



# Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

CUP

F2602000340001

CIG

652449686B



## GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA

ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850

### PROGETTO DEFINITIVO

### C-ASSE STRADALE PRINCIPALE

### STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

### QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

#### Relazione

CODICE PROGETTO			CODICE ELABORATO					SCALA	DATA
progetto	liv.	numero	campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	rev		
D P C A 0 6	D	1 5 0 1	T 0 0	I A 0 2	A M B	R E 0 1	D	-	30/11/2019

#### CONCORRENTE:



#### PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.



Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE  
FRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  
Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE ELABORATO  
Ing. Paolo Cucino

## INDICE

1	PREMESSA ED ITER STORICO DEL PROGETTO .....	1	3.4.5	Rumore .....	19
1.1	Fasi progettuali precedenti .....	1	3.4.6	Vibrazioni .....	23
1.2	Progetto Definitivo .....	1	3.5	Recupero delle aree di cantiere .....	29
2	CARATTERISTICHE TECNICHE E FISICHE DEL PROGETTO .....	3	3.6	Bilancio dei materiali da costruzione .....	30
2.1	Inquadramento generale dell'intervento .....	3	3.6.1	Scavi e fabbisogni del Lotto I .....	30
2.2	L'infrastruttura di progetto .....	3	3.6.2	Scavi e fabbisogni del Lotto II .....	31
2.3	Sezioni stradali .....	4	3.6.3	Bilancio del Lotto 1 .....	32
2.3.1	Sezioni tipo: asse principale .....	4	3.6.4	Bilancio del Lotto 2 .....	32
2.3.2	Sezioni tipo: intersezioni e svincoli .....	5	3.7	Gestione materie .....	2
2.3.3	Sezioni tipo: complanari .....	6	3.7.1	Trattamento .....	2
2.3.4	Sezioni tipo: rotatorie .....	6	3.7.2	Siti di provenienza e siti di conferimento .....	2
2.3.5	Barriere di sicurezza .....	7	3.7.3	Demolizioni .....	3
2.4	Svincoli .....	7	4	INTERVENTI DI MITIGAZIONE ED INSERIMENTO PAESAGGISTICO ED AMBIENTALE .....	8
2.5	Opere d'arte principali .....	7	4.1	Premessa .....	8
2.6	Opere d'arte minori .....	8	4.2	Ambiente idrico .....	8
2.7	Smaltimento delle acque di piattaforma .....	8	4.3	Suolo e sottosuolo .....	11
3	IL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE DELL'OPERA .....	9	4.4	Vegetazione, flora e fauna – Ecosistemi e Paesaggio .....	11
3.1	Fasi realizzative .....	9	4.4.1	Opere a verde .....	11
3.2	Individuazione ed organizzazione delle aree di cantiere .....	9	4.4.2	Opere d'arte e manufatti .....	18
3.2.1	Cantiere base .....	9	4.5	Rumore .....	21
3.2.2	Cantieri operativi .....	10			
3.2.3	Area di deposito e stoccaggio .....	10			
3.2.4	Area di cantiere di linea .....	10			
3.3	Viabilità di cantiere .....	10			
3.4	Problematiche ambientali ed interventi di salvaguardia e mitigazione in fase di realizzazione dell'opera .....	10			
3.4.1	Atmosfera .....	11			
3.4.2	Ambiente idrico .....	16			
3.4.3	Suolo e sottosuolo .....	17			
3.4.4	Vegetazione flora e fauna – Ecosistemi, Paesaggio .....	18			

**ELENCO ELABORATI DI RIFERIMENTO**

<b>QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE</b>		
<b>Titolo</b>	<b>Codifica</b>	<b>Scala</b>
Planimetria di progetto (tav. 1/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PP-01-C	1:2000
Planimetria di progetto (tav. 2/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PP-02-B	1:2000
Planimetria di progetto (tav. 3/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PP-03-B	1:2000
Planimetria di progetto (tav. 4/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PP-04-B	1:2000
Profilo longitudinale asse principale (tav. 1/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-FP-01-B	1:2000
Profilo longitudinale asse principale (tav. 2/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-FP-02-B	1:2000
Profilo longitudinale asse principale (tav. 3/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-FP-03-B	1:2000
Profilo longitudinale asse principale (tav. 4/4)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-FP-04-B	1:2000
Sezioni tipo (tav. 1/2)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-ST-01-A	1:100
Sezioni tipo (tav. 2/2)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-ST-02-A	1:100
Corografia ubicazione cave e discariche	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-CO-01-C	1:25.000
Planimetria aree di cantiere e viabilità servizio e di cantiere	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-CO-02-C	1:10.000
Carta degli interventi di mitigazione ed degli interventi di inserimento paesaggistico ed ambientale (tav. 1/2)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PP-05-C	1:5.000
Carta degli interventi di mitigazione ed degli interventi di inserimento paesaggistico ed ambientale (tav. 2/2)	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PP-06-B	1:5.000
Opere di protezione acustica - tavola tipologica - barriera h= 5m.	DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PC-01-B	varie

## 1 PREMESSA ED ITER STORICO DEL PROGETTO

Tra i compiti principali del Quadro di Riferimento Progettuale è quello di “descrivere il progetto e le soluzioni adottate a seguito degli studi effettuati”.

Nell'ambito del Quadro di Riferimento Progettuale sono esplicitate le motivazioni assunte dal proponente nella definizione del progetto; le motivazioni tecniche delle scelte progettuali, nonché le misure, i provvedimenti e gli interventi, anche non strettamente riferibili al progetto, che il proponente ritiene opportuno adottare ai fini del migliore inserimento dell'opera nell'ambiente.

A questo scopo, tale quadro di riferimento è articolato nelle seguenti principali sezioni di lavoro:

- iter storico del progetto;
- caratteristiche tecniche e fisiche del progetto;
- cantierizzazione dell'opera;
- interventi di mitigazione e di inserimento paesaggistico ed ambientale.

### 1.1 Fasi progettuali precedenti

L'intervento in oggetto è inserito nell'Appaltabilità ANAS 2015 (Altre Fonti) e nell'APQ Sardegna “Fondo Sviluppo e Coesione 2007-2013 – 1° Atto Integrativo - Interventi di rilevanza strategica regionale nel settore della viabilità” - Delibere CIPE n. 50/2014 (risorse FSC riassegnate ai sensi de l punto 2.3 della delibera CIPE 21/2014) e n. 31/2015 come rimodulata dalla delibera CIPE n. 96/2015 - datato 20 Novembre 2015.

Le soluzioni progettuali definite nel progetto preliminare, redatto sulla base di uno studio di funzionalità dell'asse principale e di un progetto preliminare degli svincoli redatto da professionisti incaricati dalla Regione Sardegna, sono state individuate anche nell'ambito delle sedute di un tavolo tecnico coordinato dalla regione Sardegna, cui hanno preso parte, oltre ad ANAS, la provincia di Cagliari e tutte le amministrazioni comunali interessate. Le risultanze di tali incontri hanno consentito di pervenire alla stipula di un accordo di programma finalizzato alla localizzazione delle opere così come progettate.

Nello specifico, in data 4 Luglio 2008 è stato sottoscritto un primo Accordo di Programma tra Regione Autonoma della Sardegna, Provincia di Cagliari, Comune di Monserrato, Comune di Quartu Sant'Elena, Comune di Selargius e ANAS.

Successivamente in data 24 Gennaio 2013 si è insediato un Tavolo Tecnico, cui hanno preso parte, oltre ANAS e Regione, la Provincia di Cagliari e i Comuni di Cagliari, Monserrato, Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Selargius. All'esito dei lavori del Tavolo Tecnico il Comune di Cagliari con deliberazione del Consiglio Comunale n. 8/2015 del 25.02.2015, il Comune di Monserrato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 16 del 25.02.2015, il Comune di Quartu Sant'Elena con deliberazione del Consiglio Comunale n. 19 del 24.02.2015, il Comune di Quartucciu con deliberazione del Consiglio Comunale n. 13 del 26.02.2015, il Comune di Selargius con deliberazione del Consiglio Comunale n. 4 del 24.02.2015, hanno approvato lo schema di un Nuovo Accordo di Programma e adottato le rispettive varianti urbanistiche collegate a detto Nuovo Accordo di Programma, dando mandato ai Sindaci di procedere, successivamente alla positiva conclusione dell'iter della verifica di coerenza delle varianti urbanistiche ai sensi dell'art 31 della L.R. 7/2002, alla stipula del Nuovo Accordo di Programma e ai successivi provvedimenti necessari alla sua attuazione.

La Giunta Regionale con deliberazione n. 9/36 del 10.03.2015 ha approvato lo schema del Nuovo Accordo di Programma tra Regione Autonoma della Sardegna, ANAS S.p.A., Provincia di Cagliari, Comune di Cagliari, Comune di Monserrato, Comune di Quartu Sant'Elena, Comune di Selargius e Comune di Quartucciu.

La Provincia di Cagliari, Settore Ecologia, ha sottoposto a Verifica di Assoggettabilità a Valutazione Ambientale Strategica (VAS) le varianti urbanistiche dei Comuni di Cagliari, Monserrato, Quartu Sant'Elena, Quartucciu e Selargius correlate al Nuovo Accordo

di Programma, stabilendo, rispettivamente con determinazione n. 22 del 07.04.2015, n. 21 del 07.04.2015, n. 18 del 07.04.2015, n. 20 del 07.04.2015 e n. 19 del 07.04.2015, di non assoggettare le varianti urbanistiche a VAS.

Il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna ha rilasciato il proprio parere con prescrizioni sulle varianti urbanistiche dei Comuni di Cagliari, Monserrato, Quartu Sant'Elena, e Quartucciu e Selargius con determinazione n. 5019/119 del 06.05.2015.

Il Comune di Cagliari con deliberazione del Consiglio Comunale n. 25 del 12.05.2015, il Comune di Monserrato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 33 del 12.05.2015, il Comune di Quartu Sant'Elena con deliberazione del Consiglio Comunale n. 28 del 11.05.2015, il Comune di Quartucciu con deliberazione del Consiglio Comunale n. 16 del 08.05.2015, il Comune di Selargius con deliberazione del Consiglio Comunale n. 18 del 08.05.2015, hanno approvato ai sensi della Legge Regionale n. 45/1989 in via definitiva le rispettive varianti urbanistiche collegate agli interventi oggetto del Nuovo Accordo di Programma; Successivamente in data 15 Maggio 2015 è stato sottoscritto il Nuovo Accordo di Programma, da Regione Autonoma della Sardegna, Provincia di Cagliari, Comune di Cagliari, Comune di Monserrato, Comune di Quartu Sant'Elena, Comune di Quartucciu, Comune di Selargius e ANAS, adottato con decreto n. 57 del 26 Maggio 2015 del Presidente della Regione Autonoma della Sardegna e pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna (BURAS n. 24 del 28.05.2015).

La sottoscrizione dell'Accordo di Programma ha comportato inoltre, ex art. 34 comma 6 del D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 267 - Testo Unico Ordinamento Enti Locali - la dichiarazione di pubblica utilità, indifferibilità e urgenza delle opere previste.

A seguito delle progettazioni degli interventi di sistemazione idraulica, successive al 15 Maggio 2015, condivise in sede di Tavolo Tecnico, è in corso di adozione l'integrazione al Nuovo Accordo di Programma e, a cura delle Amministrazioni Comunali coinvolte, l'adozione delle nuove varianti urbanistiche al fine di recepire i contenuti di dette ulteriori progettazioni.

### 1.2 Progetto Definitivo

L'iter progettuale descritto in precedenza è proseguito con la **messaggio in gara del Progetto Preliminare in regime di Appalto Integrato da** parte dalla stessa Stazione Appaltante nel 2016, richiedendo la redazione di un Progetto Definitivo che è stato sviluppato in fase di Offerta Tecnica con riferimento a quanto previsto dal Disciplinare di Gara bandito da ANAS S.p.a. (CUP: F2602000340001, CIG: 652449686B), al capitolo D.

Nella fattispecie, con bando di gara del 28.12.2015 Anas S.p.A. ha indetto una procedura per affidamento per appalto integrato complesso (ex art 53 comma 2 lettera c del D.lgs. 163/2006) relativa alla progettazione esecutiva e successiva esecuzione dell'“adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso” sulla S.S. 554 dal km 1+500 al km 7+100 (“primo intervento”), previa acquisizione in sede di offerta del progetto definitivo dell'intero intervento ricompreso tra le pk 1+500 e 11+850.

Sono inoltre comprese nel medesimo affidamento: le attività espropriative con esclusione di quelle riservate per legge alla Stazione Appaltante (DPR 327/01 e smi), la rimozione delle interferenze, l'esecuzione del monitoraggio ambientale, l'esecuzione delle indagini archeologiche, la bonifica da ordigni bellici, nonché i servizi e le forniture del solo primo intervento funzionale.

L'offerta di Astaldi S.p.A. è stata presentata in data 21.04.2016; successivamente ai sensi dell'art. 79 del D.lgs. 163/06 è stata disposta in data 02.11.2016 l'aggiudicazione definitiva dell'affidamento a favore di Astaldi.

In data 13.09.2017, con propria nota prot CDG-0459898, ANAS SpA ha comunicato la piena efficacia, con decorrenza immediata, del provvedimento n. 198 (del 02.11.2016) relativo all'aggiudicazione definitiva. Le opere in appalto e il Progetto Definitivo offerto sono state aggiudicate in data 13.09.2017 dalla Stazione Appaltante all'impresa Astaldi, con SWS Engineering mandataria dell'ATI di progettazione composta dalla stessa SWS Engineering, Astaldi ed Ing. Francesca Leo.

A valle di tale disposizione è stata dunque avviata, ai sensi di quanto disciplinato in “allegato D” del bando di gara, l’attività di verifica istruttoria sul progetto definitivo offerto condotta da parte di ANAS SpA ai fini del successivo avvio delle procedure autorizzative (fase di acquisizione dei pareri).

La fase istruttoria al progetto definitivo è stata avviata dalla Stazione Appaltante nel settembre 2017 e si è conclusa con l’ultima trasmissione progettuale prodotta da Astaldi in data 05 agosto 2018. Le istruttorie formulate dalla stazione appaltante nel corso di questa fase hanno riguardato nella fattispecie: richieste di carattere tecnico – progettuale, aggiornamento normativo del progetto ai sensi del DPR 120-17 (nuova normativa vigente in materia di “gestione delle terre e rocce da scavo”), inserimento di nuove opere d’arte e modifiche progettuali al fine di adempiere alle determinazioni di cui all’“accordo di Programma” stipulato da ANAS, Regione Sardegna e Amministrazioni Locali nel 2015.

Rispetto alla fase di gara, il progetto è stato dunque aggiornato per rispondere alle richieste sopra riassunte; la modifica di maggior impatto di carattere tecnico-operativo-economico è rappresentata dal necessario adeguamento alla nuova normativa vigente in materia di gestione delle terre e delle rocce da scavo intervenuta con DPR 120-2017; l’eliminazione dei trattamenti di stabilizzazione a calce dei materiali da scavo al fine del successivo riutilizzo, non più contemplata tra le “normali pratiche industriali” nel nuovo quadro normativo.

Il progetto Definitivo, adeguato in conformità alle richieste sopra esposte, è stato quindi trasmesso alla Stazione Appaltante, al fine dell’espletamento delle azioni di competenza di avvio delle procedure autorizzative in data 30.07.2018.

Anas procede quindi all’avvio delle procedure autorizzative mediante trasmissione del Progetto Definitivo al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 10.10.2018.

Il progetto definitivo è stato quindi esaminato durante tre sedute dello stesso Consiglio (20.10.2018, 31.01.2019, 27.06.2019) nelle quali sono state richieste integrazioni e modifiche progettuali oggetto di specifiche trasmissioni da parte di Astaldi.

Nello specifico, lo stesso CSLPP si è espresso con una nota “Affare 80/2018: S.S. 554 Cagliariitana. Progetto Definitivo I° e II° intervento funzionale” prot. A.0070825.06-02-2019 del 6/02/2019, contenente una richiesta di chiarimenti ed integrazioni al Progetto Definitivo, necessarie per l’approvazione dello stesso, e da recepire entro 90 giorni.

A seguito della presentazione delle integrazioni progettuali suddette lo stesso CSLPP si è nuovamente espresso con propria nota M\_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0007980.16-09-2019 del 16/09/2019 “Affare 80/2018: S.S. 554 Cagliariitana. Progetto Definitivo I° e II° intervento funzionale. Trasmissione del Progetto Definitivo ai sensi del D.M. 2013/2015”, rilasciando un parere con prescrizioni di ulteriori necessità di recepimento da riproporre al Consiglio prima della contrattualizzazione dell’opera (entro il termine dell’iter progettuale del PD).

Il parere finale è stato quindi emesso e trasmesso ad ANAS SpA in data 16.09.2019 (a seguito dell’ultima adunanza del 27.06.2019) ed è trasmesso ad Astaldi in data 08.11.2019.

Tale parere prescrive una serie di integrazioni e modifiche al progetto che dovranno essere riproposte all’approvazione della stessa commissione prima della contrattualizzazione dell’opera e della progettazione esecutiva e realizzazione del I lotto dell’intervento. Le prescrizioni hanno avuto come oggetto principale un adeguamento del tracciato plano-altimetrico stradale dell’asse principale e di alcune direttrici di svincolo e di viabilità di servizio, con l’introduzione di allargamenti per visibilità, di due nuove complanari di servizio, e alcune modifiche della livelletta.

L’adeguamento alle prescrizioni formulate ha comportato anche alcune variazioni, seppur minimali, ad alcune opere d’arte sul tracciato principale e sugli svincoli, che sono state implementate all’interno delle ultime due revisioni progettuali.

In occasione della stessa trasmissione la S.A. ha chiesto formalmente di ritornare all’originario progetto con realizzazione dei rilevati tramite stabilizzazione a calce in ragione delle determinazioni riportate nella recentissima Delibera (n. 54/2019) del Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente (SNPA) recante “Linee guida sull’applicazione della disciplina per l’utilizzo delle terre e

rocce da scavo “, con la quale sembrerebbe essere chiarito l’aspetto relativo alla stabilizzazione a calce (o cemento) quale normale pratiche industriali.

Il progetto definitivo, al termine della procedura istruttoria condotta dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, verrà trasmesso agli Enti competenti coinvolti in Conferenza dei Servizi e alla Commissione Tecnica per la Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).

La fase istruttoria sopradescritta si concluderà quindi con l’acquisizione dei pareri definitivi degli Enti coinvolti in Conferenza dei Servizi necessari all’approvazione del Progetto Definitivo da parte del consiglio di Amministrazione della S.A. e conseguente dichiarazione di Pubblica Utilità.

## 2 CARATTERISTICHE TECNICHE E FISICHE DEL PROGETTO

### 2.1 Inquadramento generale dell'intervento

L'infrastruttura oggetto del presente Progetto Definitivo offerto, ovvero la "Nuova SS 554 Cagliaritana - Adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850", è costituita da un tratto di strada tipo B extraurbana di lunghezza pari a circa 10.350 m, che si svilupperà in corrispondenza della attuale sede della SS.554, con direzione Ovest - Est, nella zona a Nord del centro abitato di Cagliari.

Le opere comprese nel Progetto Definitivo sono suddivise, secondo il bando ANAS in due distinti lotti funzionali:

- I° Lotto funzionale (da progr. 1+500 a progr. 7+100): sarà oggetto dell'Appalto di esecuzione e di progettazione esecutiva, da parte dell'aggiudicatario della gara;
- II° Lotto funzionale (da progr. 7+100 a progr. 11+850): non sarà oggetto dell'Appalto di esecuzione e di progettazione esecutiva, ma soltanto della fase di progettazione definitiva in gara.

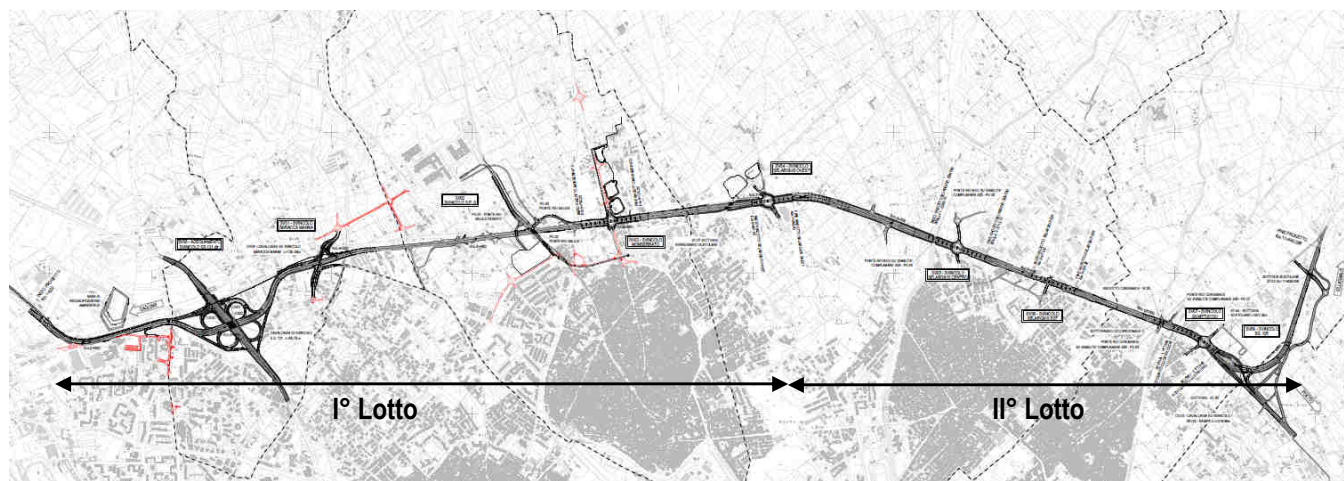


Figura 1 – Localizzazione dell'area di progetto

L'infrastruttura in oggetto è collocata nell'entroterra cagliaritana a nord della città e si sviluppa con direzione Ovest – Est, andando a lambire a Nord anche gli abitati dell'area sub-urbana di Cagliari, cioè i centri abitati di Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu Sant'Elena. Si tratta di una zona di periferia urbana di una cintura molto rilevante dal punto di vista della densità di popolazione, costituita, oltre che da Cagliari (155.000 abitanti), da Monserrato (20.000 abitanti), Selargius (29.000 abitanti), Quartucciu (13.000 abitanti) Quartu Sant'Elena (71.000 abitanti).

Le quote altimetriche della zona sono principalmente pianeggianti con variabilità tra un minimo di 9,5 m s.l.m., in corrispondenza dell'inizio lotto, fino a circa 45 m s.l.m. nelle progressive finali; lungo tutto il tracciato le quote si attestano quasi sempre tra i 20 e i 30 m s.l.m.

L'attuale la SS.554 è caratterizzata da una sezione a doppia carreggiata con spartitraffico centrale, in molti tratti senza banchina laterale; sono presenti numerose immissioni a raso, con o senza regolazioni semaforiche, che risultano molto impattanti sul traffico e sulla sicurezza stradale, considerando che l'asse stradale è caratterizzato da un traffico molto elevato, con valori di TGM superiori ai 70.000 veicoli.

Le principali intersezioni stradali, tutte con direzione Nord – Sud, lungo il tracciato sono quelle di seguito elencate:

- Strada Statale SS.131dir, che si collega alla direttrice SS.131 Cagliari – Oristano (Strada Statale Carlo Felice), al km 3+050;
- Strada Provinciale SP.8 "Monserrato – Sestu" al km 5+100;
- Strada Statale SS 387 "Cagliari – Dolianova" al km 5+900;
- Strada Provinciale SP 93 al km 7+100;
- Strada Provinciale SP 15 al km 8+500;
- Strada Statale SS 125 al km 10+500.

L'asse principale interseca inoltre la linea ferroviaria Cagliari – Tortolì alla progressiva 6+825 circa.

### 2.2 L'infrastruttura di progetto

La nuova SS 554 ripercorre quella esistente a partire dal km 1+500, vicino alla Motorizzazione Civile di Cagliari e allo svincolo con la SS 131, fino al km 10+600 vicino all'area industriale di Quartucciu e allo svincolo con la SS 125, per poi proseguire sul sedime dell'attuale SS125 per i successivi 1,2 km circa e terminare alla progressiva 11+840. Il tracciato stradale ha quindi uno sviluppo planimetrico est-ovest per i primi 9.1 km, per poi proseguire in direzione nord- sud per i restanti 1.2.

L'adeguamento della sezione stradale della S.S.554 prevede delle variazioni planimetriche dell'attuale tracciato allo scopo di consentire il raggiungimento della velocità di progetto pari a 70÷100 km. Altimetricamente, fino alla progressiva 4+800 circa, il tracciato è sostanzialmente pianeggiante con pendenze che superano di poco l'1%; da questa progressiva in poi si susseguono una serie di raccordi concavi-convessi, con pendenze di livellette comunque non superiori al 4.5%, che si rendono necessari per permettere lo scavalco delle intersezioni tra le viabilità minori.

Tutte le intersezioni a raso presenti sull'attuale SS 554 verranno eliminate, continuando a garantire i medesimi itinerari, mediante intersezioni a livelli sfalsati e una rete di complanari e rotonde che collegano alla strada principale i numerosi accessi su aree industriale e strade private.

I principali svincoli di progetto, con la caratterizzazione dell'intervento, sono:

- Svincolo SS 131 dir – potenziamento;
- Svincolo "Baracca Manna" - nuova realizzazione;
- Svincolo "Monserrato" con la SS 387- nuova realizzazione;
- Svincolo "Selargius ovest" con la SP 93 - nuova realizzazione;
- Svincolo "Selargius centro" con Via Torrente - nuova realizzazione;
- Svincolo "Selargius est" con la SP 15 - nuova realizzazione;
- Svincolo "Quartucciu" con Via Mandas - nuova realizzazione;
- Svincolo SS 125 – riconfigurazione plano-altimetrica.

Parallelamente all'asse principale sono inserite viabilità di servizio complanari in destra e sinistra ad una o due corsie a seconda dei tratti: a corsia singola per garantire le percorrenze locali, a due corsie nelle zone di svincolo per favorire gli scambi di direzione. Lungo il tracciato di progetto sono previsti, anche, numerosi tratti di adeguamento della viabilità esistente nelle adiacenze.

Per la salvaguardia della nuova infrastruttura, sono state inserite inoltre importanti opere idrauliche quali: canali idraulici e sistemi di vasche di laminazione, dimensionati allo scopo di abbattere la pericolosità idraulica, che risulta allo stato attuale molto elevata su lunghi tratti del tracciato principale.

Tutte le opere in oggetto al presente Progetto Definitivo, sono previste in realizzazione con il mantenimento in esercizio, con traffico nelle configurazioni attuali, per quanto riguarda l'asse stradale principale e le direttrici di svincolo principale.

## 2.3 Sezioni stradali

### 2.3.1 Sezioni tipo: asse principale

La sezione tipo adottata per l'asse principale, riconducibile alla categoria "B" del DM 5/11/01, è a doppia carreggiata di larghezza 9.25 m con spartitraffico centrale di 1.80 m, la piattaforma pavimentata ha una larghezza complessiva pari a 20,30 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- n° 4 corsie (2 per senso di marcia) da 3,50 m;
- banchine esterne da 1,75 m;
- banchine centrali da 0,50 m;
- in rilevato arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

Fatti salvi i previsti allargamenti della sede stradale per motivi di visibilità in curva.

Va evidenziato che la sezione tipologica dell'infrastruttura di progetto differisce dalla sezione tipo esecutiva del DM 05/11/2001 per strade di categoria B, in quanto prevede corsie di dimensioni ridotte, 3.50 m, anziché 3.75 m, e spartitraffico di 1.80 m anziché i prescritti 2.50 m. Per quanto riguarda la velocità massima di progetto, essa risulta limitata a 70 km/h nei due tratti di estremità, e di 100 km/h nella parte centrale.

La motivazione di tale scelta progettuale, che è stata confermata rispetto a quanto previsto dal Progetto Preliminare (PP) ANAS segue ben precise motivazioni che vengono nel seguito riepilogate.

La scelta è chiaramente motivata dal fatto che le opere in appalto prevedono un adeguamento in sede di un'infrastruttura esistente, e devono rispondere a vincoli territoriali molto stringenti; in particolare, si è fatto riferimento alla letteratura tecnica ed in particolare al testo "Strade e Ferrovie – Tecniche Progettuali e costruttive per le infrastrutture terrestri" di Mario Servetto, Il Sole 24 ore, Settembre 2006", per quanto riguarda il tema dell'adeguamento delle strade esistenti che, come noto, nel DM del 2001 veniva lasciato temporaneamente in sospeso e non è stato mai ufficializzato (pur presentato nella Bozza del 21/03/2006 "norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti", mai ufficialmente emanata).

Per quanto riguarda la larghezza della piattaforma stradale di progetto ed in particolare l'utilizzo di moduli da 3.50m (invece dei 3.75m previsti) la motivazione principale è quella di dare un'organizzazione della sede stradale che sia commisurata alle velocità di progetto (leggermente ridotte rispetto a quanto previsto dalla norma per le nuove infrastrutture), con lo scopo di dissuasione nei confronti degli utenti rispetto ad una velocità di percorrenza maggiore rispetto a quelle di progetto, che potrebbe essere indotta da una corsia più larga e dimensionata per velocità leggermente maggiori.

Tale possibilità è contemplata peraltro anche dal citato riferimento bibliografico (Mario Servetto, 2006), che nel caso di adeguamenti di infrastrutture esistenti indica la possibilità di adottare un modulo pari a quello previsto per la categoria inferiore, ed in questo caso i 3.50m previsti per la categoria C2, per la quale la V<sub>pmax</sub> è pari a 100km/h. Tale assunzione è coerente con l'impostazione concettuale della CNR '73 che prevede proprio un modulo da 3.5m per strade con V<sub>pmax</sub> pari a 100 km/h.

Lungo il tracciato dell'asse principale sono previsti alcuni allargamenti della corsia in curva per iscrizione del veicolo, come prescritto dal II D.M. 6792 del 05.11.2001 prescrive di realizzare.

