instabili e viene realizzata utilizzando la tecnica di estrazione dei blocchi di granito con il taglio a filo, con l'adozione di alcuni accorgimenti, rispetto al metodo tradizionale utilizzato nelle cave. In particolare le fasi sono le seguenti:

Sezione Policentrica B0: Tale sezione viene applicata in corrispondenza delle zone dove è presente il granito litoide ma nella sua facies con grado di fratturazione medio-alto, in quelle poco oltre il passaggio dal granito arenizzato a quello litoide e nelle zone infine ove, diversi metri oltre la calotta, è presente il granito arenizzato.

Essa viene scavata a piena sezione con sfondi di 2-2.80 m e non prevede interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno ma solo un prerivestimento costituito da uno strato di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete metallica avente uno strato di prima fase di 5 cm e da centine metalliche accoppiate ad interasse di 1-1.40 m. La sezione viene poi completata con il rivestimento definitivo in calcestruzzo, generalmente non armato, di spessore compreso tra 0.45 e 0.60 m.

Sezione policentrica B0V: Questa sezione è applicata nelle zone ove, in calotta o poco sopra di essa, vi è il contatto tra il granito litoide e quello arenizzato. Prevede un

consolidamento al contorno di scavo realizzato con tubi metallici iniettati con 2 vlv/m, aventi diametro Ø114.3 mm e spessore 10 m, lunghi 12 m con sovrapposizione di 3 m, in modo che i campi siano di lunghezza pari a 9 m.

Lo sfondo di scavo, eseguito a piena sezione, è pari a 1 m e il prerivestimento è costituito da uno strato di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete metallica avente uno strato di prima fase di 5 cm e da centine metalliche accoppiate ad interasse di 1 m. La sezione viene poi completata con il rivestimento definitivo in calcestruzzo, generalmente armato in arco rovescio e non in calotta, che ha un andamento troncoconico per consentire la realizzazione degli infilaggi metallici.

Sezione policentrica B2V: Tale sezione si applica quando il fronte della galleria è interessato totalmente o anche solo in parte dal granito arenizzato.

Essa è perfettamente analoga alla precedente con la sola differenza data dalla presenza al fronte di un preconsolidamento mediante elementi strutturali in VTR cementati di lunghezza pari a 18 m con sovrapposizione di 9 m, in modo da avere sempre campi da 9 m

La galleria naturale, lunga 1000 m, è interessata interamente dal granito arenizzato per un tratto di 70 m circa all'imbocco lato ovest: pertanto si prevede di applicare la sezione tipo **B2V per 90 m** circa in modo da superare tale tratto dopodiché si avanzerà con **10 m circa di sezione B0V e altrettanti di B0** così da arrivare al granito litoide con grado di fratturazione medio-basso entro cui verrà applicata la sezione rettangolare per l'80% della sua estensione e la policentrica tipo B0 per il restante 20%, fino all'imbocco lato est, per una lunghezza complessiva di circa 754 m. In quest'ultimo imbocco la galleria interessa per lo più il granito fratturato per un centinaio di metri con la parte di calotta che si troverà all'interno di quello arenizzato. Si prevede quindi un primo tratto di circa 24 m di sezione B2V fintantoché il contatto tra i 2 facies si sposta verso l'alto, quindi circa 94 m di B0V e 20 m di B0 per giungere al granito litoide con grado di fratturazione medio-basso di cui sopra

| Sezione tipologica | Tecnologia di realizzazione della sezione | DISTANZE PROGRESSIVE | | lunghezza (m) |
|---|---|----------------------|----------|----------------|
| | | da | a | |
| Canale a cielo aperto - Tipologico 1a + 1b | CA | 0+000 | 0+265 | 265 |
| Canale cut & cover (scatolare completamente nel granito arenizzato e scavi a cielo aperto) - Tipologico 2 | C&C | 0+265 | 0+600 | 335 |
| Galleria naturale 90% B2V E 10% B0V L=99m | GN | 0+600 | 0+699 | 99 |
| Galleria naturale B0 L=10m | GN | 0+699 | 0+709 | 10 |
| Galleria naturale rettangolare L=754m | GN | 0+709 | 1+463 | 754 |
| Galleria naturale B0 L=20 | GN | 1+463 | 1+483 | 20 |
| Galleria naturale 80% B0V 20% B2V L=117m | GN | 1+483 | 1+600 | 117 |
| Canale cut & cover (scavo a cielo aperto e raggiungimento del granito lapideo fratturato) - Tipologico 1 | C&C | 1+600 | 1+660 | 60 |
| Canale a cielo aperto - Tipologico 2 | CA | 1+660 | 2+100 | 440 |
| Canale a cielo aperto (vasca di dissipazione) | CA | 2+100 | 2+119.40 | 19.40 |
| Scatolare 5x4 (opera di scarico) | SC | 2+119.40 | 2+141.50 | 22.10 |
| Totale | | | | 2141.50 |

Figura 9.2 Sezioni tipologiche di scavo

L'esecuzione degli scavi in roccia per la realizzazione della galleria avverrà con diverse metodologie operative in funzione delle caratteristiche del substrato geologico ed alla distanza dalla sezione di ingresso\uscita della galleria.

Una parte dello scavo verrà realizzato mediante l'utilizzo di microcariche mentre una parte mediante tecnologia del Superwedge.

In termini generali:

- L'utilizzo delle microcariche consiste nella realizzazione di una serie di fori pilota sul fronte di avanzamento della galleria su cui vengono inserite delle microcariche detonanti per frantumare la roccia. L'utilizzo di cariche esplosive ha il potenziale di generare degli impulsi vibratorii con la cui intensità e capacità di trasmissione è funzione sia dell'energia che delle proprietà del mezzo attraverso cui si propaga;
- la tecnica del superwedge (cuneo spaccarocchia), costituito da un cuneo idraulico montato su un escavatore. Questa tecnologia ha il vantaggio di non produrre vibrazioni meccaniche, ma lo svantaggio di richiedere dei tempi più lunghi rispetto ai

due casi precedenti. Tale tecnologia verrà applicata all'imbocco della galleria e per una lunghezza di 50 metri, ove le coperture sono minori.

Per la valutazione dei potenziali impatti delle vibrazioni ai ricettori civili è stato fatto riferimento in via cautelativa alle situazioni più critiche ovvero quella che prevede l'utilizzo di microcariche esplosive.

Di particolare importanza, ai fini della definizione delle vibrazioni, risulta essere il tratto in galleria naturale che sottopassa l'abitato di Sa Minda Noa. Infatti, risulta fondamentale valutare gli effetti che le vibrazioni indotte dagli scavi generano sul terreno, al fine di monitorare l'interferenza fra i lavori, i terreni e le strutture preesistenti.

Come si osserva dalla seguente planimetria, l'abitato si sviluppa grossomodo dalla progressiva 0+700 alla progressiva 1+200

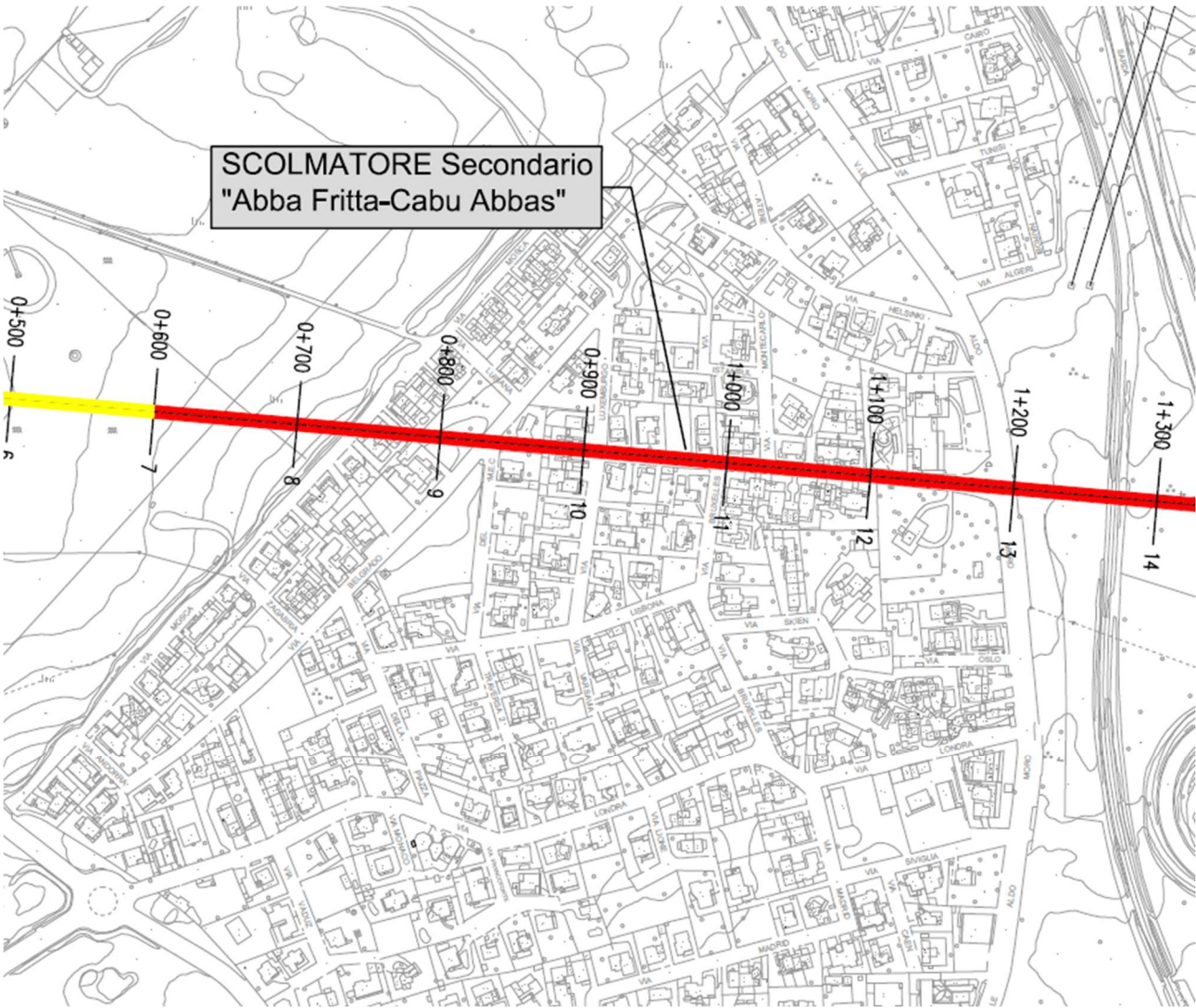


Figura 9.3 - Estratto planimetrico dello scolmatore 2 che sottopassa la collina di Sa Minda Noa

Di seguito si riporta il profilo dello scolmatore 2.

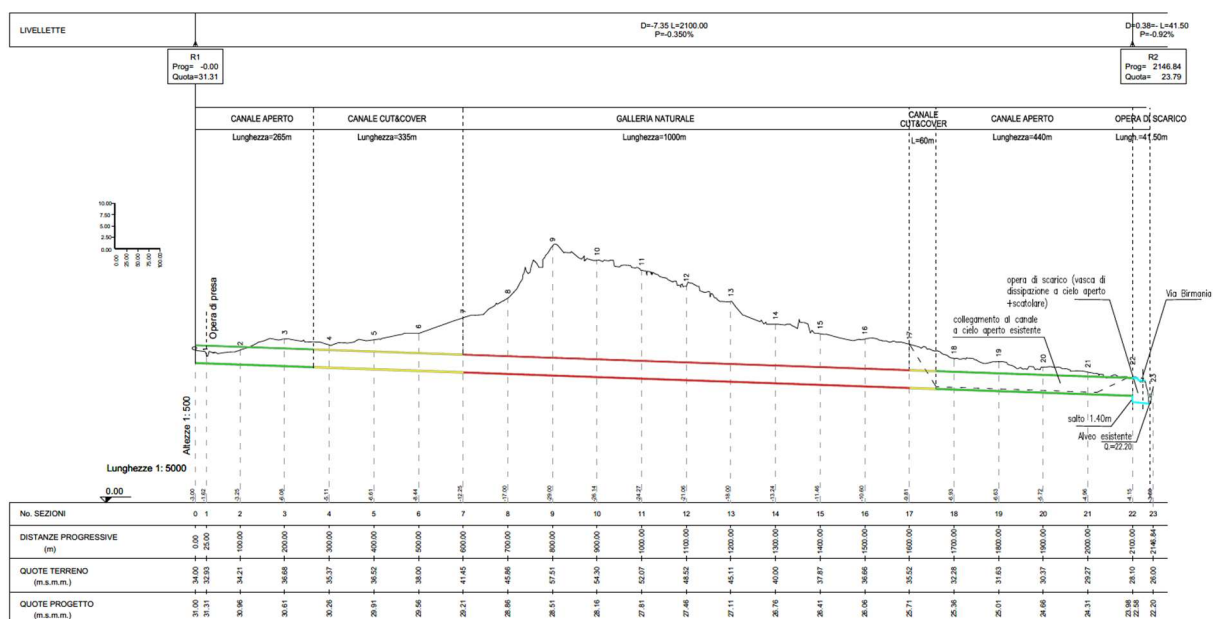


Figura 9-4 – Profilo longitudinale del canale scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas. L'abitato di Sa Minda Noa risulta localizzato sul rilevato, ove i ricoprimenti della galleria variano dai 18-25m circa

Il controllo delle vibrazioni è previsto tra le progressive 0+700 e 1+200 circa, ovvero per l'area al di sotto dell'abitato di Sa Minda Noa.

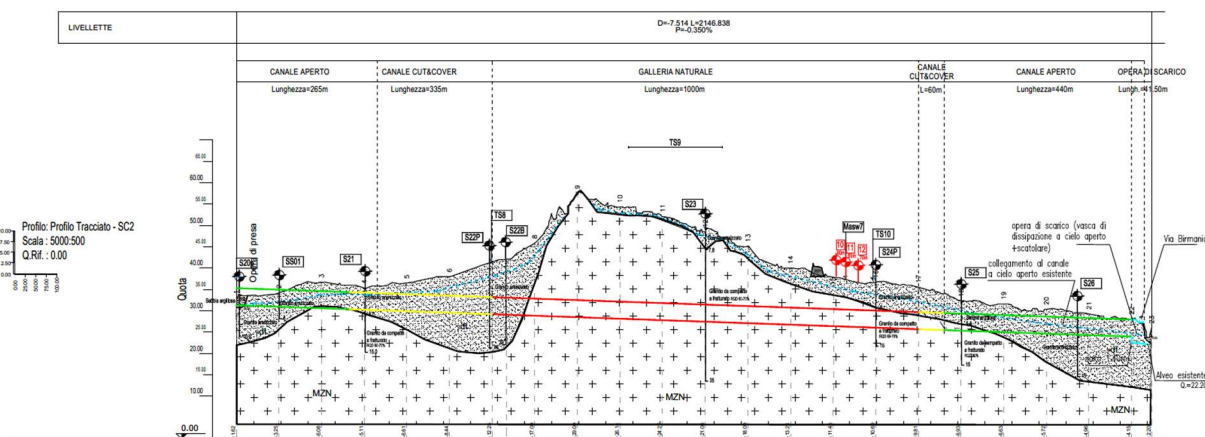


Figura 9-5 Profilo geologico lungo lo scolmatore 2

In questo tratto, data la presenza di un granito litoide integro con RQD medio del 60-70%, è prevista la realizzazione della galleria a sezione rettangolare mediante taglio a filo

diamantato, tale tecnica permette l'estrazione di blocchi di granito integri che vengono riutilizzati per il rivestimento delle sponde dei canali urbani.

Lo sviluppo della tecnica di estrazione dei blocchi di granito con il taglio a filo può essere applicato anche in un ambiente confinato come la galleria naturale. Gli spazi ristretti ed un unico fronte di scavo accessibile necessitano però di piccoli accorgimenti affinché la tecnica possa essere applicata con successo.

Gli scolmatori previsti in progetto, compreso lo scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas, presentano lunghi tratti in galleria naturale scavati in granito profondo, compatto e poco fratturato. Lungo questi tratti in galleria, si è adattata la modalità di scavo che permette l'estrazione di blocchi di granito. Si riportano di seguito le fasi di realizzazione.

1) Scavo del cunicolo pilota

La prima fase consiste nell'isolare il blocco da estrarre andando a rendere accessibile la seconda superficie necessaria per applicare la modalità di estrazione a filo. La prima superficie, già accessibile, risulta essere il fronte scavo; si procederà quindi a rendere accessibile la seconda superficie tramite la realizzazione di un foro pilota (larghezza 3 m per permettere l'ingresso ai mezzi). La realizzazione del foro pilota avviene tramite esplosivo andando preventivamente a disconnettere l'ammasso roccioso da far esplodere tramite una perforazione multipla a fori contigui.