Si riportano nel seguito alcune tra le sezioni tipologiche maggiormente significative. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

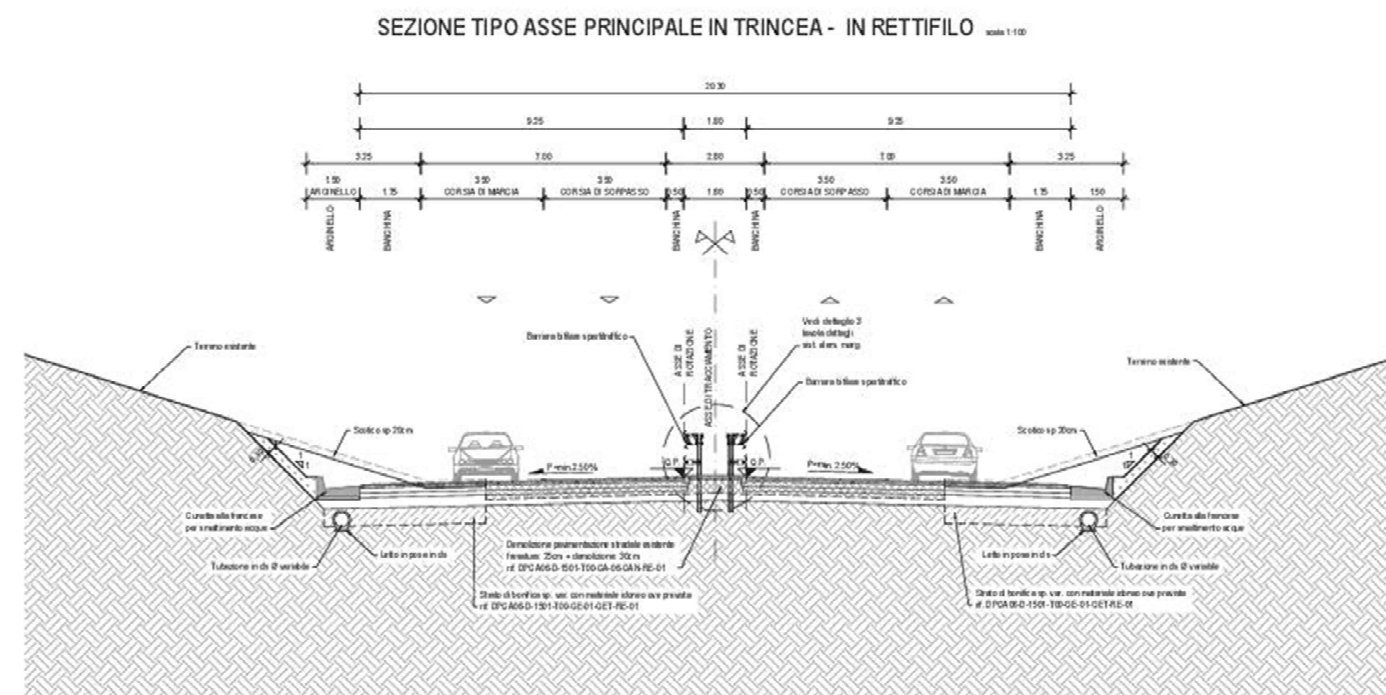
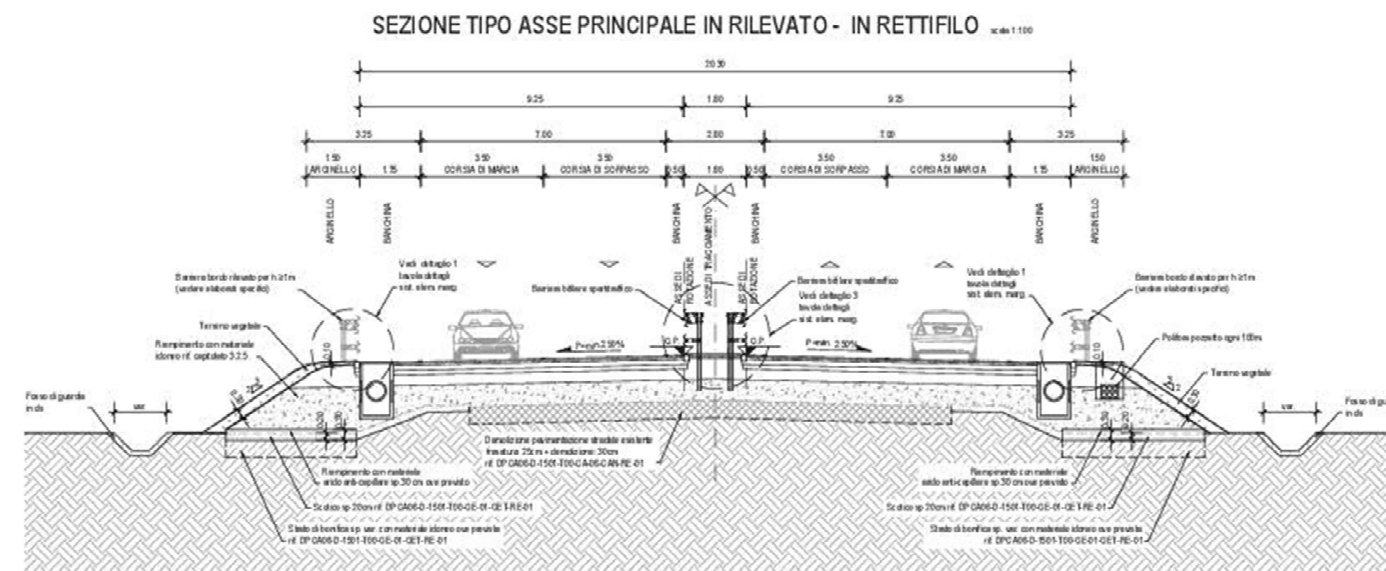


Figura 2 - Sezione tipo asse principale in rettilineo: rilevato e trincea



Figura 3 - Sezione tipo asse principale con adeguamento viabilità sulla destra.

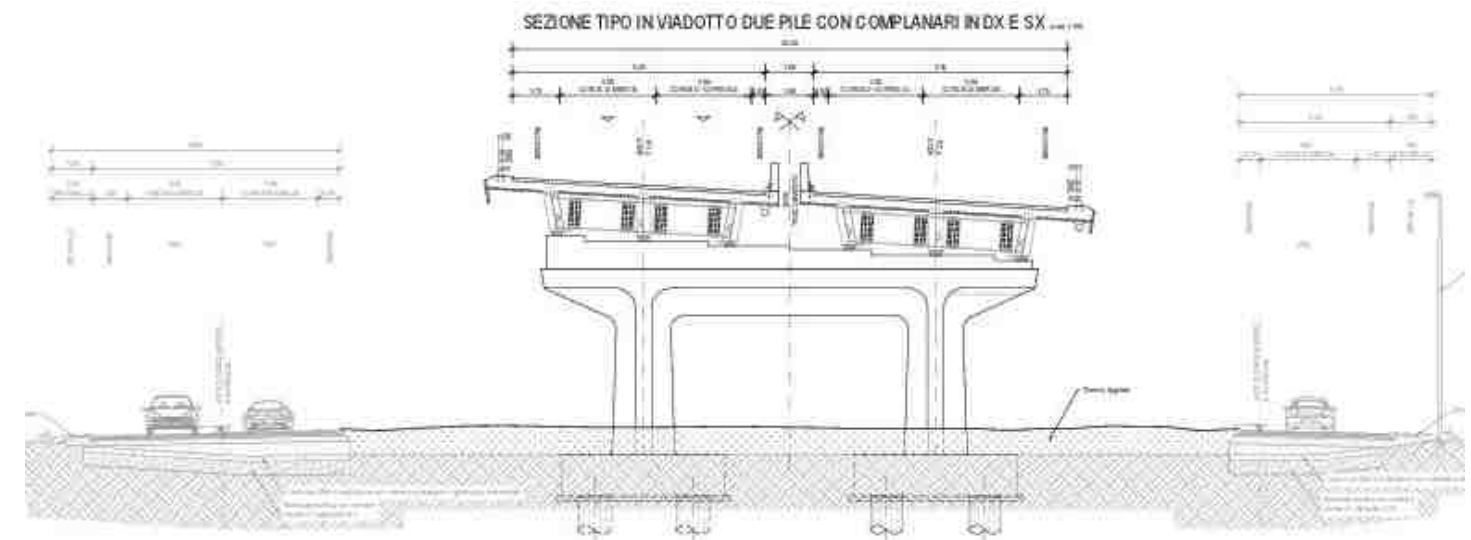


Figura 5 - Sezione tipo asse principale in viadotto e complanari in destra e in sinistra.

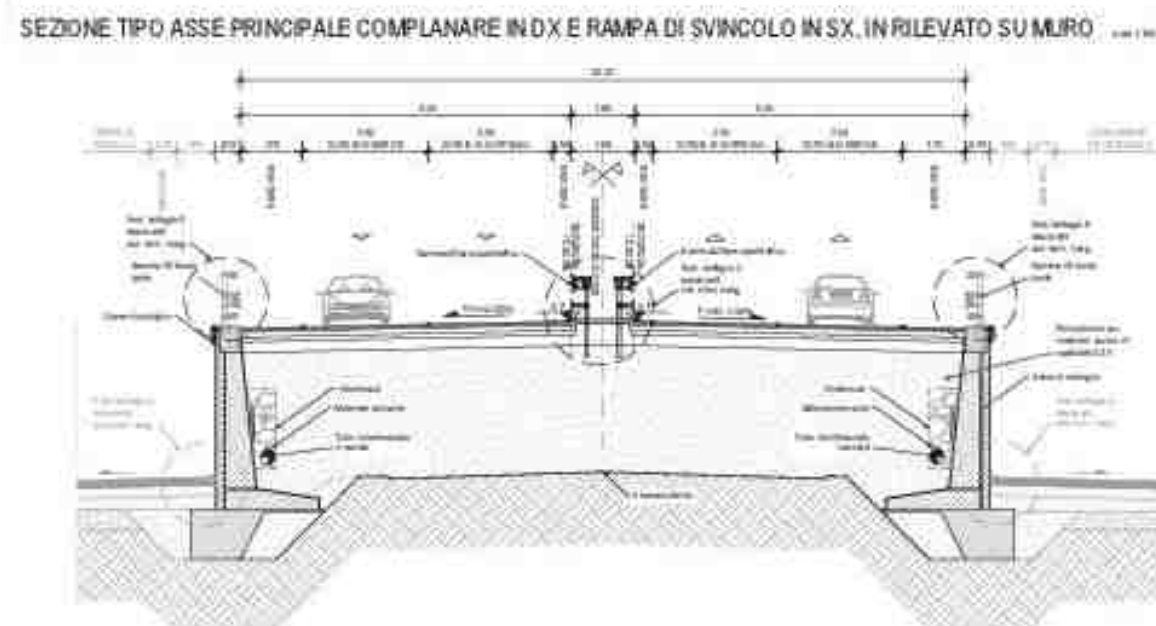


Figura 4 - Sezione tipo asse principale su muri di sostegno con complanari laterali

### 2.3.2 Sezioni tipo: intersezioni e svincoli

All'interno degli svincoli sono previste rampe mono-direzionali e tratti stradali bi-direzionali.

Per le rampe mono-direzionali si prevede l'adozione di una piattaforma pavimentata di 6,50 m; la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchina in sinistra da 1,00 m;
- corsia da 4,00 m;
- banchina in destra 1,50 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

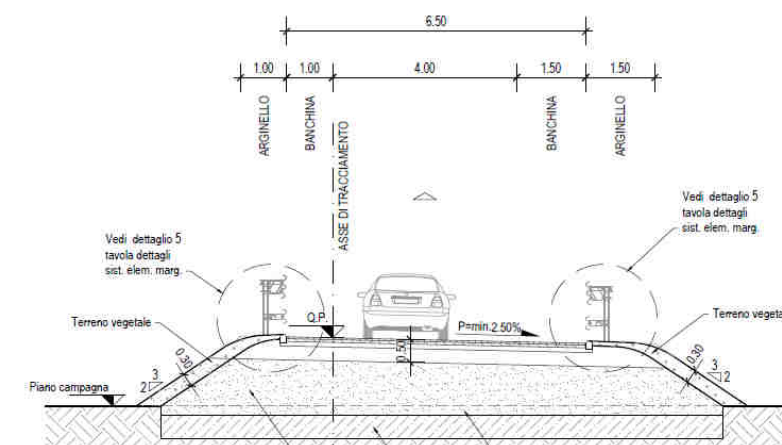


Figura 6 - Sezione tipo rampa monodirezionale svincoli



Per le rampe bi-direzionali si prevede l'adozione di una piattaforma pavimentata di 9,50 m; la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine laterali da 1,00 m;
- n°2 corsie da 4,50 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

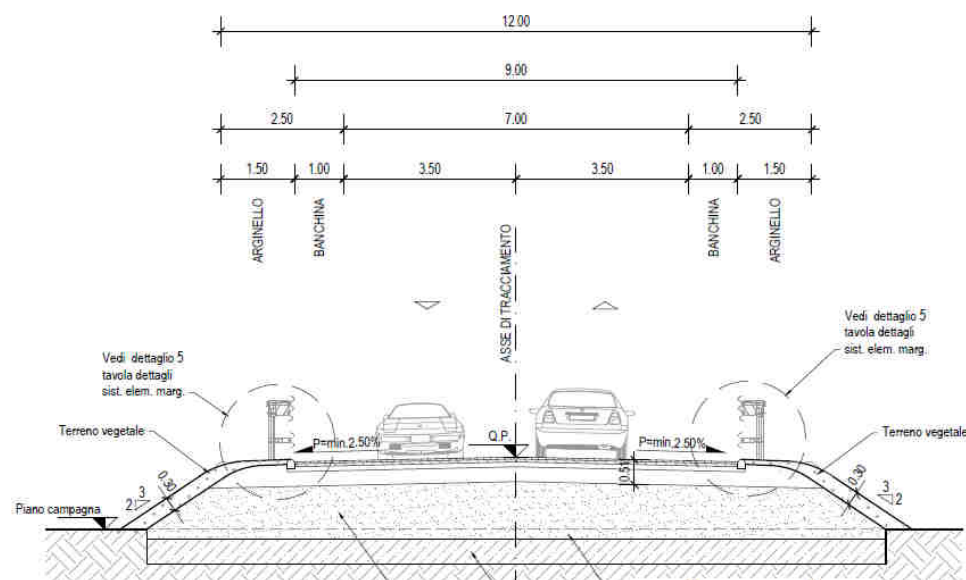


Figura 7 - Sezione tipo rampa bidirezionale svincoli.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

### 2.3.3 Sezioni tipo: complanari

La sezione tipo adottata per le complanari, varia a seconda se la complanare è a singola o doppia corsia di marcia; la sezione è costituita dai seguenti elementi:

#### singola corsia L=5.50

- banchina in sinistra da 0,75 m;
- corsia da 3,50 m;
- banchina in destra 1,25 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

#### doppia corsia L=9.00

- banchina in sinistra da 0,75 m;
- n° 2 corsie da 3,50 m;
- banchina in destra 1,25 m;

- in rilevato arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

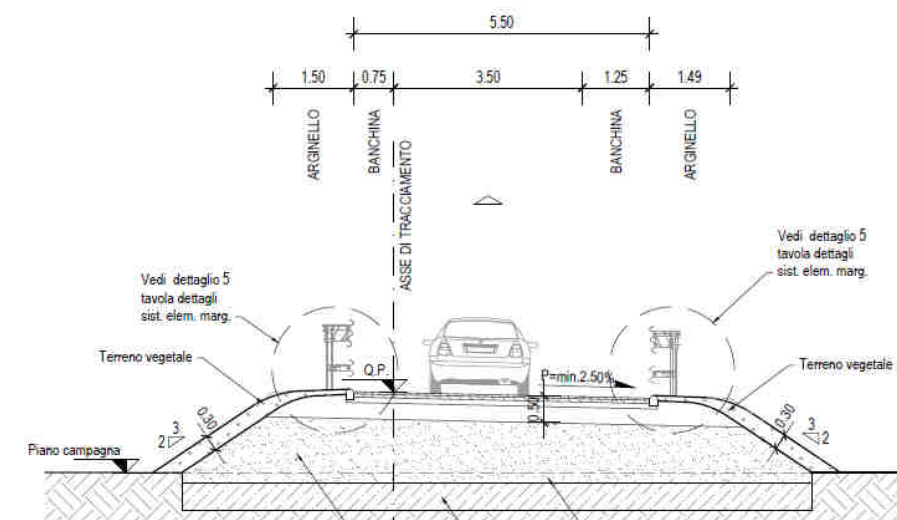


Figura 8 - Sezione tipo complanari monodirezionali.

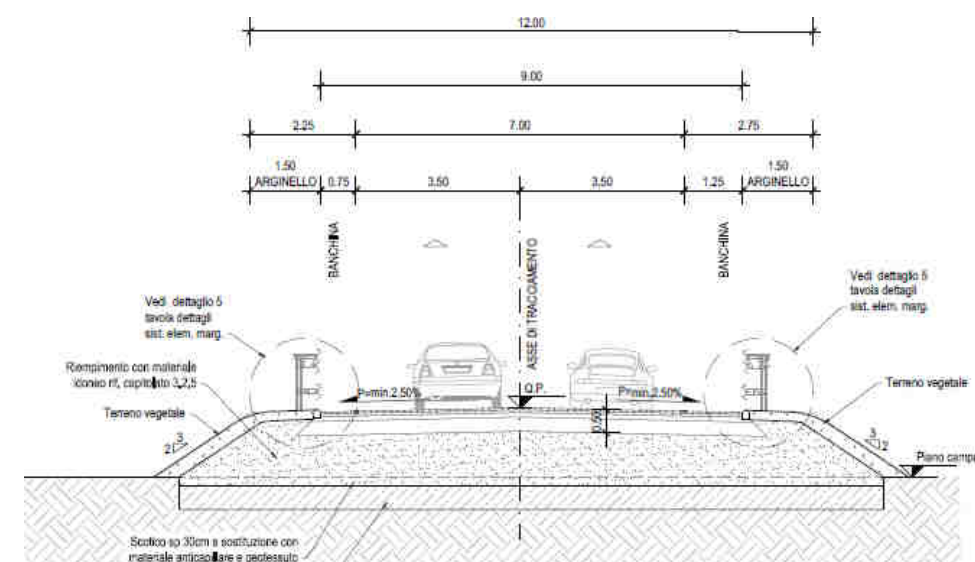


Figura 9 - Sezione tipo complanari bidirezionali.

### 2.3.4 Sezioni tipo: rotatorie

Le rotatorie degli svincoli presentano un diametro esterno della corona giratoria differente a seconda del numero degli attestamenti ed una larghezza della corona giratoria variabile in funzione del numero di corsie dell'attestamento, si riporta nella figura seguente la sezione tipo di una rotatoria ad una corsia.

Le banchine esterne in dx e sx sono di 1,25 m e quelle interne di 1 m, e l'arginello esterno ha larghezza pari a 1,50 m.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

### 2.3.5 Barriere di sicurezza

Sulla base di quanto previsto dall'aggiornamento del 21/06/2014 del D.M. n.223 del 18/02/1992 e s.m.i., sono state individuate le zone da proteggere e le tipologie di dispositivi di ritenuta da adottare:

- Spartitraffico centrale: Livello di contenimento H3 – Livello di larghezza Utile \_ W5 (in acciaio)
- Bordo laterale: Livello di contenimento H2 – Livello di larghezza Utile \_ W5 (in acciaio)
- Bordo Ponte: Livello di contenimento H3 – Livello di larghezza Utile \_ W5 (in acciaio).

Dovranno essere adottate tutte “barriere tipo ANAS” ad eccezione della barriere spartitraffico monofilari.

Nei punti di inizio e fine barriera è stato previsto l'utilizzo di idonei dispositivi terminali classe P2; nel passaggio tra barriere bordo ponte e bordo rilevato è stato previsto di garantirne la continuità strutturale tramite il collegamento almeno della lama, del corrente posteriore ed inferiore.

Qualora la lunghezza della barriera bordo ponte installata sia inferiore alla lunghezza minima riportata nel certificato di prova, occorrerà raggiungere tale estensione con un dispositivo “misto” installando, a monte e a valle della barriera bordo ponte, tratti di barriera bordo rilevato di medesimo livello di contenimento.

In corrispondenza delle cuspidi di uscita è stata prevista l'adozione di attenuatori d'urto di classe 80 ( $90 < V < 130$  km/h) e classe 50 ( $V < 90$  km/h).

### 2.4 Svincoli

Come già descritto al §3.2 lungo il tracciato di progetto sono previsti rifacimenti e/o nuove realizzazioni di svincoli, di seguito approfonditi:

Svincolo SS.131dir.: si prevede il rifacimento dello svincolo “a quadrifoglio” esistente, interferente con la SS.554, costituito da 8 rampe di interconnessione tra le due direttrici. E' previsto un rifacimento di circa 1300 m di lunghezza della direttrice principale, con un potenziamento sia della SS.554 che della SS.131dir a 4+4 corsie. E' prevista la realizzazione di 3 cavalcavia ad una campata affiancati, con luce circa 50 m e con spalle comuni, in corrispondenza dell'intersezione tra le due viabilità, in sostituzione della struttura esistente

Svincolo Baracca Manna: è una nuova intersezione due livelli, ubicata alla progressiva 4+000, che collega via Is Corrias a Sud alla zona rurale Su Pezzu Mannu a nord della SS.554; la viabilità interferente sarà caratterizzata da una corsia per senso di marcia, con un cavalcavia a 5 campate (lunghezza totale 138 m), e rampe di interconnessione tra l'asse principale e il secondario, in tutte le direzioni di svolta possibili.

Svincolo Monserrato. L'attuale incrocio con la SP 387, con regolazione semaforica situato alla progressiva 5+900, verrà sostituito da un nuovo svincolo a due livelli, con la S.S.554 in viadotto multi-campata, e la viabilità interferita al livello inferiore caratterizzata da una grande rotonda di diametro 75 m, e la realizzazione di 4 viabilità complanari (S1, S2, S3 e viabilità AV03) per l'interconnessione principale – secondaria.

Svincolo Selargius Ovest: l'attuale incrocio con la SP 93, con regolazione semaforica situato alla progressiva 7+100, verrà sostituito da un nuovo svincolo a due livelli, con le stesse caratteristiche del precedente. La rotonda avrà un diametro di 79 m, e la realizzazione di 4 viabilità complanari (S2, S3, S4, S5) per l'interconnessione principale – secondaria.

Svincolo Selargius Centro. Uno svincolo con caratteristiche analoghe ai precedenti verrà realizzato alla progressiva 8+500 in sostituzione di una serie di incroci a raso. La rotonda avrà un diametro di 76,5 m, e la realizzazione di 4 viabilità complanari (S4, S5, S6, S7) per l'interconnessione principale – secondarie

Svincolo Selargius Est: l'attuale incrocio con la SP 15, con regolazione semaforica situato alla progressiva 9+250, verrà sostituito da un nuovo svincolo a due livelli, con le stesse caratteristiche dei precedenti. La rotonda avrà un diametro di 47 m, e la realizzazione di 4 viabilità complanari (S6, S7, S8, S9) per l'interconnessione principale – secondaria.

Svincolo Quartucciu L'attuale incrocio con via Mandas, con regolazione semaforica situato alla progressiva 10+030, verrà sostituito da un nuovo svincolo a due livelli, con le stesse caratteristiche dei precedenti. La rotonda avrà un diametro di 77 m, e la realizzazione di 2 viabilità complanari (S8, S9) per l'interconnessione principale – secondaria. Lo svincolo sarà collegato anche al nodo stradale successivamente descritto con la SS.125.

Svincolo con SS.125: il progetto prevede una pesante riconfigurazione dello svincolo esistente, tra la SS.554 e la SS.125, costituito da 4 rampe di interconnessione tra le due direttrici. Nello stato di progetto sono previste 7 rampe di svincolo e una serie di adeguamenti stradali locali. Sono previste tre opere d'arte di una certa rilevanza:

- Cavalcavia multi-campata su rampa 2 (7 campate lunghezza 219 m);
- Sottovia scatolare su ramo B (lunghezza 207,50 m);
- Impalcato a campata unica su rampa 5.

### 2.5 Opere d'arte principali

Nel presente paragrafo si riporta una sintesi delle opere d'arte principali previste lungo il tracciato di progetto, rimandando agli elaborati di progetto per i dettagli.

Sull'asse principale di progetto si prevede la realizzazione delle seguenti tipologie di opere d'arte principale:

- 5 viadotti, necessari per l'eliminazione delle intersezioni a raso sulla SS554;
- 3 ponti per il superamento dei corsi d'acqua intercettati dal tracciato di progetto;
- 2 sottovia, ovvero il prolungamento di un sottovia ferroviario al km 6+825 e un sottovia stradale necessario per sottopassare la SS554 in direzione Villasimius alla km 11+638;
- 3 cavalcavia di svincolo sulla SS131, Baracca Manna e sulla SS125 necessari per il sovrappasso della SS554.

	Opera	da progr. km	a progr. km	n. campate	Lunghezza totale
Viadotti	Viadotto Monserrato	5+760,20	6+176,20	12	416 m
	Viadotto Selargius Ovest	6+981,40	7+269,40	8	288 m
	Viadotto Selargius Centro	8+289,70	8+712,70	12	423 m
	Viadotto Selargius Est	9+071,50	9+391,50	10	320 m
	Viadotto Quartucciu	10+145,80	10+497,80	10	352 m
Ponti	Ponte Rio Salius deviato	5+283,48	5+298,48	1	21,2
	Ponte Rio Salius	5+409,97	5+431,16	1	21,2
	Viadotto Cungianus	10+042,68	10+063,88	1	21,2 m
Sottovia	Prolung. Sottovia ferroviario	6+825		-	22 m
	Sottovia	11+638		-	30 m
Cavalcavia	Cavalcavia di svincolo SS131	-	-	-	50,78 m
	Cavalcavia di svincolo Baracca Manna	-	-	-	138 m
	Cavalcavia di svincolo SS125	-	-	-	220 m

Tabella 1 – Elenco opere d'arte principali.

Le viabilità di servizio complanari avranno lungo il loro sviluppo alcuni ponti ad una campata, per risolvere le intersezioni con il reticolo idrografico esistente; in particolare sono previsti:

- 3 sottovia stradali in corrispondenza di altrettante rampe degli svincoli SV08 (SS 131dir) e SV09 (SS 125);
- 5 ponti sulle viabilità secondarie o complanari;
- una passerella ciclo-pedonale che scavalca l'asse principale alla progressiva 5+400 circa con struttura in acciaio;
- 1 sottovia ciclo-pedonale sotto l'asse principale in corrispondenza del Rio Cungianus alla progressiva 10+030.

A completamento dell'elenco delle opere principali vanno citate le importanti opere di protezioni idrauliche previste all'interno del Progetto, a salvaguardia dell'infrastruttura e del territorio circostante:

- Nuovo canale Is Corrias con struttura in c.a.
- Nuovo scolmatore e canale diversivo Rio Salius;
- Nuovo canale Rio Mortu con struttura in c.a. connesso ad un sistema di vasche di laminazione;
- Nuovo canale Rio Lussoriu con struttura in c.a. connesso ad un sistema di vasche di laminazione;
- Nuovo canale di fine lotto (zona comune Quartu Sant'Elena) con struttura in c.a.

## 2.6 Opere d'arte minori

Le opere d'arte secondarie previste sull'infrastruttura di progetto sono i tombini idraulici; sia sotto l'asse principale che sotto le secondarie, e muri di sostegno lungo linea. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati di progetto. In particolare sono previsti:

- 36 tombini scatolari in c.a. prefabbricati lungo l'asse principale;
- 22 tratti di muro di sostegno con struttura in c.a. prefabbricato lungo l'asse principale;

- 75 tombini scatolari e circolari in c.a. prefabbricati lungo le rampe degli svincoli e le viabilità complanari;
- 18 tratti di muro di sostegno con struttura in c.a. prefabbricato lungo le rampe degli svincoli e le viabilità complanari;

## 2.7 Smaltimento delle acque di piattaforma

Il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma previsto per l'asse principale del tracciato è di tipo chiuso, e prevede una raccolta indipendente delle acque di piattaforma stradale, afferente a impianti di trattamenti di Prima Pioggia, che siano in grado di gestire senza lo scarico diretto nei corpi idrici, oltre alla prima pioggia, anche eventuali liquidi di sversamento in occasione di eventi incidentali; parallelamente viene mantenuto il sistema di raccolta esterno alla piattaforma, costituito dai fossi di guardia, canali e tombini, che raccoglieranno le acque di drenaggio esterne e provenienti dalle rampe dei rilevati. Lungo lo sviluppo dell'interno asse stradale principale sono state previste 16 vasche di prima pioggia all'interno delle quali le tubazioni di raccolta delle acque del drenaggio stradale andranno a conferire le acque meteoriche di prima pioggia, ossia il volume d'acqua corrispondente, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di cinque millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante. Si riporta di seguito il riepilogo degli impianti previsti.

N° vasca	progressiva km	Superficie servita [mq]	Volume di prima pioggia [mc]
1	1+600	18,840	94.20
2	2+360	12,560	62.80
3	2+920	13,450	67.25
4	3+340	12,810	64.05
5	3+990	15,600	78.00
6	5+240	20,310	101.55
7	5+450	12,170	60.85
8	5+640	19,390	96.95
9	6+845	5,100	25.50
10	7+580	12,140	60.70
11	7+860	21,510	107.55
12	8+870	12,240	61.20
13	9+545	20,330	101.65
14	10+070	6,190	30.95
15	10+750	18,380	91.90
16	11+130	10,140	50.70

Tabella 2 – Impianti di prima pioggia – posizionamento e caratteristiche

### 3 IL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE DELL'OPERA

#### 3.1 Fasi realizzative

I lavori avranno durata complessiva di 1000 giorni ed in particolare:

- il Lotto I avrà durata complessiva di 550 gnc (partenza inizio lavori);
- il Lotto II avrà durata complessiva di 450 gnc (fine a fine lavori).

#### 3.2 Individuazione ed organizzazione delle aree di cantiere

Si individuano due tipologie di cantiere ("Planimetria aree di cantiere e viabilità servizio e di cantiere" DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-CO-02):

- Cantiere base, (C1 per il Lotto I e C6 per il Lotto II);
- Cantieri operativi, se ne prevedono 3, uno per il Lotto I (C2) e due per il Lotto II (C4 e C5).

##### 3.2.1 Cantiere base

Il cantiere base è sostanzialmente il cuore logistico delle operazioni. Il numero delle persone previste in media (con riferimento al solo scopo del dimensionamento delle infrastrutture di cantiere) come operanti in cantiere (per ogni lotto) è stimato pari a circa 120 unità. I servizi di cantiere (intesi come logistica complessiva) sono di conseguenza stati dimensionati sulla base di tale numero, con la sola esclusione del servizio dormitorio, valutando sufficiente un numero pari a 60 unità di posti letto (ognuno in stanza singola). Tutta la logistica di cantiere rispetta i requisiti posti a base di gara, con particolare riferimento agli aspetti igienico sanitari.

In sintesi essi contengono (in elencazione non esaustiva):

- locali uffici per la Direzione del cantiere e per la Direzione Lavori;
- mensa;
- zona spogliatoi ed alloggi maestranze;
- servizi igienici;
- infermeria;
- officina per la manutenzione, la riparazione dei mezzi d'opera e di cantiere, il lavaggio dei mezzi stessi e lo stoccaggio degli olii esausti e delle batterie;
- zona per lo stoccaggio dei rifiuti assimilabili agli urbani;
- buca per lavaggio automezzi;
- fossa settica;
- deposito carburante e pompa di distribuzione;
- magazzini;
- centrale termica;
- impianto elettrico;
- impianto idrico;
- rete di raccolta acque meteoriche e di scolo per i piazzali e la viabilità interna;
- impianto telefonico;

- impianto per la protezione dalle scariche atmosferiche;
- torri faro;
- gruppo elettrogeno;
- parcheggio delle autovetture e zona per il ricovero dei mezzi di cantiere;
- guardiana
- area per lo stoccaggio temporaneo

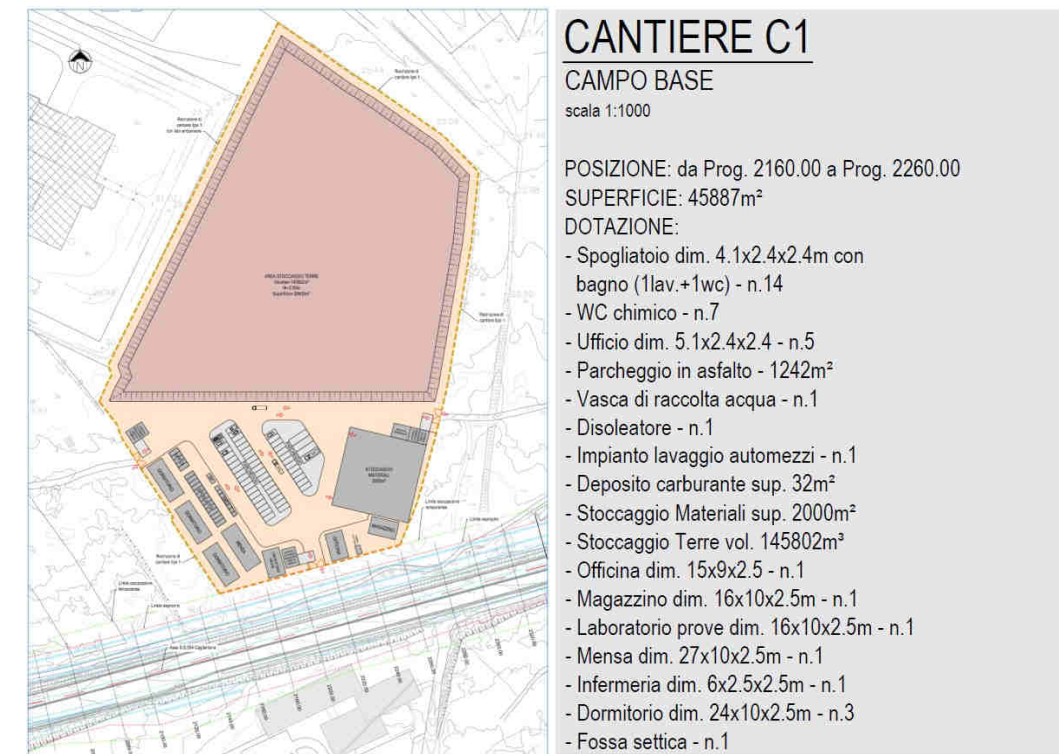


Figura 10 – Il campo base C1 (Lotto 1)

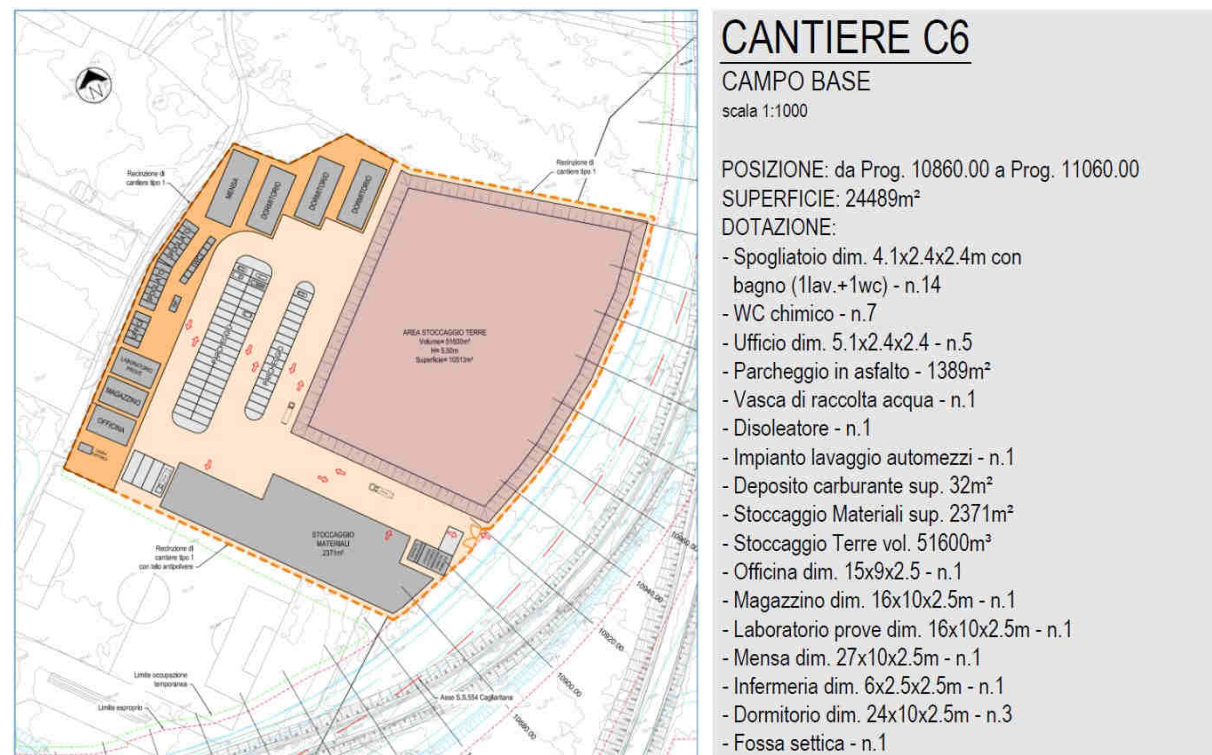


Figura 11 –Il campo base C6 (Lotto 2)

### 3.2.2 Cantieri operativi

I cantieri operativi sono intesi come aree di supporto logistico alle lavorazioni delle principali opere d'arte lungo linea. I Cantieri Operativi, sono localizzati in corrispondenza delle principali opere d'arte ed ospitano gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere stesse. Le aree di cantiere operativo sono caratterizzate dalla presenza di zone destinate alle diverse attività operative previste e che ospitano le attrezzature necessarie allo svolgersi del lavoro. Di base nei cantieri operativi saranno presenti):

- zona per la movimentazione e lo stoccaggio di materiali in magazzini o aree all'aperto;
- zona per manutenzione e lavaggio dei mezzi di cantiere;
- zona uffici di appoggio;
- zona spogliatoi e servizi igienici;
- zone di parcheggio degli automezzi e dei mezzi d'opera;
- zona per il trattamento delle acque di piazzale;
- aree di manovra e operatività;
- zone per lo stoccaggio temporaneo di materie;

nei cantieri C2 e C5 si prevede la realizzazione di impianti di betonaggio.

Nei cantieri operativi, saranno presenti tutti i servizi minimi necessari allo svolgimento delle attività previste, oltre, alla sicurezza ed al primo soccorso.

### 3.2.3 Area di deposito e stoccaggio

Presso i cantieri da C2 a C6 con la sola eccezione del cantiere C5 sono state individuate aree specifiche per deposito temporaneo del materiale scavato.

### 3.2.4 Area di cantiere di linea

Le rimanenti superfici espropriate per l'opera definitiva, o di fatto assoggettate ad occupazione temporanea, costituiscono di fatto il cantiere di linea, nel quale si sviluppa la costruzione dei rilevati, delle trincee e delle opere d'arte tutte.

### 3.3 Viabilità di cantiere

Con riferimento alla mobilità di cantiere, si punta in maniera intensiva sulla realizzazione di piste di cantiere sul sedime definitivo delle opere al fine di massimizzare la mobilità interna di cantiere di materie togliendo di conseguenza traffico dalla SS 554 (elab. "Planimetria aree di cantiere e viabilità servizio e di cantiere" - DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-CO-02).

- viabilità di cantiere esistente - ci si è limitati all'occupazione di viabilità soggette a provvedimenti di esproprio o di occupazione temporanea
- piste di cantiere nuove provvisorie – sono le nuove piste da realizzare lungo il tracciato, ad uso pressoché esclusivo dei mezzi pesanti di cantiere, che verranno utilizzate esclusivamente per il tempo necessario all'esecuzione dei lavori. Vengono di fatto sostituite con avanzamento dei lavori dal corpo di rilevato di progetto

In generale quindi la principale viabilità di cantiere è rappresentata da piste di cantiere appositamente realizzate sui sedimi occupati dal cantiere. Per quanto possibile si separeranno i percorsi carrabili dai percorsi pedonali. La criticità sorge in corrispondenza delle intersezioni con le viabilità esistenti: si tratta di viabilità minori, e delle principali zone di incrocio".

### 3.4 Problematiche ambientali ed interventi di salvaguardia e mitigazione in fase di realizzazione dell'opera

Con riferimento alle componenti ambientali analizzate nel Quadro di riferimento ambientale è possibile sintetizzare una lista delle principali potenziali problematiche indotte dalla fase di cantierizzazione.

Componenti ambientali	Potenziali effetti
Atmosfera	Alterazioni delle condizioni di qualità dell'aria Produzione di polveri
Ambiente Idrico	Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della realizzazione di cantieri, piazzole, piste Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento per l'aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici per impermeabilizzazione delle aree di cantiere Aumento dei detriti in sospensione immessi nei corpi idrici recettori con aumento della torbidità delle acque Interferenza con i corsi d'acqua per esecuzione di attività di costruzione in alveo o di interventi sull'alveo Inquinamento delle acque superficiali per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali
Suolo e sottosuolo	Occupazione di suolo Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo. Inquinamento del suolo da dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali Criticità dovute alle proprietà geotecniche dei terreni interessati dai lavori Inquinamento del sottosuolo da dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali Interferenza con il regime di deflusso delle acque sotterranee Inquinamento delle falde acquifere da dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali
Vegetazione, flora e fauna	Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico Modesto incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna Frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate temporaneamente dai cantieri Modesto incremento della mortalità della fauna per collisione, con riferimento alla fauna ornitica
Rumore	Disturbo derivante dalla movimentazione dei mezzi e dalle lavorazioni
Paesaggio	Introduzione di elementi estranei al paesaggio d'appartenenza

Nelle note seguenti si effettua l'esame degli interventi e accorgimenti da seguire in corso d'opera.

### 3.4.1 Atmosfera

L'impatto più significativo esercitato dai cantieri sulla componente atmosfera è generato dal sollevamento di polveri: sia quello indotto direttamente dalle lavorazioni, sia quello indotto indirettamente dal transito degli automezzi sulla viabilità interna ed esterna. Di seguito si riassumono i metodi impiegati e i risultati della stima delle emissioni di polvere nei cantieri. I parametri che sono assunti per rappresentare le polveri sono costituiti da PTS (polveri totali sospese) e PM<sub>10</sub> (frazione fine delle polveri, di

granulometria inferiore a 10 µm). Tra le sorgenti di polveri vengono trascurati i motori delle macchine operatrici, il cui contributo appare quantitativamente limitato, se confrontato alla generazione di polveri indotta dai lavori.

Vengono analogamente trascurate le emissioni generate dalle attività di preparazione delle aree di cantiere (scotico, sistemazione piazzali, ecc.), che, benché comportino lavori di movimento terra, hanno una durata ridotta. Per queste attività si prevede comunque una riduzione della polverosità attraverso bagnatura sistematica del terreno.

#### 3.4.1.1 Attività di cantiere: specifiche dei modelli di emissione

Per la fase di esercizio dei cantieri si usa stimare le emissioni di polveri in corrispondenza delle maggiori fonti, individuate principalmente tra le seguenti attività:

- trasporti interni ai cantieri da e verso l'esterno (conferimento materie prime, trasporto smarino all'esterno del cantiere, spostamenti mezzi di lavoro, ...) su strade pavimentate ed eventuali piste non pavimentate (che si raccomanda di non predisporre o di ridurre al minimo);
- operazioni di movimento terra (scavi, deposito terre da scavo riutilizzabili, carico e scarico inerti...);
- lavori di demolizione di strutture e fabbricati;
- impianti di betonaggio.
- Impianti di frantumazione (non presenti nel nostro caso in alcun cantiere)

Le emissioni sono stimate a partire da una valutazione quantitativa delle attività svolte nei cantieri, tramite opportuni fattori di emissione derivati dal "Compilation of air pollutant emission factors" –EPA, Volume I Stationary Point and Area Sources (Fifth Edition) e sono calcolate tramite la relazione

$$E = A \times F$$

dove E indica le emissioni, A l'indicatore dell'attività correlato con le quantità emesse (grandezza caratteristica della sorgente che può essere strettamente correlata alla quantità di inquinanti emessi in aria) e F il fattore di emissione (massa di inquinante emessa per una quantità unitaria dell'indicatore). Di seguito, per le principali attività capaci di contribuire in maniera significativa alla generazione di polveri, cioè per ciascuna sorgente, vengono riportati:

- il fattore di emissione F;
- i parametri da cui F dipende;
- l'indicatore dell'attività A;
- la fonte bibliografica impiegata per la stima del fattore di emissione.

La stima del fattore di emissione è ripetuta confrontando due situazioni caratteristiche corrispondenti a terreno secco ed a terreno imbibito d'acqua: questa seconda situazione è rappresentativa delle condizioni che si manifestano a seguito dell'innaffiatura; la relativa analisi permette pertanto di valutare l'efficacia della bagnatura come sistema per l'abbattimento della polverosità. Per quanto concerne le emissioni dovute al traffico veicolare interno alle aree di cantiere si riportano le stime relativamente alle sole aree pavimentate, in quanto si raccomanda di non predisporre o di ridurre al minimo le piste non pavimentate.

### 3.4.1.2 Cumuli di terra, carico e scarico

Il fattore di emissione utilizzato per la stima della polverosità generata dalle attività di movimento terra è il seguente:

$$F = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \quad (\text{kg / t})$$

(AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13,  
13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles)

dove

k = costante moltiplicativa adimensionale variabile in funzione della dimensione delle particelle:

k= 0,74 per il calcolo di PM tot

k= 0.35 per il calcolo di PM<sub>10</sub>

U = velocità media del vento (m/s)

M = umidità del materiale accumulato (%)

La formula empirica consente una stima attendibile delle emissioni per valori di U e M compresi nel range di valori specificato nella tabella seguente.

Parametro	Range
Velocità del vento	0,6 – 6,7 m/s
Umidità del materiale	0,25 – 4,8 %

Per la stima in condizioni "normali" l'umidità del materiale è assunta pari a 0,25% (il valore più basso compatibilmente con il range di validità della formula); al fine di simulare le condizioni post-innaffiamento, l'umidità del materiale è invece assunta pari a 4,8%. Il valore del fattore di emissione risultante nelle due situazioni è specificato nella tabella seguente:

Condizione	Fattore di emissione F PM <sub>tot</sub>	Fattore di emissione F PM <sub>10</sub>
Normale	0,09 kg/t	0,04 kg/t
Post -innaffiamento	0,0015 kg/t	0,0007 kg/t

L'indicatore dell'attività (A) è rappresentato dalle tonnellate di materiale accumulato e/o trattato in un'ora. Tale valore è stimato a partire dalle tonnellate di smarino derivante dagli scavi. Il valore delle emissioni ottenuto risulta quindi espresso in chilogrammi di polvere emessa all'ora. Si evidenzia come la bagnatura durante i lavori di movimento terra possa comportare una riduzione dell'emissione di polveri totali di oltre il 98% (circa 75% in termini di PM<sub>10</sub>).

### 3.4.1.3 Traffico veicolare nelle aree pavimentate interne al cantiere

La formula empirica impiegata per stimare le emissioni di polvere in questo caso è la seguente:

$$F = k (sL/2)^{0,98} \times (W/3)^{0,53} \times (S/30)^{0,16}$$

(Draft Section – June 2010 Chapter 13, 13.2.1  
Paved Roads)

dove

F = fattore di emissione (g/km),

sL = contenuto di limo dello strato superficiale delle aree pavimentate percorse dai mezzi (g/m<sup>2</sup>)

W = peso medio dei mezzi di cantiere che percorrono le aree considerate (t)

S = velocità media dei mezzi in transito (mph)

k = costante moltiplicativa variabile in funzione della dimensione delle particelle

k= 21,96 per PM<sub>tot</sub>

k= 4,22 per PM<sub>10</sub>

Il peso medio dei mezzi (carichi in entrata e scarichi in uscita o viceversa) è assunto pari a 15 tonnellate. Il valore del fattore di emissione risultante nelle due situazioni (con e senza innaffiamento) è specificato nella tabella seguente:

Condizione	Fattore di emissione F PM <sub>tot</sub>	Fattore di emissione F PM <sub>10</sub>
Normale	0,75 kg/km	0,15 kg/km
Post -innaffiamento	0,16 kg/km	0,03 kg/km

L'indicatore dell'attività (A) è rappresentato dai chilometri percorsi dai veicoli circolanti sulle aree pavimentate in un'ora. Tale valore viene calcolato per i cantieri a partire dalla stima del numero medio di mezzi circolanti sulle aree pavimentate del cantiere stesso in un'ora di lavoro e dalla stima del numero medio di chilometri percorsi da ogni mezzo nello stesso intervallo di tempo. Si evidenzia come la bagnatura della sede carrabile possa comportare una riduzione dell'emissione di polveri totali e fini di circa l'80%: tale intervento assume quindi un'importanza sostanziale al fine di prevenire la diffusione di polveri all'esterno delle aree di cantiere.

### 3.4.1.4 Impianto di betonaggio

Le attività legate all'impianto di betonaggio che possono generare emissione di polveri sono riassunte nelle tabelle seguenti, che riportano le emissioni rispettivamente per PM<sub>tot</sub> e PM<sub>10</sub>:

- trasferimento inerti (aggregati e sabbia);
- rifornimento dai silos (cemento e additivi);
- carico del miscelatore;
- carico della autobetoniera.

I fattori di emissione assunti per tali attività e i corrispondenti indicatori dell'attività sono riportati nella tabella seguente (AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 11, 11.12 Concrete Batching). Non essendo disponibili i dati dei fattori di emissione controllata delle

fasi evidenziate nelle tabelle con l'asterisco, può essere utilizzato in via cautelativa il fattore di emissione non controllata. Nel caso di impianti di betonaggio dotati di connessioni chiuse con confinamenti totali tra:

Possono essere considerate le sole emissioni controllate sottolineate nelle tabelle.

Fase	Materiale	Emissione non controllata	Emissione controllata
Trasferimento di aggregati*	Ghiaia	0,0035	<u>0,0035</u>
Trasferimento di sabbia*	Sabbia	0,0011	<u>0,0011</u>
Scarico del cemento a silos elevati (metodo pneumatico)	Cemento	0,36	<u>0,00050</u>
Scarico degli "integratori" cemento a silos elevati (metodo pneumatico)	additivi	1,57	<u>0,0045</u>
Tramoggia dosatrice*	Totale	0,0026	0,0026
Caricamento del miscelatore	Totale	0,272	0,0087
Caricamento delle autobetoniere	Totale	0,498	0,028

Tabella 3 - Emissione di PM<sub>tot</sub> da impianti di betonaggio (kg/t)

Si evidenzia come l'uso degli interventi di controllo delle emissioni possa comportare una riduzione dell'emissione di polveri totali compresa tra il 94% e il 99,8% circa, a seconda della fase di lavorazione.

Fase	Materiale	Emissione non controllata	Emissione controllata
Trasferimento di aggregati*	Ghiaia	0,0017	<u>0,0017</u>
Trasferimento di sabbia*	Sabbia	0,00051	<u>0,00051</u>
Scarico del cemento a silos elevati (metodo pneumatico)	Cemento	0,23	<u>0,00017</u>
Scarico degli "integratori" cemento a silos elevati (metodo pneumatico)	additivi	0,65	<u>0,0024</u>
Tramoggia dosatrice*	Totale	0,0013	0,0013
Caricamento del miscelatore	Totale	0,067	0,0024
Caricamento delle autobetoniere	Totale	0,139	0,008

Tabella 4 - Emissione di PM<sub>10</sub> da impianti di betonaggio (kg/t)

Si evidenzia come l'uso degli interventi di controllo delle emissioni possa comportare una riduzione dell'emissione di PM<sub>10</sub> compresa tra il 94% e il 99,9% circa, a seconda della fase di lavorazione.

### 3.4.1.5 Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione

La stima delle emissioni inquinanti in atmosfera dovuta alla movimentazione dei mezzi pesanti da e per i cantieri è solitamente effettuata in condizioni conservative, riferendosi cioè alle attività che maggiormente determinano movimentazioni di mezzi pesanti.

Il parco veicolare e i Fattori di emissione

Il calcolo delle emissioni dei mezzi pesanti che transitano lungo le vie di accesso viene effettuato prendendo a riferimento i fattori di emissione del software COPERT IV relativamente ai mezzi pesanti a gasolio di portata compresa tra 14 e 20 tonnellate e standard emissivo Euro 5 con velocità pari a 15 km/h.

Il fattore di carico

La fonte emissiva è costituita dagli automezzi che transitano sui percorsi individuati, parte a pieno carico, parte scarichi. Si tiene conto della condizione di carico facendo uso del fattore di correzione per il carico, proposto dalla metodologia MEET.

Secondo tale approccio, le emissioni di un veicolo a pieno carico vengono modificate da un coefficiente numerico moltiplicativo che è il risultato di una funzione dipendente dal gradiente stradale e dalla velocità media del veicolo stesso. Per veicoli con stazza fino a 16 tonnellate si fa uso della seguente formula<sup>1</sup>:

$$\Phi(\gamma, v) = k + n \cdot \gamma + p \cdot \gamma^2 + q \cdot \gamma^3 + r \cdot v + s \cdot v^2 + t \cdot v^3 + u/v$$

dove:

- k, n, p, q, r, s, t, u sono coefficienti costanti il cui valore dipende dalla tipologia di veicoli sotto osservazione;
- $\gamma$  rappresenta il gradiente stradale espresso in percentuale;
- v rappresenta la velocità media del veicolo.

Conclusioni

Il progetto di cantierizzazione prevede attività che possono determinare un movimento orario massimo di traffico inferiore a 20 veicoli (meno di un veicolo ogni 3 minuti). I suddetti flussi determinano emissioni lineari tali da non destare alcuna preoccupazione per la qualità dell'aria, in quanto il loro contributo alle concentrazioni attese è decisamente trascurabile.

### 3.4.1.6 Controllo delle emissioni di polveri per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dovuto ai cantieri

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di lavoro è basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree e, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento.

Le principali azioni consistono nella riduzione delle emissioni privilegiando processi di lavorazione ad umido (come emerso dai modelli di calcolo di cui al precedente paragrafo), nella predisposizione di barriere fisiche alla dispersione e nell'implementazione di buone pratiche di cantiere che riducano al minimo la produzione di polveri e la conseguente dispersione delle stesse.

Le buone pratiche sono di seguito suddivise in approcci primari e secondari. I primi sono volti a prevenire la formazione di polveri, mentre gli approcci secondari hanno l'obiettivo di contenere la dispersione della polvere formata da una certa attività.

Si specifica che gli interventi mitigativi possono essere differenziati in funzione della diversa classe di dispersività del materiale, considerando la seguente classificazione

- S1 – altamente sensibili alla aero dispersione e non bagnabili
- S2 – altamente sensibili alla aero dispersione e bagnabili

<sup>1</sup> Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport - Emission Factors and Traffic - characteristics Data Set - Deliverable 21, Gennaio 1998 Pag. 29



- S3 – moderatamente sensibili alla aero dispersione e non bagnabili
- S4 – moderatamente sensibili alla aero dispersione e bagnabili
- S5 – non sensibili o solo leggermente sensibili alla aero dispersione

Tali interventi saranno adottati sui cantieri programmati in funzione delle attività previste in ognuno di essi. I cantieri e le attività sono sinteticamente riportati nelle figure e nelle tabelle successive.

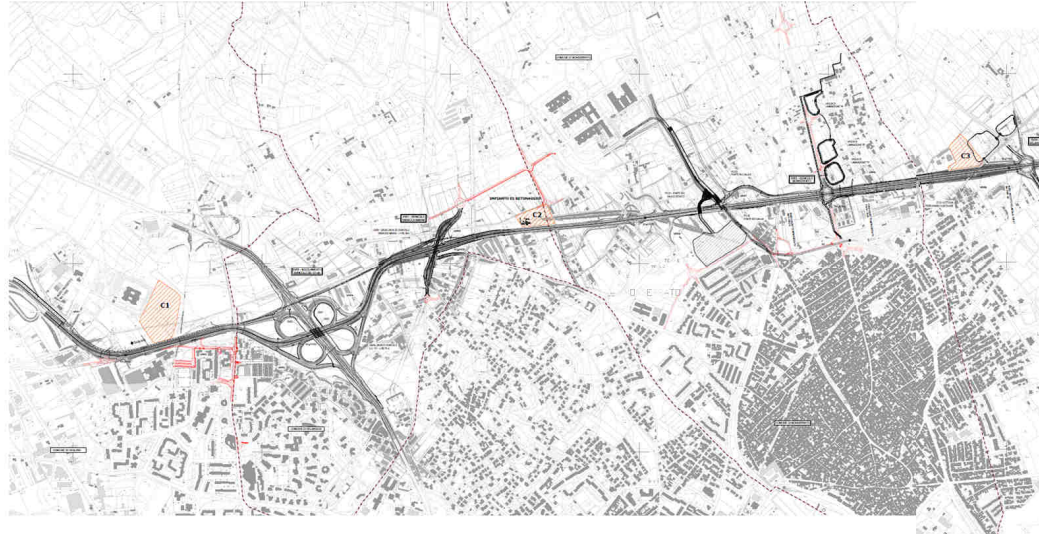


Figura 12 - Mappa cantieri Lotto I

Al Lotto I appartengono i seguenti cantieri:

- Cantiere Principale C1 - Deposito Terre, Logistica, Deposito Mezzi e macchinari, Impianto di betonaggio.
- Cantiere Principale C3 - Campo Base/Logistica, Deposito Terre, Deposito Mezzi e macchinari.



Figura 13 - Mappa cantieri Lotto II

Al Lotto II appartengono i seguenti cantieri:

- Cantiere Principale C4 – Deposito Terre, Logistica, Deposito Mezzi e macchinari.
- Cantiere Principale C5 - Deposito Terre, Logistica, Deposito Mezzi e macchinari, Impianto di betonaggio.

- Cantiere Principale C6 - Deposito Terre, Campo Base/Logistica, Deposito Mezzi e macchinari.

DESCRIZIONE	IMPIANTI PREVISTI	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	PROGRESSIVE (km)
C2	Betonaggio	10.453	3+700 a 5+900
C3		15.333	5+900 a 7+100
C4		7.889	7+100 a 8+200
C5	Betonaggio	10.895	8+200 a 9+700
C6		23.052	9+700 a fine lotto

#### 3.4.1.7 Controllo delle emissioni di polveri da piste e piazzali

##### Approcci primari

- nel caso dei piazzali antistanti gli impianti di betonaggio (previsti nei cantieri C2 e C5) saranno adottati sistemi di trasporto continuo (nastri trasportatori) invece che sistemi di trasporto discontinui (camion)
- in tutti i cantieri e nelle aree tecniche sarà definito un layout tale da ridurre le aree soggette ad impatto del vento e da contenere il più possibile le distanze di trasporto tramite veicoli su piazzale (per i veicoli sarà anche adottata una adeguata gestione delle velocità)
- come già specificato, le aree di cantiere carrabili sono tutte pavimentate con pavimentazione bituminosa per essere pulite facilmente

##### Approcci secondari

- pulizia con regolarità delle vie di percorrenza con pavimentazione bituminosa
- pulizia dei copertoni dei mezzi gommati.

#### 3.4.1.8 Controllo delle emissioni di polveri da nastri trasportatori

Come già specificato, nei cantieri C2 e C5, che ospitano gli impianti di betonaggio, saranno adottati nastri trasportatori, per i quali sono previste le seguenti misure di controllo.

##### Approcci primari

- adozione di corrette procedure di conduzione del nastro e controlli a carico dell'addetto impiantista, quali:
  1. velocità di marcia del nastro appropriate
  2. corrette procedure di carico del nastro: evitare il caricamento del nastro fino alle sue estremità e porre attenzione ai punti di carico e ai punti di trasferimento sul "lato nastro ricevente"
- utilizzo di nastri trasportatori con progettazione che minimizzi le perdite: in particolare nei punti di trasferimento, saranno utilizzati nastri trasportatori pneumatici

##### Approcci secondari

- schermi per nastri trasportatori all'aperto o protezioni antivento laterali
- chiusura o copertura delle sorgenti emmissive
- confinamento del nastro ed utilizzo di sistemi di aspirazione
- tecniche di bagnatura, nebulizzazione, cortine ad acqua specie ai punti di trasferimento
- gestione del materiale perso e pulizia dei nastri trasportatori

#### 3.4.1.9 Controllo delle emissioni di polveri da operazioni di perforazione e trivellazione

##### Approcci primari

- contenere la dispersione di polvere mediante abbattimento ad acqua della polvere generata alla sorgente

##### Approcci secondari

- contenere la dispersione di polvere attraverso sistemi di captazione mediante aspirazione localizzata ed abbattimento con sistemi ad umido.

#### 3.4.1.10 Controllo delle emissioni di polveri da operazioni di abbattimento con esplosivo

##### Approcci primari

- utilizzo di elementi topografici naturali o di dune, argini, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed utilizzo di protezioni antivento
- scelta del borraggio
- bagnatura dell'area intorno alla volata prima della volata stessa

##### Approcci secondari

- abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive.

#### 3.4.1.11 Controllo delle emissioni di polveri da operazioni di demolizione, abbattimento, disgaggio e finitura

##### Approcci primari

- utilizzo di elementi topografici naturali o di dune, argini, cancellate, piantumazioni per la protezione del vento ed utilizzo di protezioni antivento
- bagnatura del materiale mediante infusione di acqua prima dell'inizio delle lavorazioni
- riduzione dell'altezza e della velocità di caduta
- bagnatura del materiale al punto di sollecitazione, bagnatura del materiale in fase di caduta ed abbattimento delle polveri aerodisperse fuggitive

##### Approcci secondari

- abbattimento ad umido delle polveri aerodisperse non abbattute e fuggitive
- cattura mediante sistemi ad aspirazione localizzata della polvere aerodispersa generata.

#### 3.4.1.12 Controllo delle emissioni di polveri da operazioni di carico e scarico e da operazioni di movimento terra su e da materiali stoccati

Le misure di controllo di seguito riportate saranno adottate in ognuno dei cantieri, essendo sempre prevista un'area per lo stoccaggio provvisorio e movimentazione di terra.

##### Approcci primari

Misure da considerare durante l'utilizzo di benne:

- riduzione dell'altezza di caduta del materiale
- chiusura totale della benna/morsa dopo il prelievo del materiale

- forma geometrica e capacità di carico ottimali
- superficie arrotondata per evitare aderenza del materiale

Misure da considerare durante l'utilizzo di pale meccaniche:

- riduzione della altezza di caduta del materiale durante le fasi di scarico e scelta della migliore posizione durante il caricamento dei mezzi

Misure da considerare durante l'utilizzo di sistemi di trasporto e scarico generali

- minimizzazione della velocità di discesa del materiale (per es. sui canali di scarico)
- minimizzazione della altezza di caduta libera (tramogge a cascata)
- applicazione di teste di caricamento alla fine di condotte e tubazioni per regolare la velocità di uscita
- uso di barriere antipolvere sulle fosse e sulle tramogge di scarico

##### Approcci secondari

- per i materiali per i quali è possibile, bagnare i prodotti e le superfici degli stessi prima dell'approvvigionamento.

#### 3.4.1.13 Controllo delle emissioni di polveri dallo stoccaggio di materiali in sistemi aperti e chiusi per materiali S1- S3

##### Approcci primari

- utilizzo di depositi di grande volume
- utilizzo di bunker, silos e silos/tramogge
- utilizzo di tettoie e capannoni.

#### 3.4.1.14 Controllo delle emissioni di polveri dallo stoccaggio di materiali in sistemi aperti e chiusi per materiali S4-S5

##### Approcci primari

- riduzione delle aree colpite dal vento:
  1. ubicare gli assi longitudinali del cumulo paralleli con la direzione del vento dominante
  2. per quanto possibile cercare di formare un solo cumulo invece di più cumuli
- utilizzo di dune, cancellate, piantumazioni per la protezione dei cumuli dal vento
- bagnatura degli stoccaggi all'aperto anche con utilizzo di sostanze leganti resistenti (specie per stoccaggi a lungo termine)
- coperture degli stoccaggi all'aperto con teli impermeabili
- solidificazione della superficie con soluzioni a base di polimeri (per stoccaggi a lungo termine)
- inerbimento della superficie degli stoccaggi (per stoccaggi a lungo termine)

#### 3.4.1.15 Controllo delle emissioni di polveri da impianti di betonaggio

Gli impianti di betonaggio sono previsti nei cantieri C2 e C5. Poiché le attività che possono generare emissione di polveri sono:

- trasferimento inerti (aggregati e sabbia)
- rifornimento dai silos (cemento e additivi)
- carico del miscelatore
- carico della autobetoniera

saranno adottate le seguenti misure di controllo delle emissioni di polveri:

##### Approcci primari

- in prossimità dell'impianto saranno stoccati in vasche protette i cumuli di inerti di diverse classi, che con l'ausilio di una pala caricatrice saranno trasportati alle tramogge dell'impianto, mentre il trasferimento alle autobetoniere o al mescolatore avverrà tramite nastro trasportatore
- il cemento sarà stoccato in appositi silos e movimentato mediante trasporti pneumatici presidiati da opportuni filtri, dotati di sistemi di controllo dell'efficienza.

#### Approcci secondari

- l'impianto di betonaggio sarà provvisto di schermature ed accorgimenti tecnici atti ad evitare, durante le operazioni di alimentazione, di carico e di preparazione dell'impasto e di trasferimento alle autobetoniere, qualsiasi fuoriuscita di polvere.

#### 3.4.1.16 Ulteriori Interventi di mitigazione

Gli altri interventi di mitigazione, che agiscono direttamente sulle sorgenti di polverosità e che saranno adottati ove necessario, comprendono:

- l'installazione di un impianto di lavaggio delle ruote degli automezzi in uscita dalle aree di lavoro: si tratta di una semplice vasca d'acqua in cui vengono fatti transitare i mezzi di cantiere al fine di prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere; la vasca avrà lunghezza compresa tra 10 e 18 m (in senso longitudinale) x 4 m (in senso trasversale) e sarà equipaggiata nella parte iniziale con una serie di dossi o griglie per sollecitare i copertoni ed allargarne le tracce
- la copertura dei carichi che possono essere dispersi in fase di trasporto
- particolare attenzione dovrà inoltre essere posta alla modalità ed ai tempi di carico e scarico, alla disposizione razionale dei cumuli di scarico e all'alternanza delle operazioni di stesa
- barriere fisiche disposte lungo tutto il perimetro delle aree di lavoro. Sono barriere artificiali in legno posizionate nelle immediate prossimità delle aree a maggior rilascio di polveri. Dovranno essere previste barriere antipolvere di altezza pari a 2,5 metri
- i mezzi di trasporto dovranno essere di standard emissivo Euro 5 o successivo e sottoposti a continua manutenzione.