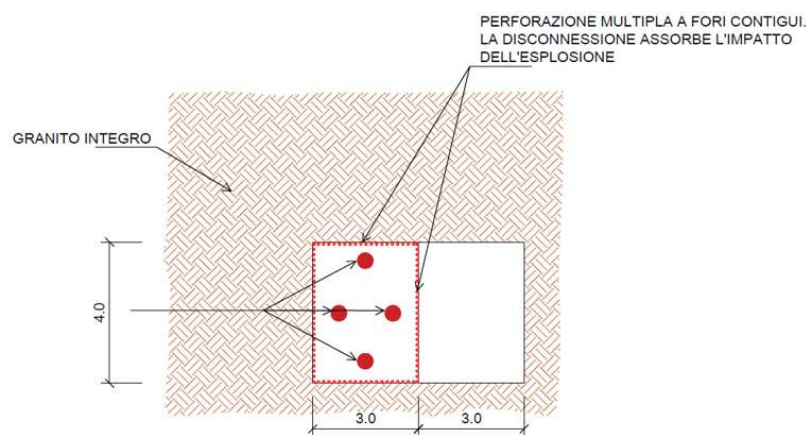


Figura 9-6: Scolmatore 2 - predisposizione del fronte scavo per la realizzazione del canale pilota. Prima dell'esplosione risulta necessario disconnettere l'ammasso di granito tramite una perforazione multipla a fori contigui

Si realizzerà così un canale pilota di lunghezza circa pari a 30 m che presenterà, se necessario, dei chiodi per la stabilità dell'ammasso roccioso.

2) Scavo della calotta

L'esigenza di avere una terza superficie del blocco accessibile comporta la necessità di scavare la calotta della galleria. La calotta dovrà presentare un'altezza di almeno 2 m, al fine di permetterne l'accesso. Analogamente al canale pilota, si disconetterà la superficie verticale dall'ammasso roccioso tramite la realizzazione di fori contigui e le due superfici orizzontali tramite carrucole e taglio a filo. Una volta eseguita la disconnessione, si procederà con la fiorettatura della calotta.

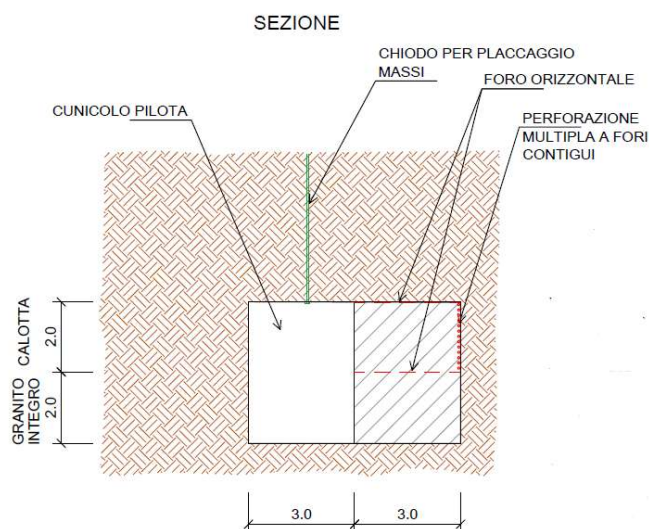


Figura 9-7: Scolmatore 2 – realizzazione della disconnessione della calotta tramite fori contigui e taglio a filo e successiva fiorettatura dei due blocchi

3) Taglio dei blocchi di granito

Una volta che sono state rese accessibili le tre superfici necessarie per l'applicazione della tecnica del taglio a filo, si procederà all'installazione delle carrucole e all'estrazione dei blocchi di granito. Questi presentano dimensione 1x1x2 m, per quanto riguarda la galleria dello scolmatore 2 e 1x1,5x2 m, per quanto riguarda le gallerie dello scolmatore 1.

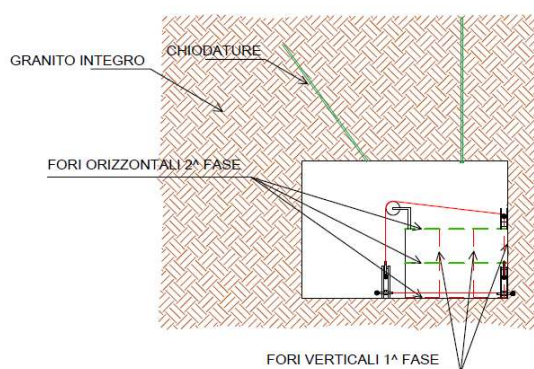


Figura 9-8: Scolmatore 2 – installazione delle carrucole e taglio dei blocchi

Dalla metodologia di scavo sopra descritta, le fasi che generano un maggior impatto in termini di vibrazioni risultano essere le fasi iniziali di apertura del canale pilota e della calotta, previste tramite microcariche. Il monitoraggio delle vibrazioni sarà particolarmente focalizzato durante questa fase dei lavori.

9.2. L'impatto causato dalle vibrazioni

Le vibrazioni sono ad oggi una delle cause prevalenti delle lamentele derivanti da lavori condotti in aree antropizzate e il monitoraggio strumentale rappresenta una possibile soluzione a questo problema al fine di:

- documentare la variazione dei livelli di vibrazione rispetto all'ante operam;
- verificare il rispetto dei limiti normativi;
- svolgere azione preventiva e di controllo nel caso di superamento degli standard normativi.

Livelli ammissibili

Nella definizione delle soglie di sismicità si fa riferimento alla Norma UNI 9916, che tratta l'argomento delle vibrazioni indotte all'intorno dall'esecuzione dei lavori, ed ai limiti ammissibili in velocità ed accelerazione di cui alle tabelle allegate alla DIN 4150-3 “Vibrazioni nelle costruzioni - Parte 3 - Effetti sui manufatti”. In tali tabelle, di seguito riportate in Figura 1.10, per la categoria “edifici residenziali e simili”, considerando un campo di frequenze compreso fra 10 – 50 Hz, i limiti ammissibili di velocità di vibrazione sono:

$$V_{p_{adm}} = 5-15 \text{ mm/sec}$$

per vibrazioni di breve durata, cioè, tali da escludere problemi di fatica e amplificazione dovuti a risonanza. Tale velocità è espressa in termini di velocità di picco di una componente puntuale (p.c.p.v – peak component particle velocity) definita come il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali misurate simultaneamente.

Per le vibrazioni provocate nelle costruzioni dallo scoppio di mine, dalle attività di macchine di cantiere e dal traffico su strada e ferroviario, la norma UNI 9916 rimanda alla Normativa Svizzera SN 640312. La grandezza di riferimento è la velocità p.p.v. cioè, il picco nel tempo del modulo del vettore velocità.

Facendo cautelativamente riferimento a basse frequenze, nell'ordine di 10 Hz, si ottengono i seguenti limiti per edifici di classe C (normalmente sensibili):

$V_{p_{adm}} \text{ SN 640312} = 15 \text{ mm/s}$ per eventi occasionali;

$V_{p_{adm}} \text{ SN 640312} = 6 \text{ mm/s}$ per eventi frequenti.

In tale contesto si ritiene di assumere, per il caso in studio, il seguente valore limite per le vibrazioni misurate al piano di fondazione dei fabbricati:

$$V_{p_{adm}} = 15 \text{ mm/s}$$

Questo valore dovrà comunque essere confermato alla luce delle reali caratteristiche strutturali degli edifici una volta eseguito il rilievo dello stato di consistenza.

LIMITI AMMISSIBILI ESPRESI IN VELOCITA'

| Categoria | Tipi di strutture | Velocità di vibrazione in mm/s * | | | |
|-----------|--|----------------------------------|-------|----------|--|
| | | Misura alla fondazione | | | Misura al pavimento dell'ultimo piano Frequenze diverse |
| | | Campi di frequenza (Hz) | | | |
| | | <10 | 10-50 | 50-100** | |
| 1 | Edifici commerciali industriali | 20 | 20-40 | 40-50 | 40 |
| 2 | Edifici residenziali e simili | 5 | 5-15 | 15-20 | 15 |
| 3 | Strutture sensibili, non rientranti nelle precedenti | 3 | 3-8 | 8-10 | 8 |

* Si intende la massima delle tre componenti della velocità nel punto di misura.
** Per frequenze maggiori di 100 Hz possono applicarsi i valori riportati in questa colonna.

Figura 9.9: DIN 4150-3 Limiti vibrazionali ammissibili espressi in velocità

| Classe | Tipo di costruzione | Esposizione | Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v. in mm/s | | |
|--------|--|--|--|--|--|
| | | | Da 8 a 30 Hz | Da 30 a 60 Hz | Da 60 a 150 Hz |
| A | Costruzioni molto poco sensibili (per es. ponti, gallerie, fondazioni di macchine) | Occasionale Frequente Permanente | Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C | Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C | Fino a tre volte i valori corrispondenti alla classe C |
| | Costruzioni poco sensibili (per es. edifici industriali in cemento armato o metallici) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata | Occasionale Frequente Permanente | Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C | Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C | Fino a due volte i valori corrispondenti alla classe C |
| C | Costruzioni normalmente sensibili (per es. edifici di abitazione in muratura di cemento, cemento armato o mattoni, edifici amministrativi, scuole, ospedali, chiese in pietra naturale o mattoni intonacati) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata | Occasionale | 15 | 20 | 30 |
| | | Frequente | 6 | 8 | 12 |
| | | Permanente | 3 | 4 | 6 |
| D | Costruzioni particolarmente sensibili (per es. monumenti storici e soggetti a tutela, case con soffitti in gesso, edifici della classe C nuovi o ristrutturati di recente) | Occasionale Frequente Permanente | Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà | Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà | Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà |

Figura 9.10: SN 640312. Limiti vibrazionali ammissibili espressi in velocità

Vibrazioni attese – scavo con esplosivo

Parte dell'energia liberata dall'esplosivo non è impiegata nella fratturazione della roccia e si diffonde nell'ammasso producendo vibrazioni sismiche che si attenuano allontanandosi dal punto di scoppio. Solitamente, in ambito tecnico, per rappresentare il livello di sismicità indotto dal passaggio di un treno di onde sismiche dovuto ad una volata si fa riferimento alla velocità vettoriale massima "vp" che le particelle raggiungono al passaggio dell'onda (velocità di picco).

La legge empirica di attenuazione (legge di scala) utilizzata normalmente fa ricorso al concetto di distanza scalata D_s :

$$(1) \quad v_p = A D_s^{-\beta}$$

$$(2) \quad D_s = D / q^\alpha$$

dove D e q sono rispettivamente la distanza dal punto di scoppio e la carica istantanea. Infatti, oltre che alla distanza D, l'entità delle vibrazioni prodotte dalla volata è correlata al valore della carica istantanea q, cioè dalla quantità di esplosivo che esplode simultaneamente.

La Figura 8.12 rappresenta un'ampia casistica di dati sperimentali tratti dalla letteratura specialistica. In essa si rappresenta la correlazione tra distanza scalata e velocità di picco. Si vede che, in generale, si può porre:

$$\alpha = 0.5 \text{ (valido per cariche cilindriche)}$$

$$\beta = 1.55$$

Il valore della costante A può variare nel range $A=15-600$ e, in prima approssimazione, può essere assunto per rappresentare la roccia. Rocce molto trasmissive, di elevata qualità geomeccanica, avranno i valori maggiori della costante A, mentre rocce che dissipano rapidamente l'onda sismica saranno caratterizzate da bassi valori di A.

Nel caso in studio il diametro dello scavo è di circa 4 m (foro pilota) mentre la copertura della galleria naturale (parametro D della formula (2)) è variabile fino a valori massimi nell'ordine di 25 m circa. Per la definizione delle costanti di attenuazione in Figura 8.12 si riportano i valori della costante A in relazione alla curva di resistenza di picco della roccia.

Vista la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, considerando il fatto che il granito lapideo è comunque una roccia di medie/alte caratteristiche geomeccaniche (RQD medio 60-70%), si è in questa sede assunto per la costante A il seguente valore:

$$A = 350^{20}$$

Con una sezione di scavo pari a circa 12 m² (area del canale pilota), ipotizzando una carica totale di circa 40 Kg per uno sfondo di circa 4,0 m (volume abbattuto quindi di circa 48 m³) si ottiene una densità di carica unitaria di 0,83 Kg/mc. Tale valore risulta congruente se si pensa che, normalmente, la carica unitaria adottata varia, in funzione delle caratteristiche della roccia, fra 0,8 – 1,2 Kg/m³. Ipotizzando di distribuire tale carica complessiva sui diversi settori del fronte, con 10 ritardi, otteniamo una carica istantanea (q) di 4,0 Kg.

Applicando le formule precedentemente esposte (1) - (2) si ottiene che i valori di Vp sono inferiori a 15 mm/sec per coperture superiori a 15 metri

Fermo restando la necessità di un calcolo tarato sulla base dell'effettivo studio della volata, da effettuarsi da parte dell'impresa appaltatrice prima dell'inizio dei lavori in sotterraneo e di un successivo monitoraggio sperimentale in corso d'opera, constatato che la galleria si sviluppa completamente in granito lapideo con coperture prossime o maggiori di 18 m, in fase di realizzazione si dovrà comunque tener conto della eventuale necessità di adottare sistemi di scavo in grado di garantire il mantenimento delle vibrazione entro livelli accettabili.

²⁰ Per la galleria scolmatrice del Fereggiano (GE), già costruita, è stato assunto un valore di A pari a 250, in riferimento alla roccia Flysch di Antola che presenta medie caratteristiche geomeccaniche.

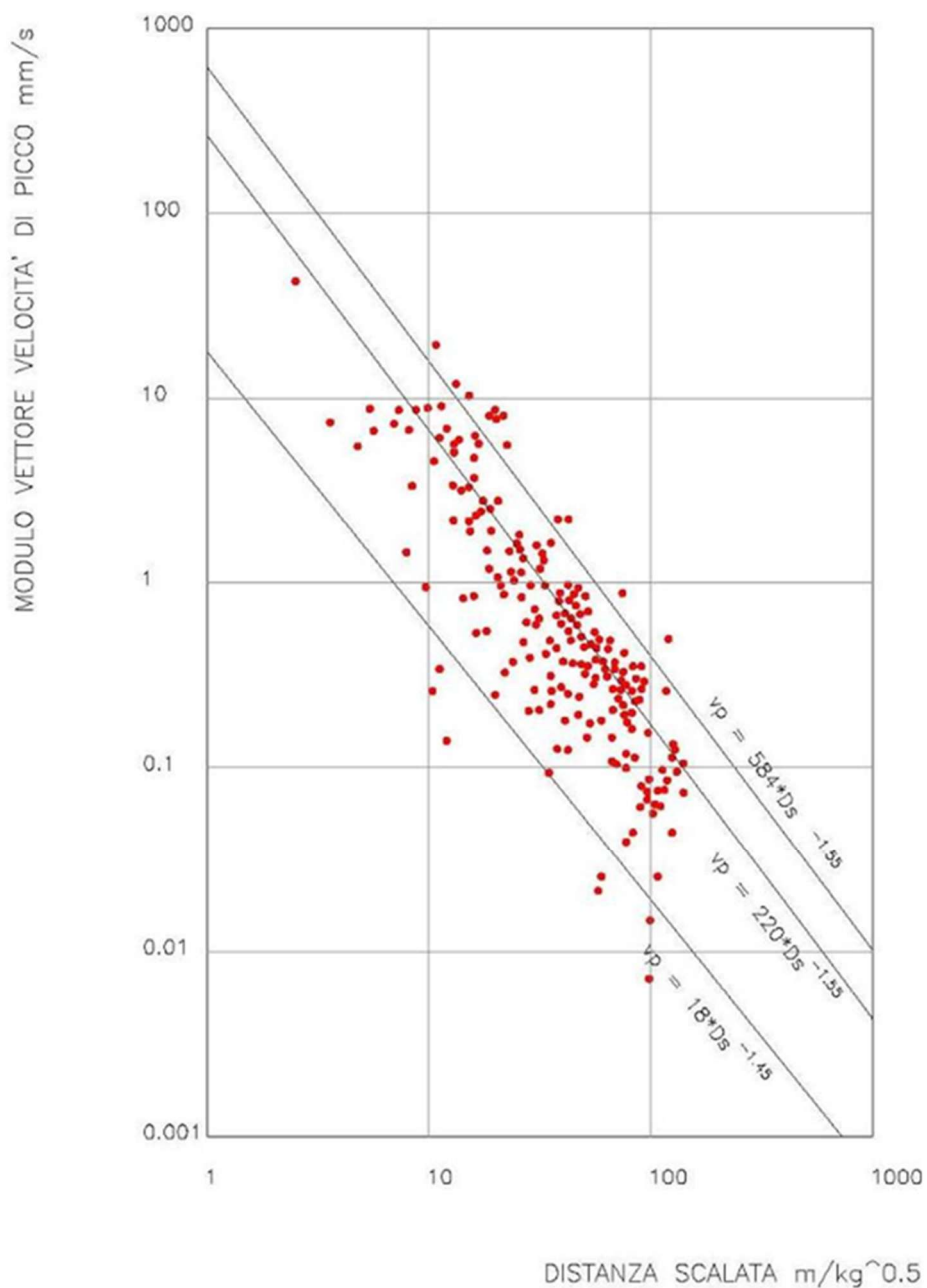


Figura 9.11: Legge empirica di attenuazione della sismicità indotta

Monitoraggi di superficie e in galleria

Stante quanto esposto ai paragrafi precedenti e a quanto riportato nella relazione geotecnica, il progetto ha previsto delle prime indicazioni sui monitoraggi di superficie.