#### 3.4.1.17 Dimensionamento della irrorazione delle aree di cantiere

È prevista l'**irrorazione bisettimanale** sia per le aree pavimentate interne sia per le viabilità di accesso ai cantieri. Il dimensionamento dei quantitativi d'acqua necessari per l'irrorazione delle aree di cantiere e per la viabilità di accesso è riportato nelle tabelle seguenti ed è stato effettuato secondo il seguente schema di computo metrico estimativo:

- m<sup>3</sup> di acqua trasportati da n°1 autobotte = 6
- mm di spessore della tavola d'acqua irrorata = 1 per aree asfaltate
- n° di passaggi settimanali per area di cantiere = 2
- nei periodi caratterizzati da sufficiente piovosità si può prevedere un potenziale sfruttamento della pioggia per l'irrorazione delle aree di cantiere
- l'irrorazione dovrà essere effettuata tra le ore 7:00 e le ore 8:00 del mattino

Il calcolo è stato effettuato per ognuno dei cantieri riassunti nella seguente tabella:

Cantiere	Area Totale (mq)	Ingombro stoccaggio (mq)	Area Impianti (mq)
C2	10.453	10.253	0
C3	15.333	12.333	1.000
C4	7.889	6.889	0
C5	10.895	9.895	0
C6	23.052	12.600	3.700

Tabella 5 - Elenco Cantieri

Cantiere	Volume per aree pavimentate interne (mc)	Volume per viabilità di accesso (mc)
C2	0,200	0,5
C3	2,000	0,5
C4	1,000	0,5
C5	1,000	0,5
C6	6,752	0,5

Tabella 6 - Volume d'acqua richiesto per irrorazione delle superfici.

#### 3.4.2 Ambiente idrico

Gli impatti dell'opera in fase di costruzione potranno afferire a:

1. interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della realizzazione di cantieri, piazzole, piste;
2. interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento per l'aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici per impermeabilizzazione delle aree di cantiere;
3. aumento dei detriti in sospensione immessi nei corpi idrici recettori con aumento della torbidità delle acque;
4. Interferenza con i corsi d'acqua per esecuzione di attività di costruzione in alveo o di interventi sull'alveo;
5. inquinamento delle acque superficiali per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali.

#### Interferenza col deflusso delle acque di ruscellamento

Impatto limitato alla realizzazione delle attrezzature e servizi previsti per la cantierizzazione dell'opera, in quanto comporta l'impermeabilizzazione di aree più o meno vaste che in caso di eventi meteorici possono causare:

- interruzione delle normali linee di deflusso delle acque di ruscellamento a causa della realizzazione di cantieri, piazzole, piste in corrispondenza di impluvi e/o incisioni;
- aumento delle quantità di acque che ruscellano verso i corpi idrici naturali con concentrazione del deflusso.

Nel primo caso le acque non trovando più le linee naturali di deflusso possono causare ristagni ed allagamenti, nel secondo le acque che ruscellano su una superficie impermeabilizzata si trasformano in "ruscelli urbani" che concentrano l'aumentato deflusso lungo alcune direttrici con rischio di allagamenti e aumentando il loro potenziale effetto erosivo.

#### Immissione nelle acque di carichi torbidi

Impatto circoscritto in corrispondenza delle aree di cantiere in cui è previsto anche lo stoccaggio delle terre che in occasione di eventi meteorici possono essere aggredite dalle acque ruscellanti che trasportano i detriti nei corsi d'acqua recettori aumentandone il trasporto solido. Ne deriva un aumento della torbidità delle acque con conseguenze anche sulla vita acquatica; a valle si può avere un maggior deposito di detriti negli alvei e negli specchi d'acqua recettori finali delle acque.

#### Interferenza con i corsi d'acqua per esecuzione di attività di costruzione in alveo o di interventi sull'alveo

La presenza dei cantieri di lavoro per la realizzazione delle spalle e dei piloni dei ponti e dei viadotti in corrispondenza degli alvei dei corsi d'acqua e delle aree di esondazione può creare dei restringimenti o delle occlusioni alla sezione di deflusso con possibili conseguenze in caso di eventi meteorici a seguito della difficoltà di deflusso (ristagni ed allagamenti) e dell'aumento della velocità di deflusso con conseguente aumento della dimensione dei detriti trasportati con rischio di aumento dell'erosione e di creazione di ostacoli che ostacolano lo scorrimento.

#### Inquinamento delle acque superficiali per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali

Le principali possibili fonti di inquinamento in questa fase sono costituite dalle aree di cantiere a seguito delle prime piogge e degli sversamenti accidentali; le aree sono così dislocate lungo il tracciato:

- Cantiere C2, di 1,57 ha di superficie, in corrispondenza della progressiva 4+450 in cui sono presenti oltre alla viabilità interna, l'area di stoccaggio delle terre, l'area di deposito dei mezzi e dei macchinari e l'area degli impianti di cantiere; scarica le acque nella canalizzazione locale;
- Cantiere C3, di 2,00 ha di superficie, in corrispondenza della progressiva 6+800 in cui sono presenti oltre alla viabilità interna, l'area di stoccaggio delle terre, l'area di deposito dei mezzi e dei macchinari, l'area degli impianti di cantiere e l'area logistica; scarica le acque nell'area del bacino di San Lussoriu;
- Cantiere C4, di 0,95 ha di superficie, in corrispondenza della progressiva 7+350; scarica le acque nell'area del bacino di San Lussoriu;
- Cantiere C5, di 1,23 ha di superficie, in corrispondenza della progressiva 9+750; scarica le acque nell'area del bacino del Riu de Is Cungiaus;
- Cantiere C5, di 2,51 ha di superficie, in corrispondenza della progressiva 10+950; scarica le acque nell'area del bacino del Riu de Is Cungiaus.

Per i motivi esposti nel paragrafo precedente anche i rischi di inquinamento delle acque superficiali potranno essere resi non significativi mediante opportuni interventi di mitigazione da adottare nella gestione delle acque reflue provenienti dai cantieri e dalle aree di lavorazione, in particolare in prossimità dei corsi d'acqua.

Il regime tipicamente torrentizio dei corsi d'acqua intersecati dall'infrastruttura permette di affermare che l'impatto sulle risorse superficiali durante la fase di cantiere potrà essere reso non significativo o nullo adottando le seguenti misure di mitigazione:

- esecuzione dei lavori per la costruzione delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua in condizioni di portata minima degli stessi, onde evitare interferenze con il regime di deflusso;
- adozione di dispositivi e misure di gestione dei cantieri per evitare fenomeni di sversamento di sostanze inquinanti nei corsi d'acqua e sul terreno;
- opportuna gestione dei rifiuti onde evitare l'accumulo degli stessi sul terreno o sui piazzali dei cantieri al fine di evitare l'inquinamento delle acque di ruscellamento in occasione di eventi meteorici;
- opportuni interventi di raccolta e di trattamento da adottare nella gestione delle acque reflue provenienti dai cantieri e dalle aree di lavorazione, in particolare in prossimità dei corsi d'acqua.

### 3.4.3 Suolo e sottosuolo

Per la componente suolo e sottosuolo gli effetti prevedibili a seguito delle lavorazioni per l'ampliamento del tracciato stradale e la realizzazione delle viabilità di collegamento, sono quelli che si esaminano a seguire.

L'*occupazione di suolo* è conseguenza dell'utilizzo temporaneo di aree (aree di cantiere, viabilità di servizio) che porterà al "consumo" di una certa quantità di suolo con buone caratteristiche pedologiche.

La *compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo* è conseguenza dell'asportazione del suolo e l'eccessiva compattazione nelle aree a causa del movimento dei mezzi meccanici per gli interventi temporanei (cantieri, piste di servizio).

Il possibile *inquinamento del suolo* ha le stesse origini di quello visto per l'inquinamento delle acque superficiali a cui si può fare riferimento.

La criticità potenziali dovute alle *proprietà geotecniche dei terreni* interessati dai lavori, riguardano in particolare le problematiche costruttive in fase di scavo, gli effetti sulla stabilità delle scarpate dei rilevati e trincee e l'insorgere di episodi di instabilità a carattere locale.

Le interferenze con il *regime delle falde sotterranee* possono derivare dalle opere previste per la costruzione delle fondazioni dei cavalcavia di attraversamento.

La permeabilità dei terreni prettamente alluvionali presenti nelle aree di intervento, che risulta essere mediamente alta, rende invece i rischi di *inquinamento del sottosuolo e delle falde sotterranee* un fattore di criticità potenziale.

Le misure di mitigazione da adottare in fase di cantiere saranno:

#### Occupazione di suolo

In corrispondenza delle aree di cantiere il suolo verrà asportato temporaneamente e stoccato in attesa di essere riutilizzato, dopo lo smantellamento dei cantieri, per il ripristino delle condizioni ante - operam.

Per mitigare l'impatto le modalità di scotico, stoccaggio e riutilizzo del suolo dovranno essere programmate per evitare la dispersione dell'humus ed il deterioramento delle sue qualità produttive ad opera degli agenti meteorici. In sede di ripristino si dovrà ricreare (in un arco di tempo non troppo esteso) l'originaria pedologia e morfologia di superficie.

#### Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo

Al momento del ripristino si deve evitare di lasciare allo scoperto il terreno inerte del substrato o di ricoprire il tutto con un suolo dalle caratteristiche diverse prelevato altrove. Il ripristino dei luoghi va fatto utilizzando un suolo dalle stesse caratteristiche di quello asportato o meglio riutilizzando quello tolto all'inizio dei lavori. L'impianto di una copertura vegetale o di essenze arboree per stabilizzare il suolo va eseguito secondo le direttive indicate nella componente "vegetazione e flora".

#### Inquinamento del suolo da dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali

Le fonti di inquinamento considerate per le acque superficiali hanno l'effetto di rilasciare gli inquinanti anche nel suolo.

#### Criticità dovute alle proprietà geotecniche dei terreni interessati dai lavori

Dalle prime analisi effettuate non risultano presenti, allo stato attuale, particolari criticità geologiche e geotecniche, pertanto si ritiene che l'intervento, in linea di massima, non produrrà un impatto significativo sull'assetto geologico e geotecnico.

La gravità di questo impatto è funzione delle tipologie costruttive e della presenza o meno di aree in dissesto. Per evitare gli effetti indesiderati dovuti al carico della struttura stradale si eseguirà un'accurata indagine geognostica geotecnica che consenta di valutare i parametri dei terreni di fondazione e quindi di calibrare gli interventi di consolidamento e le opere d'arte con caratteristiche tali da renderle stabili.

#### Inquinamento del sottosuolo da dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali

Vale per questa interferenza quanto evidenziato per l'inquinamento del suolo.

#### Interferenza con il regime di deflusso delle acque sotterranee

Il progetto prevede per la quasi totalità la realizzazione di opere superficiali. L'unica eccezione è costituita dalle fondazioni dei viadotti previsti, che comunque raggiungeranno una profondità che non appare interessata dalla presenza di falde.

Nelle aree di cantiere le interferenze quantitative sono legate alla possibile alterazione del livello piezometrico che si può manifestare a fronte di un possibile approvvigionamento di acqua industriale da pozzi o per la realizzazione di scavi e fossi di drenaggio nel corso delle lavorazioni.

La riduzione degli effetti si ottiene commisurando gli emungimenti alla potenzialità della falda (e quindi dei pozzi) che è direttamente collegata alla quantità di acqua che arriva dalle aree di rifornimento.

#### Inquinamento delle falde acquifere da dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali

La normale attività che si svolge nei cantieri o sulle tratte in lavorazione, può provocare l'alterazione delle qualità fisico-chimico-biologiche delle acque di falda, come conseguenza dello sversamento di sostanze inquinanti (solidi sospesi, oli, idrocarburi, cemento e derivati, metalli pesanti, liquami fognari, pesticidi, erbicidi ed altre sostanze pericolose). Tale impatto risulta aggravato dalla presenza, lungo il tracciato in esame, di terreni permeabili e di aree esondabili che favoriscono la percolazione delle eventuali sostanze inquinanti.

Per le prescrizioni e le mitigazioni si può fare riferimento a quanto già detto per la componente Ambientale Idrico in quanto le problematiche sono le stesse.

### **3.4.4 Vegetazione flora e fauna – Ecosistemi, Paesaggio**

Per quanto attiene la componente naturalistica le potenziali interferenze riguardano:

#### *Impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico*

Come evidenziato nell'area di progetto le aree interessate dalla presenza di vegetazione naturale sono molto limitate e interessate da tipologie vegetazionali scarsamente sensibili. Quindi tenendo conto dello stato di inquinamento già esistente per la viabilità attuale e della durata limitata nel tempo dell'inquinamento atmosferico dovuto alla fase di costruzione e che le aree interessate più direttamente dai cantieri non sono occupate da vegetazione naturale, si ritiene che tali impatti non debbano essere considerati significativi. Nel corso della fase di costruzione sono messi in atto tutti quegli accorgimenti atti a contenere il fenomeno della produzione di polveri

#### *Modesto incremento del disturbo acustico per la fauna*

Nelle aree attraversate è già operante un disturbo dovuto all'esercizio dell'opera viaria esistente. Si aggiungerà un disturbo da rumore nella fase di cantiere, comunque a carattere temporaneo, che potrà determinare un ampliamento non permanente della fascia disturbata. Tale disturbo può essere considerato trascurabile in considerazione del fatto che le lavorazioni avverranno comunque in aree caratterizzate in gran parte dalla presenza preesistente di intenso traffico veicolare. Il disturbo da rumore sarà presente per l'erpeto fauna e può essere considerato trascurabile, non solo per il motivo già esposto, ma anche perché la presenza di specie faunistiche appartenenti alle Classi di anfibi e rettili nelle aree di intervento è da accertare. Si ritiene anche trascurabile l'aumento del disturbo dovuto all'aumento del traffico veicolare e/o all'aumento della velocità media.

In linea generale l'aumento della rumorosità in esercizio sarà ampiamente compensato dalla realizzazione di barriere antirumore. Nelle tratte interessate dalle barriere si potranno avere abbattimenti della rumorosità tali da determinare un minore disturbo acustico alla fauna rispetto allo stato attuale.

#### *Frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate dai cantieri*

L'impatto diretto sulle aree non interessate direttamente dalle opere nella fase di cantiere sarà minimo, per le caratteristiche delle opere da realizzare e per le scelte effettuate sin dalla fase di progettazione preliminare per la fase di cantierizzazione. L'impatto delle lavorazioni sarà limitato alle aree immediatamente limitrofe ai tracciati interessati dagli interventi e potrà essere mitigato con opportune misure di ripristino ambientale al termine dei lavori. Si tratta quindi di un impatto temporaneo e poco significativo. Per quanto riguarda le zone individuate in forma preliminare come aree di cantiere e di deposito materiali, si sono scelte localizzazioni caratterizzate da una scarsa sensibilità ecologica, occupate per lo più da colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi. Si avrà solo un modesto interessamento di formazioni riferibili ai "Praterelli aridi del Mediterraneo".

#### *Incremento della mortalità della fauna per collisione*

Potrà aversi un modesto incremento della mortalità della fauna per collisione, con riferimento alla fauna ornitica; si tratta di un impatto già operante, eventualmente interessato da un incremento dovuto all'aumento del traffico e della velocità media o da cambiamenti di percorso eventualmente necessari in fase di costruzione.

Di seguito si riportano una serie di accorgimenti da seguire nel corso dei lavori.

#### *Protezione degli elementi arborei-arbustivi*

Di seguito vengono indicati gli accorgimenti da adottare in fase cantiere per evitare danni diretti o indiretti in grado di compromettere l'integrità fisica o lo sviluppo delle piante. In particolare dovranno essere evitate le seguenti azioni:

- versamento di sostanze fitotossiche (sali, acidi, olii, ecc.) nelle aree di pertinenza delle piante (in particolare si devono evitare gli spargimenti di acque di lavaggio di betoniere);
- la combustione di sostanze di qualsiasi natura all'interno delle aree di pertinenza delle alberature;
- l'impermeabilizzazione, anche temporanea, dell'area di pertinenza delle piante;
- l'affissione diretta alle alberature, con chiodi, filo di ferro o materiale non estensibile, di cartelli e simili;
- il riporto, nelle aree di pertinenza delle piante, di ricarichi superficiali di terreno o qualsivoglia materiale, tale da comportare l'interramento del colletto;
- l'asporto del terreno dalle aree di pertinenza degli alberi;
- il deposito di materiali nelle aree di pertinenza degli alberi.
- Le aree di pertinenza degli elementi arborei devono essere calcolate considerando lo sviluppo dell'apparato aereo e di quello radicale. In linea generale l'area di pertinenza è definita dalla circonferenza tracciata sul terreno avente come centro il centro del fusto dell'albero, secondo la seguente articolazione:
- per piante di terza grandezza (altezza < 12 m) m 2 di raggio;
- per piante di seconda grandezza (altezza 12-18 m) m 4 di raggio;
- per piante di prima grandezza (altezza > 18 m) m 6 di raggio.

Nel caso di transito di mezzi pesanti all'interno delle aree di pertinenza delle alberature, questa dovrà essere adeguatamente protetta dall'eccessiva costipazione del terreno tramite apposizione di idoneo materiale cuscinetto (vecchi copertoni ricoperti da tavolati).

Inoltre per la difesa dai danni meccanici ai fusti tutti gli alberi dovranno essere protetti mediante tavole di legno alte almeno m. 2, disposte contro il tronco in modo tale che questo sia protetto su tutti i lati. Tale protezione deve prevedere anche l'interposizione di idoneo materiale cuscinetto e deve essere installata evitando di collocare direttamente le tavole sulle sporgenze delle radici e di

inserirli nel tronco chiodi, manufatti in ferro e simili. Rami e branche che interferiscono con la mobilità di cantiere devono essere rialzati o piegati a mezzo di idonee legature protette da materiale cuscinetto. Al termine dei lavori tali dispositivi dovranno essere rimossi.

Infine alla chiusura del cantiere si dovrà provvedere alla decompattazione dei suoli, mediante le lavorazioni agronomiche ed in corrispondenza dei filari alberati verranno ricostruite le pavimentazioni intorno agli alberi adottando soluzioni più favorevoli alla loro crescita.

Per quanto riguarda invece il sollevamento delle polveri, questo potrà essere minimizzato con il costante innaffiamento dei cumuli di terra, degli altri materiali polverosi e delle piste di cantiere.

#### *Accantonamento terreno vegetale per riutilizzo successivo*

Durante la fase di costruzione, lungo tutto il tracciato, si dovrà conservare lo strato superficiale del terreno accantonandolo in un luogo idoneo, possibilmente all'interno delle aree di cantiere al fine di non occupare ulteriori spazi, senza compattarlo e bagnandolo periodicamente.

Gli strati superficiali e fertili rimossi sull'area di cantiere devono essere accantonati durante le fasi di cantiere, quindi protetti dal dilavamento.

I cumuli dovranno avere altezza massima di metri due. Non verrà effettuato alcun compattamento. Viene disposta opportuna protezione superficiale a contrasto dell'erosione superficiale da pioggia battente.

Il suolo dovrà essere riutilizzato per il rivestimento delle scarpate e delle aree di cantiere; il riutilizzo originario consentirà, infatti, di ridurre i tempi di ripresa della vegetazione erbacea, garantendo un migliore ripristino.

Tale accorgimento deve essere adottato ogni qual volta si vengano a creare nuove superfici denudate.

#### *Riduzione delle polveri prodotte dalle attività e dal transito automezzi*

L'accumulo di polveri, sollevate dal transito di automezzi e dalle attività di cantiere, deve essere ridotto attraverso l'innaffiamento periodico delle strade in terra battuta e dei cumuli di terra e la copertura dei mezzi di cantiere destinati al trasporto dei materiali con teli aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e resistenza allo strappo, nonché il loro lavaggio giornaliero nell'apposita platea situata nei cantieri.

### **3.4.5 Rumore**

#### *3.4.5.1 Metodologia e criteri di valutazione*

Le valutazioni previsionali dell'impatto in corso d'opera sono state eseguite nei cantieri lungo linea per l'adeguamento dell'asse attrezzato ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850 della Nuova SS554 "Cagliaritano".

Le informazioni di natura topografica sono state estrapolate dalla cartografia del progetto in scala 1:1.000 e sono state integrate con sopralluoghi in campo.

L'art. 3, comma 3 del DPCM 14/11/97 «Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore» prevede che all'interno della fascia di pertinenza stradale l'insieme delle sorgenti sonore (con l'esclusione di quella stradale) rispettino i limiti assoluti di immissione.

Il tratto di progetto risulta ubicato nei Comuni di Cagliari, Selargius, Monserrato, Quartucciu, Quartu S. Elena.

I Comuni sopra elencati hanno adottato un piano di zonizzazione acustica.

Pertanto per la trattazione del rumore indotto dalle lavorazioni di cantiere, si sono adottati come limiti di immissione in facciata degli edifici i livelli di 50 dB(A) diurni, validi per la classe I, di 55 dB(A) diurni, validi per la classe II, di 60 dB(A) diurni, validi per la classe III, di 65 dB(A) diurni, validi per la classe IV e di 70 dB(A) diurni, validi per la classe V e VI. Per i ricettori particolarmente sensibili sono stati adottati i limiti di 50 dB(A) diurni. Le zonizzazioni acustiche sono riportate nell'elaborato DPCA06-D-1501-T00-

IA-03-AMB-PP-10-11A. Sono stati altresì considerati ricettori particolarmente sensibili appartenenti alla prima classe: le scuole, gli ospedali, le case di cura. I livelli notturni non sono stati presi in considerazione in quanto non avverranno lavorazioni di notte, se non sporadicamente e di durata pressoché irrilevante. È stato inoltre verificato il criterio differenziale come previsto dall'art. 4 del DPCM 14/11/97.

#### *3.4.5.2 Modello previsionale*

Le previsioni dell'impatto indotto dalle fasi di cantiere sono state definite con l'utilizzo del software di simulazione Soundplan, rel. 7.1; si rimanda ai par. 9.4 per la descrizione delle caratteristiche del modello.

I dati di input del modello utilizzati per le simulazioni degli impatti di cantiere sono i seguenti:

- Ordine delle riflessioni da considerare pari a 3
- Massimo raggio di ricerca pari a 1000 m
- Massima distanza per riflessione da ricettore pari a 200 m
- Massima distanza per riflessione da sorgente pari a 50 m
- Coefficiente assorbimento terreno (ground factor) = 0,5
- condizioni meteo favorevoli alla propagazione del suono: 25% periodo diurno, 50% periodo notturno.

#### *3.4.5.3 Caratteristiche delle aree di cantiere e delle lavorazioni previste*

Come previsto negli elaborati di progetto, cui si rimanda per gli approfondimenti, sono previsti cantieri lineari per la le lavorazioni "lungo tratta", e 6 aree per i cantieri fissi, tutte poste a ridosso dell'attuale tracciato della SS 554, tra la progressiva 2+150 sino allo svincolo con la SS 125, individuabili planimetricamente nell'elaborato grafico *Rumore e vibrazioni - Fase di cantiere* (scala 1:5.000), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-22-23 e di seguito elencate.

- Cantiere Principale C1 - Campo Base/Logistica, Deposito Terre, Deposito Mezzi e macchinari.
- Cantiere Principale C2 - Deposito Terre, Logistica, Deposito Mezzi e macchinari, Impianto di betonaggio
- Cantiere Principale C3 - Deposito Terre, Logistica, Deposito Mezzi e macchinari
- Cantiere Principale C4 - Deposito Terre, Logistica, Deposito Mezzi e macchinari.
- Cantiere Principale C5 - Deposito Terre, Logistica, Deposito Mezzi e macchinari, Impianto di betonaggio
- Cantiere Principale C6 - Deposito Terre, Campo Base/Logistica, Deposito Mezzi e macchinari

Per quanto concerne i cantieri fronte lavori sono di seguito riportate le principali caratteristiche degli interventi da realizzare.

#### **Fasi di realizzazione**

##### Realizzazione rilevato:

- Sbancamento
- Formazione cassonetto
- Strato anticapillare
- Corpo del rilevato
- Pavimentazione stradale

La realizzazione della trincea può essere cautelativamente accomunata alla realizzazione del rilevato dal punto di vista del rumore derivante dai lavori di cantiere, in quanto le emissioni sonore sono praticamente le medesime ma, nel caso della trincea, sono schermate dal terreno stesso con il procedere dello scavo.

Realizzazione viadotto

- Sbancamento e realizzazione del piano di posa
- Realizzazione pali
- Realizzazione fondazioni
- Realizzazione pile e pulvini
- Realizzazione impalcato

Nella tratta in studio è prevista la realizzazione/adequamento dei seguenti ponti e viadotti:

- N.2 nuove opere di scavalco Svincolo a quadrifoglio con la SS 131 dir. esistente
- nuovo cavalcavia Svincolo Baracca Manna su Pezzu Mannu
- viadotto su Rotatoria Monserrato
- viadotto su Rotatoria Selargius Ovest (Via P. Nenni)
- viadotto su Rotatoria Selargius Centro (Via Torrente)
- viadotto su Rotatoria Selargius Est (Via Roma)
- viadotto su Rotatoria Quartucciu
- nuovo cavalcavia su SS554 Svincolo SS 125.

3.4.5.4 *Programma di costruzione*

Il programma di lavoro è basato sul seguente orario lavorativo:

- Orario giornaliero dalle 7 alle 17 per 10 ore lavorative

Non si prevedono lavorazioni notturne, se non limitatamente ad attività eccezionali e di breve durata (dell'ordine di poche ore totali) e pertanto trascurabili.

3.4.5.5 *Qualificazione dell'ambiente*

Al fine di acquisire informazioni sulle caratteristiche emissive delle macchine operatrici è stata effettuata un'apposita indagine presso le imprese specialistiche del settore, che hanno reso disponibili le potenze sonore ed i rilievi effettuati sui macchinari utilizzati per tali lavori.

Individuate le emissioni si sono potute selezionare le lavorazioni più significative in relazione all'impatto acustico, alla percentuale di utilizzo delle macchine ed alla durata della lavorazione.

Si riportano negli specchi riassuntivi seguenti i dati di input degli scenari di simulazione relativi alle fasi di realizzazione del rilevato e del viadotto.

**SCENARI DI SIMULAZIONE RILEVATO**

Lavorazione: **SBANCAMENTO E FORMAZIONE CASSONETTO**

Coefficiente di durata: **25 %**

Tipo di Macchina	Pot. Sonora Lw dB(A)	Numero macchine	Utilizzo percentuale %	Lw reali dB(A)
Escavatore gommato	101	1	100,0	101,0
Pala gommata	106	1	100,0	106,0
Grader (Motolivellatrici)	109	1	37,5	104,7
Rulli compressori	108	1	45,0	104,5

Lavorazione: **FORMAZIONE RILEVATO**

Coefficiente di durata: **50 %**

Tipo di Macchina	Pot. Sonora Lw dB(A)	Numero macchine	Utilizzo percentuale %	Lw reali dB(A)
Escavatore gommato	101	1	100,0	101,0
Pala gommata	106	1	100,0	106,0
Grader (Motolivellatrici)	109	1	62,5	107,0
Rulli compressori	108	1	75,0	106,8

Lavorazione: **REALIZZAZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE**

Coefficiente di durata: **25 %**

Tipo di Macchina	Pot. Sonora Lw dB(A)	Numero macchine	Utilizzo percentuale %	Lw reali dB(A)
Rulli compressori	108	1	100,0	108,0
Pala gommata	106	1	100,0	106,0
Finitrice	108	1	50,0	105,0

- realizzazione rilevato/trincea;
- realizzazione viadotto.

La simulazione dei livelli indotti per lo scenario di realizzazione rilevato è riportata nella tabella sottostante.

**SCENARI DI SIMULAZIONE VIADOTTO**

Lavorazione: **SBANCAMENTO E FORMAZIONE PIANO DI POSA**

Coefficiente di durata: **10 %**

Tipo di Macchina	Pot. Sonora Lw dB(A)	Numero macchine	Utilizzo percentuale %	Lw reali dB(A)
Escavatore gommato	101	1	100,0	101,0
Pala gommata	106	1	100,0	106,0

Lavorazione: **REALIZZAZIONE FONDAZIONI PROFONDE E SUPERFICIALI, PILE E PULVINI**

Coefficiente di durata: **45 %**

Tipo di Macchina	Pot. Sonora Lw dB(A)	Numero macchine	Utilizzo percentuale %	Lw reali dB(A)
Autobetoniera	100	2	200,0	103,0
Autogru	107	2	100,0	107,0
Palificatrice	110	1	45,0	106,5
Autopompa	105	2	200,0	108,0

Lavorazione: **REALIZZAZIONE IMPALCATO**

Coefficiente di durata: **45 %**

Tipo di Macchina	Pot. Sonora Lw dB(A)	Numero macchine	Utilizzo percentuale %	Lw reali dB(A)
Autogru	107,0	2	200,0	110,0

Definito il clima acustico ante opera<sup>2</sup> (vedi paragrafo 4), si è provveduto alla simulazione dei livelli indotti in corso d'opera presso i ricettori per distanze crescenti dal cantiere.

Sono stati presi in considerazione i due scenari:

<sup>2</sup> E' possibile assimilare il clima acustico residuo in corrispondenza dei ricettori durante la fase di realizzazione dell'opera, salvo lievi variazioni dovute alla riduzione della carreggiata (le lavorazioni per la realizzazione dell'infrastruttura stradale avverranno "sotto traffico"), al clima acustico ante-opera riportato nell'Allegato 2, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-RE-03-A

Distanza da asse tracciato (m)	Leq sbancamento e formazione cassonetto dB (A)	Leq formazione rilevato dB(A)	Leq formazione pavimentazione stradale dB (A)
30	65,8	67,7	66,7
40	62,4	64,4	63,4
50	60,7	62,3	61,3
60	59,7	61,4	60,3
70	58,2	59,7	59,1
80	57,1	58,7	58,2
90	56,3	58,0	57,3
100	55,2	56,8	56,1
150	51,0	52,6	52,6
200	47,9	49,4	49,8
250	43,4	44,4	46,6
300	37,3	41,9	45,0

Tabella 7 – Livelli sonori fase di costruzione – realizzazione rilevato.

I livelli sonori maggiori si riferiscono alla costipazione dei materiali durante la formazione del rilevato e della formazione della pavimentazione stradale. Calcolando il valore medio assumendo come peso la durata di ogni singola lavorazione si ottiene quanto riportato nella tabella seguente

Distanza da asse tracciato (m)	Leq cantiere dB (A)
30	67,0
40	63,7
50	61,7
60	60,8
70	59,2
80	58,2
90	57,4
100	56,3
150	52,3
200	49,2
250	44,9
300	42,3

Tabella 8 - Livelli sonori fase di costruzione – realizzazione rilevato



Le aree dei cantieri fissi sono state cautelativamente studiate alla stregua dei cantieri fronte lavori per la lavorazione del rilevato, in quanto le macchine presenti all'interno dell'area di cantiere sono le stesse, anche se maggiormente distanti dalla recinzione. Per i cantieri del viadotto si ottiene:

Distanza da asse tracciato (m)	Leq sbancamento e formazione piano di posa dB (A)	Leq realizzazione fondazioni profonde e superficiali, pile e pulvino dB(A)	Leq realizzazione impalcato dB (A)
20	67,1	73,1	69,9
30	62,6	68,3	65,2
40	59,4	65,3	62,0
50	58,0	62,9	60,1
60	57,0	61,6	59,1
70	55,6	60,7	57,9
80	54,8	59,5	57,0
90	54,0	58,9	56,1
100	53,2	57,6	55,1
150	48,9	53,1	51,6
200	45,5	49,5	48,7
250	40,7	46,4	45,2
300	33,8	43,2	43,5

Tabella 9 - Livelli sonori cantiere – realizzazione viadotto

I livelli sonori maggiori si riferiscono alla realizzazione dei pali delle fondazioni. I cantieri per la realizzazione degli attraversamenti (sovrappassi e sottopassi) e dei ponti sono trattati alla stregua di quelli per la lavorazione del viadotto, considerate le analogie delle modalità operative. Calcolando il valore medio assumendo come peso la durata di ogni singola lavorazione si ottiene:

Distanza da asse tracciato (m)	Leq cantiere dB (A)
20	71,5
30	66,7
40	63,7
50	61,5
60	60,3
70	59,2
80	58,2
90	57,5
100	56,3
150	52,2
200	48,8
250	45,5
300	43,0

Tabella 10 - Livelli sonori fase di costruzione – realizzazione viadotto

Nella tabella sottostante si riporta una valutazione della distanza minima dall'area operativa per la realizzazione del rilevato o del viadotto per rientrare nel limite di norma in funzione della classe acustica di appartenenza del territorio.

Classe acustica	Distanza minima dall'asse del tracciato (realizzazione rilevato) per rientrare nei limiti normativi	Distanza minima dall'asse del tracciato (realizzazione viadotto) per rientrare nei limiti normativi
Classe I	190 metri	180 metri
Classe II	110 metri	110 metri
Classe III	65 metri	60 metri
Classe IV	35 metri	35 metri
Classi V, VI	25 metri	25 metri

Tabella 11 - Definizione delle aree critiche

#### IMPIANTI

Le emissioni sonore più importanti degli impianti fissi si localizzano in corrispondenza degli impianti di betonaggio per la confezione del calcestruzzo che sono ubicati il primo all'interno del cantiere C2 e il secondo all'interno del C5.

Sono stati quindi calcolati i livelli di rumore sviluppati dai suddetti impianti.

#### SCENARI DI SIMULAZIONE IMPIANTO DI BETONAGGIO

Lavorazione: IMPIANTO DI BETONAGGIO				
Coefficiente di durata: 100 %				
Tipo di Macchina	Pot. Sonora Lw dB(A)	Numero macchine	Utilizzo percentuale %	Lw reali dB(A)
Impianto di betonaggio	117,6 <sup>3</sup>	1	60,0	115,4

La simulazione dei livelli indotti per l'impianto di betonaggio è riportata nella tabella 1.6 sottostante.

Distanza dall'impianto (m)	Leq Betonaggio dB (A)
10	87,4
20	80,5
30	75,0
40	71,2
50	68,5
60	66,3
70	64,7
80	62,9

<sup>3</sup> L'informazione sulle caratteristiche emissive degli impianti sono state acquisite mediante apposita indagine presso le aziende produttrici di tali impianti.

Distanza dall'impianto (m)	Leq Betonaggio dB (A)
90	62,1
100	60,7
150	56,5
200	53,6
250	51,1
300	49,9

Tabella 12 - Livelli sonori impianto di betonaggio

Infine, dai risultati delle elaborazioni effettuate, si è potuto definire quanto riportato nella tabella seguente, ove vengono riportate le distanze minime dei ricettori dall'impianto per rientrare nei limiti normativi in funzione della zona.

Classe acustica	Distanza minima dall'asse del tracciato (impianto di betonaggio) per rientrare nei limiti normativi
Classe I	300 metri
Classe II	170 metri
Classe III	100 metri
Classe IV	70 metri
Classi V, VI	45 metri

Tabella 13 - Definizione delle aree critiche cantiere di betonaggio

#### 3.4.5.6 Interventi di mitigazione

Alla luce di quanto sopra esposto sono stati individuati una serie di ricettori soggetti ad eccedenze dai limiti di norma, individuati nell'elaborato grafico planimetrico "Rumore e vibrazioni fase di cantiere - scala 1:5.000", cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-22-23

Per i ricettori isolati e sparsi lungo il tracciato, presso cui si rilevano livelli sonori eccedenti i limiti di norma, si potrà richiedere ai Comuni di appartenenza una deroga temporanea dai limiti normativi, come previsto dalla Legge Quadro, per la durata dei lavori. Tale soluzione è prevista per i cantieri fronte avanzamento lavori, in cui il disturbo avrà una durata limitata.

Ove l'opera lambisce nuclei residenziali si prevede l'installazione di barriere metalliche fonoassorbenti provvisorie mobili di altezza pari a 3 metri (montata su new jersey) per la durata delle lavorazioni nelle tratte indicate. Tali barriere saranno rilocate nelle varie postazioni, secondo quanto previsto dal cronoprogramma dei lavori.

Per quanto riguarda il rumore prodotto dai cantieri fissi, dalle simulazioni effettuate risulta che per il cantiere C2 (progr. km 4+500), ove è presente l'impianto di betonaggio, sarà necessario porre in opera un intervento di mitigazione (barriera antirumore metallica fonoassorbente di altezza pari a 4 metri montata su new jersey lungo tutta la recinzione di cantiere) a protezione dei ricettori n.092068-FV-00239, 092068FV00057, 092068FV00055 e 092009-FV-00082 (appartenenti i primi tre alla classe acustica III e l'ultimo alla classe II) cui si prevedono eccedenze dai limiti di norma, mentre per l'area del cantiere C1 (prog. 2+200), risultano necessarie barriere antirumore metalliche fonoassorbenti di altezza pari a 4 metri montate su new jersey, una lungo la recinzione lato Ovest, a protezione del ricettore Centro di Assistenza Multicanale di Cagliari (classe acustica II).

Di seguito si riportano le tabelle in cui sono indicate per singolo lotto la lunghezza complessiva delle barriere mobili lungo il fronte lavori e quelle dei cantieri fissi.

#### Lunghezza barriere fronte lavori

Lotto	H=3m (m)
1	3120
2	1320

**Somma Totale 4440 m**

#### Lunghezza barriere cantieri fissi e impianto betonaggio

Lotto - Ubicazione	H=4m (m)
Lotto 1 Cantiere C1	274
Lotto 1 Cantiere C2	529

**Somma Totale 803 m**

Per gli altri cantieri fissi, a causa della distanza che intercorre fra la recinzione di cantiere ed i più vicini ricettori presenti, non si verificheranno eccedenze dai limiti di norma.

In merito ai valori del livello differenziale si evidenzia che in termini di livello sonoro ambientale, dato il livello sonoro residuo indotto dalla SS 554<sup>4</sup>, il contributo dei cantieri comporta innalzamenti dei livelli sonori contenuti.

### 3.4.6 Vibrazioni

#### 3.4.6.1 Premessa

Le vibrazioni indotte da traffico gommato su infrastrutture viarie di nuova realizzazione, e pertanto prive di disconnessioni (in particolar modo se non in ambito urbano dove possono essere presenti caditoie o tombini), non sono significative (un ordine di grandezza inferiore ai limiti di norma); basta provvedere alla normale manutenzione. Pertanto non verrà analizzata la componente in fase di esercizio.

Lo studio descritto nella presente sezione ha per scopo l'illustrazione dei metodi adottati per la previsione dei livelli vibrazionali indotti durante la fase di costruzione delle opere. Tali livelli vengono confrontati con i limiti di normativa per ciò che riguarda l'effetto delle vibrazioni sugli individui e sulle strutture.

Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione ha impiegato congiuntamente misure sperimentali e simulazioni numeriche. A partire dagli spettri di emissione dei principali macchinari di cantiere sono state eseguite delle simulazioni numeriche volte a definire l'effetto di tali macchinari in corrispondenza di ricettori (persone o edifici) posti nell'intorno del cantiere.

<sup>4</sup> Le lavorazioni per la realizzazione dell'infrastruttura stradale avverranno "sotto traffico".

### 3.4.6.2 Normativa di riferimento

- ISO 2631, Mechanical vibration and shock evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements, 1997.
- ISO 2631, Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 2: Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz), 1989.
- ISO 2631, Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 3: Evaluation of exposure to whole-body vibration in the frequency range 0.1 to 0.63 Hz, 1985.
- ISO 4866, Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings, 1990.
- ISO 4866, Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings, Amendment 1, Predicting natural frequencies and damping of buildings.
- ISO 1683, Acoustics – Preferred reference quantities for acoustic levels, 1983.
- UNI 9916, Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, 1990.
- UNI 9614, Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo, 1990.
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 1: Principles, predetermination and measurement of the amplitude of oscillations, 1975.
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 2: Influence on persons in buildings, 1975.
- DIN 4150, Vibrations in building. Part 3: Influence on constructions, 1975.
- CEI 29-1 Misuratori di livello sonoro (conforme alla pubblicazione IEC 651), 1983.

### 3.4.6.3 Valutazione dell'impatto vibrazionale generato dalle attività di costruzione

#### Grandezze e convenzioni adottate

La grandezza primaria per la valutazione degli effetti delle vibrazioni sulle persone è il livello di accelerazione espresso in dB come:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0}$$

dove  $a = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T [a(t)]^2 dt \right]^{0.5}$  è il valore RMS (*Root-Mean-Square*) dell'accelerazione e  $a_0$  è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a  $10^{-6} \text{ m/s}^2$  (ISO1683).

Gli spettri di vibrazione, nel campo di frequenze da 1 a 80 Hz, vengono rappresentati per terzi di ottava, con i valori centrali di ottava indicati nella seguente tabella:

Numero di banda di frequenza	Frequenza centrale [Hz]	Numero di banda di frequenza	Frequenza centrale [Hz]
0	1	10	10
1	1.25	11	12.5
2	1.6	12	16
3	2	13	20
4	2.5	14	25
5	3.15	15	31.5
6	4	16	40
7	5	17	50

Numero di banda di frequenza	Frequenza centrale [Hz]	Numero di banda di frequenza	Frequenza centrale [Hz]
8	6.3	18	63
9	8	19	80

L'attenuazione  $A$  del livello di vibrazione tra due punti A e B viene espressa come:

$$A = L_A - L_B$$

dove  $L_A$  e  $L_B$  sono rispettivamente i livelli di vibrazione, espressi in dB, valutati nei punti A e B. Attenuazioni negative si devono intendere come amplificazioni del segnale.

Al fine di valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici la grandezza utilizzata dalla normativa (DIN 4150, ISO 4866, UNI 9916) è invece la velocità di picco, definita in termini di spettro al variare della frequenza.

#### Metodo seguito per la valutazione dell'impatto vibrazionale

La valutazione dei livelli vibrazionali indotti ai ricettori dalle attività di cantiere richiede la definizione di:

- Una serie di scenari di cantiere rappresentativi delle lavorazioni più impattanti dal punto di vista vibrazionale e relativo inventario dei macchinari;
- Uno spettro di emissione di ciascun macchinario di cantiere rappresentativo della variazione in frequenza dell'accelerazione indotta nel terreno ad una distanza di riferimento (problema sorgente);
- Una funzione di trasferimento che esprima, al variare della frequenza, il rapporto tra l'ampiezza di vibrazione al piede del ricettore in condizioni di campo libero e l'ampiezza dello spettro di accelerazione alla sorgente per ciascun macchinario (problema di propagazione);
- Una legge di combinazione degli spettri di accelerazione indotti al ricettore in condizioni di campo libero dai macchinari presenti nei vari scenari di cantiere ipotizzati.

Un'ipotesi sulla presa in conto dell'effetto della struttura degli edifici sul campo vibratorio determinato in condizioni di campo libero.

#### Scenari di cantiere

In relazione alle attività di cantiere previste per la realizzazione dell'opera in esame, sono stati individuati tre scenari di cantiere maggiormente significativi per il loro impatto in termini di vibrazioni sull'ambiente circostante. Tali scenari corrispondono alla realizzazione delle seguenti attività:

- realizzazione rilevati
- realizzazione trincee
- realizzazione viadotti

Nella tabella seguente sono presentate le ipotesi prese a base delle elaborazioni.

Scenario No.	Descrizione attività cantiere	Macchinari presenti
1	Realizzazione rilevato	Autocarri Escavatore Dozer rullo vibrante
2	Realizzazione trincea	Autocarri Escavatore Dozer Rullo vibrante
3	Realizzazione viadotto (Opere di attraversamento)	Autocarri Palificatrice Autobetoniere Escavatore Autogrù

Tabella 14 - Scenari di cantiere analizzati.

Si sono considerate come sorgenti di vibrazioni le macchine operatrici mobili all'interno del cantiere. Si ritiene invece che gli impatti indotti dai macchinari fissi risultino meno significativi, in quanto possono essere prevenuti attraverso adeguati sistemi di smorzamento; inoltre la collocazione degli impianti viene studiata in modo che essi siano il più possibile lontani dai ricettori.

#### 3.4.6.4 Spettri di emissione dei singoli macchinari

La valutazione dei livelli vibrazionali indotti ai ricettori dai macchinari, è stata condotta a partire dalla conoscenza degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere rilevati sperimentalmente in studi analoghi. Tali spettri, misurati ad una distanza di 5m dalla sorgente vibratoria, sono stati riportati nella figura seguente.

Essi sono riferiti alla *componente verticale* dei seguenti macchinari:

- martello idraulico: Hitachi H50 (FH450LCH.3);
- escavatore cingolato: Fiat/Hitachi – Mod. FH 300 (in fase di scavo e carico autocarro);
- autocarro: Mercedes Benz 2629;
- dozer: Fiat/Hitachi – Mod. FD 175;
- rullo: Dynapac – FD 25
- Idrofresa: Rodio Hydromill

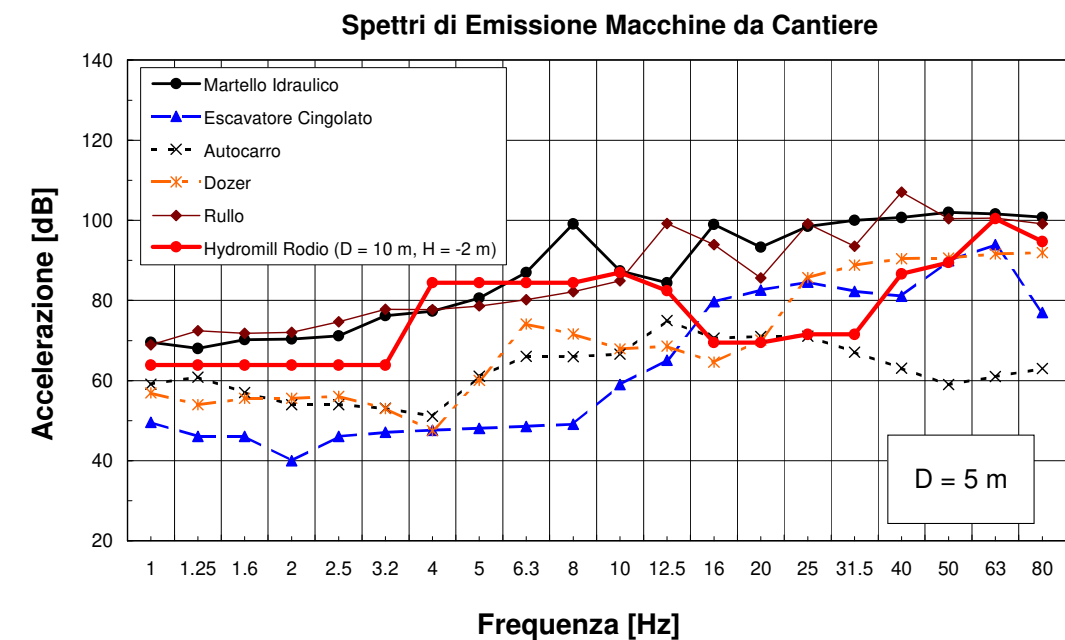


Figura 14 - Spettri di sorgente sperimentali dei macchinari da cantiere, misurati a 5 m di distanza dalla sorgente.

Come si evince dalla figura, il martello idraulico e il rullo compressore utilizzato nella realizzazione del rilevato, risultano i macchinari più impattanti dal punto di vista della propagazione di vibrazioni.

Per la palificatrice, impiegata per la realizzazione delle fondazioni delle pile dei viadotti, in mancanza di misure dirette, si è proceduto assimilando cautelativamente lo spettro di emissione a quello del martello idraulico.

Poiché gli spettri di sorgente sono noti solamente per quel che concerne la componente verticale, la componente orizzontale del campo di vibrazione è stata stimata assumendola, ad ogni frequenza, pari a 2/3 la componente verticale. Tale assunzione del rapporto tra le due componenti deriva dall'ipotesi di considerare il campo vibratorio costituito prevalentemente dalle onde di Rayleigh per le quali l'orbita descritta in superficie dalle particelle di terreno è un'ellisse retrograda il cui rapporto tra gli assi maggiore e minore è pari in un mezzo omogeneo a 1.5.

#### 3.4.6.5 Caratterizzazione litologica del tracciato

Per ciò che concerne le differenti litologie affioranti che si incontrano lungo l'asse del tracciato in progetto, si riscontra che lo stesso si sviluppa in generale su un'alternanza di depositi alluvionali, eccezion fatta per brevi tratte di formazioni di arenarie nella parte iniziale fino al km 1+800.

#### 3.4.6.6 Livelli di vibrazione risultanti ai ricettori

L'attenuazione di un campo vibrazionale con la distanza da una sorgente vibratoria, sia essa posta in superficie oppure all'interno di un mezzo, è principalmente funzione dell'effetto combinato di due fenomeni:

- *l'attenuazione geometrica*, legata al fenomeno di propagazione dell'energia vibratoria entro volumi di terreno crescenti con la distanza dalla sorgente. In un mezzo omogeneo essa è legata sia alla geometria della sorgente (puntuale, lineare, etc.), sia alle caratteristiche del dominio sede dei fenomeni propagatori (presenza di frontiere, discontinuità, etc.).

L'attenuazione geometrica dipende poi dal particolare tipo di campo vibratorio studiato e si manifesta per esempio in modo diverso per le onde di volume rispetto alle onde di superficie o di interfaccia.

- *l'attenuazione materiale del mezzo*, legata alle caratteristiche dissipative del mezzo all'interno del quale avviene la propagazione di energia vibratoria, in questo caso il deposito di terreno. L'attenuazione materiale del mezzo è un fenomeno complesso risultante dalla interazione di diversi meccanismi, tra cui quelli ritenuti più importanti sono le perdite di energia di natura viscosa, per attrito tra le particelle di terreno e le dissipazioni dovute al movimento relativo tra fasi solida e fluida del terreno.

Il modello numerico messo a punto per la previsione dei livelli vibrazionali in campo libero (free-field) richiede la definizione delle caratteristiche di deformabilità e dissipative del mezzo attraverso cui le vibrazioni si trasmettono.

Tali parametri sono stati definiti sulla base della caratterizzazione geotecnica disponibile lungo il tracciato redatta sulla base delle informazioni desunte dalle indagini geognostiche.

### 3.4.6.7 Modello previsionale

Il livello di vibrazione in corrispondenza di un ricettore ad una distanza "x" dal fronte lavori è pari al livello alla distanza di riferimento "x0", diminuito della somma delle attenuazioni che si verificano nel terreno tra x0 e x:

$$L(x) = L(x_0) - \sum_i A_i$$

Il livello di base L(x0) è generalmente ricavato da misure sperimentali svolte in adiacenza ai fronti di lavoro a distanze comprese tra 5 m e 25 m.

### 3.4.6.8 Attenuazione geometrica

L'attenuazione geometrica per una sorgente di emissione si esprime come:

$$A_g = 20 \cdot \log_{10}((d+d_0)/d) \cdot n$$

dove:

- d+d0 : distanza dall'asse della macchina operatrice
- d0 : distanza di riferimento
- n=0.5 per galleria, n=1 per tracciato di superficie

### 3.4.6.9 Attenuazione del terreno

L'analisi delle caratteristiche geolitologiche degli strati superficiali del terreno è finalizzata al riconoscimento dei parametri correlabili alla propagazione delle vibrazioni nel terreno. Le caratteristiche di propagazione delle vibrazioni nel terreno dipendono da:

- densità del mezzo;
- velocità di propagazione delle onde longitudinali, che è correlabile attraverso il coefficiente di Poisson alla velocità di propagazione delle onde di compressione;
- fattore di perdita.

I valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita, noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo, sono riassunti in Tabella seguente.

Tipo di terreno	Densità	Velocità di propagazione	Fattore di perdita
-----------------	---------	--------------------------	--------------------

	[T/m <sup>3</sup> ]	[m/s]	$\eta$
Roccia compatta	2.65	3500	0.01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1.6	600	0.1
Argilla, terreni argillosi	1.7	1500	0.2÷0.5

L'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno viene calcolata con la formula:

$$A_t = 4,34 \cdot \Omega \cdot \eta \cdot x/c$$

dove:

x : distanza dalla macchina operatrice

$\Omega$  : frequenza [rad.s<sup>-1</sup>]

$\eta$  : coeffic. di assorbimento del terreno (fattore di perdita)

c =  $\sqrt{E/d}$

c : velocità di propagazione dell'onda longitudinale nel terreno

E: modulo elastico

d : densità del terreno.

### 3.4.6.10 Attenuazione dovuta alle discontinuità del terreno

L'attenuazione dovuta alle discontinuità del terreno può essere considerata in modo semplificato ammettendo che l'onda di compressione si sposti dal suolo "a" al suolo "c" e che incida perpendicolarmente alla superficie di separazione dei due mezzi:

$$A_i = 20 \cdot \log_{10}[(1 + d_c \cdot c_c / d_a \cdot c_a) / 2]$$

dove:

d<sub>c</sub>, d<sub>a</sub> = densità dei suoli "c" e "a"

c<sub>c</sub>, c<sub>a</sub> = velocità di propagazione nei suoli "c" e "a"

### 3.4.6.11 Propagazione nelle strutture edilizie

La propagazione delle vibrazioni negli edifici e la risposta di pareti e solai dipende dalle caratteristiche costruttive dell'edificio. Al fine delle valutazioni è importante separare due aspetti fondamentali del fenomeno:

- l'interazione suolo-fondazioni
- la propagazione nel corpo dell'edificio

Il primo aspetto è legato al fatto che la mancanza di solidarietà all'interfaccia terreno-struttura dà luogo a fenomeni dissipativi, configurandosi come un fenomeno favorevole. Detto fenomeno è perciò condizionato dalla tipologia delle fondazioni (fondazioni a platea, fondazioni su plinti isolati, pali di fondazioni, ecc.).

Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente di zero dB alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della fondazione.

Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per gli abitanti sia per le strutture in quanto i pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni.

In molti casi la risonanza delle strutture orizzontali può causare un'amplificazione delle vibrazioni nel campo di frequenze comprese tra 10 e 30 Hz. I problemi maggiori si verificano quando la frequenza di risonanza dei solai coincide con la frequenza di picco dello spettro di vibrazione del terreno.

### 3.4.6.12 Accoppiamento terreno-edificio

La differenza tra il livello di vibrazione del terreno e quello delle strutture di fondazione è detta attenuazione per perdita di accoppiamento (coupling loss).

La Tabella 3.2 fornisce i valori sperimentali medi della perdita di accoppiamento in funzione della frequenza per fondazioni su pali nel terreno o su plinti di edifici in muratura, con o senza intelaiatura.

Per fondazioni a platea generale dato che la vibrazione della stessa può essere considerata simile a quella che si verificherebbe nel terreno senza la presenza della platea, la perdita di accoppiamento è zero alle basse frequenze fino alla frequenza di risonanza della platea.

Edificio Perdita di Accoppiamento [dB]	FREQUENZA C.B. 1/3 OTTAVA [HZ]														
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Edifici in muratura su pali nel terreno	5.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10	11	12	13	14	14.5	14.5	15	14
Edifici in muratura	12	13	13.5	14.5	15	15	15	15	14	13	13.5	13	12.5	12	11.5
Edifici con telaio in C.A. e muratura, plinti	10	11	11.5	12.5	13	13	13	13	12.5	12.5	12	11	9.5	8.5	8

Tabella 15 - Accoppiamento terreno-fondazione.

### 3.4.6.13 Attenuazione interpiano all'interno degli edifici

Le caratteristiche strutturali degli edifici che influiscono sulla propagazione delle vibrazioni trasmesse dal terreno alla fondazione vengono considerate composte da due componenti:

- propagazione da piano a piano;
- amplificazione degli orizzontamenti.

Le vibrazioni, prevalentemente verticali, in corrispondenza del sistema di fondazione dell'edificio si propagano verso l'alto con una attenuazione progressiva da piano a piano.

Tale attenuazione è fornita in Tabella 3.3 in funzione della frequenza per altezze di interpiano sino a 3.2 m e per 3 orizzontamenti.

Il primo orizzontamento connota la posizione di minima attenuazione che viene considerata nelle verifiche previsionali.

Piano	SPETTRO DI ATTENUAZIONE PER PROPAGAZIONE DA PIANO A PIANO (RE 10-6 M/S2) [DB] FREQUENZA C.B. 1/3 OTTAVA [HZ]														
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
1° ORIZZONTAMENTO	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-	-	-
2° ORIZZONTAMENTO	-4	-2	-2	-4	-5	-5	-5	-5.5	-6	-6	-6	-6	-	-	-
3° ORIZZONTAMENTO	-6	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7	-7.5	-8	-9	-9	-	-	-

Tabella 16 - Attenuazioni interpiano.

### 3.4.6.14 Amplificazione sui solai all'interno degli edifici

Per ciò che riguarda la propagazione delle vibrazioni nel corpo della struttura i problemi maggiori riguardano i solai: la vibrazione può essere amplificata in corrispondenza della frequenza fondamentale degli orizzontamenti, che dipende dalla luce del solaio e dalla loro tipologia costruttiva. L'amplificazione dei solai spazia in un ambito che va da 5 dB per frequenze proprie di circa 20 Hz a valori limite di 20 dB per frequenze proprie di circa 40 Hz.

Le frequenze proprie degli orizzontamenti più diffusi si situano tra 10 Hz e 20 Hz. La frequenza propria di un solaio si può esprimere come:

$$f_{propria} = \sqrt{k/m}$$

dove "k" viene assunto approssimativamente come la rigidità per carichi concentrati in mezzera ed "m" come la massa della striscia di solaio considerata (il calcolo preciso proviene dalla risoluzione di un integrale di Duhamel). Aggiungendo l'ipotesi di sezione del solaio rettangolare e sostituendo i valori si trova:

$$f_{propria} = \sqrt{(r \cdot E \cdot h^2) / (12 \cdot G \cdot \text{solaio} \cdot L^4)}$$

essendo r un coefficiente che assume valori compresi tra 48 per solai semplicemente appoggiati e 192 per solai perfettamente incastrati, E il modulo di elasticità del materiale, h lo spessore del solaio, G il peso specifico del materiale, L la luce del solaio.

Per controllare l'influenza dei vari parametri si può riscrivere l'equazione nella forma:

$$f_{propria} = \text{cost} \cdot \sqrt{r} \cdot \sqrt{(E/G)} \cdot h/L^2$$

Considerando dei solai classici in laterocemento, tipici delle tipologie costruttive presenti lungo il tracciato oggetto dello studio, si riportano in Tabella 3.4 gli spettri di amplificazione attesi per luci di 4 m e di 5 m. Le curve tabellate indicano che non sono attese amplificazioni per le componenti in frequenza superiori a 50 Hz.

LUCE DEL SOLAIO	SPETTRO DI AMPLIFICAZIONE DEGLI ORIZZONTAMENTI (RE 10-6 M/S2) [DB] FREQUENZA C.B. 1/3 OTTAVA [HZ]														
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
luce da 4 m	1	4.4	16.5	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luce da 5 m	2.5	20	1.2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 17 - Amplificazione solai

Il calcolo dei livelli vibrazionali ai ricettori risultanti dalle configurazioni dei macchinari da cantiere previsti dagli scenari analizzati è stato condotto mediante la procedura seguente: gli spettri delle macchine da cantiere rilevati a 5 m di distanza sono stati assunti come spettri di sorgente. Per tali spettri è stata considerata un'attenuazione stabilita sulla base delle caratteristiche del substrato geologico interessato dal tracciato stradale.

I livelli vibrazionali a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine di cantiere. Come legge di combinazione degli spettri stata adottata la regola SRSS (Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares) che consiste nell'eseguire la radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine.

Infine l'effetto delle strutture è stato stimato ipotizzando fondazioni senza pali e solai e luci standard.

### 3.4.6.15 Verifica rispetto ai valori di normativa

Al fine di valutare l'impatto vibrazionale sull'ambiente circostante conseguente alle attività di cantiere con la definizione di ricettore si intendono:

- la persona all'interno dell'edificio;
- l'edificio stesso.

Nella valutazione degli effetti di disturbo delle vibrazioni sulla persona la normativa di riferimento per la definizione dei livelli massimi ammissibili nelle diverse condizioni è la ISO 2631, recepita in modo sostanziale dalla UNI 9614, qui adottata (tabella 3). I livelli massimi di vibrazione imposti per la limitazione del disturbo sulla persona sono più restrittivi di quelli relativi al danneggiamento degli edifici, riportati nella normativa UNI 9916 (derivata dalla ISO 4866).

### 3.4.6.16 Definizione del tipo di sorgente

Con riferimento alle vigenti normative, le attività di cantiere possono essere definite come *sorgenti di vibrazione intermittente*. Un ricettore adiacente all'area di cantiere è soggetto ad una serie di eventi di breve durata, separati da intervalli in cui la vibrazione ha una ampiezza significativamente più bassa (rumore di fondo).

### 3.4.6.17 Effetti delle vibrazioni sulle persone

La Normativa internazionale ISO2631, indicando come quantità primaria per la misura dell'ampiezza di vibrazione il valore R.M.S. (*Root-Mean-Square*) dell'accelerazione pesata in frequenza attraverso opportuni filtri, fissa i limiti di emissione di vibrazioni sull'individuo tramite *curve base*, definite nell'intervallo di frequenza da 1 a 80 Hz. Tali curve rappresentano i limiti delle ampiezze di vibrazione, considerando l'effetto sulla persona per quanto riguarda il comfort o in genere l'interferenza con le attività umane, in funzione della frequenza. A seconda del luogo in cui si trova l'individuo, della posizione dello stesso o del tipo di edificio, vengono assegnati opportuni moltiplicatori delle curve base riassunti nella tabella seguente gli edifici vengono suddivisi, con un criterio di sensibilità decrescente, nelle seguenti categorie:

- aree di lavoro critiche (camere operatorie ospedaliere durante l'orario di funzionamento, laboratori di precisione);
- aree residenziali;
- uffici;
- officine.

Una ulteriore distinzione viene fatta rispetto a vibrazioni in periodo notturno (dalle 22 alle 7) o diurno (dalle 7 alle 22). Si ottiene così una serie di curve, funzioni della frequenza, che rappresentano il limite di comfort riferito al livello di vibrazione in termini di accelerazione (valore R.M.S.), per diverse condizioni di luogo e ora.

Luogo	Ora	Coefficiente di moltiplicazione
Aree critiche	Giorno e notte	1
Residenziali	Giorno	da 2 a 4
	Notte	1.4
Uffici	Giorno e notte	4
Officine e laboratori	Giorno e notte	8

Tabella 18 - Valore dei moltiplicatori delle curve base per diverse tipologie destinazioni di uso delle aree e periodo della giornata (ISO 2631).

La Normativa UNI 9614 rispetto alla normativa ISO 2631, recepita peraltro in maniera sostanziale, permette di caratterizzare la vibrazione di livello non costante anche attraverso l'espressione del livello di accelerazione in dB:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \frac{a}{a_0} \quad [1.3]$$

dove  $a$  il valore efficace R.M.S. dell'accelerazione sul periodo T di misura, e  $a_0$  il valore di riferimento.

Al fine di valutare l'effetto cumulativo di tutte le componenti di accelerazione per frequenze da 1 a 80, vanno introdotti opportuni filtri di ponderazione che rendano tali componenti equivalenti dal punto di vista della percezione da parte dell'individuo. Il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza  $L_w$  è fornito dalla relazione:

$$L_w = 10 \cdot \left( \text{Log}_{10} \sum_i 10^{L_{i,w}/10} \right) \quad [1.4]$$

dove  $L_{i,w}$  sono i livelli di vibrazione in accelerazione rilevati per terzi di ottava, ponderati in frequenza secondo i filtri in figura seguente.