Nel presente paragrafo si riportano, in via generale, i monitoraggi di superficie e in galleria previsti e, nello specifico, quelli individuati preliminarmente nell’area interessata dallo scolmatore 2 “Abba Fritta-Cabu Abbas”.

Monitoraggio di superficie

In via generale, sulle opere poste nelle adiacenze delle aree di intervento (nel caso di scavi a cielo aperto) o in superficie sulla verticale dei tratti in galleria naturale, si prevede preliminarmente l’esecuzione dello stato di consistenza degli edifici volto a definire l’effettiva condizione ante-operam. Tale attività è prevista a tutela della stazione appaltante, dell’impresa esecutrice e dei proprietari dei fabbricati stessi.

A valle dello stato di consistenza si provvede all’installazione della strumentazione di monitoraggio. In linea generale è prevista l’installazione di fessurimetri manuali, più limitatamente elettrici lungo le fessure esistenti, oltre a clinometri fissi sulle pareti, allineamenti di caposaldi topografici a terra, e mire ottiche da posizionare sia sulle nuove opere (ad esempio sui cordoli delle paratie) che sulle strutture esistenti, e il posizionamento di fonometri per il monitoraggio delle vibrazioni e, ove necessario, del rumore. È stata altresì prevista l’installazione, in fori di sondaggio, di piezometri per il controllo della falda e delle sue variazioni naturali o conseguenti ai lavori nel tempo, che si affiancheranno alla rete piezometrica esistente (ove preservata nel tempo) oltre ad inclinometri per monitorare gli spostamenti del terreno a margine degli scavi più impegnativi e prossimi a preesistenze. Pozzetti ed inclinometri saranno protetti da pozzetti metallici. La campagna di misure sulla strumentazione sarà effettuata da tecnici abilitati, meglio se appositamente dedicati a questa specifica attività; i dati potranno essere elaborati e caricati su un apposito portale, accessibile

tramite password a diversi livelli di conoscenza e dettaglio, in modo da permettere agli utenti abilitati di verificare l’effettivo impatto che i lavori determinano sulle preesistenze locali.

Per quanto concerne il cantiere dello scolmatore 2 (facente parte del lotto 1), il monitoraggio è concentrato sulla zona edificata lungo la verticale della galleria naturale di Sa Minda Noa, sugli imbocchi della galleria e lungo gli scavi a cielo aperto dello scolmatore, specie laddove si hanno le maggiori altezze di scavo.

Si riepilogano di seguito le attività e strumentazioni di monitoraggio previste, in via preliminare, nel lotto 1.



Figure 9-1: In rosso le aree oggetto di monitoraggio

| | |
|---|--------|
| Stato consistenza edifici | 25.00 |
| Installazione piezometro a tubo aperto | 4.00 |
| Installazione inclinometro | 4.00 |
| Fessurimetro manuale a piastra piano o angolare | 150.00 |
| Fessurimetri elettrico | 15.00 |
| Estensimetro a filo | 15.00 |
| Piastre clinometro removibili per tiltmetro portatile | 100.00 |
| Clinometro fisso biassiale ad alte prestazioni | 4.00 |
| Caposaldo topografico o staffa a perno o bulloni torici | 100.00 |

| | |
|---|-------|
| Mire ottiche (miniprisma) riflettenti imbullonate | 60.00 |
| Monitoraggio vibrazioni in continuo per 24 ore | 10.00 |

Figura 9.12 – Strumentazioni e monitoraggi previsti nel lotto 1

Obiettivo del monitoraggio delle vibrazioni

Il monitoraggio della componente vibrazioni ha lo scopo di controllare gli effetti derivanti dalle lavorazioni sui corpi ricettori sensibili.

In particolare, gli scopi specifici del monitoraggio sono i seguenti:

- definire l'impatto vibrazionale sull'ambiente ed in particolare il suo eventuale peggioramento
- controllare i valori di tali parametri in relazione alle soglie di attenzione e di allarme definite dalla normativa vigente
- adottare eventuali opere di mitigazione che si rendessero necessarie allo scopo di proteggere ricettori particolarmente sensibili.

Il piano di monitoraggio ambientale (PMA) relativo alle vibrazioni si articola in 3 fasi distinte che accompagnano lo sviluppo del progetto:

- Monitoraggio ante-operam: Ha lo scopo di fornire il quadro di riferimento in merito alle condizioni dell'ambiente, utile alla costituzione di un data-base rappresentativo dello stato "zero" nell'area che verrà interessata dalle opere in progetto, prima della loro realizzazione. La definizione dello stato "zero" consente il successivo confronto con i controlli effettuati in corso d'opera (durante la fase di cantiere) e successivamente al completamento. Dovrà essere effettuato almeno sei mesi prima all'inizio dei lavori. In Ante Operam sono previste sessioni di misura da 24 ore, allo scopo di individuare eventuali vibrazioni esistenti, sia in periodo diurno sia notturno. L'acquisizione dei dati in continuo prevede l'esecuzione di registrazioni ad intervalli di tempo regolari con cadenza ogni 30 minuti, oltre alla contemporanea registrazione in automatico al superamento di determinati valori di soglia.

- **Monitoraggio in corso d'opera:** Il programma di inizio effettivo dipende dal cronoprogramma complessivo del progetto. In particolare, le attività relative allo scavo della galleria naturale sono previste nell'ambito del Cantiere 1-1. Le attività di scavo della galleria naturale avranno una durata temporale di 180 giorni naturali e consecutivi. In funzione dell'avanzamento del fronte di scavo sarà previsto il monitoraggio dei ricettori sensibili più prossimi, con spostamento progressivo dell'attrezzatura.
- **Monitoraggio post-operam:** Ha lo scopo di evidenziare possibili influenze riconducibili alle attività di progetto eseguite nell'evoluzione dei parametri monitorati nella fase di ante-operam. In questa fase è importante effettuare le misure in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio significative rispetto a quelle utilizzate in ante-operam in modo da poter effettuare una corretta correlazione dei risultati tra le due fasi.

Attività da svolgere

Stante quanto esposto ai paragrafi precedenti in relazione ai potenziali impatti causati dalle vibrazioni nelle fasi di realizzazione della galleria si prevede che il progetto consideri un monitoraggio vibrometrico e continuativo per lunghi periodi tramite strumentazione multicanale completa di piattaforma di registrazione, catena accelerometrica per misure triassiali e software con capacità di multi-analisi in real time, in grado di registrare sia le vibrazioni che il rumore.

Gli strumenti per le misure dovranno essere posizionati al piano terra degli edifici (o interrato ove presente) presso la facciata rivolta verso il fronte più vicino delle lavorazioni.

È raccomandato inoltre l'utilizzo di uno strumento portatile per misure speditive da effettuarsi eventualmente a seguito di richieste specifiche da parte dei residenti.

Il monitoraggio, che nell'ambito dell'intero cantiere si avvarrà dell'utilizzo simultaneo di vibrometri da spostare progressivamente con il procedere dei lavori, sarà condotto sugli

edifici che si trovano in prossimità del tracciato ad una distanza inferiore a 30 m dal bordo più esterno della galleria o dalle aree in cui si svolgono le lavorazioni.

Il valore ammissibile per la velocità di vibrazione è quello definito in precedenza ovvero $V_{padm} = 15 \text{ mm/s}$ (p.p.v.).

Dato che i lavori interessano un'area urbanizzata è opportuno fare riferimento anche alla UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", che disciplina le condizioni di benessere fisico degli occupanti degli edifici soggetti a vibrazioni prevedendo la valutazione delle accelerazioni rispetto a determinati valori di riferimento brevemente riepilogati di seguito:

- ambiente abitativo periodo diurno: $7,22 \text{ mm/s}^2$
- ambiente abitativo periodo notturno: $3,60 \text{ mm/s}^2$
- luoghi lavorativi: 14 mm/s^2
- ospedali e case di cura: 2 mm/s^2
- asili e case di riposo: $3,6 \text{ mm/s}^2$

Nella maggior parte dei casi i recettori sono rappresentati da edifici residenziali; con lavori eseguiti nel periodo diurno il riferimento sarà quindi una accelerazione max di $7,22 \text{ mm/s}^2$.

Un superamento dei valori di accelerazione, con conseguente disturbo per gli occupanti delle abitazioni, può essere previsto lungo il tratto in galleria naturale laddove nei tratti in roccia (posti alle due estremità dell'opera) lo scavo dovesse avvenire con l'impiego di esplosivo; questo soprattutto qualora l'appaltatore intendesse procedere con il brillamento delle cariche in orario notturno, quando i limiti diventano più restrittivi.

Sarà quindi necessario che in fase di cantiere l'appaltatore richieda una deroga per attività temporanee così come indicato nella stessa UNI 9614. Sarà cura dell'ente preposto concederla indicando i limiti massimi di riferimento.

Ubicazione dei punti di monitoraggio

Nella figura seguente è riportata la planimetria dei punti dei ricettori che sono ubicati in vicinanza del tracciato della galleria e che potrebbero risentire degli effetti vibratorii generati durante lo scavo delle gallerie.

Tra i ricettori potenzialmente impattabili sono stati esclusi quelli che si trovano ad una distanza maggiore di 30 m dai punti sorgente, considerando sia la copertura litoide che la distanza orizzontale.

Le misurazioni di vibrazione dovranno essere svolte con cadenza almeno mensile in funzione dell'avanzamento dei lavori e considerando i ricettori più vicini al fronte di avanzamento dello scavo.

In caso di superamento dei limiti è prevista una intensificazione della frequenza delle misure al fine di mantenere sotto controllo le attività di cantiere.

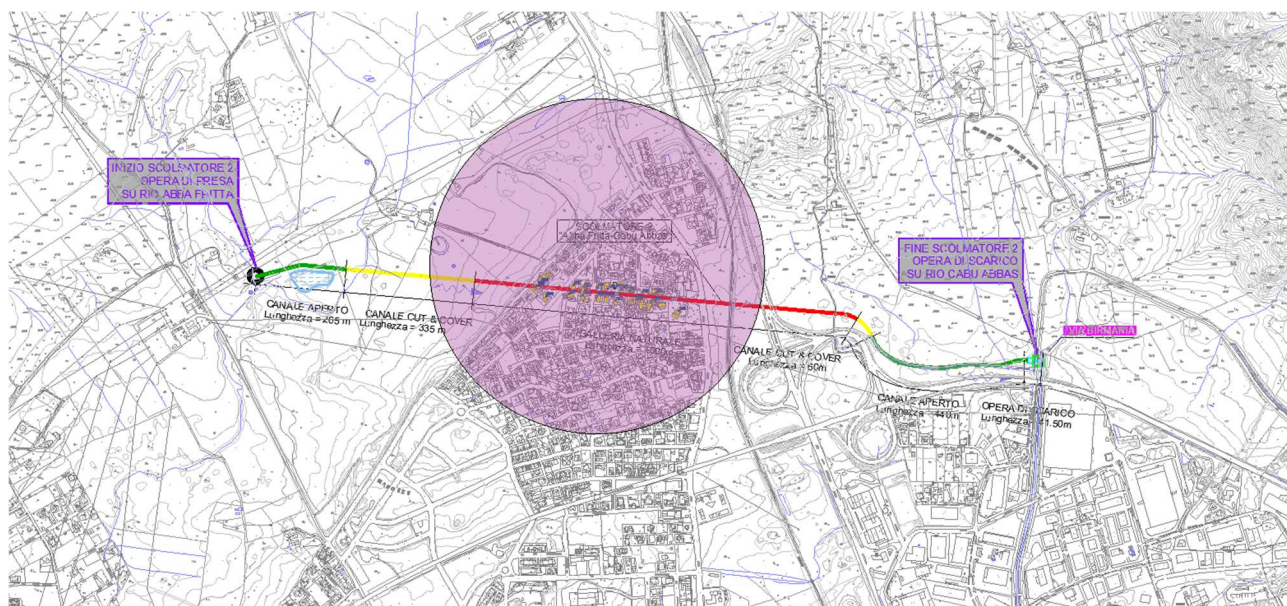


Figura 9-13 Zona oggetto del monitoraggio delle vibrazioni (area in violetto)

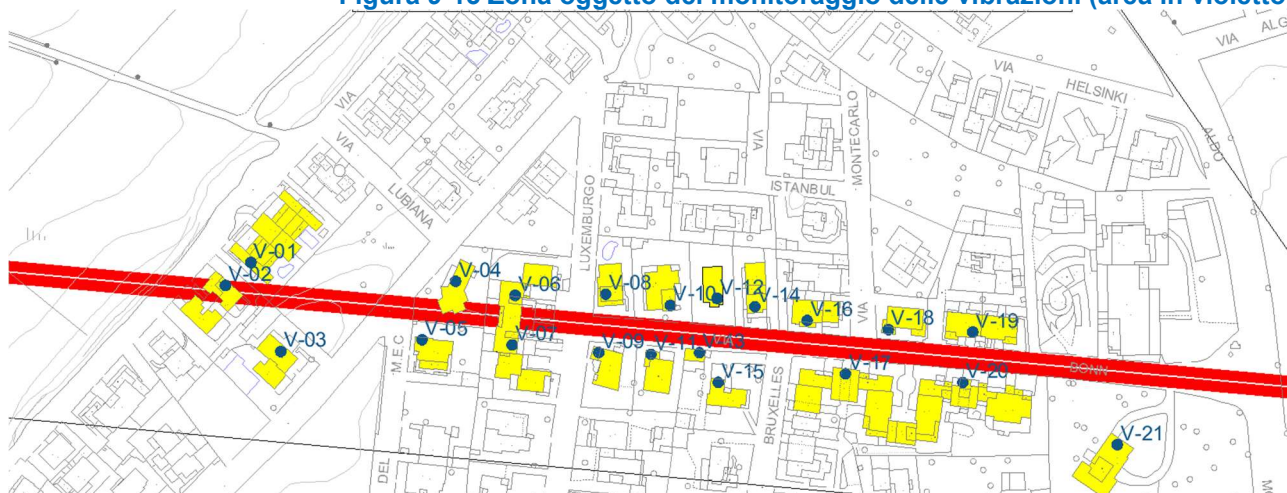


Figura 9-14 Punti oggetto di monitoraggio

| Punto | Lat | Long |
|-------|------------|------------|
| V-01 | 1541550.97 | 4533583.76 |
| V-02 | 1541540.48 | 4533574.27 |
| V-03 | 1541563.33 | 4533547.02 |
| V-04 | 1541635.56 | 4533575.97 |
| V-05 | 1541621.65 | 4533551.89 |
| V-06 | 1541660.21 | 4533570.21 |
| V-07 | 1541658.93 | 4533549.72 |
| V-08 | 1541697.54 | 4533570.66 |
| V-09 | 1541694.69 | 4533546.6 |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Punto | Lat | Long |
|-------|------------|------------|
| V-010 | 1541724.26 | 4533566.08 |
| V-011 | 1541716.26 | 4533545.85 |
| V-012 | 1541743.58 | 4533568.92 |
| V-013 | 1541736.36 | 4533546.54 |
| V-014 | 1541759.15 | 4533565.49 |
| V-015 | 1541744.07 | 4533534.31 |
| V-016 | 1541780.79 | 4533559.82 |
| V-017 | 1541796.61 | 4533537.84 |
| V-018 | 1541814.3 | 4533556.06 |
| V-019 | 1541849.2 | 4533555.03 |
| V-020 | 1541845.09 | 4533534.2 |
| V-021 | 1541908.92 | 4533508.57 |

Le analisi degli effetti delle vibrazioni e le relative valutazioni sono condotte in funzione della finalità dell'indagine - disturbo sull'uomo e/o effetti sugli edifici - e sono riferite, in mancanza di disposizioni normative, ai parametri e ai livelli limite e/o valori soglia individuati dalle norme tecniche di settore - nazionali e/o internazionali.

Si riporta nel seguito l'elenco delle principali norme tecniche da considerare:

- UNI 9614:2017 - Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo;
- UNI 9616:2004 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici;
- ISO 2631-2:2003 - Valutazione dell'esposizione degli individui alle vibrazioni globali del corpo - Parte 2: Vibrazioni continue ed indotte da urti negli edifici;
- NS 8176.E - Norma norvegese;
- UNI ENV 28041 - Risposta degli individui alle vibrazioni – Strumenti di misurazione;
- UNI ISO 5805 - Vibrazioni meccaniche e urti riguardanti l'uomo – Vocabolario;
- ISO 5347 - Metodi per la calibrazione dei rilevatori di vibrazioni e di urti;
- ISO 5348 - Vibrazioni meccaniche ed urti - Montaggio meccanico degli accelerometri.

I parametri da considerare devono descrivere al meglio il fenomeno, devono risultare facilmente

misurabili e confrontabili con i dati disponibili.

La propagazione delle vibrazioni attraverso un mezzo elastico può essere caratterizzata attraverso tre grandezze di base:

- vettore spostamento;
- vettore velocità;
- vettore accelerazione.

Tali grandezze possono essere espresse rispettivamente in m, m/s e m/s².

Modalità esecutive e strumentazione impiegata per i monitoraggi

I rilievi dovranno essere effettuati con strumentazione rispondente alle Norme IEC 184, IEC 222 e IEC225, così come indicato nella Norma UNI 9614, che è tipicamente costituita da accelerometri triassiali (ovvero monoassiali, nel numero di 3), analizzatori di spettro in tempo reale, cavi schermati per la trasmissione del segnale, oltre che dal software per l’acquisizione dei dati; nel dettaglio, gli accelerometri dovranno essere ottemperanti alla Norma ISO 2631/1 e 2 ed UNI 9614:2017. La catena complessiva di misura dovrà essere corredata da Certificato di Taratura, non anteriore a 2 anni dalla misura, rilasciato da laboratorio qualificato (laboratori accreditati S.I.T.), così come richiesto dalle Norme UNI ISO 5347; è inoltre ammessa la taratura indiretta della strumentazione, che consiste nel confronto tra le indicazioni del sensore da tarare/calibrare ed un sensore campione munito di certificato SIT. All’inizio ed alla fine di ogni rilievo, dovrà essere eseguita la calibrazione della catena di misura utilizzando a tale proposito degli appositi calibratori tarati.

Nel corso delle misurazioni dei livelli di vibrazione, è inoltre compresa la caratterizzazione della postazione di misura (coordinate geografiche, Comune, toponimo, indirizzo, tipologia e numero piani del ricettore, presenza di eventuali lesioni nell’edificio, documentazione fotografica) e del

territorio circostante (destinazione d’uso e tipologia dell’edificio). Nel corso della misura, in contemporanea lungo i 3 assi di propagazione x, y, z, dovranno essere rilevati l'accelerazione complessiva (a_w) espressa in mm/s^2 per la successiva determinazione del valore di massima accelerazione ponderata. Inoltre, dovranno essere indicati sia i valori riferiti alla specifica sorgente che a quelle residue caratterizzanti il sito di indagine. Il montaggio degli accelerometri deve garantire la trasmissione rigida del moto dal sistema vibrante all’accelerometro almeno nella banda 0-500 Hz mediante i diversi sistemi previsti in funzione del tipo di elemento di appoggio

10. PAESAGGIO

La valutazione dell'impatto sul paesaggio è stata dettagliatamente analizzata nel punto 8.0 dell'elenco elaborati dedicato agli aspetti paesaggistici, nel quale è contenuta la relazione paesaggistica che illustra il quadro dei vincoli presenti nelle aree di intervento, descrive il contesto attuale in termini paesaggistici e ambientali, analizza le opere previste dal progetto e la loro percezione visiva dalle principali visuali. Per ogni opera la relazione paesaggistica analizza gli impatti sulla componente habitat, flora, fauna, riporta le aree impegnate dalle opere e la perdita conseguente di vegetazione arborea/arbustiva o erbacea, censisce le alberature interferenti, specifica gli esemplari che possono essere reimpiantati, censisce inoltre le specie aliene o invasive. Per ciascun opera a corredo della relazione si è predisposta una cartella contenente gli allegati che consistono nelle schede di campo prodotte a seguito dei rilievi su habitat, flora e fauna, le tavole di progetto rappresentative in termini paesaggistici dei materiali, della destinazione di progetto delle aree, degli aspetti materici delle opere. L'inserimento paesaggistico delle opere di progetto è stato effettuato attraverso due modalità, la prima ha individuato le principali visuali e ha prodotto una scheda riportante i punti di scatto, la rappresentazione fotografica attuale dei siti di intervento e la simulazione fotografica post intervento. Al fine di cogliere nel dettaglio i materiali e la resa delle mitigazioni ambientali, sono stati realizzati i render delle opere di progetto con l'inserimento delle stesse nel contesto. Le mitigazioni ambientali, studiate a valle dell'analisi del contesto e dei rilievi di campo completano il quadro paesaggistico.

Per approfondire gli aspetti paesaggistici si rimanda al punto 8.0 dell'elenco elaborati.

11. MITIGAZIONE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

11.1. Premessa

Il presente Capitolo affronta la tematica relativa ai cambiamenti climatici coerentemente con le linee guida del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA 28/2020), in particolare con quanto riportato in Allegato 2 – Par. 4.1 – Mitigazione dei cambiamenti climatici. Sotto il profilo metodologico si sono seguite le linee guida per l'integrazione della Verifica Climatica nelle Valutazioni Ambientali; Commission Notice - Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027. I valori emissivi riportati nel presente capitolo costituiscono una stima preliminare di ordine progettuale. Non costituiscono carbon footprint certificata dell'opera e dovranno essere aggiornati in fase esecutiva con EPD, dati effettivi dei fornitori, distanze reali di trasporto, consumi dei mezzi, dati di cantiere e quantitativi effettivamente riutilizzati o conferiti.

Il progetto si configura prevalentemente come **infrastruttura di adattamento climatico**, in quanto finalizzato alla riduzione del rischio idraulico urbano di Olbia e alla riduzione della vulnerabilità della città rispetto agli eventi meteorici intensi e alle piene del reticolo idrografico urbano. La componente emissiva rimane tuttavia significativa nella fase di realizzazione, data l'entità degli scavi, dei manufatti idraulici, dei materiali da costruzione e delle movimentazioni di terre e rocce.

La stima numerica degli indicatori emissivi è stata sviluppata con approccio parametrico, utilizzando le quantità progettuali disponibili e fattori emissivi medi.

11.2. Fonti progettuali utilizzate e quadro di riferimento

Il capitolo è stato redatto sulla base degli elaborati progettuali del PFTE. Le quantità utilizzate nel bilancio emissivo derivano dagli elaborati di progetto. I fattori emissivi hanno invece carattere parametrico e sono tratti da fonti tecnico-istituzionali o banche dati LCA, oppure assunti in forma comparativa per stimare le emissioni evitate.

| Elaborato | Contenuto utilizzato nel capitolo |
|--|--|
| A.1.1 - Relazione illustrativa | Inquadramento generale, finalità del progetto, assetto complessivo degli interventi. |
| A.1.2a - Relazione tecnica Vol. 1 | Descrizione tecnica delle opere, assetto progettuale, primi dati idraulici e funzionali. |
| A.1.2b - Relazione tecnica Vol. 2 | Cantierizzazione, manutenzione, gestione materiali, consumi elettrici di esercizio e resilienza gestionale. |
| A.2.2 - Relazione idraulica | Scenari TR200, scenari resilienti TR500, portate di verifica, risezionamenti, scolmatori, deviatori e resilienza del sistema. |
| A.5.2 - Piano di gestione materie | Fabbisogni di calcestruzzo e acciaio, volumi di terre e rocce, materiali da demolizione, riutilizzo e recupero. |
| A.5.3 - Relazione paesaggistica | Vulnerabilità paesaggistica e idraulica, opere a verde, ricostruzione del rapporto città-fiumi, dune di Pittulongu, mitigazioni e compensazioni. |
| A.9.1 - Relazione sulla cantierizzazione | Lotti, cantieri, aree funzionali, logistica materiali, gestione traffico e riduzione interferenze urbane. |
| D.1.3 - Analisi costi-benefici | Alternativa zero, confronto tra alternative, benefici attesi, resilienza e desiderabilità sociale delle opere. |
| D.4.2 - Valutazione degli impatti potenziali | Metodo COPERT per le emissioni dei mezzi di trasporto, fattori CO2 per tratti asfaltati/sterrati, flussi orari, distanze dei percorsi e ratei emissivi di cantiere. |
| Stima sommaria | Quantità dettagliate per scolmatori e opere di sistemazione idraulica; aggiornamento del bilancio emissivo per calcestruzzi, acciai, conglomerati bituminosi e indicatori derivati. Opere a verde, ciclabili, interferenze, demolizioni, materiali, recuperi e lavorazioni accessorie. |

Tabella 11-1 Elaborati progettuali utilizzati e contributo al capitolo climatico

11.3. Descrizione dell’ambiente ante operam.

Lo stato dell’ambiente ante operam nelle sue componenti è descritto in modo dettagliato nell’elaborato D.4.1 – Quadro di riferimento ambientale, che contiene lo stato della qualità dell’aria, del suolo e sottosuolo, delle acque superficiali e sotterranee, della vegetazione, della fauna e degli ecosistemi, della popolazione e della salute pubblica, del traffico, del rumore e delle vibrazioni. Viene condotta l’analisi del clima dell’area di intervento riportando i dati storici delle precipitazioni e delle temperature. Viene inoltre analizzata la qualità dell’aria e i relativi dati storici rilevati dalle centraline di riferimento.

11.4. Descrizione dell’ambiente post - operam

Il territorio urbano di Olbia presenta una marcata esposizione al rischio idraulico, con un reticolo di corsi d’acqua che converge verso il centro abitato e il golfo. La Relazione idraulica descrive Olbia come una città attraversata da corsi d’acqua disposti a raggiera; l’area urbana è interessata dai macrobacini del Paule Longa, Seligheddu, Gadduresu, Zozò, San Nicola e Tilibbas, il progetto interessa principalmente i primi cinque.

Il progetto risponde a una condizione di vulnerabilità storicamente documentata, con riferimento agli eventi alluvionali che hanno interessato la città, tra cui l’alluvione Cleopatra del 2013 e gli allagamenti del centro urbano per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni. Le aree interne alla cintura della tangenziale sono caratterizzate da elevata impermeabilità e da criticità diffuse dei corsi d’acqua, con frequenti fenomeni di esondazione.

L’opera mira a ridurre la pressione idraulica sul centro urbano mediante scolmatori extraurbani, deviatori urbani, risezionamento e adeguamento degli alvei, adeguamento degli attraversamenti, gestione dei sedimenti, ricomposizione paesaggistica e funzionale dei corsi d’acqua, nuovi parchi urbani, piste ciclopedonali e interventi di rinaturalizzazione.

Gli elaborati idraulici e tecnici documentano una riduzione significativa delle portate cumulate in ingresso alla città nello scenario di progetto: il valore di picco passa da circa 592,1 m³/s nello stato di fatto a circa 206,0 m³/s nello stato di progetto. Alla foce a mare dei principali rii, la somma delle portate si riduce da circa 629,3 m³/s a circa 326,1 m³/s.

Tali valori costituiscono indicatori centrali del **beneficio adattivo** e della riduzione della

vulnerabilità idraulica.

| Indicatore idraulico | Stato di fatto | Stato di progetto | Variazione |
|---------------------------------------|--|---|--|
| Portata totale in ingresso alla città | 592,1 m ³ /s | 206,0 m ³ /s | -386,1 m ³ /s, pari a circa - 65% |
| Portata totale alle foci principali | 629,3 m ³ /s | 326,1 m ³ /s | -303,2 m ³ /s, pari a circa - 48% |
| Scenario idraulico di riferimento | PAI 2025 / stato di fatto | TR200, scenario di verifica | Verifica su portate critiche per tratto |
| Scenario resiliente | Non applicabile come assetto di progetto | TR500 e scenari di fasamento dei picchi | Valutazione di robustezza oltre lo scenario nominale |

Tabella 11-2 – Indicatori idraulici

| Componente | Ruolo nella verifica climatica |
|------------------------------------|--|
| Scolmatori e deviatori | Misure strutturali di adattamento, finalizzate a ridurre le portate critiche nei tratti urbani vulnerabili. |
| Risezionamenti e adeguamento alvei | Incremento della capacità di deflusso e riduzione della probabilità di esondazione. |
| Gestione terre e rocce | Misura di mitigazione indiretta tramite riduzione di conferimenti, materiali vergini e trasporti. |
| Opere a verde, parchi e ciclabili | Co-benefici climatici: ombreggiamento, permeabilità, qualità urbana, mobilità lenta e riduzione isola di calore. |
| Telecontrollo e manutenzione | Supporto alla resilienza gestionale e alla funzionalità dell'opera nel ciclo di vita. |

Tabella 11-3 – Opere e loro funzione idraulica prevalente nel progetto

11.5. Cambiamento dell'uso del suolo

In coerenza con l'impostazione delle Linee Guida SNPA n. 28/2020 per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale, la valutazione del cambiamento dell'uso del suolo deve

considerare non soltanto la sottrazione fisica di superfici, ma anche la modifica delle funzioni ecologiche, pedologiche, idrauliche e paesaggistiche associate al suolo. In tale prospettiva, l'analisi deve distinguere tra occupazioni temporanee di cantiere, trasformazioni permanenti, variazioni della permeabilità, alterazioni della struttura e tessitura del suolo, compattazione, movimentazione degli orizzonti superficiali, perdita o recupero di servizi ecosistemici e variazioni del contributo del suolo alla regolazione idrologica e climatica locale.

Nel caso del progetto “Olbia e le sue acque”, il cambiamento dell'uso del suolo non assume il significato di una trasformazione urbanizzativa ordinaria, ma si configura come riconversione funzionale, idraulica e paesaggistica di ambiti urbani, periurbani, fluviali e costieri. Gli interventi modificano l'assetto di alcune aree attraverso scavi, risezionamenti, rimodellazioni morfologiche, realizzazione di scolmatori e deviatori, sistemazioni spondali, nuovi parchi urbani, piste ciclopedonali e ricostruzione del cordone dunale. Tali modifiche producono interferenze in fase di cantiere, ma sono finalizzate alla riduzione della vulnerabilità idraulica della città, alla riqualificazione di aree marginali o artificializzate e al recupero della continuità ecologica e fruitiva dei corridoi d'acqua.

L'elaborato D.4.2 – Valutazione degli impatti potenziali evidenzia che, per la componente suolo, sottosuolo e acque sotterranee, le principali azioni perturbative sono concentrate nella fase di cantiere e sono riconducibili essenzialmente all'asportazione e movimentazione dei terreni e dei materiali inerti. La realizzazione dei risezionamenti e delle rettifiche degli alvei, degli scolmatori, dei diversivi e delle aree di deposito temporaneo determina temporanee alterazioni locali della morfologia superficiale. Lo stesso elaborato precisa tuttavia che le azioni migliorative si manifestano a regime attraverso il riassetto idraulico e geomorfologico dei corsi d'acqua e il risanamento dell'ambiente fluviale e delle relative pertinenze.

Il progetto interviene in un contesto già fortemente condizionato dall'antropizzazione. Gli elaborati ambientali descrivono infatti un sistema urbano nel quale la pressione insediativa, la presenza di infrastrutture, l'artificializzazione dei canali e l'impermeabilizzazione delle

superfici hanno ridotto la naturalità del reticolo idrografico e la capacità del suolo di contribuire alla regolazione dei deflussi. In tale quadro, l'intervento non determina soltanto una modifica fisica delle superfici, ma introduce una riorganizzazione complessiva del rapporto tra suolo, acqua e spazio urbano, con l'obiettivo di incrementare la capacità del territorio di gestire gli eventi meteorici estremi e di ridurre gli effetti degli allagamenti.

Le principali trasformazioni positive dell'uso del suolo sono connesse alla realizzazione del Parco di Colcò, del Parco del Cimitero, delle sistemazioni lungo i canali urbani, delle piste ciclopedonali e della riqualificazione del litorale di Pittulongu. La Relazione paesaggistica A.5.3 evidenzia che gli interventi in ambito urbano sono orientati alla riqualificazione di aree oggi marginali o in stato di abbandono, alla ricucitura delle cesure determinate dai canali e all'integrazione con il sistema delle ciclabili e dei nuovi ponti. La stessa relazione sottolinea inoltre che, a Pittulongu, il progetto mira a riqualificare l'area dal punto di vista ambientale e paesaggistico, rigenerando le caratteristiche morfologiche e vegetazionali originarie mediante la rimozione di elementi incompatibili, tra cui viabilità carrabile e parcheggi, e la ricostruzione del sistema dunale.

Il Piano di gestione materie A.5.2 e l'Analisi Costi Benefici D.1.3 confermano che il cambiamento dell'uso del suolo è strettamente collegato alla strategia di riutilizzo delle terre e rocce da scavo. I materiali prodotti dai cantieri non sono considerati come semplice eccedenza da conferire, ma come risorsa destinata alla costruzione di nuovi paesaggi urbani e costieri: colmate funzionali ai parchi, ripristini superficiali, argini, riempimenti, rivestimenti in scogliera, salti di fondo in blocchi di granito e ricostruzione dunale. Tale impostazione riduce la necessità di approvvigionare materiali vergini, limita i conferimenti esterni e consente di associare la trasformazione del suolo a un processo di recupero ambientale e paesaggistico.

Le criticità da presidiare riguardano soprattutto la fase di cantiere. Gli elaborati progettuali individuano come potenziali fattori di impatto il compattamento del suolo, la modifica della circolazione idrica e delle condizioni edafiche, la variazione dei valori di fondo geochimico in caso di impiego di materiale alloctono, l'inserimento di specie aliene attraverso la banca

del seme contenuta nei materiali movimentati e il rischio di rilascio accidentale di sostanze inquinanti. Per tali ragioni il progetto prevede misure di mitigazione e gestione quali la separazione e il riutilizzo dello strato pedogenetico superficiale, la caratterizzazione dei materiali prima del riutilizzo, la gestione dedicata dei materiali salini, il controllo dei sedimenti, la revegetazione con specie coerenti con il corteggio floristico locale e il monitoraggio in corso d'opera e post-operam.