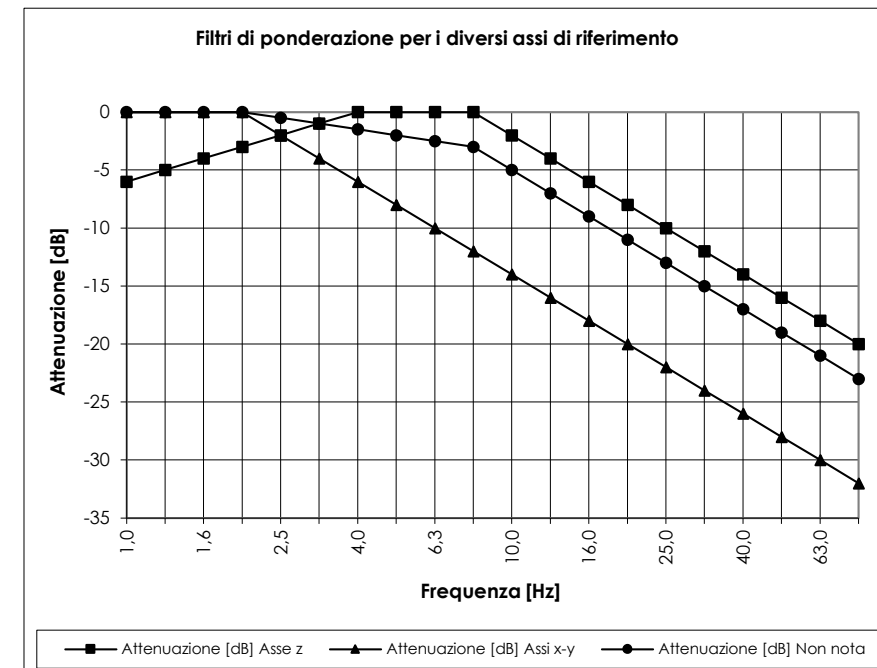


Figura 15- Attenuazione dei filtri di ponderazione per diverse posture dell'individuo (UNI 9614).

Luogo	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	L [dB]
Aree critiche	3.3 * 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni (notte)	5.0*10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni (giorno)	7.2*10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	14.4*10 <sup>-3</sup>	83
Fabbriche	28.8*10 <sup>-3</sup>	89

Tabella 19 - Valori limite di vibrazione relativi al disturbo alle persone (UNI 9614).

### 3.4.6.18 Effetti delle vibrazioni sugli edifici

Il riferimento adottato per la verifica del livello di vibrazione indotto dalle attività di cantiere rispetto ai limiti di danneggiamento delle strutture, è al normativa UNI 9916. Tale normativa recepisce ed è in sostanziale accordo con la normativa internazionale ISO 4866.

In accordo con tali normative, l'effetto della vibrazione sulle strutture viene valutato in termini di velocità di picco (PPV, Peak Particle Velocity), misurata in mm/s. A seconda del tipo di struttura considerato vengono assegnati i valori limite della PPV in funzione della frequenza considerata, secondo quanto riportato nella tabella seguente (valori limite di vibrazione per effetti sugli edifici – UNI 9614).

Categoria	Tipi di strutture	Velocità di vibrazione alla fondazione in mm/s		
		Campi di frequenza [Hz]		
		< 10	10-50	> 50
1	Edifici utilizzati per scopi commerciali, edifici industriali e simili	20	20-40	40-50
2	Edifici residenziali	5	5-15	15-20
3	Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni, non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3-8	8-10

I livelli emissivi, in termini di accelerazione complessiva ponderata secondo gli assi combinati, considerando i filtri di ponderazione, risultano :

Macchina operatrice:	L (dB)
Palificatrice	101.7
Escavatore	80.8
Autocarro	76.6
Dozer	84.0
Idrofresa	92.5
Rullo	98.6

Con tali valori di accelerazione, i livelli di vibrazione attesi durante i lavori di realizzazione della infrastruttura stradale non sono tali da pregiudicare la stabilità degli edifici.

Fenomeni di *annoyance*, tuttavia, possono verificarsi per i residenti degli edifici ubicati in prossimità delle aree di cantiere. Come si evince, il limite normativo UNI 9614 risulta di essere di 77 dB (edifici residenziali - valore diurno), poiché non sono previste lavorazioni di notte se non sporadicamente e di durata pressoché irrilevante. Considerando l'attenuazione del campo vibrazionale stimata sulla base delle caratteristiche del substrato geologico interessato dal tracciato stradale in esame, si ottiene in particolare, per le diverse tipologie di cantiere:

- Cantieri lineari per la realizzazione del rilevato o della trincea: disturbo a distanze inferiori a 25 m dalle macchine operatrici nel caso siano interessati terreni alluvionali.
- Cantieri per la realizzazione dei ponti: disturbo a distanze inferiori ai 35 m dalle macchine operatrici nel caso siano interessati terreni alluvionali.

- Cantieri lineari per la realizzazione del rilevato o della trincea: disturbo a distanze inferiori a 45 m dalle macchine operatrici nel caso siano interessati terreni rocciosi affioranti.
- Cantieri per la realizzazione dei ponti: disturbo a distanze inferiori ai 60 m dalle macchine operatrici nel caso siano interessati terreni rocciosi affioranti.

Da notare che la geometria considerata nei calcoli previsionali, in cui il fronte lavori è a minima distanza dalle fondazioni del singolo edificio, è rappresentativa della condizione di massimo impatto. In fase di allontanamento del fronte lavori i livelli di vibrazione risulteranno pertanto minori di quelli indicati.

Alla luce di quanto sopra esposto si ottengono una serie di edifici (individuati nell'elaborato grafico planimetrico "Rumore e vibrazioni fase di cantiere – scala 1:5.000"), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-22-23 potenzialmente soggetti a fenomeni di disturbo.

Tali fenomeni di disturbo, tuttavia, non sono tali da indurre preoccupazioni: essi sono stati infatti stimati con una modellazione che considera la sorgente di vibrazione costante, mentre in realtà essa risulta mobile ed ha comunque caratteristiche di limitata durata temporale. Durante la realizzazione del rilevato, difatti, la sola operazione che potrebbe dar luogo ad *annoyance*, è la compattazione del terreno per mezzo del rullo vibrante, durante la realizzazione dei ponti la realizzazione dei pali di fondazione delle spalle.

Nel confronto dei risultati delle simulazioni con i limiti di vibrazione definiti dalla norma UNI occorre pertanto tenere presente che questi ultimi si riferiscono al caso di sorgente fissa, e sono quindi necessariamente più restrittivi di quanto la situazione esaminata può richiedere.

Per quel che concerne l'impatto vibrazionale valutato in termini di velocità di vibrazioni, queste sono ovunque basse e comunque tali da non causare danni alle strutture nell'intorno del cantiere, in quanto nettamente inferiori al valore assegnato dalla normativa UNI 9916/ISO 4866 per gli edifici residenziali.

Alla luce delle precedenti considerazioni, e tenuto conto che la trasmissione di vibrazioni al terreno costituisce un effetto collaterale difficilmente riducibile nelle attività di costruzione delle fondazioni profonde, non si ritengono necessarie particolari misure per la mitigazione delle vibrazioni indotte dai macchinari di cantiere. E' comunque prevista l'esecuzione di un monitoraggio in corso d'opera in corrispondenza dei ricettori più prossimi al cantiere al fine di caratterizzare l'emissione vibrazionale dei macchinari effettivamente impiegati ed individuare eventuali misure correttive, che potranno consistere, a seconda dei casi, in procedure operative od in prescrizioni circa i macchinari da impiegare.

### 3.5 Recupero delle aree di cantiere

E' inevitabile, durante la fase di cantiere, la sottrazione di suolo e di vegetazione in eccesso rispetto alla superficie di ingombro della sede stradale. Pertanto al termine dei lavori occorrerà restituire le aree impiegate dalle attività di cantiere (cantiere e piste di cantiere) all'uso agricolo o naturale, corrispondente alla situazione ante operam. Nei casi in cui si prevede di restituire le aree ai conduttori dei fondi o di realizzare interventi di risanamento ambientale, dovranno essere opportunamente trattate al fine di mantenere la capacità produttiva e la qualità dei suoli. Al termine dei lavori del cantiere, le superfici temporaneamente occupate vengono ripulite da qualsiasi rifiuto, da eventuali sversamenti accidentali o dalla presenza di inerti, conglomerati o altri materiali estranei. Verrà posta particolare cura nell'accertarsi che non vi siano rifiuti interrati, relativi a materiali lapidei o altro (cemento e asfalto in particolare). I terreni da restituire all'uso agricolo, eventualmente compattati durante la fase di cantiere, verranno lavorati, concimati, ristratificati con terreno vegetale e seminati. Le lavorazioni riguarderanno profondità progressivamente decrescenti.



Completati i lavori, le aree oggetto di intervento dovranno essere ripristinate mediante lo smontaggio e la rimozione dei prefabbricati, delle reti dei servizi, ecc. salvo diverse disposizioni degli Enti Locali, e/o del Committente.

Pertanto si dovranno:

- rimuovere i residui di materiali o di sfridi dei manufatti demoliti e dei detriti, trasportandoli alle discariche autorizzate.
- ripristinare la morfologia originaria;
- ripristinare l'idrografia superficiale;
- ripristinare l'uso ante-operam del suolo;
- recuperare l'assetto funzionale dell'area relativamente alla viabilità locale e agli accessi viari.

Alcune delle aree di cantiere previste ricadono all'interno delle aree oggetto di sistemazione paesaggistica – come ad esempio l'area ricadente all'interno della trombetta di svincolo con la SS131, per tali ambiti sarà ovviamente applicata la categoria di sistemazione a verde prevista dal progetto degli interventi di inserimento paesaggistico ambientale.

### 3.6 Bilancio dei materiali da costruzione

#### 3.6.1 Scavi e fabbisogni del Lotto I

Si riportano nelle seguenti Tabelle una sintesi dei bilanci suddivisi per i due lotti in cui è articolato l'intervento: i volumi di scavo e fabbisogno vengono riportati considerando opportuni coefficienti di rigonfiamento (per lo scavo) e di compattazione (per il riutilizzo a rilevato), differenziati in base alle caratteristiche dei terreni considerati.

Lotto I	Scavo totale	Rifiuto	Scotico	Asfalto riutilizzato	Fondazione e stradale	Roccia	A3	Alluvioni e coltri	Scavo totale in mucchio senza rifiuto
Coefficiente di rigonfiamento		1,15	1,25	1,15	1,15	1,54	1,19	1,33	
RI01	11.349	1.075	1.565	1.075	2.579	1.415		3.640	13.178
RI02	11.679	1.436	1.980	1.436	3.447			3.381	12.586
RI03	17.941	2.500	2.754	2.500	5.998			4.189	18.787
RI04	32.478	3.729	3.355	3.729	8.949	636		12.081	35.820
RI05	2.258	365	465	365	878			185	2.257
RI06	6.428	1.082	1.669	1.082	2.596				6.315
Viabilità secondarie - AV - CM Complanari e adeguamenti	46.317	1.399	13.799	1.399	3.357			26.364	57.782
SV01 - Svincolo Barracca Manna	13.363	148	6.503	148	2.561			4.003	16.569
SV02 - Svincolo Policlinico / Università	3.213		231					2.982	4.255
SV03 - Svincolo Monserrato	2.711		195					2.516	3.590
SV04 - Svincolo Selargius Ovest	2.262		162					2.100	2.995
SV08 - Adeguamento svincolo SS 131 dir	80.064	3.340	14.492	3.340	9.559	4.933	7.400	36.999	98.561
Viadotto Monserrato	2.606		187					2.419	3.451
Opere d'arte minori (sottovia - ponticelli - opere di sostegno)	16.886		1.212					15.674	22.361

Lotto I	Scavo totale	Rifiuto	Scotico	Asfalto riutilizzato	Fondazione e stradale	Roccia	A3	Alluvioni e coltri	Scavo totale in mucchio senza rifiuto
Coefficiente di rigonfiamento		1,15	1,25	1,15	1,15	1,54	1,19	1,33	
Sistemazione idraulica nuovo canale Is Corrias	113.950		5.150			5.440	2.176	101.184	151.979
Vasche e sistemazioni idrauliche minori	100.950		11.300					89.650	133.360
Tombini	12.905		926					11.979	17.090
Compensazioni e mitigazioni ambientali	2.458		176					2.282	3.255
<b>Totale in banco [mc]</b>	<b>479.819</b>	<b>15.073</b>	<b>66.121</b>	<b>15.073</b>	<b>39.923</b>	<b>12.425</b>	<b>9.576</b>	<b>321.628</b>	<b>-</b>
<b>Totale in mucchio [mc]</b>	<b>-</b>	<b>17.333</b>	<b>82.650</b>	<b>17.333</b>	<b>45.912</b>	<b>19.134</b>	<b>11.395</b>	<b>427.766</b>	<b>604.192</b>

Tabella 20 – Volumi di scavo e fabbisogno terre – Lotto 1

Nel Lotto I è prevista la produzione di circa 480.000 mc in banco di materiale di scavo di cui:

- 15.000 mc in banco provenienti da asfalti non riutilizzabili e allontanati come rifiuti;
- 55.000 mc in banco provenienti da asfalti e fondazioni stradali. Tali volumi verranno riutilizzati nell'ambito della realizzazione dell'intervento in progetto;
- 410.000 mc di terre e rocce da scavo in banco (pari a 541.000 mc in mucchio). Di questo quantitativo:
  - 66.000 mc di terreno di scotico saranno stoccati temporaneamente in cantiere e quindi riutilizzati all'interno del cantiere stesso;
  - 9.500 mc di terreno tipo A3 saranno stoccati temporaneamente in cantiere e quindi riutilizzati all'interno del cantiere stesso per i rilevati;
  - 12.500 mc di roccia, che andranno allontanati dal cantiere poiché non riutilizzabili direttamente all'interno del cantiere stesso per rinterri, se non dopo frantumazione;
  - 322.000 mc di alluvioni e coltri.

Per quanto riguarda invece i fabbisogni del cantiere, i quantitativi relativi ai riporti di ciascuna opera, si sono considerati i volumi geometrici maggiorati del (15%) al fine di tenere conto del successivo effetto di costipazione che verrà conferito al materiale grazie ad appositi macchinari durante la fase di riutilizzo del materiale stesso (effetto di riduzione volumetrica).

Secondo quanto previsto dalla delibera SNPA 54/2019, a precisazione di quanto contenuto nel DPR 120/2017, è stato reintrodotta all'interno del bilancio terre il riutilizzo delle terre da scavo per la formazione dei rilevati stradali, previo trattamento di stabilizzazione a calce, in quanto non esplicitamente escluso dalle normali pratiche industriali previste in cantiere. Per questo motivo sia per il Lotto I sia per il lotto II il flusso di materiale verso discarica e proveniente da cave di prestito, risulta piuttosto limitato rispetto alle cubature previste dal progetto.

La seguente tabella mostra i quantitativi di materiale inerte di cui il cantiere necessita per la realizzazione delle opere di progetto in termini di rilevati, rinterri, ecc.

FABBISOGNI		
INTERVENTO	Inerti provenienti dal cantiere [mc]	Inerti provenienti da cava [mc]

	Rinterri	Terreno vegetale	Fondaz. stradale	Strato base e sottob.	Rilevati materiale da stabilizz.	Fabbis. tot. in mucchio	Arido anticapill.	Rinterri drenanti	Usura e binder	Fabbis. tot. in mucchio
<b>Coeff. rigonfiamento</b>	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
RI01		1.755	4.592	3.207	4.970	16.703		88	1.116	1.385
RI02		779	6.468	4.546	1.600	15.402		443	1.602	2.352
RI03		661	10.950	7.999	24.569	50.805		506	2.805	3.807
RI04		3.153	13.549	9.326	1.221	31.336			3.266	3.756
RI05		66	1.402	1.127	9.917	14.389		1.705	1.177	3.314
RI06		250	5.081	3.868	6.346	17.877	902		1.343	2.581
VIAB. SECONDARIE - AV - CM Complanari e adeguamenti		6.028	18.094	4.821	73.596	117.919		4.859	4.296	10.528
SV01		2.812	7.441	1.851	31.750	50.431	5.559	3.623	1.830	12.664
SV02		285	800	267	3.990	6.143			267	307
SV03		1.603	1.020	340	2.332	6.089			340	391
SV04		226	1.445	480	1.000	3.624			480	552
SV08		12.665	26.422	11.891	132.076	210.513	14.490	2.685	6.598	27.338
Opera d'arte - Viadotto Monserrato	912					1.049				
Opere d'arte minori (sottovia - ponticelli - opere di sostegno)	5.675					6.526				
Sistemazione idraulica canale Is Corrias	19.000					21.850				
Vasche di laminaz. e sistemaz. idrauliche minori	8.020					9.223				
Tombini	2.581					2.968				
Compensazioni e mitigazioni ambientali	369	18.884				22.141				
<b>TOT. banco [mc]</b>	<b>36.557</b>	<b>49.168</b>	<b>97.264</b>	<b>49.722</b>	<b>293.367</b>		<b>20.951</b>	<b>13.910</b>	<b>25.122</b>	
<b>TOT. mucchio [mc]</b>	<b>42.041</b>	<b>56.543</b>	<b>111.853</b>	<b>57.181</b>	<b>337.373</b>	<b>604.990</b>	<b>24.094</b>	<b>15.997</b>	<b>28.890</b>	<b>68.978</b>

Tabella 21 – Fabbisogni relativi alla realizzazione delle opere in corrispondenza del lotto I.

I principali fabbisogni di materiale inerte (espressi in mucchio) sono da ricondursi alla realizzazione delle seguenti opere:

- tracciato stradale asse principale, secondarie e complanari: circa 292.000 mc;
- Svincolo SS131: circa 238.000 mc;
- Fondazione muri, tombini sottovia, svincoli e opere minori: circa 112.500 mc;
- canale Is Corrias: fabbisogno di circa 22.000 mc;
- vasche di laminazione: fabbisogno di circa 9.500 mc.

### 3.6.2 Scavi e fabbisogni del Lotto II

In modo del tutto analogo è stato definito il bilancio terre del Lotto II, considerando le quantità di scavo in modo differenziato per WBS e per tipologia di materiale, stimato secondo i dati geotecnici provenienti dalle campagne di indagine.

Lotto II	Scavo totale in banco	Rifiuto	Scotico	Asfalto riutilizzato	Fondazione stradale	Roccia	A3	Alluvioni e coltri	Scavo totale in mucchio senza rifiuto
<b>Coefficiente di rigonfiamento</b>			1,25	1,15	1,15	1,54	1,19	1,33	
RI07 - asse principale - Rilevato da pk. 6+877 a pk. 7+382	5.549	1.136	1.112	1.136				2.165	5.576
RI08 - asse principale - Rilevato da pk. 7+382 a pk. 8+175	10.103	1.730	1.269	1.730				5.375	10.724
RI09 - asse principale - Rilevato da pk. 8+175 a pk. 8+814	6.084	1.629	1.022	1.629				1.804	5.550
RI10 - asse principale - Rilevato da pk. 8+814 a pk. 8+920	5.096	1.485	170	1.485	230			1.727	4.481
RI11 - asse principale - Rilevato da pk. 8+920 a pk. 9+499	2.327	230	926	230				941	2.674
RI12 - asse principale - Rilevato da pk. 9+499 a pk. 9+990	16.152	1.391	642	1.391	1.286			11.442	19.099
RI13 - asse principale - Rilevato da pk. 9+990 a pk. 10+673	4.172	1.305	1.237	1.305	83			243	3.465
Viabilità secondarie - AV - CM Complanari e adeguamenti	70.905		3.046					67.859	94.060
SV04 - Svincolo Selargius Ovest	13.083		843					12.240	17.333
SV05 - Svincolo Selargius Centro	6.436		415					6.021	8.526
SV06 - Svincolo Selargius Est	6.756		435					6.321	8.951
SV07 - Svincolo Quartucciu	6.756		435					6.321	8.951
SV09 - Adeguamento svincolo SS 125 dir	73.065		3.139				10.489	59.437	95.457
SV10 - Adeguamento sede SS 125	19.016		1.225				2.669	15.122	24.819
Viadotti	11.268		726					10.542	14.928
Opere d'arte minori (sottovia - ponticelli - opere di sostegno)	30.804		1.985			3.600		25.218	41.566
Sistemazione idraulica fine lotto e sistemazioni idrauliche minori	24.740		1.594					23.146	32.777
Tombini	10.498		677					9.822	13.909
Compensazioni e mitigazioni ambientali	1.912		123					1.789	2.533
<b>Totale</b>	<b>325.000</b>	<b>9.000</b>	<b>21.000</b>	<b>9.000</b>	<b>2.000</b>	<b>4.000</b>	<b>13.000</b>	<b>268.000</b>	<b>415.000</b>

Tabella 22 – Volumi di scavo e fabbisogno terre – Lotto 2

Nel Lotto II è prevista la produzione di circa 224.000 mc di materiale di scavo di cui:

- 8.000 mc in banco provenienti da asfalti non riutilizzabili e allontanati come rifiuti;
- 29.500 mc in banco provenienti da asfalti e fondazioni stradali. Tali volumi verranno riutilizzati nell'ambito della realizzazione dell'intervento in progetto;
- 186.500 mc di terre e rocce da scavo in banco (pari a 246.000 mc in mucchio). Di questo quantitativo:

- 42.000 mc di terreno di scotico saranno stoccati temporaneamente in cantiere e quindi riutilizzati all'interno del cantiere stesso;
- 4.000 mc di terreno tipo A3 saranno stoccati temporaneamente in cantiere e quindi riutilizzati all'interno del cantiere stesso per i rilevati;
- 3.500 mc di roccia, che andranno allontanati dal cantiere poiché non riutilizzabili direttamente all'interno del cantiere stesso per rinterri, se non dopo frantumazione;
- 183.000 mc di alluvioni e coltri.

Il fabbisogno complessivo di terre e rocce per il lotto II è riassumibile come segue (valori in mucchio): saranno necessari in totale 642.000 mc di materiale inerte in mucchio.

FABBISOGNI										
INTERVENTO	Inerti provenienti dal cantiere [mc]						Materiale pregiato [mc]			
	Rinterri	Terreno vegetale	Fondaz. stradale	Strato base e sottob.	Rilevati materiale da stab	Fabbis. tot. in mucchio	Arido anticapill.	Rinterri drenanti	Usura e binder	Fabbis. tot. in mucchio
<b>Coeff. rigonfiamento</b>	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
RI07 - asse principale - Rilevato da pk. 6+877 a pk. 7+382	848	72	1.462	1.153	15.156	21.494	106	9.810	958	12.505
RI08 - asse principale - Rilevato da pk. 7+382 a pk. 8+175		344	6.866	5.169	36.973	56.755	2.825		1.803	5.323
RI09 - asse principale - Rilevato da pk. 8+175 a pk. 8+814	863	75	1.474	1.148	12.052	17.954	662	3.984	1.204	6.728
RI10 - asse principale - Rilevato da pk. 8+814 a pk. 8+920	806	37	836	671	1.948	4.942	322	497	237	1.214
RI11 - asse principale - Rilevato da pk. 8+920 a pk. 9+499		112	2.278	1.879	14.722	21.840	700	7.718	1.250	11.118
RI12 - asse principale - Rilevato da pk. 9+499 a pk. 9+990		495	4.68	3.603		10.096	1.547	126	1.261	3.374
RI13 - asse principale - Rilevato da pk. 9+990 a pk. 10+673	169	126	2.562	1.984	36.388	47.413		1.824	1.567	3.899
Viabilità secondarie - AV - CM Complanari e adeguamenti	22.869	7.189	22.602	4.944	91.561	171.541	7.792	1.415	5.019	16.360
SV04 - Svincolo Selargius Ovest	9.750	2.213			272	14.070		273		314
SV05 - Svincolo Selargius Centro		1.974	1.576	525	3.839	9.101			525	604
SV06 - Svincolo Selargius Est		608	360	120	47	1.305			120	138
SV07 - Svincolo Quartucciu		2.279	731	244	525	4.345			244	280
SV09 - Adeguamento svincolo SS 125 dir	1.237	4.954	10.525	2.714	43.960	72.899	5.289	3.216	2.915	13.129
SV10 - Adeguamento sede SS 125	581	1.894	10.868	7.568	4.708	29.462	3.981	1.668	2.637	9.530
Viadotti	2.254					2.592				
Opere d'arte minori (sottovia - ponticelli - opere di sostegno)	51.442					59.158				
Sistemazione idraulica fine lotto e sistemaz. idrauliche minori	4.948					5.690				
Tombini	2.100					2.415				
Compensazioni e mitigazioni ambientali	763	2.957				4.278				

FABBISOGNI										
INTERVENTO	Inerti provenienti dal cantiere [mc]						Materiale pregiato [mc]			
	Rinterri	Terreno vegetale	Fondaz. stradale	Strato base e sottob.	Rilevati materiale da stab	Fabbis. tot. in mucchio	Arido anticapill.	Rinterri drenanti	Usura e binder	Fabbis. tot. in mucchio
TOT. banco [mc]	98.631	25.330	66.822	31.721	262.151		23.223	30.532	19.741	
TOT. mucchio [mc]	113.425	29.129	76.845	36.479	301.474	557.352	26.706	35.112	22.702	84.518

Tabella 23 – Fabbisogni relativi alla realizzazione delle opere in corrispondenza del lotto II.

I principali fabbisogni di materiale inerte (espressi in mucchio) sono da ricondursi alla realizzazione delle seguenti opere:

- tracciato stradale asse principale, secondarie e complanari: circa 412.500 mc;
- Svincolo SV09: circa 86.000 mc;
- Svincolo SV10: circa 39.000 mc;
- Svincoli restanti: circa 30.000 mc;
- Rinterri in corrispondenza delle opere d'arte: 62.000 mc;
- Sistemazione idraulica di fine lotto, tombini e interventi di compensazione ambientale: circa 12.500 mc.

### 3.6.3 Bilancio del Lotto 1

Dai dati riportati nel paragrafo precedente si evince che gli scavi sono pari nel totale a circa mc 604.000 mc (esclusi i rifiuti) per il lotto 1 di questi in relazione alle caratteristiche litologiche dei terreni, sono state effettuate le valutazioni ai fini del recupero, con eventuale trattamento a calce e/o cemento e l'utilizzo per la formazione dei rilevati. Nella tabella sono esposti i valori come "riepilogo" del Bilancio delle terre.

Si riporta di seguito uno schema sintetico di come si intende procedere al riutilizzo del materiale per il Lotto 1.

Come si può evincere dalla tabella, il materiale in eccedenza per il lotto 1 è quantificato in circa 122.000 mc di materiale, da destinare a deposito definitivo, riqualificazione o scarica.

Sono da approvvigionare dall'esterno invece circa 175.000 mc di materiale per fondazione stradale, strato di base e binder per pavimentazione stradale, materiale di drenaggio o arido anti-capillare

### 3.6.4 Bilancio del Lotto 2

Analogamente per il Lotto 2 si evince che gli scavi sono pari nel totale a circa mc 415.000 mc (esclusi i rifiuti) per il lotto 2 di questi in relazione alle caratteristiche litologiche dei terreni, sono state effettuate le valutazioni ai fini del recupero, con eventuale trattamento a calce e/o cemento e l'utilizzo per la formazione dei rilevati. Nella tabella sono esposti i valori come "riepilogo" del Bilancio delle terre.

Si riporta di seguito uno schema sintetico di come si intende procedere al riutilizzo del materiale per il Lotto 2

Come si può evincere dalla tabella, il materiale in eccedenza per il lotto 1 è quantificato in circa 32.500 mc di materiale, da destinare a deposito definitivo, riqualificazione o scarica.

Sono da approvvigionare dall'esterno invece circa 385.000 mc di materiale per fondazione stradale, strato di base e binder per pavimentazione stradale, materiale di drenaggio o arido anti-capillare

SCAVI		FABBISOGNI		DATI DI BILANCIO DELLE TERRE		
<b>Scavi totali (mc banco)</b>		<b>Fabbisogni eventualmente soddisfabili con materiale da scavo</b>		<b>BILANCIO MATERIE (mc mucchio)</b>		
	<b>479,819</b> mc banco	d)	<b>604,990</b> mc mucchio	<i>Provenienza materiale</i>		
Scotico	66,121 mc banco	rinterri	42,041 mc mucchio	<i>Da cantiere</i>	<i>Da Cava</i>	<i>Tipo materiale</i>
Asfalto riutilizzabile	15,073 mc banco	terreno vegetale	56,543 mc mucchio	42,041		rinterri
Asfalto non riutilizzabile	15,073 mc banco	fondazione stradale	111,853 mc mucchio	56,543		terreno vegetale
Fondazione stradale esistente	39,923 mc banco	strato di base	57,181 mc mucchio	45,912		65,941 fondazione stradale
Scavo terre e rocce riutilizzabili	343,629 mc banco	rilevati da stabilizzare a calce	337,373 mc mucchio	17,334	39,847	strato di base
c= a+b	<b>621,525</b> mc mucchio			337,373		rilevati da stabilizzare a calce
<b>Materiale Proveniente dagli scavi riutilizzabile</b>		<b>Fabbisogno materiale pregiato da cava</b>		<b>499,201</b>	<b>105,789</b>	
a)	<b>604,192</b> mc mucchio	e)	<b>68,980</b> mc mucchio	<b>174,769</b> <i>Fornitura complessiva materiale da cava</i>		
scavo terre e rocce	458,295 mc mucchio	arido anticapillare	24,094 mc mucchio			
scotico	82,651 mc mucchio	rinterri drenanti	15,997 mc mucchio			
demolizioni	63,246 mc mucchio	usura e binder	28,890 mc mucchio			
<b>Materiale Proveniente dagli scavi NON riutilizzabile</b>		<b>Fabbisogno complessivo</b>		<b>122,324</b> <i>A deposito definitivo, riqualificazione o discarica</i>		
b)	<b>17,334</b> mc mucchio	f=d+e	<b>673,970</b> mc mucchio			
<b>Scavi totali (mc mucchio)</b>						
c= a+b	<b>621,525</b> mc mucchio					

Tabella 24 – Bilancio finale lotto I

SCAVI		FABBISOGNI		DATI DI BILANCIO DELLE TERRE		
<b>Scavi totali (mc banco)</b>		<b>Fabbisogni eventualmente soddisfabili con materiale da scavo</b>		<b>BILANCIO MATERIE (mc mucchio)</b>		
	<b>224,490.58</b> mc banco	d)	<b>557,352.17</b> mc mucchio	<i>Provenienza materiale</i>		
Scotico	41,971.15 mc banco	rinterri	113,425.21 mc mucchio	<i>Da cantiere</i>	<i>Da Cava</i>	
Asfalto riutilizzabile	8,178.69 mc banco	terreno vegetale	29,129.24 mc mucchio	113,425.21		rinterri
Asfalto non riutilizzabile	8,178.69 mc banco	fondazione stradale	76,845.38 mc mucchio	29,129.24		terreno vegetale
Fondazione stradale esistente	21,120.85 mc banco	strato di base	36,478.62 mc mucchio	24,288.98	52,556.40	fondazione stradale
Scavo terre e rocce riutilizzabili	145,041.21 mc banco	rilevati	301,473.89 mc mucchio	9,405.49	27,073.13	strato di base
c= a+b	<b>288,653.06</b> mc mucchio			79,663.96	221,809.93	rilevati
<b>Materiale Proveniente dagli scavi riutilizzabile</b>		<b>Fabbisogno materiale pregiato da cava</b>		<b>255,912.87</b>	<b>301,439.47</b>	
a)	<b>279,247.58</b> mc mucchio	e)	<b>84,520.38</b> mc mucchio	<b>385,959.85</b> <i>Fornitura complessiva materiale da cava</i>		
scavo terre e rocce	193,089.17 mc mucchio	arido anticapillare	26,706.36 mc mucchio			
scotico	52,463.94 mc mucchio	rinterri drenanti	35,111.97 mc mucchio			
demolizioni	33,694.47 mc mucchio	usura e binder	22,702.05 mc mucchio			
<b>Materiale Proveniente dagli scavi NON riutilizzabile</b>		<b>Fabbisogno complessivo</b>		<b>32,740.19</b> <i>A deposito definitivo, riqualificazione o discarica</i>		
b)	<b>9,405.49</b> mc mucchio	f= d+e	<b>641,872.55</b> mc mucchio			
<b>Scavi totali (mc mucchio)</b>						
c= a+b	<b>288,653.06</b> mc mucchio					

Tabella 25 – Bilancio finale lotto II

### 3.7 Gestione materie

#### 3.7.1 Trattamento

Il volume dei materiali provenienti dagli scavi il cui utilizzo è previsto mediante trattamento a calce è pari a circa:

- 340.000 mc di materiale in mucchio per il lotto I;
- 80.000 mc in mucchio per il lotto II.

Per quanto riguarda il primo lotto circa l'80% di tale materiale proviene dallo scavo del canale Is Corrias (152.000 mc in mucchio) e delle vasche di laminazione (133.000 mc).

In corrispondenza di tali opere sono stati eseguiti i sondaggi sulla base dei quali i terreni (riconducibili per caratteristiche geologiche al litotipo "depositi alluvionali terrazzati") risultano appartenere al gruppo A6, A7-6 secondo la classificazione AASHTO. Nell'ambito delle prove di laboratorio svolte sono state condotte indagini per valutare la trattabilità del litotipo proveniente dallo scavo mediante stabilizzazione a calce.

Dai risultati fino adesso ottenuti si evince comunque che il litotipo presenta caratteristiche chimico fisiche idonee per il trattamento a calce.

Le principali tipologie di materiali approvvigionati al cantiere per le attività di costruzione delle opere in progetto sono costituite da:

- Materiale inerte pregiato per anticapillare, misto granulare, misto stabilizzato;
- Bitume e inerti per realizzazione pavimentazione stradale;
- Carpenteria metallica leggera;
- Acciaio per armature;
- Elementi prefabbricati.

I materiali in uscita dal cantiere saranno invece costituiti essenzialmente da:

- Terre e rocce da scavo;
- Materiale proveniente dalle operazioni di demolizione;
- Rifiuti vari.

#### 3.7.2 Siti di provenienza e siti di conferimento

Nel paragrafi precedenti si sono definiti, per ciascun lotto i quantitativi di terre e rocce da scavo prodotti e riutilizzati. La seguente tabella riepiloga i bilanci.

	Lotto I	Lotto II	Totale
Terre e rocce da scavo in esubero - in mucchio	122.000	32.500	154.500

Tabella 26 – Terre e rocce da scavo in esubero [mc]

Nell'ambito del progetto viene previsto il riutilizzo delle terre e rocce da scavo in esubero per la realizzazione di interventi di ripristino ambientale di cave limitrofe e l'allontanamento del materiale anche in siti di discarica e/o trattamento degli inerti. Tali siti sono stati individuati e descritti nella relazione "Piano di gestione materie" (DPCA06-D-1501-T00-CA-06-CAN-RE-01) alla quale si rimanda per i dettagli.

È stata condotta un'analisi territoriale sufficientemente estesa al fine di individuare, al momento, i siti estrattivi e gli impianti di smaltimento e/o recupero più idonei all'approvvigionamento di materiali e al conferimento/recupero dei materiali non riutilizzabili nell'ambito del progetto.

Nel seguito vengono indicate la localizzazione e le caratteristiche dei siti selezionati e ritenuti, allo stato attuale, più idonei in termini di vicinanza al sito e capacità produttiva.

Nella tabella di seguito riportata si elencano gli impianti di approvvigionamento del materiale necessario alla realizzazione dell'opera.

NOME IMPIANTO	COMUNE	VOLUMI DISPONIBILI [mc]
Cava Monte Arrubiu	Sarroch (CA)	650.000
Cava La Guardia Calcestruzzi SPA	Uta (CA)	1.003.000
Cava Ganny	Quartu Sant'Elena	900.000
Cava sa Grutta e su Sparau - Calcestruzzi Spa	Serdiana	3.000.000
Cava Bellavista CA GI MA srl	Sinnai (CA)	1.500.000
Cava sa Perdia Setzia - Donori Granulati srl	Donori (CA)	1.000.000
Cava Predi Casu di Scalas Panfilo in località Guardia	Uta (CA)	350.000

Tabella 27 – Sintesi siti approvvigionamento inerti individuati

Le disponibilità di materiale delle cave individuate permette di definire già allo stato attuale che non ci saranno problemi per l'approvvigionamento degli inerti necessari alla realizzazione dell'opera.

In corrispondenza dei seguenti siti:

- Cava La Guardia Calcestruzzi;
- Cava sa Grutta e su Sparau;
- Cava Predi Casu.

E' inoltre possibile conferire materiale inerte derivante dall'attività di scavo dell'opera in progetto, per la realizzazione di interventi di ripristino ambientale.

Si riporta di seguito l'elenco dei siti di conferimento del materiale di risulta distinti tra:

cave per cui sono disposti progetti di sistemazione ambientale;

- impianti di riciclo inerti;
- impianti di smaltimento.

NOME IMPIANTO	COMUNE	Codici CER	
Cava La Guardia Calcestruzzi SPA	Uta (CA)		Ripristino ambientale
Cava sa Grutta e su Sparau - Calcestruzzi Spa	Serdiana		Ripristino ambientale
Cava Predi Casu di Scalas Panfilo in località Guardia	Uta (CA)		Ripristino ambientale
S.M.T.	Sarroch (CA)	170101, 170102, 170103, 170107, 170504	Impianto recupero
ECOTEC GROUP	Assemmini (CA)	170101, 170102, 170107, 170302, 170504, 170904	Impianto recupero
Soc. Scavi Lecis A.P. e F.II snc	Assemmini (CA)	170101, 170102, 170103, 170107, 170504, 170904	Impianto recupero

RER Rifiuti Edili Recycle	Quartucciu (CA) località Is Seddas	170101, 170102, 170103, 170107, 170802, 170901-04, 101201, 101206, 101208, 170302, 170504;	Impianto recupero
SMT	Sarroch (CA)	170101, 170102, 170103, 170107, 170604	Impianto smaltimento inerti
Scalas Panfilo	Assemmini (CA)	170101, 170102, 170103, 170107, 170604	Impianto smaltimento inerti
Ecoserdiana Spa	Serdiana (CA)	1701001, 170102, 170103, 170106, 170107, 170301, 170302, 170503, 170604	Impianto smaltimento rifiuti speciali

Tabella 28 – Sintesi siti conferimento materiali di risulta

NOME IMPIANTO	Estremi autorizzazione	Quantitativi annui autorizzati
S.M.T.	Determinazione n. 7 del 22.07.2009 per l'attività di recupero e Determinazione del Dirigente Prov. Cagliari n. 48 del 19.04.2008 e s.m.i. per la discarica	Terre e rocce da scavo 1.000 t/a (per recupero) e 36.800 mc/a (a discarica)
ECOTEC GROUP	Determinazione n. 94 del 25.11.2015	102.000 t/a
Soc. Scavi Lecis A.P. e F.lli snc	Iscriz. n. 180 prot. 8434ISEC del 26.02.2003, Determinazione Dirigenziale n. 41 del 07.04.2008	60.000 t/a
RER Rifiuti Edili Recycle	Determinazione n. 297 del 23.12.2009 e s.m.i.	900.000 ton/anno
Scalas Panfilo	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 36 del 03.03.2010	78.000 mc in 10 anni
Ecoserdiana Spa	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 65 del 21.04.2011 e s.m.i.	300.000 mc

Tabella 29 – Autorizzazioni e volumetrie disponibili per i siti di conferimento materiali di risulta individuati

Compatibilmente con le caratteristiche litologiche e ambientali dei materiali di scavo verrà preferito il conferimento del materiale di scavo presso le cave per cui risulta approvato un progetto di ripristino ambientale.

L'individuazione dei siti riportati si è basata sulle informazioni attualmente disponibili nel Piano Regionale delle Attività Estrattive PRAE; inoltre si sono contattate direttamente le aziende operanti nel settore.

I materiali provenienti dalle demolizioni potranno essere inviati al recupero per la produzione di materie prime secondarie oppure smaltiti come rifiuto ai sensi del D.lgd. 152/06 e s.m.i. Il produttore avrà in ogni caso l'obbligo di effettuare la caratterizzazione e la classificazione di ciascuna tipologia di terreno conferita in idoneo impianto di recupero (o discarica controllata) secondo la vigente normativa in materia di rifiuti. Il rifiuto dovrà essere valutato ai fini della classificazione di pericolosità e sarà identificato con il relativo Codice Europeo dei rifiuti (CER).

Qualora a questi materiali venga attribuito (previa verifica di non pericolosità) il codice CER 17.05.04 terre e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17.05.03 il loro smaltimento potrà avvenire presso gli impianti di recupero di seguito elencati:

- Discarica Inerti R.E.R srl, Comune di Quartucciu, Materiali da smaltire: Miscela Bituminosa (CER 170302), Cemento (CER 170101), Terre e Rocce (CER 170504);
- Recupero materiali ferrosi ECO SILAM srl, comune di Sestu (CA) (CER 170405);
- Discarica Inerti – Scavi Lecis A.P. e figli s.n.c. – Comune di Assemmini (Ca) – Terre e rocce da scavo (CER 170504);
- Discarica Inerti Scalas Panfilo e figli s.n.c. – Comune di Assemmini Località Sa Ruina - Terre e rocce da scavo (CER 170504).

### 3.7.3 Demolizioni

Nel corso dei lavori di sistemazione della SS554, si procederà alla demolizione di varie opere esistenti. In particolare i materiali oggetto di analisi saranno essenzialmente connessi alla demolizione delle seguenti opere: pavimentazione stradale; guard rail; cavalcavia su SS 131; ponte su Rio Nou; ponte su Rio Cungiaus; sovrappassi pedonali zona Monserrato e Selargius ovest e relative stradine di accesso in calcestruzzo; muri; cunette alla francese; canali di scolo acque meteoriche; recinzioni; edifici.

I materiali oggetto di demolizione sono principalmente costituiti da:

- materiale inerte (conglomerato cementizio armato e no, laterizi e intonaci);
- materiali ferrosi;
- conglomerato bituminoso.

Per quanto possibile si prevede di riutilizzare i materiali provenienti dalle operazioni di demolizione, tuttavia, ove il riutilizzo o il riciclaggio dei materiali non risultasse fattibile, si dovrà procedere al corretto smaltimento in discarica degli stessi individuando per ciascuno di essi il relativo codice CER. In particolare nelle due tabelle seguenti si riassumono i dati attinenti alle demolizioni delle pavimentazioni esistenti.

Analisi dei volumi di bitume e fondazione stradale provenienti dalle demolizioni del lotto I

Lotto I demolizioni stradali	Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Area [mq]	Volume bitume [mc]	Volume fondazione[mc]
Asse principale	14,3	5.600	80.080	<b>20.000</b>	<b>24.000</b>
<b>Svincolo SS131 (SV08)</b>					
Principale	14,3	1.369	19.577	4.894	5.873
Rampa 2	7	380	2.660	665	798
Rampa 3	7	360	2.520	630	756
Rampa 4	7	350	2.450	613	735
Rampa 5	7	330	2.310	578	693
Rampa 6	7	380	2.660	665	798
Rampa 7	7	430	3.010	753	903
Rampa 8	7	360	2.520	630	756
<b>Totale</b>				<b>9.400</b>	<b>11.300</b>
Svincolo Baracca Manna (SV01)	6	440	2.640	<b>132</b>	<b>528</b>
SP 8 km 5+000 (SV02)	4	1.285	5.140	<b>1.285</b>	<b>1.542</b>
<b>Rotatoria Monserrato (SV03)</b>					
	15,5	125	1.938	484	581
	3,5	160	560	140	168
<b>Totale</b>			<b>2.498</b>	<b>624</b>	<b>749</b>
Rotatoria Selargius ovest (SV04)	7	275	1.925	<b>96</b>	<b>385</b>
Adeguamento km 3+500-4+000 (AV01)	6	70	420	<b>21</b>	<b>84</b>
Adeguamento km 4+000 (AV02)	6	450	2.700	<b>135</b>	<b>540</b>

Lotto I demolizioni stradali	Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Area [mq]	Volume bitume [mc]	Volume fondazione[mc]
Viabilità servizio e complanari 5+900 (S01)	7	60	420	21	84
Viabilità servizio e complanari 6-7+000 (S02)	9	135	1.215	61	243
<b>Totale</b>				<b>31.800</b>	<b>39.500</b>

Analisi dei volumi di bitume e fondazione stradale provenienti dalle demolizioni del lotto II

Lotto I	Demolizione totale	Rifiuto	Asfalto riutilizzato	Fondazione stradale
Coefficiente di rigonfiamento		1,15	1,15	1,15
RI07	1.640	373	373	894
RI08	6.082	1.383	1.383	3.316
RI09	1.588	361	361	866
RI10	843	192	192	459
RI11	2.500	529	529	1.442
RI12	4.859	1.078	1.078	2.703
RI13	2.547	579	579	1.389
Viabilità secondarie - AV - CM Complanari e adeguamenti	7.999	1.818	1.818	4.363
SV04				
SV05				
SV06				
SV07				
SV09	2.767	364	364	2.039
SV10	6.656	1.504	1.504	3.648
Viadotti				
Opere d'arte minori (sottovia - ponticelli - opere di sostegno)				
Sistemazione idraulica fine lotto e sistemaz. idrauliche minori				
Tombini				
Compensazioni e mitigazioni ambientali				
<b>Totale in banco [mc]</b>	<b>37.479</b>	<b>8.179</b>	<b>8.179</b>	<b>21.121</b>
<b>Totale in mucchio [mc]</b>	<b>43.099</b>	<b>9.405</b>	<b>9.405</b>	<b>24.289</b>

La sistemazione della strada statale 554 prevede la rimozione dei guard rail esistenti e la messa in opera di nuove barriere di sicurezza stradali. I manufatti in buono stato di conservazione verranno smontati e messi in deposito per un successivo riutilizzo, in alternativa verranno conferiti in centri di riciclaggio. Si consideri che le barriere stradali sono installate generalmente su basamenti in cemento armato che dovranno essere rimossi a loro volta.

La lunghezza totale delle opere da rimuovere risulta pari a circa 22 km per il lotto I e 6 km per il lotto II. Per quanto attiene gli edifici si prevede di espropriare 5 edifici

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei materiali di risulta delle operazioni di demolizione. Per ciascuna tipologia di materiale si definisce il codice CER, il possibile riutilizzo o il conferimento a discarica.

Codice CER e destino finale dei materiali oggetto di demolizione

	RIUTILIZZO	CODICE CER	CENTRO RICICLAGGIO	DISCARICA
<b>Pavimentazione stradale</b>				
Bitume	Nuova pavimentazione stradale	17.03.02	X	X
Strato di fondazione	Nuova pavimentazione stradale	17.05.03		X
Guard rail	Nuove barriere stradali	17.04.07	X	
Fondazione guard rail, muri, cunette francese, cordoli, fondazione recinzioni, canali smaltimento acque				
Calcestruzzo		17.09.04	X	X
Frazione metallica		17.04.05	X	
Sovrappassi pedonali metallici		17.04.05	X	
Recinzioni e reti metalliche		17.04.05 – 17.04.07	X	
<b>Edifici</b>				
Cemento		17.01.01	X	X
Mattoni		17.01.02		X
Mattonelle e ceramiche		17.01.03		X
Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da 17.01.06		17.01.07		X
Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione		17.09.04		X
Cisterne di carburante	X	17.04.09		X

Per l'individuazione dei possibili siti di conferimento dei materiali inerti residui, che non potranno essere riutilizzati o riciclati all'interno del cantiere dell'infrastruttura, sono stati individuati i seguenti siti:

- Discarica EUROI.SMA.R s.r.l.;
- Discarica Sa Ruina di Scalas Panfilo (la ditta è autorizzata anche per un impianto di frantumazione mobile);
- Discarica Ecoserdiana S.p.A.
- S.M.T. srl di Angelo Massa in località Giompera nel comune di Sarroch: la volumetria disponibile al 2016 è di 345.000 mc;
- RER Rifiuti Edili Recycle in località Is Seddas del comune di Quartucciu è autorizzata a ricevere 900.000 ton/anno di rifiuti non pericolosi. Considerando un peso specifico medio del materiale pari a 2.100 kg/mc la volumetria annua disponibile presso l'impianto è di circa 430.000 mc;
- Impianto recupero inerti Scavi Lecis A.P. F.lli Snc;
- Impianto di recupero materiali ferrosi Eco Silam s.r.l. ex SS 131 km 8+500 Sestu;
- Impianto di recupero materiali ferrosi G.L.B. Rottami s.r.l. Via V.G. Agnelli Villaspeciosa.

Nella tabella seguente sono riportati i principali dati tecnici degli impianti.

Caratteristiche degli impianti di conferimento

<b>EUROI.SMA.R s.r.l. - Via Mascagni 15 – 09028 Sestu (CA)</b>	
Tipologia sito	Discarica per rifiuti inerti
Localizzazione impianto	Comune di Assemmini (CA) località "Su Pillari"
Distanza dal sito di progetto	Circa 15 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS 130
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 19 del 12.02.2014
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170504, 170904
Volumetrie residue	Circa 21.500 m3 (2014)
<b>Scalas Panfilo - Via Sicilia – 09032 Assemmini (CA)</b>	
Tipologia sito	Discarica per rifiuti inerti
Localizzazione impianto	Comune di Assemmini (CA) località "Sa Ruina"
Distanza dal sito di progetto	Circa 16 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS 130, viabilità locale
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 36 del 03.03.2010 scadenza 10 anni
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170504
Volumetrie residue	49.000 mc
Note	La ditta detiene inoltre un'autorizzazione per impianto di frantumazione mobile Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 104 del 24.05.2010
<b>Ecoserdiana S.p.A. - Via dell'Artigianato, 6 – 09122 Cagliari</b>	
Tipologia sito	Discarica controllata per rifiuti speciali non pericolosi
Localizzazione impianto	Comune di Serdiana (CA) località "S'Arenaxiu"
Distanza dal sito di progetto	Circa 19 km
Principale viabilità di accesso	SS 387, viabilità locale
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 65 del 21.04.2011 e s.m.i.
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170106, 170107, 170301, 170302, 170503, 170504, 191202, 191203;
Volumetrie residue	Circa 80.000 m3 (2015)
<b>S.M.T. di Massa Angelo - Località Iorada is olias – 09018 Sarroch (Cagliari)</b>	
Tipologia sito	Impianto di recupero
Localizzazione impianto	Comune di Sarroch (CA) località "Giampera"
Distanza dal sito di progetto	Circa 50 km
Principale viabilità di accesso	SS 195
Autorizzazione discarica	Determinazione del Dirigente Prov. Cagliari n. 48 del 29.04.2008 e s.m.i.
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170202, 170504
Volumetrie disponibili	60.000 ton/anno
<b>RER Rifiuti Edili Recycle - località Pill'e Matta – 09044 Quartucciu (Cagliari)</b>	
Tipologia sito	Impianto di recupero
Localizzazione impianto	Comune di Quartucciu (CA) località "Is Seddas"
Distanza dal sito di progetto	Circa 8 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS125
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 110 del 3.08.2011 e s.m.i.
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170802, 170901-04, 101201, 101206, 101208, 170302, 170504;
Volumetrie disponibili	900.000 ton/anno
<b>Soc. Scavi Lecis A.P. F.Ili Snc - Via G. Di Vittorio 10 – 09032 Assemmini (CA)</b>	
Tipologia sito	Imp. recupero materiali inerti
Localizzazione	Assemmini (CA) Loc. Piscina Cabriolu- Strada S'Abixedda
Distanza dal sito di progetto	Circa 16 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS 130, viabilità locale
Autorizzazione recupero inerti	Iscriz. n. 180 prot. 8434ISEC del 26.02.2003, ultimo rinnovo 02.11.2012 (validità 5 anni)
Tipologia di materiale accettato	CER 101311, 170101, 170102, 170103, 170107, 170504, 170904
Quantitativo da trattare	< 60.000 t/anno
Note	L'impianto fornisce anche aggregati riciclati di varia granulometria (polverino, terra vagliata, ghiaia e ciottoli)

### 3.7.3.1 Demolizioni

Nel corso dei lavori di sistemazione della SS554, si procederà alla demolizione di varie opere esistenti. In particolare i materiali oggetto di analisi saranno essenzialmente connessi alla demolizione delle seguenti opere:

- pavimentazione stradale;
- guard rail;
- cavalcavia su SS 131;
- ponte su Rio Nou;
- ponte su Rio Cungiaus;
- sovrappassi pedonali zona Monserrato e Selargius ovest e relative stradine di accesso in calcestruzzo;
- muri;
- cunette alla francese;
- canali di scolo acque meteoriche;
- recinzioni;
- edifici.

I materiali oggetto di demolizione sono principalmente costituiti da:

- materiale inerte (conglomerato cementizio armato e no, laterizi e intonaci);
- materiali ferrosi;
- conglomerato bituminoso.

Per quanto possibile si prevede di riutilizzare i materiali provenienti dalle operazioni di demolizione, tuttavia, ove il riutilizzo o il riciclaggio dei materiali non risultasse fattibile, si dovrà procedere al corretto smaltimento in discarica degli stessi individuando per ciascuno di essi il relativo codice CER. In particolare nelle due tabelle seguenti si riassumono i dati attinenti alle demolizioni delle pavimentazioni esistenti.

<b>Lotto I demolizioni stradali</b>					
<b>INTERVENTO</b>	<b>Larghezza [m]</b>	<b>Lunghezza [m]</b>	<b>Area [mq]</b>	<b>Volume bitume [mc]</b>	<b>Volume fondazione [mc]</b>
<b>Asse principale</b>	14,3	5.600	80.080	<b>20.000</b>	<b>24.000</b>
<b>Svincolo SS131 (SV08)</b>					
Principale	14,3	1.369	19.577	4.894	5.873
Rampa 2	7	380	2.660	665	798
Rampa 3	7	360	2.520	630	756
Rampa 4	7	350	2.450	613	735
Rampa 5	7	330	2.310	578	693
Rampa 6	7	380	2.660	665	798
Rampa 7	7	430	3.010	753	903
Rampa 8	7	360	2.520	630	756
<b>TOTALE</b>				<b>9.400</b>	<b>11.300</b>
<b>Svincolo Baracca Manna (SV01)</b>	6	440	2.640	<b>132</b>	<b>528</b>
<b>SP 8 km 5+000 (SV02)</b>	4	1.285	5.140	<b>1.285</b>	<b>1.542</b>



Lotto I demolizioni stradali					
INTERVENTO	Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Area [mq]	Volume bitume [mc]	Volume fondazione [mc]
Rotatoria Monserrato (SV03)					
	15,5	125	1.938	484	581
	3,5	160	560	140	168
<b>TOTALE</b>			<b>2.498</b>	<b>624</b>	<b>749</b>
Rotatoria Selargius ovest (SV04)	7	275	1.925	96	385
Adeguamento km 3+500-4+000 (AV01)	6	70	420	21	84
Adeguamento km 4+000 (AV02)	6	450	2.700	135	540
Viabilità servizio e complanari 5+900 (S01)	7	60	420	21	84
Viabilità servizio e complanari 6-7+000 (S02)	9	135	1.215	61	243
<b>TOTALE</b>				<b>31.800</b>	<b>39.500</b>

Tabella 30 – Analisi dei volumi di bitume e fondazione stradale provenienti dalle demolizioni del lotto I

Lotto II - demolizioni stradali					
INTERVENTO	Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Area [mq]	Volume bitume [mc]	Volume fondazione [mc]
Asse principale	14,3	3.538	50.593	12.600	15.200
Rotatoria Selargius centro (SV05)	5	240	1.200	60	240
	8	85	680	34	136
<b>TOTALE</b>				<b>94</b>	<b>376</b>
Rotatoria Selargius est (SV06)			1550	388	465
Quartucciu (SV07)			5000	1.250	1.500
Svincolo SS125 (SV09)	14,3	830	11.869	2.967	3.561
	6	410	2.460	615	738
	6	695	4.170	1.043	1.251
	6	190	1.140	285	342
	14,3	230	3.289	822	987
<b>TOTALE</b>				<b>5.700</b>	<b>6.900</b>
Adeguamento sede SS125 (SV10)	6	600	3.600	900	1.080
	6	60	360	18	72
<b>TOTALE</b>				<b>918</b>	<b>1.152</b>
Viabilità di servizio e complanari 8+000 (S04)	4,5	60	270	14	54
Viabilità di servizio e complanari 8+300 (S05)	6	65	390	20	78

Lotto II - demolizioni stradali					
INTERVENTO	Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Area [mq]	Volume bitume [mc]	Volume fondazione [mc]
Viabilità di servizio e complanari 8+700 (S06)	8	60	480	24	96
Viabilità di servizio e complanari 8+700 (S07)	5	70	350	88	105
Viabilità di servizio e complanari 10+000 (S08)	5	50	250	13	13
Viabilità di servizio e complanari 10+000 (S09)	5	140	700	35	140
<b>TOTALE</b>				<b>21.200</b>	<b>26.000</b>

Tabella 31 – Analisi dei volumi di bitume e fondazione stradale provenienti dalle demolizioni del lotto II

La sistemazione della strada statale 554 prevede la rimozione dei guard rail esistenti e la messa posa in opera di nuove barriere di sicurezza stradali. I manufatti in buono stato di conservazioni verranno smontati e messi in deposito per un successivo riutilizzo, in alternativa verranno conferiti in centri di riciclaggio. Si consideri che le barriere stradali sono installate generalmente su basamenti in cemento armato che dovranno essere rimossi a loro volta.

La lunghezza totale delle opere da rimuovere risulta pari a circa 22 km per il lotto 1 e 6 km per il lotto 2.

	Lotto 1	Lotto 2
Lunghezza guard rail [km]	21.900	5.800

Per quanto attiene gli edifici si prevede di espropriare n. 5 edifici di seguito indicati.

COMUNE	FOGLIO	Particelle Fabbricati	Fabbricati
SELARGIUS	42	4565	Distributore Carburanti
MONSERRATO	20	450 / 884	Laboratorio Artigianale / Distrib.
SELARGIUS	31	1934	Distributore Carburanti
SELARGIUS	35	2728	Distributore Carburanti

Tali fabbricati saranno di conseguenza demoliti per permettere l'adeguamento dell'infrastruttura ad una categoria stradale di tipo "B".

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei materiali di risulta delle operazioni di demolizione. Per ciascuna tipologia di materiale si definisce il codice CER, il possibile riutilizzo o il conferimento a discarica.

	RIUTILIZZO	CODICE CER	CENTRO RICICLAGGIO	DISCARICA
<b>Pavimentazione stradale</b>				
Bitume	Nuova pavimentazione stradale	17.03.02	X	X
Strato di fondazione	Nuova pavimentazione stradale	17.05.03		X
<b>Guard rail</b>	Nuove barriere stradali	17.04.07	X	
<b>Fondazione guard rail, muri, cunette francese, cordoli, fondazione recinzioni, canali smaltimento acque</b>				
Calcestruzzo		17.09.04	X	X
Frazione metallica		17.04.05	X	

<b>Sovrappassi pedonali metallici</b>		17.04.05	X	
<b>Recinzioni e reti metalliche</b>		17.04.05 – 17.04.07	X	
<b>Edifici</b>				
Cemento		17.01.01	X	X
Mattoni		17.01.02		X
Mattonelle e ceramiche		17.01.03		X
Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da 17.01.06		17.01.07		X
Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione		17.09.04		X
Cisterne di carburante	X	17.04.09		X

Tabella 32 – Codice CER e destino finale dei materiali oggetto di demolizione

### 3.7.3.2 Centri di riciclaggio e discariche individuate sul territorio

Per l'individuazione dei possibili siti di conferimento dei materiali inerti residui, che non potranno essere riutilizzati o riciclati all'interno del cantiere dell'infrastruttura, sono stati individuati i seguenti siti:

- Discarica EUROI.SMA.R s.r.l.;
- Discarica Sa Ruina di Scalas Panfilo (la ditta è autorizzata anche per un impianto di frantumazione mobile);
- Discarica Ecoserdiana S.p.A.
- S.M.T. srl di Angelo Massa in località Giompera nel comune di Sarroch: la volumetria disponibile al 2016 è di 345.000 mc;
- RER Rifiuti Edili Recycle in località Is Seddas del comune di Quartucciu è autorizzata a ricevere 900.000 ton/anno di rifiuti non pericolosi. Considerando un peso specifico medio del materiale pari a 2.100 kg/mc la volumetria annua disponibile presso l'impianto è di circa 430.000 mc;
- Impianto recupero inerti Scavi Lecis A.P. F.Ili Snc;
- Impianto di recupero materiali ferrosi Eco Silam s.r.l. ex SS 131 km 8+500 Sestu;
- Impianto di recupero materiali ferrosi G.L.B. Rottami s.r.l. Via V.G. Agnelli Villaspeciosa.

Nella tabella seguente sono riportati i principali dati tecnici degli impianti. La loro localizzazione è riportata "Corografia con ubicazione cave e discariche" (DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-CO-01).

<b>EUROI.SMA.R s.r.l. - Via Mascagni 15 – 09028 Sestu (CA)</b>	
Tipologia sito	Discarica per rifiuti inerti
Localizzazione impianto	Comune di Assemmini (CA) località "Su Pillari"
Distanza dal sito di progetto	Circa 15 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS 130
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 19 del 12.02.2014
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170504, 170904
Volumetrie residue	Circa 21.500 m3 (2014)
<b>Scalas Panfilo - Via Sicilia – 09032 Assemmini (CA)</b>	
Tipologia sito	Discarica per rifiuti inerti
Localizzazione impianto	Comune di Assemmini (CA) località "Sa Ruina"
Distanza dal sito di progetto	Circa 16 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS 130, viabilità locale
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 36 del 03.03.2010 scadenza 10 anni
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170504
Volumetrie residue	49.000 mc

Note	La ditta detiene inoltre un'autorizzazione per impianto di frantumazione mobile Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 104 del 24.05.2010
<b>Ecoserdiana S.p.A. - Via dell'Artigianato, 6 – 09122 Cagliari</b>	
Tipologia sito	Discarica controllata per rifiuti speciali non pericolosi
Localizzazione impianto	Comune di Serdiana (CA) località "S'Arenaxiu"
Distanza dal sito di progetto	Circa 19 km
Principale viabilità di accesso	SS 387, viabilità locale
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 65 del 21.04.2011 e s.m.i.
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170106, 170107, 170301, 170302, 170503, 170504, 191202, 191203;
Volumetrie residue	Circa 80.000 m3 (2015)
<b>S.M.T. di Massa Angelo - Località lorada is olias – 09018 Sarroch (Cagliari)</b>	
Tipologia sito	Impianto di recupero
Localizzazione impianto	Comune di Sarroch (CA) località "Giampera"
Distanza dal sito di progetto	Circa 50 km
Principale viabilità di accesso	SS 195
Autorizzazione discarica	Determinazione del Dirigente Prov. Cagliari n. 48 del 29.04.2008 e s.m.i.
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170202, 170504
Volumetrie disponibili	60.000 ton/anno
<b>RER Rifiuti Edili Recycle - località Pill'e Matta – 09044 Quartucciu (Cagliari)</b>	
Tipologia sito	Impianto di recupero
Localizzazione impianto	Comune di Quartucciu (CA) località "Is Seddas"
Distanza dal sito di progetto	Circa 8 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS125
Autorizzazione discarica	Provvedimento Dirigenziale Prov. Cagliari n. 110 del 3.08.2011 e s.m.i.
Alcune tipologia di materiale accettato	CER 170101, 170102, 170103, 170107, 170802, 170901-04, 101201, 101206, 101208, 170302, 170504;
Volumetrie disponibili	900.000 ton/anno
<b>Soc. Scavi Lecis A.P. F.Ili Snc - Via G. Di Vittorio 10 – 09032 Assemmini (CA)</b>	
Tipologia sito	Imp. recupero materiali inerti
Localizzazione	Assemmini (CA) Loc. Piscina Cabriolu- Strada S'Abixedda
Distanza dal sito di progetto	Circa 16 km
Principale viabilità di accesso	SS 554, SS 130, viabilità locale
Autorizzazione recupero inerti	Iscriz. n. 180 prot. 8434ISEC del 26.02.2003, ultimo rinnovo 02.11.2012 (validità 5 anni)
Tipologia di materiale accettato	CER 101311, 170101, 170102, 170103, 170107, 170504, 170904
Quantitativo da trattare	< 60.000 t/anno
Note	L'impianto fornisce anche aggregati riciclati di varia granulometria (polverino, terra vagliata, ghiaia e ciottoli)

Tabella 33 – Caratteristiche degli impianti di conferimento

Gli impianti individuati, per numero e capacità di conferimento, saranno sicuramente in grado di soddisfare le esigenze di progetto. Per quanto riguarda lo smaltimento dei materiali provenienti dalle operazioni di demolizione si è fatto riferimento all'Albo dei Gestori Ambientali individuando in particolare ditte operanti nei comuni di interesse ed in particolare:

- "3A Autotrasporti di Argiolas Marcello Gabriele e Davide", nel comune di Monserrato;
- "Autotrasporti La Volpe F.Ili Corona di Pietro & Angelo S.n.c.", nel comune di Quartucciu;
- "Agus Paolo srl", nel comune di Selargius.

## 4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE ED INSERIMENTO PAESAGGISTICO ED AMBIENTALE

### 4.1 Premessa

Con riferimento ai potenziali effetti indotti dal tracciato di progetto, analizzati nel Quadro di riferimento ambientale, di seguito si descrivono per le componenti coinvolte gli interventi di mitigazione ed inserimento paesaggistico – ambientale previsti.