La valutazione del cambiamento dell'uso del suolo deve quindi essere espressa come impatto misto e temporalmente differenziato. In fase di cantiere l'impatto è negativo, ancorché prevalentemente temporaneo, per effetto di scavi, occupazioni provvisorie, movimentazioni, compattazione e alterazione locale degli orizzonti superficiali. In fase di esercizio, invece, il progetto produce effetti positivi o compensativi, in quanto incrementa la sicurezza idraulica, recupera aree marginali, migliora la continuità dei corridoi blu-verdi, riqualifica superfici oggi compromesse, aumenta la fruibilità pubblica e contribuisce alla ricostituzione di ambiti naturali o seminaturali, come il sistema dunale di Pittulongu e le fasce ripariali lungo i canali.

Ai fini del monitoraggio SIA, il cambiamento dell'uso del suolo può essere seguito mediante indicatori dedicati, quali: superficie temporaneamente occupata dai cantieri; superficie permanentemente trasformata; superficie rinaturalizzata o riqualificata; volume di terreno vegetale scotico e riutilizzato; volume di terre e rocce reimpiegate nei siti di progetto; superficie permeabile ripristinata o incrementata; estensione delle aree verdi e dei parchi realizzati; superficie di habitat o vegetazione interferita e compensata; numero di individui arborei o arbustivi espiantati, reimpiantati o sostituiti; estensione dei tratti di sponda rinaturalizzati; superficie dunale ricostruita. Tali indicatori consentono di verificare che la trasformazione del suolo, pur comportando interferenze nella fase realizzativa, determini nel ciclo di vita dell'opera un miglioramento della funzionalità idraulica, ecologica e paesaggistica del sistema urbano-fluviale di Olbia.

11.6. Perimetro e metodo del bilancio emissivo

La stima degli indicatori emissivi è stata impostata come bilancio emissivo preliminare e comparativo. L'obiettivo non è certificare l'impronta carbonica complessiva dell'opera, ma valutare l'ordine di grandezza delle emissioni prodotte e delle emissioni evitate dal progetto, con particolare riferimento ai materiali principali, alla gestione delle terre e rocce da scavo, ai materiali da demolizione e ai consumi elettrici di esercizio.

| Ambito | Inclusione nella stima | Modalità di trattamento |
|-----------------------------------|--|--|
| Materiali principali | Incluso | Calcestruzzo, acciaio e conglomerati bituminosi quantificati dagli elaborati progettuali e dai computi. |
| Terre, rocce e materiali di scavo | Incluso | Stima del beneficio emissivo da riutilizzo e mancato conferimento, aggiornata sull'intero volume di destinazione/riutilizzo da A.5.2. |
| Materiali da demolizione | Incluso | Stima del beneficio emissivo da recupero di calcestruzzo, acciaio e bitumi. |
| Energia elettrica in esercizio | Incluso | Consumo annuo per fattore emissivo elettrico. |
| Trasporti materiali ex situ | Incluso in forma preliminare | Emissioni da trasporto dei materiali di cantiere stimate con D.4.2: fattori COPERT Euro 3, distanze asfaltate/sterrate, flussi orari e capacità mezzo pari a 16,66 m3/trasporto. |
| Carburanti mezzi di cantiere | Non ancora quantificato in modo completo | Da integrare in fase esecutiva con consumi reali o cronoprogramma mezzi; la presente stima considera solo i trasporti materiali ex situ ricavabili da D.4.2. |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Ambito | Inclusione nella stima | Modalità di trattamento |
|-------------------------|------------------------------|---|
| Soil washing | Incluso in forma preliminare | Emissioni stimate sui materiali trattati: $201.382 \text{ t} \times 0,0022 \text{ tCO}_2\text{eq/t} = \text{circa } 443 \text{ tCO}_2\text{eq}$. Il fattore è tratto dalla combinazione di consumi di impianti simili e dovrà essere verificato in fase esecutiva. |
| Manutenzione | Solo qualitativa | Da stimare con frequenze manutentive e consumi mezzi. |
| Fine vita / dismissione | Non incluso | Non rilevante nella fase PFTE; da valutare in una LCA completa. |

Tabella 11-4 – Perimetro del bilancio emissivo preliminare

11.7. Criterio LCA e moduli considerati

Per rendere la stima coerente con un'impostazione di ciclo di vita, i fattori emissivi sono letti secondo la logica dei moduli LCA utilizzati nelle dichiarazioni ambientali di prodotto per il settore delle costruzioni. La EN 15804 definisce le regole di categoria di prodotto per le dichiarazioni ambientali di tipo III dei prodotti e servizi da costruzione, compresi parametri dichiarati, fasi del ciclo di vita, processi inclusi, scenari e qualità dei dati.

| Modulo | Contenuto | Trattamento nel capitolo |
|--------|---|---|
| A1-A3 | Produzione dei materiali: estrazione materie prime, trasporto a stabilimento, produzione. | Incluso in forma parametrica per calcestruzzo, acciaio e conglomerati bituminosi. |
| A4 | Trasporto dei materiali approvvigionati al cantiere. | Non stimato puntualmente; da aggiornare con fornitori, cave, impianti e distanze effettive. |
| A5 | Fase di costruzione, posa e logistica di cantiere. | Incluso per la componente trasporti dei materiali di scavo/ex situ ricostruita da D.4.2 e per la componente soil washing stimata su quantità trattate e |

| Modulo | Contenuto | Trattamento nel capitolo |
|--------|--|---|
| | | fattore emissivo specifico; restano da integrare mezzi d'opera non associati ai trasporti, impianti temporanei e consumi effettivi di cantiere. |
| B6 | Energia operativa in esercizio. | Inclusa per i consumi elettrici annui. |
| C1-C4 | Fine vita, demolizione, trasporto, trattamento e smaltimento dell'opera. | Non incluso come fine vita dell'opera. |
| D | Benefici oltre il confine del sistema, recupero e riciclo. | Considerato in forma comparativa per riutilizzo terre e recupero materiali. |

Tabella 11-5 – Moduli LCA considerati nel bilancio preliminare

Il beneficio da riutilizzo e recupero è trattato come beneficio comparativo rispetto a uno scenario alternativo, non come assorbimento diretto di CO₂. Questa precisazione è essenziale per evitare una lettura impropria del bilancio come neutralità climatica dell'opera.

11.8. Fonti dei fattori emissivi e tracciabilità metodologica

I fattori emissivi adottati hanno carattere parametrico e preliminare. Sono stati selezionati secondo una gerarchia di affidabilità: EPD di prodotto conformi a EN 15804, fattori nazionali ufficiali, banche dati LCA riconosciute, conversion factors internazionali e, dove necessario, assunzioni parametriche di progetto. In fase esecutiva i fattori parametrici dovranno essere sostituiti con dati specifici dei prodotti e delle lavorazioni effettivamente impiegate.

| Livello | Fonte | Uso preferenziale |
|---------|---|--|
| 1 | EPD di prodotto conformi a EN 15804 | Materiali effettivamente forniti: calcestruzzo, acciaio, prefabbricati, conglomerati bituminosi. |
| 2 | Fattori nazionali ufficiali, ad esempio ISPRA | Energia elettrica, fattori nazionali e settoriali. |

| Livello | Fonte | Uso preferenziale |
|---------|---|--|
| 3 | Banche dati LCA riconosciute, ad esempio ICE Database | Stima preliminare dell'embodied carbon dei materiali in assenza di EPD. |
| 4 | Conversion factors internazionali, ad esempio DESNZ/DEFRA | Carburanti, trasporti, controlli di coerenza. |
| 5 | Assunzioni parametriche di progetto | Emissioni evitate da riutilizzo terre, recupero materiali e scenari comparativi. |

Tabella 11-6 – Gerarchia delle fonti emissive

Per i materiali da costruzione, il database ICE è utilizzabile come riferimento tecnico per fattori parametrici di embodied carbon; in assenza delle schede puntuali dei prodotti, i valori 0,30 tCO₂eq/m³ per il calcestruzzo e 1,70 tCO₂eq/t per l'acciaio sono utilizzati come valori preliminari coerenti con banche dati LCA, non come fattori ufficiali univoci.

Per l'energia elettrica, il riferimento principale è ISPRA. Il rapporto ISPRA 413/2025 elabora fattori di emissione per la produzione e il consumo di energia elettrica, anche con disaggregazione regionale. Il fattore 0,257 kgCO₂/kWh è utilizzato in questa stima come valore location-based preliminare e dovrà essere aggiornato con il fattore ISPRA vigente all'anno di riferimento.

Per i trasporti dei materiali di cantiere, il riferimento specifico è l'elaborato D.4.2, che applica il modello COPERT alle emissioni dei camion/autocarri diesel, utilizza per i calcoli fattori emissivi per mezzi EURO 3 pari a 712,37 gCO₂/km su tratto urbano/asfaltato e 1.130,8 gCO₂/km su tratto rurale/sterrato, distinguendo le distanze percorse su strade asfaltate e sterrate e riportando i ratei emissivi per le singole relazioni di trasporto. Tali dati sono stati utilizzati per integrare il bilancio con una stima preliminare della CO₂ da trasporto dei materiali ex situ.

| Voce | Fattore adottato | Fonte / criterio | Affidabilità | Aggiornamento richiesto |
|---------------------------------------|---|--|--------------|---|
| Energia elettrica | 0,257 kgCO ₂ /kWh | Fattore nazionale location-based preliminare, da aggiornare con dati ISPRA o fattore specifico di fornitura. | Medio-alta | Aggiornare con fattore ISPRA più recente o fattore specifico del fornitore. |
| Calcestruzzo strutturale | 0,30 tCO ₂ eq/m ³ | Valore parametrico preliminare coerente con banche dati LCA/embodied carbon. | Media | Sostituire con EPD del calcestruzzo effettivamente fornito. |
| Acciaio per armature e strutture | 1,70 tCO ₂ eq/t | Valore parametrico preliminare coerente con banche dati LCA/embodied carbon. | Media | Sostituire con EPD o dato di acciaieria, distinguendo filiera produttiva e quota riciclata. |
| Conglomerati bituminosi di nuova posa | 0,10 tCO ₂ eq/t; densità 2,40 t/m ³ | Valore parametrico preliminare per miscele bituminose, applicato ai volumi computati. | Media-bassa | Sostituire con EPD o dati di impianto, distinguendo base, binder e usura. |
| Trasporti materiali ex situ | Fattori COPERT D.4.2: 712,37 gCO ₂ /km tratto urbano/asfaltato; 1.130,8 gCO ₂ /km tratto rurale/sterrato; fattore medio derivato 0,000389 tCO ₂ eq/m ³ | Derivato dai ratei emissivi e dai flussi orari delle Tabelle 2-16 e 2-17 di D.4.2, con capacità mezzo 16,66 m ³ /trasporto. | Media | Aggiornare con viaggi effettivi, ritorni a vuoto, mezzi realmente utilizzati e percorsi as-built. |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Voce | Fattore adottato | Fonte / criterio | Affidabilità | Aggiornamento richiesto |
|--------------------------------------|--|---|--------------|--|
| Riutilizzo terre, rocce e granito | 0,010-0,025 tCO ₂ eq/m ³ ; valore centrale 0,015 | Assunzione comparativa di emissioni evitate rispetto a conferimento esterno e approvvigionamento materiale vergine. | Medio-bassa | Aggiornare con distanze effettive, viaggi, cave evitate, siti di conferimento evitati e materiali sostituiti. |
| Recupero calcestruzzo da demolizione | 0,006 tCO ₂ eq/t | Assunzione parametrica per beneficio da recupero inerti. | Medio-bassa | Aggiornare con dati di impianto e destinazione effettiva. |
| Recupero acciaio da demolizione | 1,40 tCO ₂ eq/t | Assunzione parametrica per beneficio da riciclo rispetto a scenario primario/medio di mercato. | Media | Aggiornare con dati di filiera e destinazione a riciclo. |
| Recupero bitumi stradali | 0,040 tCO ₂ eq/t | Assunzione parametrica per recupero conglomerati bituminosi. | Medio-bassa | Aggiornare con dati di impianto e percentuale effettiva di fresato recuperato. |
| Soil washing | 0,0022 tCO ₂ eq/t; quantità trattata 201.382 t | Quantità da stima progettuale dei materiali sottoposti a soil washing; fattore emissivo derivato dalla combinazione dei consumi | Medio-bassa | Aggiornare con consumi effettivi dell'impianto, ore di funzionamento, configurazione tecnologica, energia elettrica/carburanti e consuntivi di cantiere. |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Voce | Fattore adottato | Fonte / criterio | Affidabilità | Aggiornamento richiesto |
|------|------------------|--|--------------|-------------------------|
| | | energetici e operativi di impianti simili. | | |

Tabella 11-7 - Tracciabilità dei fattori emissivi adottati

11.9. Indicatori quantitativi preliminari di produzione e risparmio di CO₂

La seguente tabella sintetizza gli indicatori emissivi preliminari aggiornati con le quantità di progetto, con l'integrazione della componente trasporti ricavata dall'elaborato D.4.2 e con la quota specifica di soil washing calcolata sui materiali trattati. La colonna "Emissioni prodotte" rappresenta l'impatto incorporato o operativo del progetto; la colonna "Emissioni evitate" rappresenta il beneficio comparativo rispetto a uno scenario convenzionale di conferimento esterno, smaltimento e approvvigionamento di materiali vergini.

| Ambito | Indicatore | Quantità | Fattore | Emissioni prodotte | Emissioni evitate |
|-----------------------|---|---------------------------------------|---|----------------------------|-------------------|
| Materiali | Calcestruzzo opere principali | 140.817 m ³ | 0,30 tCO ₂ eq/m ³ | 42.245 tCO ₂ eq | - |
| Materiali | Acciaio opere principali | 6.892 t | 1,70 tCO ₂ eq/t | 11.716 tCO ₂ eq | - |
| Materiali | Conglomerati bituminosi di nuova posa | 6.494 m ³ , circa 15.586 t | 0,10 tCO ₂ eq/t | 1.559 tCO ₂ eq | - |
| Materiali | Totale materiali principali | - | - | 55.520 tCO ₂ eq | - |
| Trasporti di cantiere | Trasporto materiali ex situ verso siti di riutilizzo/gestione | 1.633.679 m ³ | 0,000389 tCO ₂ eq/m ³ | 635 tCO ₂ eq | - |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Ambito | Indicatore | Quantità | Fattore | Emissioni prodotte | Emissioni evitate |
|-------------------------------|---|--|--|--------------------------------|----------------------------|
| Trattamento sedimenti | Soil washing dei materiali trattati | 201.382 t | 0,0022 tCO ₂ eq/t | 443 tCO ₂ eq | - |
| Totale produzione preliminare | Materiali principali + trasporti ex situ + soil washing | - | - | 56.598 tCO ₂ eq | - |
| Economia circolare | Riutilizzo terre, rocce, granito e materiali di scavo | 2.485.986 m ³ | 0,015 tCO ₂ eq/m ³ | - | 37.290 tCO ₂ eq |
| Recupero | Calcestruzzo da demolizione | 27.444 m ³ , circa 65.866 t | 0,006 tCO ₂ eq/t | - | 395 tCO ₂ eq |
| Recupero | Acciaio da demolizione | 1.955 t | 1,40 tCO ₂ eq/t | - | 2.737 tCO ₂ eq |
| Recupero | Bitumi stradali | 5.734,80 t | 0,040 tCO ₂ eq/t | - | 229 tCO ₂ eq |
| Recupero + riutilizzo | Totale emissioni evitate | - | - | - | 40.652 tCO ₂ eq |
| Esercizio | Energia elettrica annua | 100.000 kWh/anno | 0,257 kgCO ₂ /kWh | 25,7 tCO ₂ eq/anno | - |
| Ciclo di vita | Emissioni materiali annualizzate | 50 anni | - | 1.110 tCO ₂ eq/anno | - |
| Ciclo di vita | Emissioni materiali + trasporti + soil washing annualizzate | 50 anni | - | 1.132 tCO ₂ eq/anno | - |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Ambito | Indicatore | Quantità | Fattore | Emissioni prodotte | Emissioni evitate |
|----------------------|---|-----------------|---------|--------------------|------------------------------|
| Ciclo di vita | Risparmio emissivo annualizzato | 50 anni | - | - | 813 tCO ₂ eq/anno |
| Bilancio comparativo | Quota emissioni evitate rispetto a materiali + trasporti + soil washing | 40.652 / 56.598 | - | - | circa 72% |

Tabella 11-8 - Indicatori quantitativi preliminari di produzione e risparmio di CO₂

La quota di emissioni evitate rispetto ai materiali principali, ai trasporti ex situ e all'impianto di soil washing è un indicatore comparativo: non equivale a neutralità climatica complessiva dell'opera e non include ancora mezzi d'opera, impianti temporanei, forniture minori, ritorni a vuoto effettivi e manutenzioni. La stima dei trasporti è costruita sulla base dei dati tratti dall'elaborato di progetto D.4.2; in via cautelativa, considerando anche il ritorno a vuoto, la quota trasporti potrebbe essere assunta pari a circa 1.270 tCO₂eq invece di 635 tCO₂eq, con produzione emissiva complessiva pari a circa 57.233 tCO₂eq includendo l'impianto di soil washing.

11.10. Bilancio emissivo preliminare dei materiali principali

Ai fini del bilancio sono state considerate le quantità direttamente computate o ricostruibili con criteri trasparenti per calcestruzzi/conglomerati cementizi, acciai/componenti metallici installati e conglomerati bituminosi. La componente trasporti dei materiali ex situ, stimata con il metodo COPERT riportato nell'elaborato D.4.2, e la componente soil washing, stimata sulla base della quantità progettuale trattata pari a 201.382 t e del fattore emissivo 0,0022 tCO₂eq/t.

| Materiale / componente | Quantità considerata | Fattore emissivo | Emissioni stimate |
|--|--------------------------|--------------------|-------------------|
| Calcestruzzo | 140.817 m3 | 0,30 tCO2eq/m3 | 42.245 tCO2eq |
| Acciaio | 6.892 t | 1,70 tCO2eq/t | 11.716 tCO2eq |
| Conglomerati bituminosi di nuova posa | 6.494 m3, circa 15.586 t | 0,10 tCO2eq/t | 1.559 tCO2eq |
| Totale materiali principali | - | - | 55.520 tCO2eq |
| Trasporti materiali ex situ | 1.633.679 m3 | 0,000389 tCO2eq/m3 | 635 tCO2eq |
| Soil washing materiali trattati | 201.382 t | 0,0022 tCO2eq/t | 443 tCO2eq |
| Totale materiali principali + trasporti ex situ + soil washing | - | - | 56.598 tCO2eq |

Tabella 11-9 - Calcolo delle emissioni incorporate dei materiali principali

Per i trasporti, il valore base di 635 tCO2eq deriva dall'applicazione del fattore medio di 0,000389 tCO2eq/m3 al volume ex situ pari a 1.633.679 m3. Il fattore medio è stato ricavato dai ratei emissivi e dai flussi orari riportati in D.4.2: somma CO2 delle relazioni di trasporto pari a 312,42 kgCO2/h, flussi complessivi pari a 48,23 trasporti/h, emissione media pari a 6,48 kgCO2/trasporto e capacità del mezzo pari a 16,66 m3/trasporto. In via cautelativa, includendo anche il ritorno a vuoto, il valore potrebbe essere assunto pari a circa 1.270 tCO2eq.

Per il soil washing è stata integrata una quota emissiva specifica, sulla base dei valori quantitativi di progetto aggiornati: 201.382 t di materiali trattati e fattore emissivo pari a 0,0022 tCO2eq/t, derivato dalla combinazione dei consumi di impianti simili. Il contributo emissivo del trattamento risulta quindi pari a $201.382 \times 0,0022 = 443,04$ tCO2eq, arrotondato a 443 tCO2eq. Il valore deve essere inteso come stima parametrica del processo di trattamento e dovrà essere verificato in fase esecutiva sulla base dei consumi effettivi dell'impianto, delle ore di funzionamento, delle potenze installate e dell'eventuale alimentazione elettrica impiegata.

11.11. Emissioni annue in fase di esercizio

La fase di esercizio presenta emissioni relativamente contenute rispetto alla fase di costruzione. Il consumo elettrico annuo stimato è pari a circa 100.000 kWh/anno, riferito a torri faro, movimentazione degli organi elettromeccanici, telecontrollo e videosorveglianza. Applicando il fattore 0,257 kgCO₂/kWh si ottengono circa 25,7 tCO₂eq/anno.

Formula:

$$100.000 \text{ kWh/anno} \times 0,257 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 25.700 \text{ kgCO}_2/\text{anno} = 25,7 \text{ tCO}_2\text{eq/anno}.$$

11.12. Emissioni evitate da riutilizzo e recupero

Il beneficio emissivo principale deriva dalla strategia di riutilizzo di terre, rocce, granito e materiali di scavo. Rispetto alla precedente stima, il volume considerato è stato verificato sulla Tabella 6-2 del Piano di gestione materie e aggiornato includendo tutte le destinazioni funzionali di progetto: Parco di Colcò, Parco Cimitero, parcheggi, dune di Pittulongu, sponde e salti in blocchi di granito, rivestimenti in scogliera, argini, riempimenti, ripristini superficiali, cordoli, marciapiedi, muri delle opere di presa, scotici superficiali e reticolo di drenaggio dell'area di Colcò.

| Destinazione / uso | Volume considerato |
|---|-----------------------------|
| Parco di Colcò | 1.201.936,48 m ³ |
| Parco Cimitero di Olbia | 235.606,30 m ³ |
| Parcheggio Cimitero | 1.400,00 m ³ |
| Parcheggi Colcò | 37.400,00 m ³ |
| Dune Pittulongu | 10.000,00 m ³ |
| Sponde e salti in blocchi di granito | 46.959,50 m ³ |
| Cordoli e marciapiedi dei parchi in granito | 872,50 m ³ |
| Muri opere di presa | 1.716,00 m ³ |

| Destinazione / uso | Volume considerato |
|---|--------------------|
| Rivestimenti in scogliera | 101.347,16 m3 |
| Argini e riempimenti scavi | 667.601,00 m3 |
| Ripristini superficiali canali cut&cover e cielo aperto | 70.945,80 m3 |
| Parco Colcò - materiale da sbancamento per affioramento granito area Cimitero | 1.440,00 m3 |
| Parco Colcò - scotico superficiale | 62.071,00 m3 |
| Parco Colcò - reticolo drenaggio area Colcò | 32.105,00 m3 |
| Parco Cimitero di Olbia - scotico superficiale | 14.585,00 m3 |
| Totale verificato da A.5.2 - Tabella 6-2 | 2.485.985,74 m3 |

Tabella 11-10 - Principali destinazioni di riutilizzo dei materiali

Applicando il fattore centrale di 0,015 tCO₂eq/m³ al volume verificato di 2.485.985,74 m³, il beneficio emissivo da riutilizzo risulta pari a circa 37.290 tCO₂eq. A tale valore si sommano circa 3.362 tCO₂eq evitate dal recupero dei materiali da demolizione, per un totale centrale aggiornato di circa 40.652 tCO₂eq.

11.13. Definizione degli indicatori emissivi utilizzati

Di seguito si riportano le definizioni tecniche degli indicatori utilizzati nella tabella di bilancio emissivo. Le definizioni sono formulate in modo da chiarire se l'indicatore misura emissioni prodotte, emissioni evitate o valori annualizzati di confronto.

| Indicatore | Definizione | Formula / criterio | Descrizione |
|-------------------------------|---|--|--|
| Calcestruzzo opere principali | Emissioni incorporate associate alla produzione del calcestruzzo e dei conglomerati cementizi impiegati nelle opere principali. | Volume calcestruzzo x fattore emissivo unitario. | Misura una delle principali componenti emissive della costruzione. |

| Indicatore | Definizione | Formula / criterio | Descrizione |
|---------------------------------------|---|--|---|
| Acciaio opere principali | Emissioni incorporate associate alla produzione di acciaio per armature, micropali, centine, tubi, profilati e componenti metallici installati. | Massa acciaio x fattore emissivo unitario. | Rappresenta una quota rilevante dell'impronta emissiva per l'elevata intensità carbonica dell'acciaio. |
| Conglomerati bituminosi di nuova posa | Emissioni incorporate associate alla produzione e posa delle miscele bituminose computate. | Volume computato x densità assunta x fattore emissivo unitario. | Integra la stima dei materiali principali sulla base delle quantità del computo. |
| Trasporti materiali ex situ | Emissioni di CO2 associate al trasporto dei materiali di scavo e dei materiali destinati a siti di riutilizzo/gestione esterni al singolo cantiere. | Volume ex situ x fattore medio derivato da D.4.2. In questa stima: 1.633.679 m3 x 0,000389 tCO2eq/m3. | Consente di includere nel bilancio una quota di emissioni di cantiere direttamente collegata alla logistica dei materiali. |
| Soil washing materiali trattati | Emissioni associate al trattamento dei sedimenti/materiali salini mediante impianto di soil washing. | Massa trattata x fattore emissivo unitario. In questa stima: 201.382 t x 0,0022 tCO2eq/t. | Consente di includere una quota emissiva specifica del trattamento dei materiali salini, precedentemente non contabilizzata in modo puntuale. |
| Totale produzione preliminare | Somma delle emissioni incorporate nei principali materiali, delle emissioni da trasporto materiali ex situ e della quota di trattamento soil washing. | Emissioni calcestruzzo + emissioni acciaio + emissioni conglomerati bituminosi + trasporti ex situ + soil washing. | Valore base aggiornato delle emissioni prodotte dalle componenti oggi quantificabili. |

| Indicatore | Definizione | Formula / criterio | Descrizione |
|---|---|--|--|
| Riutilizzo terre, rocce, granito e materiali di scavo | Beneficio emissivo derivante dal riutilizzo dei materiali prodotti dal progetto, evitando conferimenti esterni e approvvigionamento di materiali vergini. | Volume riutilizzato x fattore emissivo evitato. | Principale indicatore di risparmio di CO2 da economia circolare. |
| Recupero calcestruzzo da demolizione | Emissioni evitate grazie al recupero del calcestruzzo demolito come aggregato o materiale recuperabile. | Massa recuperata x fattore evitato. | Misura il beneficio della demolizione selettiva e del recupero inerti. |
| Recupero acciaio da demolizione | Emissioni evitate grazie al riciclo dell'acciaio da demolizione rispetto a una produzione primaria o media di mercato. | Massa acciaio recuperato x fattore evitato. | Indicatore rilevante per l'elevato beneficio del riciclo dell'acciaio. |
| Recupero bitumi stradali | Emissioni evitate grazie al recupero dei conglomerati bituminosi da demolizioni e fresature. | Massa bitumi recuperati x fattore evitato. | Valuta il beneficio del recupero dei conglomerati bituminosi. |
| Totale emissioni evitate | Somma delle emissioni evitate da riutilizzo materiali e recupero demolizioni. | Emissioni evitate da riutilizzo + emissioni evitate da recupero. | Rappresenta il beneficio emissivo complessivo della gestione circolare. |
| Emissioni materiali annualizzate | Quota annua equivalente delle emissioni incorporate nei materiali principali, oppure della produzione preliminare complessiva quando estesa a trasporti e soil washing, ripartita sulla vita utile convenzionale. | Emissioni prodotte / vita utile. | Rende confrontabili emissioni iniziali, trasporti, trattamento e indicatori annui. |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Indicatore | Definizione | Formula / criterio | Descrizione |
|---------------------------------|---|---------------------------------|---|
| Risparmio emissivo annualizzato | Quota annua equivalente del beneficio climatico da riutilizzo e recupero materiali. | Emissioni evitate / vita utile. | Permette il confronto con emissioni annualizzate e consumi annui. |

Tabella 11-11 - Definizione degli indicatori emissivi

11.14. Emissioni materiali annualizzate

L'indicatore "Emissioni materiali annualizzate" rappresenta la quota annua equivalente delle emissioni incorporate nei principali materiali da costruzione utilizzati per la realizzazione dell'opera. Le emissioni incorporate nei materiali sono generate prevalentemente a monte e nella fase iniziale del ciclo di vita dell'opera, cioè durante estrazione e lavorazione delle materie prime, produzione industriale, confezionamento del calcestruzzo, produzione dell'acciaio, eventuale prefabbricazione e, se compreso nel fattore adottato, trasporto fino al cantiere.

L'indicatore non misura emissioni che si ripetono realmente ogni anno. Le emissioni dei materiali sono infatti generate quasi interamente nella fase di costruzione. L'annualizzazione serve a ripartire convenzionalmente tale impatto lungo la vita utile dell'opera, in modo da renderlo confrontabile con altri indicatori espressi su base annua, come i consumi elettrici di esercizio o i benefici emissivi annualizzati da riutilizzo e recupero.

Formula: $E_{mat,annua} = E_{mat,totale} / VU$.

Nel caso aggiornato: $55.520 \text{ tCO}_2\text{eq} / 50 \text{ anni} = 1.110 \text{ tCO}_2\text{eq/anno}$. Se si includono anche la componente trasporti ex situ ricavata da D.4.2 e la quota di processo soil washing, il valore diventa: $56.598 \text{ tCO}_2\text{eq} / 50 \text{ anni} = 1.132 \text{ tCO}_2\text{eq/anno}$.

Il valore di $1.110 \text{ tCO}_2\text{eq/anno}$ rappresenta l'incidenza emissiva annua equivalente dei principali materiali da costruzione aggiornati con il computo E.1.2c. Il valore integrato materiali + trasporti + soil washing, pari a circa $1.132 \text{ tCO}_2\text{eq/anno}$, rappresenta invece la

quota annualizzata della produzione emissiva oggi quantificabile in modo preliminare. Entrambi i valori sono contabili e non indicano emissioni effettivamente ricorrenti ogni anno.

11.15. Risparmio emissivo annualizzato

L'indicatore “Risparmio emissivo annualizzato” ovvero “Beneficio emissivo annuo equivalente da riutilizzo e recupero dei materiali” esprime la quota annua equivalente del beneficio climatico derivante dalle strategie di riutilizzo, recupero e valorizzazione dei materiali previste dal progetto. A differenza delle emissioni prodotte dai materiali da costruzione, questo indicatore misura un beneficio emissivo comparativo, cioè la quantità di CO₂eq che si evita rispetto a uno scenario alternativo convenzionale nel quale le terre e rocce sarebbero conferite fuori sito, i materiali di scavo non sarebbero riutilizzati, i blocchi di granito non sarebbero valorizzati, i materiali da demolizione sarebbero smaltiti e sarebbe necessario approvvigionare materiali vergini da cave o fornitori esterni.

Nel caso del progetto, il risparmio emissivo deriva soprattutto dall'ampio riutilizzo di terre, rocce, granito e materiali di scavo per Parco di Colcò, Parco Cimitero, dune di Pittulongu, argini, riempimenti, ripristini superficiali, rivestimenti in scogliera e sistemazioni spondali. L'indicatore considera inoltre il beneficio derivante dal recupero di calcestruzzo, acciaio e bitumi stradali da demolizione.

Formula: $R_{\text{annuo}} = R_{\text{totale}} / VU$.

Nel caso aggiornato: $40.652 \text{ tCO}_2\text{eq} / 50 \text{ anni} = 813 \text{ tCO}_2\text{eq/anno}$.

Il valore di 813 tCO₂eq/anno non significa che ogni anno il progetto evita materialmente 813 tCO₂eq. Il beneficio si genera prevalentemente nella fase di realizzazione dell'opera, quando vengono riutilizzati i materiali di scavo e recuperati i materiali da demolizione. L'annualizzazione serve a ripartire convenzionalmente questo beneficio iniziale lungo la vita utile, rendendolo confrontabile con le emissioni incorporate annualizzate, con la quota trasporti e con i consumi annui di esercizio.

11.16. Scenario di confronto per le emissioni evitate

Per giustificare le emissioni evitate è necessario definire chiaramente lo scenario controfattuale, cioè lo scenario rispetto al quale il progetto produce un beneficio. Le emissioni evitate non rappresentano emissioni negative né assorbimenti di carbonio, ma il beneficio emissivo stimato rispetto a una gestione convenzionale dei materiali.

| Elemento | Scenario convenzionale | Scenario di progetto |
|---|---|---|
| Terre e rocce da scavo | Conferimento fuori sito di quote significative, con trasporti e costi emissivi associati. | Riutilizzo in situ ed ex situ funzionale al progetto. |
| Materiali di riempimento e modellazione | Approvvigionamento da cave o fornitori esterni. | Utilizzo dei materiali provenienti dagli scavi. |
| Blocchi di granito | Materiale non valorizzato o avviato a gestione esterna. | Riutilizzo per sponde, salti di fondo, scogliere e rivestimenti. |
| Materiali da demolizione | Prevalente smaltimento come rifiuto. | Recupero selettivo di calcestruzzo, acciaio e bitumi. |
| Trasporti | Viaggi da/per cave, discariche e impianti esterni. | Riduzione delle percorrenze grazie a destinazioni interne o funzionali al progetto. |
| Effetto climatico | Maggiori emissioni da conferimenti, approvvigionamenti e trasporti. | Beneficio emissivo comparativo da economia circolare. |

Tabella 11-12 - Scenario convenzionale e scenario di progetto

Le emissioni evitate sono pertanto stimate rispetto a uno scenario nel quale i materiali di scavo non fossero riutilizzati nel sistema di progetto e dovessero essere conferiti fuori sito, con contestuale approvvigionamento di materiali vergini. Lo scenario di progetto riduce invece trasporti, conferimenti, prelievo di materiali vergini e lavorazioni esterne.

11.17. Analisi di sensibilità qualità del dato e aggiornamento del bilancio emissivo

Poiché i fattori relativi alle emissioni evitate da riutilizzo e recupero dipendono da distanze, modalità di trasporto, mezzi utilizzati, materiale sostituito e destinazione finale, il beneficio emissivo è espresso mediante tre scenari di sensibilità. La stima è stata aggiornata utilizzando il volume complessivo verificato di 2.485.985,74 m³. Tale impostazione evita di fondare la valutazione su un unico valore non verificato in fase esecutiva.

| Scenario | Fattore per riutilizzo terre/rocce | Motivazione | Emissioni evitate da riutilizzo |
|-------------|--|---|---------------------------------|
| Prudenziale | 0,010 tCO ₂ eq/m ³ | Distanze contenute, materiale sostituito a bassa intensità emissiva, limitato beneficio da trasporto evitato. | 24.860 tCO ₂ eq |
| Centrale | 0,015 tCO ₂ eq/m ³ | Beneficio combinato da conferimento evitato, trasporto evitato e materiale vergine sostituito. | 37.290 tCO ₂ eq |
| Alto | 0,025 tCO ₂ eq/m ³ | Distanze maggiori, maggiore sostituzione di materiali vergini e maggiori conferimenti evitati. | 62.150 tCO ₂ eq |

Tabella 11-13 - Scenari di sensibilità per il riutilizzo dei materiali

| Scenario | Riutilizzo terre/rocce | Recupero demolizioni | Beneficio totale |
|-------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Prudenziale | 24.860 tCO ₂ eq | 3.362 tCO ₂ eq | 28.222 tCO ₂ eq |
| Centrale | 37.290 tCO ₂ eq | 3.362 tCO ₂ eq | 40.652 tCO ₂ eq |
| Alto | 62.150 tCO ₂ eq | 3.362 tCO ₂ eq | 65.512 tCO ₂ eq |

Tabella 11-14 - Beneficio emissivo complessivo per scenario

11.18. Qualità del dato e incertezza

La qualità del dato è differenziata tra quantità progettuali e fattori emissivi. Le quantità di materiali, terre, demolizioni e flussi di trasporto derivano dagli elaborati progettuali e sono adeguate alla fase PFTE/SIA. I fattori emissivi per materiali e benefici comparativi restano parametrici; il fattore di trasporto è stato invece ricostruito sulla base del modello D.4.2 e dovrà essere aggiornato con dati as-built.

| Voce | Fonte | Qualità dato | Incerteza | Motivazione |
|---------------------------------------|--|--------------|-------------|---|
| Quantità calcestruzzo | E.1.2c / A.5.2 / elaborati progettuali | Alta | Bassa-media | Quantità aggregate da computo e piano materiali; alcune componenti prefabbricate sono espresse a misura lineare e richiedono conversione/EPD in fase esecutiva. |
| Quantità acciaio | E.1.2c / A.5.2 / elaborati progettuali | Alta | Bassa-media | Quantità dettagliate da computo per voci in kg, comprendenti armature e componenti metallici principali. |
| Conglomerati bituminosi di nuova posa | E.1.2c / computi | Media-alta | Media | Volumi computati in m ³ ; densità e fattore emissivo sono parametrici. |
| Volumi terre e rocce riutilizzati | A.5.2 / A.1.2b | Alta | Media | Totale verificato sulla Tabella 6-2 del Piano di gestione materie; |

| Voce | Fonte | Qualità dato | Incertezza | Motivazione |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|------------|--|
| | | | | quantità effettive da confermare in cantiere. |
| Volumi materiali ex situ trasportati | A.5.2 / D.4.2 | Media-alta | Media | Volume ex situ ricostruito dai materiali vegetali, blocchi, materiale sciolto e materiali carichi di cloruri; fattore trasporto derivato dai ratei emissivi D.4.2. |
| Quantità soil washing | Stima di progetto | Media | Media | Quantità trattata assunta pari a 201.382 t; da verificare con registri di impianto e consuntivi di cantiere. |
| Destinazioni riutilizzo | A.5.2 / A.1.2b | Media-alta | Media | Dipendono da autorizzazioni e gestione esecutiva. |
| Materiali da demolizione | A.5.2 / computi | Media | Media | Alcuni valori stimati e dipendenti dalle demolizioni effettive. |
| Fattori materiali | Banche dati LCA / valori parametrici | Media | Media-alta | Da sostituire con EPD di fornitura. |
| Fattore energia elettrica | ISPRA / fattore nazionale | Alta | Bassa | Aggiornabile annualmente. |
| Fattori trasporti | D.4.2 / COPERT | Media | Media | D.4.2 fornisce fattori e ratei emissivi per lo scenario di cantiere; |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

| Voce | Fonte | Qualità dato | Incertezza | Motivazione |
|-------------------------------|---|--------------|------------|--|
| | | | | da aggiornare con viaggi, ritorni e mezzi effettivi. |
| Fattori riutilizzo e recupero | Assunzioni parametriche comparative | Media-bassa | Alta | Dipendono da scenario alternativo, distanze e materiali sostituiti. |
| Fattore soil washing | Consumi di impianti simili / assunzione parametrica | Media-bassa | Media-alta | Fattore pari a 0,0022 tCO ₂ eq/t, da sostituire con dato effettivo dell'impianto impiegato. |

Tabella 11-15 - Qualità del dato e livello di incertezza

11.19. Piano di aggiornamento del bilancio emissivo

Il bilancio emissivo deve essere inteso come strumento aggiornabile. In fase esecutiva dovranno essere acquisiti dati specifici su materiali effettivamente impiegati, distanze reali, fornitori, consumi dei mezzi, quantità riutilizzate e conferite, registri rifiuti e consuntivi di cantiere. Per la componente trasporti dovranno essere verificati numero effettivo di viaggi, ritorni a vuoto, percorrenze, tipologia dei mezzi, classe emissiva, carburante e modalità di conferimento/riutilizzo.

| Fase | Attività di aggiornamento | Dati da acquisire |
|--------------------|---|--|
| PFTE / SIA | Stima parametrica preliminare. | Quantità progettuali, fattori LCA generici, scenari di sensibilità, D.4.2 per trasporti ex situ. |
| Progetto esecutivo | Aggiornamento materiali e fattori emissivi. | EPD calcestruzzi, EPD acciai, mix design, fornitori, distanze |

| Fase | Attività di aggiornamento | Dati da acquisire |
|----------------|------------------------------------|--|
| | | cave/impianti, classi emmissive dei mezzi. |
| Gara / appalto | Introduzione requisiti ambientali. | Obbligo EPD, uso materiali riciclati, tracciabilità conferimenti, mezzi a minore emissione, registrazione viaggi. |
| Cantiere | Monitoraggio effettivo. | Consumi carburante, energia, viaggi, tkm, ritorni a vuoto, terre riutilizzate, materiali conferiti, soil washing: tonnellate trattate, ore di funzionamento, kWh e consumi effettivi per validare il fattore parametrico 0,0022 tCO ₂ eq/t. |
| Fine lavori | Bilancio emissivo consuntivo. | Quantità as-built, FIR, registri rifiuti, rapporti impianti, forniture effettive, consuntivo trasporti e consuntivo soil washing. |
| Esercizio | Monitoraggio operativo. | kWh annui, energia rinnovabile, manutenzioni, sedimenti rimossi. |

Tabella 11-16 - Piano di aggiornamento del bilancio emissivo

11.20. Confronto tra alternative

L'Analisi costi-benefici richiama il percorso di confronto sviluppato nel DOCFAP, nel quale sono state valutate più alternative progettuali, tra cui il Piano delle Opere 2015, la soluzione SdP2, la soluzione SdP3, la soluzione SdP2 ottimizzata a e la soluzione SdP2 ottimizzata b. La soluzione selezionata è la SdP2 ottimizzata b, individuata come quella più favorevole rispetto a efficacia idraulica, gestione delle terre, impatto dei cantieri, integrazione urbana, interferenze, vincoli, espropri, lottizzazione, costi di investimento e costi gestionali.

| Alternativa | Valutazione climatica |
|-----------------------------|---|
| Alternativa zero | Mantiene l'attuale vulnerabilità idraulica della città, senza riduzione strutturale dell'esposizione agli eventi estremi. |
| Alternative non selezionate | Presentano minore equilibrio tra efficacia idraulica, cantierizzazione, gestione materiali, interferenze e integrazione urbana. |
| SdP2 ottimizzata b | Riduce la vulnerabilità idraulica, migliora la ripartizione delle portate, consente ampio riutilizzo delle terre e integra opere paesaggistiche e urbane. |

Tabella 11-17 - Lettura climatica del confronto tra alternative

L'alternativa zero non è compatibile con gli obiettivi di adattamento climatico, in quanto lascerebbe il sistema urbano esposto a condizioni di rischio già manifestatesi negli eventi alluvionali del 2013 e del 2015. Lo scenario di progetto consente invece di ridurre la vulnerabilità mediante un sistema articolato di scolmatori, deviatori, risezionamenti, opere di presa, regolazioni e adeguamenti degli attraversamenti

11.21. Misure di riduzione delle emissioni

Le misure di riduzione delle emissioni devono essere lette come misure di mitigazione diretta e indiretta. Le prime incidono sui consumi energetici e sui materiali; le seconde riducono emissioni che sarebbero state generate da scenari alternativi di conferimento, smaltimento e approvvigionamento esterno.

| Misura | Meccanismo di riduzione | Indicatore di monitoraggio |
|-----------------------------------|--|--|
| Riutilizzo terre e rocce | Riduzione conferimenti, trasporti e materiali vergini. | m3 riutilizzati / m3 prodotti; tCO ₂ eq evitate. |
| Valorizzazione blocchi di granito | Sostituzione di materiali esterni per scogliere, salti e rivestimenti. | m3 granito riutilizzato; tratte realizzate con materiale di scavo. |
| Recupero demolizioni | Riduzione smaltimento e recupero di inerti, acciaio e bitumi. | t recuperate; % recupero rifiuti C&D. |

| Misura | Meccanismo di riduzione | Indicatore di monitoraggio |
|---------------------------------|---|--|
| Ottimizzazione cantierizzazione | Riduzione interferenze urbane, controllo delle percorrenze critiche e gestione dei flussi di trasporto verso siti di riutilizzo/gestione. | km percorsi, viaggi, ritorni a vuoto, consumi carburante, tCO ₂ eq da trasporti. |
| Ottimizzazione del soil washing | Riduzione e controllo delle emissioni del trattamento mediante verifica dei consumi energetici/idrici e dell'efficienza dell'impianto. | t trattate, kWh/t, m ³ acqua/t, tCO ₂ eq/t, tCO ₂ eq complessive. |
| Energia elettrica rinnovabile | Riduzione emissioni di esercizio location/market-based. | kWh da FER; tCO ₂ eq/anno evitate. |
| Opere a verde e ciclabili | Co-benefici microclimatici e mobilità lenta. | superfici verdi, alberature, metri ciclabili. |

Tabella 11-18 - Misure di mitigazione emissiva

In fase esecutiva si raccomanda di introdurre requisiti prestazionali sui materiali, tra cui EPD per calcestruzzi e acciai, quota minima di riciclato ove compatibile con le prestazioni strutturali, tracciabilità delle forniture e rendicontazione dei quantitativi effettivamente riutilizzati o recuperati.

12. ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

12.1. Premessa

I dimensionamenti e le verifiche idrauliche condotte nel presente progetto si fondano su dataset estesi di registrazioni storiche (precipitazioni e portate). Come da prassi ingegneristica, l'analisi statistica di tali campioni ha permesso di determinare le forzanti meteorologiche associate a specifici tempi di ritorno (TR200 anni, nel caso specifico).

Si definisce tempo di ritorno l'intervallo medio temporale, espresso in anni, che intercorre tra il verificarsi di due eventi consecutivi di intensità uguale o superiore a un valore prefissato. Tuttavia, l'attuale contesto di mutamento dei regimi idrologici impone un superamento dell'approccio puramente stazionario.

È ormai accertato come il cambiamento climatico stia alterando la stazionarietà delle serie storiche: la frequenza e l'intensità degli eventi estremi mostrano trend crescenti che rendono i dati passati non sempre rappresentativi degli scenari futuri.

Per mitigare l'incertezza intrinseca e garantire la resilienza delle opere, il sistema in esame è stato progettato non solo per soddisfare i requisiti minimi normativi, ma anche per garantire una capacità residua (margine di sicurezza) atta a fronteggiare eventi eccedenti quelli di progetto.

Al fine di valutare l'impatto del cambiamento climatico atteso sulle opere in progetto sono state effettuate ulteriori valutazioni sulla scorta dei modelli climatici attualmente esistenti.

Tali valutazioni sono state svolte in accordo con le linee guida del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA 28/2020), in particolare con quanto riportato in Allegato 2 – Par. 4.2 - Adattamento al cambiamento climatico.

12.2. Caratterizzazione della vulnerabilità ai cambiamenti climatici dell'area di studio

L'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPPC) ha sviluppato, in funzione dello sviluppo socio-economico globale diversi scenari funzione della concentrazione, nel tempo,

delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. Tali scenari rappresentano quindi la base (input) per lo sviluppo dei modelli climatici dalle quali derivano simulazioni più o meno severe in funzione del livello di mitigazione atteso. È importante sottolineare che tali modelli non vanno intesi come previsioni puntuali, bensì come traiettorie che il clima potrebbe intraprendere nei prossimi decenni.

Gli scenari sviluppati dall'IPCC prendono propriamente il nome di “Representative Concentration Pathways” (RCP), ovvero letteralmente “Percorsi rappresentativi di concentrazione”, ad indicare come l'andamento della concentrazione (ad esempio dei gas serra) può subire diversi percorsi in funzione di azioni intraprese, più o meno virtuose, dalla società in cui viviamo.

In particolare, l'IPCC ha individuato quattro scenari rappresentativi, un primo indicato con la sigla RCP2.6 che stima un valore molto basso della forzante radiativa, pari a 2.6 W/m², due scenari intermedi (4.5 W/m² - RCP4.5 e 6 W/m² - RCP6) ed infine uno scenario ad alte emissioni, definito il worst case scenario (scenario peggiore) con un elevato valore di forzante radiativa (8.5 W/m² - RCP8.5), che si verifica qualora le emissioni continuassero a seguire il trend attuale senza alcuna mitigazione.

Recentemente in merito al contesto italiano, il Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica (MASE), con decreto n. 434 del 21 dicembre 2023, ha approvato il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC).

Il quadro climatico nazionale del PNACC per le aree terrestri è stato elaborato analizzando il clima sul periodo di riferimento 1981-2010 e le variazioni climatiche attese sul trentennio centrato sull'anno 2050 (2036-2065), rispetto allo stesso periodo 1981-2010, considerando gli scenari IPCC RCP8.5 “ad elevate emissioni”, RCP4.5 “scenario intermedio”, RCP2.6 “mitigazione aggressiva”.

Gli indicatori relativi al clima sul periodo di riferimento sono calcolati a partire dai dati E-OBS (dati giornalieri di precipitazione, temperatura e umidità) per ciascun punto di un grigliato regolare con risoluzione orizzontale di circa 12 km.

Gli indicatori relativi alle variazioni climatiche attese sono stati ottenuti a partire da un

ensemble di modelli climatici disponibili nell’ambito del programma EURO-CORDEX per ciascun punto del grigliato con risoluzione di circa 12 km (la massima disponibile).

Per il punto di griglia maggiormente rappresentativo dell’area oggetto di intervento (Cfr. Figura 12.1), il PNACC evidenzia, nello scenario emissivo RCP8.5, una variazione delle precipitazioni massime giornaliere pari a circa +0,82% (Cfr. Figura 12.2 e Tabella 12-1).

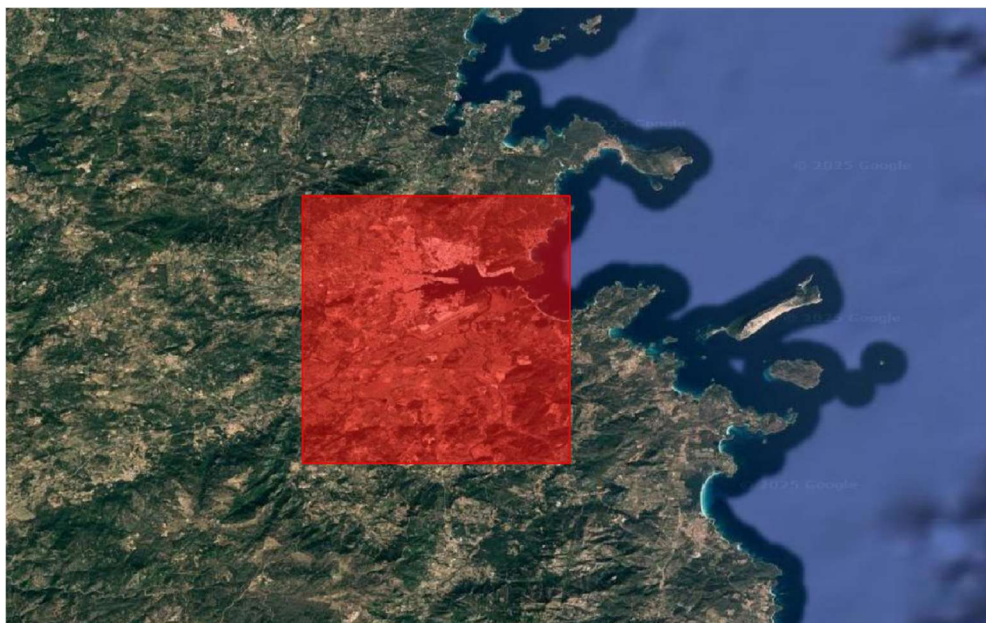


Figura 12-1 Individuazione della cella in corrispondenza dell'area di intervento

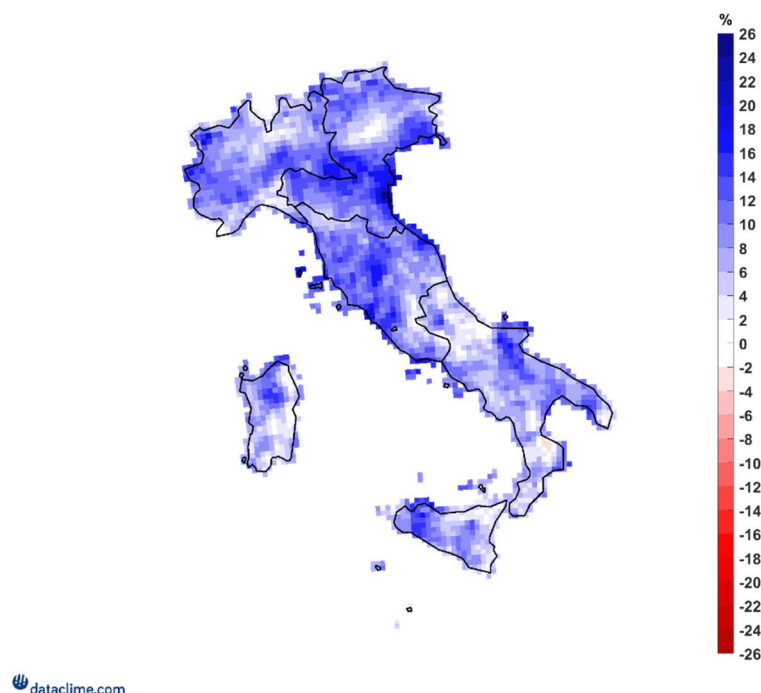


Figura 12-2 Precipitazioni massime giornaliere per RCP8.5

| Lon (WGS84) | Lat (WGS84) | Variation Value [%] |
|-------------|-------------|---------------------|
| 9.53 | 40.86 | 0.82 |

Tabella 12-1 - Variazione percentuale della precipitazione giornaliera massima per la cella ricadente nell'area di progetto

Dal punto di vista idrologico, tale variazione risulta estremamente contenuta; l'effetto atteso sulle portate di progetto, infatti, si colloca ampiamente al di sotto sia della capacità residua del sistema idraulico progettato sia dei margini di variabilità intrinseci alle modellazioni idrologico-idrauliche.

L'area urbana di Olbia è esposta a fenomeni di piena rapida e allagamento diffuso per effetto della convergenza dei corsi d'acqua verso il centro urbano e verso il golfo. La vulnerabilità climatica ante operam può essere valutata come elevata, in ragione dell'esposizione agli eventi meteorici intensi, dell'elevata impermeabilizzazione delle aree urbane, della presenza

di sezioni idrauliche insufficienti, tombamenti, interferenze infrastrutturali e attraversamenti critici.

| Componente | Valutazione ante operam | Effetto del progetto |
|---------------------------|---|---|
| Esposizione | Elevata, per presenza di reticolo urbano convergente verso il centro e il golfo. | Riduzione della pressione idraulica sul centro urbano tramite scolmatori e deviatori. |
| Sensibilità | Elevata, per impermeabilizzazione, tombamenti, attraversamenti critici e sezioni insufficienti. | Adeguamento sezioni, ponti, alvei e nodi idraulici. |
| Capacità adattiva | Limitata nello stato attuale. | Incrementata da regolazioni, telecontrollo, manutenzione e gestione sedimenti. |
| Vulnerabilità complessiva | Elevata. | Riduzione attesa post operam, con rischio residuo da gestire tramite manutenzione e monitoraggio. |

Tabella 12-2 Schema sintetico della vulnerabilità climatica

12.3. Identificazione delle interazioni tra l'opera e i cambiamenti climatici

Le linee guida chiedono di identificare i rischi climatici a cui l'opera può rilevarsi particolarmente sensibile e considerare quali rischi possono interferire con il funzionamento, la durata e la presenza dell'opera stessa contemplando l'utilizzo delle risorse locali previste per l'opera. Inoltre, si chiede di valutare quali eventi estremi possano essere innescati o enfatizzati, prendendo in considerazione se l'opera può contribuire a creare effetti a cascata. I principali rischi identificati riguardano l'incremento delle precipitazioni intense. È noto come l'attuale rete di canali sia insufficiente e come il progetto miri proprio alla messa in sicurezza della città. Le opere in progetto hanno la finalità di mitigare il rischio idraulico, riducendo, per quanto possibile, le portate in ingresso alla città, scaricandole a mare secondo assi lungo i quali è possibile disporre di sezioni sufficienti a convogliare le portate di piena ed adeguando le sezioni urbane alle portate residue che continuano a defluire lungo gli alvei esistenti dei

principali corsi d'acqua.

Il progetto è dimensionato per gestire portate di piene critiche, riducendo il rischio di "effetti a cascata" che eventi alluvionali potrebbero innescare sul tessuto urbano. Il progetto ha infatti approfondito la resilienza del sistema in termini di capacità di resistere anche in caso di fallanza di alcune parti dello stesso (cfr. Par. 23.5.2 – Relazione Tecnica Vol. 2 PFTE – RT A.1.2b). il sistema è dotato di alcune riserve di sicurezza determinate dagli adeguamenti d'alveo che sono comunque previsti in progetto a valle delle opere di presa sicché la situazione che si verrebbe a creare per portate rilasciate a valle, maggiori di quelle di progetto, sarebbe comunque una situazione gestibile in modo migliore rispetto allo stato attuale grazie all'adeguamento idraulico delle sezioni e dei profili dei canali a valle delle opere di presa.

Rispetto ad altri tipi di opere, come le casse di laminazione, che hanno un volume finito, uno scolmatore ha una capacità volumetrica infinita ed è in grado di gestire idrogrammi molto lunghi; inoltre seppur gli scolmatori sono stati progettati per garantire franco minimo di 1 metro gli stessi possono anche lavorare con funzionamento in pressione, potendo gestire portate anche di un ordine di grandezza superiore. Per quanto riguarda l'utilizzo delle risorse il progetto adotta un approccio di economia circolare per le risorse locali, in particolare per le terre e rocce da scavo. Il bilancio materico è previsto in pareggio, evitando la saturazione delle discariche rispettando la capacità di assorbimento dell'ambiente.

12.4. Definizione delle misure di adattamento

Le linee guida chiedono di individuare le misure di adattamento che possono contribuire a rafforzare la resilienza dell'opera e /o del territorio in cui è inserita l'opera stessa.

Le analisi sviluppate nell'ambito del presente studio evidenziano infatti come il sistema progettato sia stato configurato secondo criteri di elevata robustezza e resilienza idraulica, non limitandosi alla sola verifica delle condizioni nominali di progetto, ma estendendo le valutazioni anche a scenari significativamente più gravosi. L'argomento è stato compiutamente sviluppato al Capitolo 23 ("Efficacia idraulica e resilienza del sistema" e "La

flessibilità del sistema”) della Relazione Tecnica – Volume 2 – Elaborato PFTE RT 1.2.b, nonché al paragrafo 5.14 (“Sintesi della resilienza del sistema”) della Relazione Idraulica – Elaborato PFTE RT A.2.2, cui si rimanda per gli opportuni approfondimenti.

In sintesi, il dimensionamento delle opere è stato sviluppato assumendo, per ciascun corso d’acqua e per ciascuna sezione significativa, il corrispondente evento critico locale (durata critica associata a ciascun tronco), secondo un approccio particolarmente cautelativo introdotto a seguito delle osservazioni formulate nell’ambito dell’istruttoria PAUR. Tale impostazione ha comportato, in numerosi casi, l’adozione di portate di verifica superiori rispetto a quelle derivanti dall’analisi del solo macrobacino di appartenenza.

Ulteriore elemento di cautela progettuale è costituito dall’utilizzo, nella determinazione dei franchi idraulici, delle portate idrologiche anziché delle portate effettivamente transitanti dal punto di vista idraulico. Tale approccio, peraltro coerente con quanto prescritto dall’Autorità di Bacino e dalle NTA del PAI, conduce all’adozione di condizioni di verifica significativamente conservative, in quanto le portate generate a monte risultano nella pratica soggette a fenomeni di laminazione naturale lungo il reticolo, anche per effetto delle limitazioni di capacità presenti nei tratti montani e nei corsi d’acqua intermedi, che generano esondazioni e quindi la diminuzione dei volumi transitanti e dei picchi di piena.

Gli approfondimenti condotti in merito alla resilienza ed alla ridondanza del sistema hanno inoltre evidenziato come l’assetto progettuale mantenga condizioni di funzionalità idraulica anche in presenza di eventi significativamente superiori rispetto all’evento di progetto assunto, corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Ad annullamento del franco, in situazioni emergenziali, è stato dimostrato come l’incremento di capacità di portata transitabile, rispetto all’evento di progetto, è spesso superiore al 100%.

Tale risultato è stato ottenuto sia mediante la riduzione delle portate fluenti nei tratti più critici, resa possibile dall’introduzione di nuovi assi drenanti e opere di scolmo, sia attraverso il diffuso risezionamento dei corsi d’acqua esistenti con il conseguente incremento della capacità di deflusso delle sezioni idrauliche.

Con riferimento ai franchi idraulici, le verifiche condotte evidenziano inoltre come, lungo tutti i tratti di intervento, siano garantiti valori superiori a quelli minimi prescritti dalle NTA del PAI, pari a 1,00 m, con franchi che raggiungono localmente valori dell'ordine di 1,50 m in prossimità degli attraversamenti.

| Misura | Funzione climatica | Beneficio atteso |
|--------------------------------------|--|--|
| Scolmatore 1 Seligheddu-Padrongianus | Intercetta portate di Seligheddu, Pasana e Paule Longa e le recapita nel Padrongianus. | Riduzione portate in ingresso al centro urbano. |
| Scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas | Convoglia le piene dell'Abba Fritta verso Cabu Abbas. | Riduzione criticità idrauliche a nord e scarico esterno al centro abitato. |
| Scolmatore 3 San Nicola-Zozò | Devia parte delle portate del San Nicola verso Zozò. | Riduzione della pressione idraulica sul San Nicola e riequilibrio delle portate. |
| Deviatori urbani | Ridistribuiscono portate verso rami più capaci. | Aumento della flessibilità e capacità adattiva del reticolo. |
| Risezionamenti e difese spondali | Aumentano la capacità di deflusso e riducono insufficienze locali. | Riduzione rischio esondazione e miglioramento sicurezza idraulica. |
| Partitori e regolazioni | Controllano la ripartizione delle portate e mantengono gli apporti ordinari. | Funzionamento più gestibile e adattabile alle condizioni idrauliche. |
| Adeguamento attraversamenti | Elimina strozzature e riduce rigurgiti. | Riduzione punti critici e vulnerabilità infrastrutturale. |
| Parchi e rivegetazioni | Incrementano permeabilità, ombreggiamento e qualità ecologica. | Co-benefici microclimatici e urbani. |
| Ricostruzione dunale Pittulongu | Ricomposizione morfologica e ambientale della fascia litoranea. | Migliore adattamento costiero e protezione del retrospiaggia. |

Tabella 12-3 - Misure di adattamento climatico integrate

Il progetto assume quindi una natura integrata: opera idraulica, infrastruttura urbana e intervento di ricomposizione ambientale e paesaggistica. Questa caratteristica rafforza la

sua funzione di adattamento climatico, perché associa la riduzione del rischio idraulico a co-benefici ambientali, sociali e microclimatici.

12.5. Valutazione della resilienza nel ciclo di vita

La resilienza dell'opera è valutata come capacità di mantenere funzionalità, sicurezza e continuità di servizio durante il ciclo di vita, anche in presenza di eventi meteorici gravosi, manutenzioni, accumulo sedimenti o condizioni non ordinarie. La resilienza è di tipo idraulico, gestionale, ambientale e urbana.

| Fase | Elementi di resilienza |
|--------------------|---|
| Progettazione | Uso di scenari TR200, inviluppo di portate critiche e scenari resilienti TR500. |
| Costruzione | Cantierizzazione per lotti, gestione terre, recupero materiali e riduzione interferenze urbane. |
| Esercizio | Scolmatori, deviatori, partitori, telecontrollo, regolazione e manutenzione. |
| Manutenzione | Accessibilità, gestione sedimenti, monitoraggio e manutenzione alvei. |
| Eventi estremi | Funzionamento in scenari superiori a quelli ordinari, ridondanza funzionale e ripartizione delle portate. |
| Adattamento futuro | Possibilità di aggiornare gestione, manutenzione e monitoraggio sulla base di nuovi dati climatici. |

Tabella 12-4 - Misure di adattamento climatico integrate

Le emissioni di esercizio associate ai sistemi di controllo e gestione sono contenute rispetto alle emissioni di costruzione e risultano pari a circa 25,7 tCO₂eq/anno nello scenario elettrico assunto. Tali emissioni sono funzionali a garantire telecontrollo, sorveglianza e gestione dell'opera, e quindi costituiscono anche un elemento abilitante della resilienza gestionale.

12.6. Indicatori di adattamento e resilienza

| Indicatore | Unità | Valore / riferimento | Significato |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--|
| Evento di progetto | anni | TR200 | Base di dimensionamento e verifica del sistema. |
| Scenario resiliente | anni / scenario | TR500 e fasamento picchi | Valutazione del comportamento in condizioni superiori o cautelative. |
| Scolmatore 1 - portata in uscita | m3/s | 305,3 | Capacità di convogliamento verso il Padrongianus. |
| Scolmatore 2 - portata in uscita | m3/s | 50,8 | Capacità di convogliamento verso Cabu Abbas. |
| Scolmatore 3 - portata | m3/s | 50,1 | Portata deviata dal sistema San Nicola verso Zozò. |
| Consumo elettrico esercizio | kWh/anno | 100.000 | Fabbisogno energetico di gestione, controllo e sorveglianza. |
| Materiali per Parco Colcò | m3 | 1.201.936,48 | Riutilizzo materiali con funzione ambientale e paesaggistica. |
| Materiali per Parco Cimitero | m3 | 235.606,30 | Riutilizzo materiali con funzione di riqualificazione. |
| Materiali per dune Pittulongu | m3 | 10.000 | Misura con co-beneficio di adattamento costiero. |
| Sedimenti / terre salate trattate | m3 | 118.460 | Gestione ambientale dei materiali salini. |

| Indicatore | Unità | Valore / riferimento | Significato |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------|--|
| Soil washing - materiali trattati | t | 201.382 | Massa di materiali salini/sedimenti considerata per la stima emissiva del trattamento. |
| Soil washing - emissioni stimate | tCO ₂ eq | 443 | Produzione emissiva preliminare del trattamento, calcolata con fattore 0,0022 tCO ₂ eq/t. |

Tabella 12-5 - Indicatori sintetici di adattamento e resilienza

12.7. Il Piano di monitoraggio per l'adattamento ai cambiamenti climatici

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) viene configurato non solo come strumento di verifica della conformità normativa, ma come dispositivo dinamico per la validazione delle misure di adattamento assunte in fase progettuale. In linea con le indicazioni del SNPA 28/2020, il monitoraggio si pone l'obiettivo di presidiare la resilienza del sistema idraulico rispetto all'evoluzione delle forzanti meteorologiche.

Le azioni di monitoraggio sono articolate secondo le seguenti direttrici:

Validazione della Baseline Idrologica: Durante la fase di Post Operam, verrà mantenuto un aggiornamento costante delle serie storiche di precipitazione e portata, avvalendosi dei dati della rete fiduciaria regionale.

Tale analisi consentirà di verificare, su base quinquennale, la coerenza tra i trend reali e lo scenario emissivo RCP 8.5 (variazione stimata del +0,82%) utilizzato per il dimensionamento delle opere, garantendo il superamento dell'approccio di stazionarietà statistica.

Monitoraggio dell'Efficacia Idraulica e dei Franchi: Attraverso l'installazione di sensori di livello a ultrasuoni e stadiometri in corrispondenza delle opere di presa e delle sezioni critiche dello scolmatore, si procederà alla registrazione dei livelli idrometrici durante gli

eventi di piena. L'obiettivo è confermare il mantenimento del franco idraulico di sicurezza (1,00 m) e l'efficienza della capacità residua del sistema, verificando che la risposta idraulica reale sia coerente con le modellazioni di progetto anche in presenza di eventi eccedenti il TR 200.

Ispezioni Post-Evento e Resilienza Strutturale: A seguito di eventi meteorologici estremi, il piano prevede rilievi batimetrici e ispezioni tecniche volte a escludere fenomeni di interrimento o ostruzione che potrebbero ridurre la sezione utile di deflusso. Sarà inoltre monitorata la risposta strutturale delle opere nel caso di funzionamento in pressione (bocca tarata), assicurando che la flessibilità del sistema non comprometta l'integrità delle sponde o degli alvei adeguati.

I dati raccolti confluiranno in una Relazione di Verifica dell'Adattamento, che permetterà di ricalibrare, qualora le evidenze post-operam mostrassero trend più severi degli scenari IPCC, i protocolli di manutenzione ordinaria e straordinaria, garantendo la persistenza dei margini di sicurezza nel tempo.