Gli interventi previsti sono rappresentati negli elaborati cartografici “Carta degli interventi di mitigazione ed degli interventi di inserimento paesaggistico ed ambientale” (elab. DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-PP-05-A/AMB-PP-06).

### 4.2 Ambiente idrico

Per la fase di esercizio il progetto ha previsto le seguenti misure di mitigazione, che per semplificarne la comprensione sono descritte in relazione ai bacini descritti nel Quadro di riferimento ambientale.

Le condizioni normative di riferimento riguardano:

- il rispetto dei franchi idraulici secondo quanto previsto all'Art. 21 c. 1 e 2 delle NTA del PAI;
- la condizione che l'intervento non determini un incremento del livello di rischio imputabile alla realizzazione delle opere progettate (condizione di invarianza idraulica).

Mitigazioni per l'alterazione del deflusso delle acque di ruscellamento e per le interferenze con il deflusso dei corpi idrici superficiali e con le aree esondabili.

#### Bacino Is Corrias

Il bacino allo stato attuale non ha un sistema di raccolta, ma risulta intercettato dall'infrastruttura e tende a drenare le proprie acque nel Rio Fangario, posto ad Ovest dell'inizio lotto.

Le opere di mitigazione previste sono state individuate definendo una sistemazione idraulica del corpo stradale con nuove opere di canalizzazione e nuovi manufatti di attraversamento lungo gli stessi canali di raccolta sia delle acque di piattaforma che dei deflussi superficiali.

Allo scopo è stato individuato uno schema idraulico costituito da un collettore principale, parallelo al lato Nord della SS 554, per il conferimento dei deflussi provenienti dai versanti del bacino “Corrias”, collettati da canalette di raccolta e manufatti di attraversamento, verso il recapito naturale nel Rio Fangario, raccordandosi nel tratto terminale con l'idrografia naturale.

Questo schema idraulico è illustrato nella relazione e nelle tavole del Progetto preliminare. Il risultato che si otterrebbe è illustrato nella seguente figura.

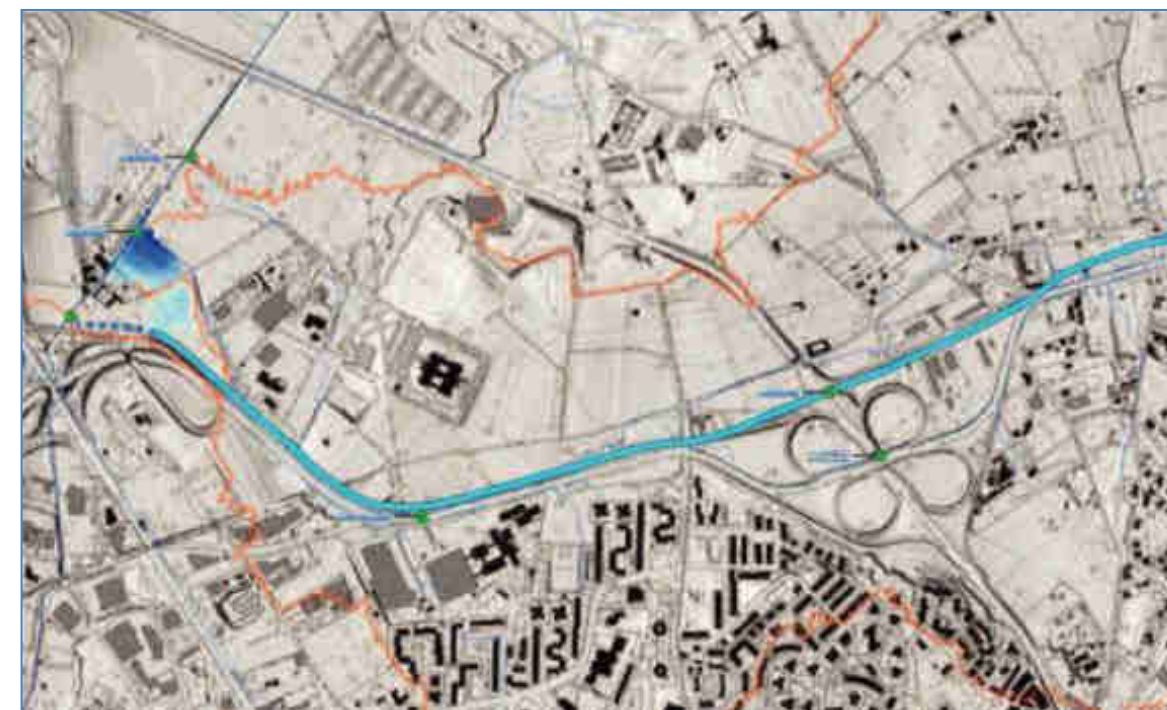


Figura 16 - Corografia delle aree esondabili con  $T_r=200$  anni a seguito delle mitigazioni previste (Fonte: Studio di approfondimento conoscitivo, analisi e modellazione idrologica e idraulica delle principali interferenze con i deflussi superficiali delle opere previste nel progetto preliminare della “SS 554 Cagliaritana” (CINSA).

L'impostazione del progetto è finalizzata alla protezione dell'infrastruttura, ma lascia aperti alcuni aspetti critici a livello di compatibilità territoriale che sono illustrati nelle “Proposte migliorative” presentate dai progettisti ed a cui si fa riferimento per i particolari della proposta.

La proposta prevede il prolungamento del collettore fino al Rio Fangario ed una serie di interventi tesi a facilitare il deflusso delle acque e ridurre quindi le quote e i tempi di esondazione.

#### Bacino Riu Saliu

L'esigenza di garantire i franchi idraulici previsti dalle norme per il deflusso delle acque sotto il ponte di attraversamento del Rio Saliu da parte della SS 554, insieme alla concomitante necessità di non incrementare il livello di pericolosità a valle, ha portato all'individuazione delle seguenti opere di mitigazione:

- un diversivo a monte dell'attraversamento della SS 554 al fine di ridurre la portata che transita sotto il ponte esistente;
- un nuovo attraversamento in affiancamento all'attraversamento esistente, la cui portata di calcolo è quella sfiorata dal diversivo di cui sopra;
- un'area di esondazione controllata (vasca di laminazione) a valle del diversivo, al fine di ridurre il picco dell'idrogramma di piena e salvaguardare le aree vallive;
- l'apertura di una porzione del tratto tombato del Riu Saliu al fine di migliorarne la capacità di trasporto e consentire l'immissione dall'area di esondazione. La lunghezza del tratto da aprire sarà compatibile con la presenza di strutture sovrastanti il canale.



Figura 17 - Corografia degli interventi per la mitigazione dell'impatto dell'opera sui deflussi del Rio Saliu (Fonte: Studio di approfondimento conoscitivo, analisi e modellazione idrologica e idraulica delle principali interferenze con i deflussi superficiali delle opere previste nel progetto preliminare della "SS 554 Cagliariitana" (CINSA).

Queste opere, con riferimento ad una portata con  $Tr = 200$  anni pari a  $55,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , consentiranno con la bocca tarata di far defluire verso valle una portata di  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , che raggiungerebbe al di sotto del ponte una quota del pelo libero di  $18 \text{ m slm}$  cui corrisponderebbe un franco di circa  $1,2 \text{ m}$ .

La portata eccedente verrà scolmata in destra idraulica verso il nuovo ponte di attraversamento e successivamente nella vasca di laminazione.

Il carattere torrentizio del Rio Saliu consentirebbe inoltre, soprattutto limitandone l'approfondimento mediante scavo, di utilizzare la vasca quale area verde ad uso ricreativo, attivando un servizio di allarme in occasione di allerta meteo. Analogamente il canale diversivo potrebbe essere utilizzato quale via di collegamento ciclo-pedonale tra le aree a nord e a sud della SS 554.

#### Rio Mortu

A differenza del Rio Saliu, l'area del Rio Mortu non è caratterizzata da un alveo definito allo stato attuale, ma è piuttosto un'area di drenaggio che in caso di evento meteorico esonda nella zona immediatamente a monte della SS 554 e dell'abitato di Monserrato, in modo disorganico, andando sostanzialmente ad occupare, allagandole, le sedi della viabilità esistenti (si veda indietro la Figura 4.4)

La caratteristica orografia del sistema drenante, ovvero la totale assenza di un alveo inciso e la divagazione delle portate scolanti ha reso necessario la predisposizione di una proposta progettuale che si articolasse considerando due aspetti principali:

- l'intercettazione delle acque provenienti dal bacino montano e successiva laminazione e modulazione delle portate;
- il dimensionamento della rete di canali e delle intersezioni con la viabilità esistente ed in progetto.

In termini generali la proposta progettuale mira a veicolare le portate con  $Tr = 200$  anni del Rio Mortu all'interno degli attraversamenti stradali con il franco previsto; questa condizione si può raggiungere essenzialmente attraverso una riduzione della portata al colmo, riduzione determinata mediante un processo di laminazione della piena che avviene a monte della SS 554.

A valle dell'attraversamento con la SS 554, la portata viene convogliata all'interno del tratto tombato del Rio Mortu mediante l'adeguamento dell'imbocco attualmente esistente.

Si rileva subito che la portata veicolata in occasione di un evento duecentennale non potrà essere convogliata interamente all'interno del canale tombato, una porzione della stessa potrà quindi rimanere al di fuori andando a determinare aree di pericolosità idraulica, ove attualmente le aree sono peraltro già esistenti e documentate dallo studio Ex Art.8.

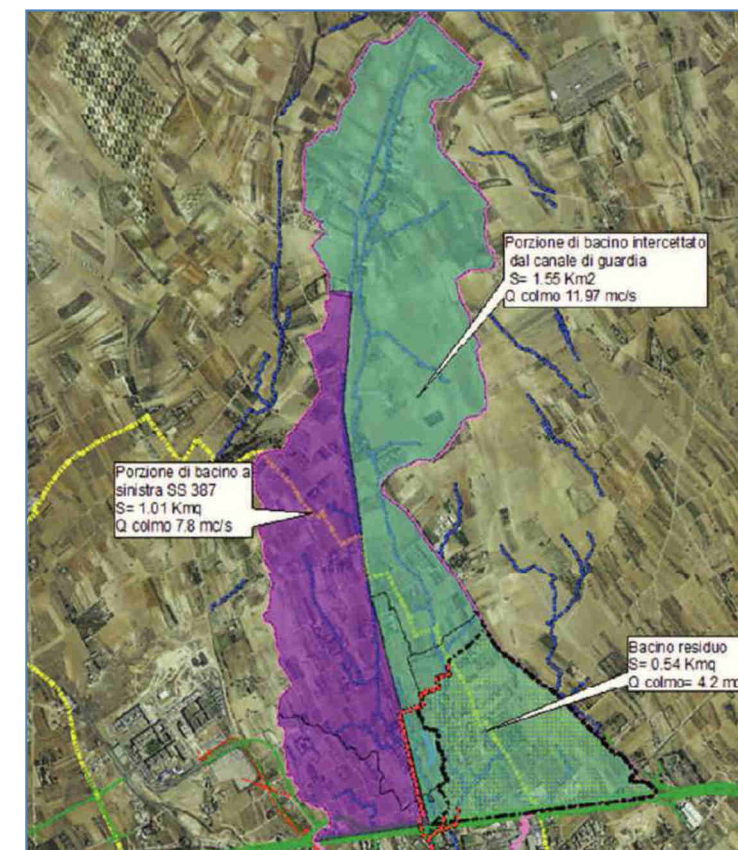


Figura 18 - Bacino del Rio Mortu con divisione in sotto-bacini (Fonte: ANAS, Nuova SS 554 "Cagliariitana", Proposte migliorative).

In occasione del deflusso della portata cinquantennale, si ha invece una laminazione tale da consentire l'intero deflusso all'interno del tombato con conseguente riduzione del livello di pericolo in tutto il contesto interessato dalle opere.

Il bacino complessivo a monte produce una portata di circa  $24,60 \text{ m}^3/\text{s}$ , che viene suddivisa in 3 diversi sotto-bacini:

- 1) Sotto-Bacino Est che può produrre una portata fino a  $12,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- 2) Sotto-Bacino Ovest che può produrre una portata fino a  $7,80 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- 3) Sotto-Bacino Sud - Est che può produrre una portata fino a  $4,80 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nell'intervento di mitigazione previsto dal Progetto preliminare le acque raccolte nel Sotto-Bacino Est in caso di piena sono convogliate nei tre bacini di laminazione mentre quelle degli altri due Sotto-bacini potrebbero ancora provocare degli allagamenti.

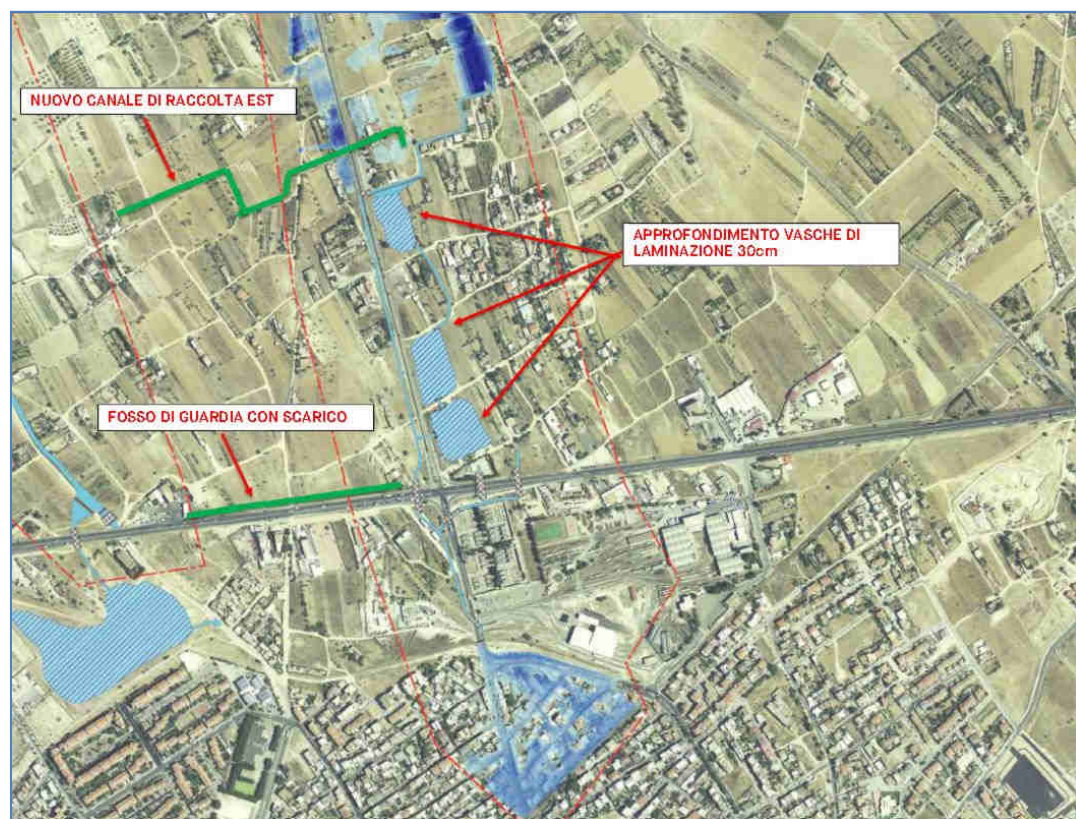


Figura 19 – Bacino del Rio Mortu: ulteriori interventi di mitigazione proposti (Fonte: ANAS, Nuova SS 554 “Cagliaritana”, Proposte migliorative).

Nelle “Proposte migliorative” a fronte della constatazione che anche in presenza degli interventi previsti in progetto permane una pericolosità residua sia a nord che a sud dell’attraversamento della SS 554, si propone:

- l’eventuale realizzazione di un nuovo canale di intercetto per la porzione Ovest del bacino (in verde), compatibilmente con la presenza delle abitazioni;
- l’aumento della capacità di laminazione delle vasche realizzando, a parità di area occupata, un approfondimento di 40 cm delle stesse;
- la modifica del fosso di guardia lato Nord-Ovest, con deflusso diretto nel tombino di attraversamento della SS 554, a monte.

#### Rio San Lussoriu

Analogamente al Rio Mortu anche il Rio Lussoriu non è caratterizzato da un alveo definito allo stato attuale, ma è piuttosto un’area di drenaggio che in caso di evento meteorico esonda nella zona immediatamente a monte della SS 554, in modo disorganico, andando sostanzialmente ad occupare, allagandole, le sedi delle viabilità esistenti.

La definizione delle misure di mitigazione per ridurre l’impatto dell’opera nel territorio interessato dall’attraversamento del Rio San Lussoriu è avvenuta perseguendo l’obiettivo di dimensionare l’attraversamento stradale a est ed a ovest della rotatoria con portata di progetto relativa al  $Tr = 200$  anni, di realizzare un sistema di vasche di laminazione di piena nelle aree a monte della SS 554 e in linea con le linee di deflusso per laminare sia la portata cinquantenaria sia la portata con tempo di ritorno  $Tr=200$  anni

Pertanto, si è giunti all’individuazione delle aree di laminazione e delle opere di mitigazione rappresentate in figura seguente.



Figura 20 - Ubicazione delle vasche di laminazione e aree esondabili nel bacino San Lussoriu con  $Tr=200$  anni (Fonte: Studio di approfondimento conoscitivo, analisi e modellazione idrologica e idraulica delle principali interferenze con i deflussi superficiali delle opere previste nel progetto preliminare della “SS 554 Cagliaritana” Tav. 7.2.B (CINSA).

Queste opere nel loro complesso, consentono una riduzione della pericolosità a valle della SS 554 con  $Tr=200$  anni a quella che si ha attualmente con  $Tr=50$  anni, con un buon margine di sicurezza; tuttavia si è rilevato che permane, dopo questi interventi, un’area di pericolosità idraulica in una zona posta qualche centinaio di metri a valle dell’attraversamento.

Nelle *Proposte migliorative* si prevede di aumentare la capacità di invaso delle vasche di laminazione, con il loro approfondimento di 27 cm, e di conseguenza il grado di protezione idraulica nella zona.

#### Altri punti di impatto

Per gli altri punti di interferenza della strada con i corpi idrici superficiali ubicati lungo il tracciato e segnalati nei paragrafi precedenti, la mitigazione è ottenuta per mezzo delle opere di attraversamento che rendono così possibile il deflusso a valle delle acque provenienti da monte, canalizzate attraverso le opere di deflusso longitudinali.

Il dimensionamento delle opere è stato effettuato sulla base delle portate ottenute nei singoli bacini imbriferi. Quindi per tutte il progetto prevede che i manufatti realizzati abbiano caratteristiche e dimensioni tali da escludere interferenze rilevabili ed i parametri di scorrimento restano sostanzialmente immutati sia in condizioni normali sia in previsione di eventi straordinari.

#### Mitigazione dell’immissione nelle acque di carichi torbidi

La mitigazione di questo effetto si ottiene con la corretta gestione delle terre depositate nei cantieri, si dovrà quindi prevedere la copertura dei cumuli per evitare l’azione aggressiva delle acque di ruscellamento. In pratica si utilizzeranno dei teli impermeabili

per le aree in lavorazione mentre per i cumuli stabilizzati che saranno rimossi a fine attività si potranno mettere in posto le opportune essenze erbacee che fisseranno il terreno impedendone l'erosione.

#### Mitigazione dell'inquinamento delle acque superficiali per acque di prima pioggia e per sversamenti accidentali

Come visto nei paragrafi precedenti le acque dell'area interessata dai lavori di adeguamento della SS 554 defluiscono o tramite i rii Fangario, Saliu, San Giovanni e Is Cungiaus, o tramite i fossi che fiancheggiano la viabilità locale. Nel primo caso il recapito finale è costituito dallo stagno di Cagliari e dallo Stagno di Molentargius, nel secondo dalle aree di scolo che in occasione degli eventi straordinari possono essere più o meno abbondantemente allagate.

Ne consegue che gli eventuali inquinanti provenienti sia dalle acque di prima pioggia sia dagli sversamenti accidentali si accumuleranno negli stagni, che come visto nel Quadro di riferimento ambientale sono aree protette, ovvero nel suolo dei bacini di laminazione e nelle aree esondabili, con possibilità di interessare il sottosuolo e la falda freatica.

Per evitare l'incremento di inquinamento che deriverebbe dallo scarico diretto delle acque risulta opportuno prevedere un sistema di drenaggio e raccolta che consenta di intercettare la maggior quantità possibile di carico inquinante. L'intercettazione degli inquinanti derivanti dal tratto di SS 554 in adeguamento con la conseguente diminuzione dell'inquinamento costituirebbe un netto miglioramento rispetto alla situazione attuale. A tal fine è stata prevista la realizzazione di un sistema chiuso delle acque con trattamento delle acque di prima pioggia; per relativi dettagli si rimanda agli elaborati del progetto stradale.

### 4.3 Suolo e sottosuolo

#### Sottrazione di suolo

Il previsto ampliamento della sede stradale prevede l'occupazione di una striscia di territorio con conseguente perdita definitiva di suolo con buone caratteristiche pedologiche. Per tale impatto non sono possibili mitigazioni.

Il suolo accantonato è utilizzabile per i ripristini e le riambientazioni. Le modalità di stoccaggio sono quelle illustrate nel paragrafo precedente. Si potrà procedere al reimpianto di essenze erbacee, arbustive ed arboree, possibilmente con specie autoctone e comunque seguendo le specifiche indicazioni delle componenti Vegetazione e Paesaggio, contribuendo al ricrearsi di piccoli habitat faunistici.

#### Interferenza con le acque sotterranee e inquinamento della falda

Per la fase di esercizio valgono, per queste due interferenze, le stesse considerazioni fatte per la fase di costruzione, con la precisazione che il rischio di inquinamento deriva non dalle lavorazioni ma esclusivamente dalle acque di prima pioggia e/o dagli sversamenti accidentali.

In particolare gli interventi di mitigazione per l'inquinamento suggeriti e descritti nella componente Ambiente idrico, applicati lungo il tracciato stradale, sono idonei per risolvere anche questo tipo di interferenze.

### 4.4 Vegetazione, flora e fauna – Ecosistemi e Paesaggio

Al fine di realizzare l'inserimento paesaggistico ambientale del tracciato stradale si è operato su due livelli:

- predisposizione di un progetto delle sistemazioni a verde;
- realizzazione di strutture coerenti con i caratteri del contesto al contorno e finalizzate al miglioramento dell'inserimento paesaggistico con particolare riferimento al controllo degli impatti visivi delle opere d'arte e delle opere di sostegno.

#### 4.4.1 Opere a verde

##### 4.4.1.1 Criteri generali

La progettazione di un insieme organico di interventi di inserimento paesaggistico - ambientale da correlare alla realizzazione di un progetto stradale, quale quello in oggetto, si pone quale momento fondamentale per procedere alla riqualificazione dei caratteri dell'ambito nel quale si interviene.

Stante i caratteri del contesto di intervento che si caratterizza per la presenza di vaste aree insediative poste principalmente lungo il lato sud del tracciato stradale, il progetto delle sistemazioni a verde è stato concepito quale mezzo in grado di migliorare, al contempo, sia la qualità del contesto cittadino, sia la qualità del contesto ambientale. Le aree verdi, gli alberi e la vegetazione presente nelle aree urbanizzate devono essere infatti considerati sempre più non solo come un importante elemento di arredo, ma come una fondamentale infrastruttura necessaria alla sostenibilità degli ambienti di città.

Le molteplici funzioni riconosciute agli alberi e agli spazi aperti li rendono elementi fondamentali per garantire il benessere dei cittadini e migliorarne la qualità. L'unica direzione corretta verso la quale è possibile muoversi è quella di un verde abbonante e sano, che possa svolgere al meglio le sue funzioni, migliorando la vita in città, e apportando elementi positivi anche il resto dell'ecosistema, connettendosi alla campagna e contribuendo a ripristinare la biodiversità.

Le sistemazioni ambientali proposte si fondano prevalentemente su interventi di restauro che consentono contemporaneamente il recupero delle aree direttamente interessate dalla realizzazione del progetto e la valorizzazione degli elementi che ad esso si relazionano percettivamente e funzionalmente. L'utilizzo di impianti a verde ha, infatti, non solo il fine di offrire una riqualificazione di tipo estetico - percettiva, ma ha anche il compito di operare la ricostruzione degli elementi a valenza naturale in un contesto che, come detto, si caratterizza per l'elevata valenza antropica.

Le sistemazioni a verde svolgono varie funzioni:

- sono tese a perseguire l'eliminazione/contenimento delle potenziali interferenze rilevate nel corso delle analisi ambientali condotte in sede di redazione dello Studio di Impatto Ambientale, al fine di perseguire nuove strategie di organizzazione e strutturazione ambientale e paesistica;
- svolgono la funzione di integrare l'infrastruttura di progetto all'interno del contesto di intervento perseguendo al contempo la definizione di un nuovo spazio che, non occultando il manufatto stradale, conformi e caratterizzi il contesto attraversato;
- sono tese a cogliere il potenziale di riqualificazione ambientale insito in ogni intervento di modificazione umana del territorio, che oltre ad essere subordinato al massimo rispetto dell'ambiente, deve tendere alla determinazione degli effetti di recupero e valorizzazione delle risorse ambientali e culturali.

L'approccio seguito persegue quindi l'integrazione e l'inserimento a carattere fondamentalmente naturalistico, con l'obiettivo di ripristinare quelle porzioni territoriali necessariamente modificate dall'opera o da tutte quelle operazioni che si rendono indispensabili per compierla.

Il filo conduttore è rappresentato dalle opere a verde che svolgono varie funzioni come:

- la ricucitura con le formazioni vegetali di tipo naturale esistente e la riqualificazione ecologico - funzionale delle aree di intervento;
- l'arredo verde in corrispondenza delle aree intercluse, rotatorie e svincoli;
- l'inserimento ambientale dell'opera mediante la costituzione di quinte verdi con funzione di schermo e mascheramento percettivo.

E' necessario rilevare che l'utilizzo della vegetazione pone in essere l'obiettivo di intervenire nel paesaggio innescando processi evolutivi naturali che nel tempo divengano autonomi, valorizzando le potenzialità del sistema naturale stesso inteso quale carattere prevalente per una sostenibile gestione del contesto territoriale e paesaggistico. In questo senso gli interventi proposti favoriscono il recupero dei caratteri naturali, floristici e faunistici del contesto attraversato o meglio ancora delle fitocenosi e zoocenosi autoctone, ai fini del mantenimento di un equilibrio il più possibile prossimo a quello naturale.

In particolare, nella progettazione degli interventi e nella scelta delle essenze si è tenuto conto del tipo e degli stadi seriali delle formazioni presenti al contorno individuando in tal modo le specie maggiormente idonee all'impianto. Le specie autoctone sono infatti quelle che, in quanto insediatesi spontaneamente nel territorio in esame, maggiormente si adattano alle condizioni pedoclimatiche della zona e, che, grazie alla maggiore capacità di attecchimento, assicurano una più facile riuscita dell'intervento. Esse inoltre risultano più resistenti verso gli attacchi esterni (gelate improvvise, siccità, parassitosi) e necessitano in generale di una minore manutenzione consentendo di ridurre al minimo, in fase di impianto, l'utilizzo di concimi chimici, fertilizzanti od antiparassitari.

Tali specie partecipano al naturale dinamismo della vegetazione, assicurano, come precedentemente indicato, un inserimento in senso naturalistico dell'impianto e favoriscono nel contempo l'evoluzione della cenosi vegetali verso la serie dinamica. Per quel che riguarda le comunità animali, esse risultano strettamente legate ai consorzi vegetali, dipendendo fortemente dalla loro strutturazione.

I numerosi e complessi fattori che hanno determinato la scelta delle specie vegetali da utilizzare per gli interventi di mitigazione ambientale sono così sintetizzabili:

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

Partendo da queste brevi considerazioni, gli elementi essenziali presi in considerazione sono sostanzialmente rappresentati dall'interpretazione e dalla definizione delle caratteristiche ecologiche, topo – morfologiche, funzionali e percettive del territorio e dall'analisi del paesaggio esistente e delle sue potenziali trasformazioni. Gli interventi sono, inoltre, proposti tenendo presente sia il punto di vista degli abitanti degli ambiti territoriali interessati, con l'obiettivo di mantenere l'integrità del contesto attraversato, che quello degli utenti della strada che leggono gli elementi e le valenze del paesaggio sia nella fase dinamica della percorrenza stradale che in quella statica di fruizione delle aree di sosta e di rifornimento attraverso la predisposizione di elementi e sistemi di continuità e discontinuità.

Scelta delle specie

Il territorio attraversato dalla Tangenziale è stato profondamente trasformato. L'agricoltura è in gran parte abbandonata, mentre l'edificato sparso inizia a "tracimare" oltre il limite della Tangenziale. Portando con se il solito corteggio di specie alloctone, ormai quasi indicatori di ambienti banalizzati, primi fra tutti Eucaliptus sp. ed Acacia saligna.

Per le sistemazioni a verde si propone, pertanto, di usare sia le specie tipiche della macchia e del bosco tipico della Sardegna, sia le piante coltivate nell'Isola, comprese le specie oggi quasi estinte che hanno viaggiato sulle navi dei romani o degli arabi. Sono le piante che evocano la Sardegna interna e il Mediterraneo. Ma non solo storia passata, tra queste specie anche il Mandorlo, oggi al centro di un tentativo di rilancio dell'agricoltura isolana.

Si tratta ovviamente di specie rustiche, per la gran parte molto resistenti all'aridità e che non richiedono interventi idrici dopo una prima fase di attecchimento. Per il Frassino meridionale è comunque opportuna una piantagione vicino a fossi e canali, mentre l'Arancio amaro dovrebbe essere messo a dimora in ambiti protetti dai venti. Non sono specie particolarmente a rischio di incendio (sia per innesco, che per propagazione) e in genere resistono al passaggio del fuoco.

#### Arboree autoctone della Sardegna e/o coltivate

- Sughera (*Quercus suber*), pianta spontanea simbolo della Sardegna, necessita di cure nelle fasi di trapianto poi resiste alla siccità ed ricorrente passaggio del fuoco.
- Frassino meridionale (*Fraxinus angustifolia subsp. oxycarpa*), albero resistente ai ristagni d'acqua, tollera fasi xeriche, chioma svettante e molto mobile al vento. E' l'albero della manna, coltivato anticamente in Sicilia ed Abruzzo, ma è presumibile che fosse conosciuto in tutto il Mediterraneo.
- Carrubo (*Ceratonia siliqua*), albero di dimensioni medio piccole, richiede manutenzione al trapianto, poi resiste a fasi xeriche intense. Pianta coltivata tradizionalmente in Sardegna.
- Mandorlo (*Prunus dulcis*), pianta coltivata in Sardegna. Il Piano di Sviluppo Rurale regionale ha incluso il mandorlo tra le coltivazioni incentivate.
- Fico nostrano (*Ficus carica*), utilizzare cultivar tipici della Sardegna, che garantiscono il miglior adattamento al clima locale. Adatta un inserimento nelle porzioni semiombreggiate nelle rotonde.
- Olivo (*Olea europaea*), prevedendo l'utilizzo di cultivar endemiche della Sardegna (ad es. la Tonda di Cagliari).
- Gelso bianco (*Morus alba*), pianta asiatica importata dalla Turchia nel XII secolo / Gelso nero (*Morus nigra*), pianta asiatica importata già in epoca romana. Entrambe le specie sono state usate per la bachicoltura italiana. In Sardegna sono presenti e diffuse entrambe le specie.
- Agrumi (con particolare riferimento all'Arancio amaro, *Citrus aurantium*, più resistente), sono ancora coltivati in piccoli appezzamenti vicino alla tangenziale attuale. Tutti gli impianti sono protetti da filari di alberi o siepi frangivento, o da fasce di canneto. La sua coltivazione è stata portata in Italia dagli arabi.
- Olivastro (*Olea oleaster*), Pero selvatico (*Pyrus sp.*) specie di stretta coerenza vegetazionale e climatica.

#### Arbustive autoctone della Sardegna e/o coltivate

- Palma nana (*Chamaerops humulis*), pianta estremamente resistente, supera bene anche le fasi di trapianto. Cresce lentamente, resiste al fuoco ed alle fasi xeriche estreme. Adatta un inserimento nelle giardini rocciosi nelle rotonde.
- Terebinto (*Pistacia terebinthus*), portainnesto del pistacchio, esportato dai Lucio Vitellio, censore della Siria, in Sicilia, in Spagna, in Sardegna. Arbusto grandi dimensioni o alberello contorto.
- Sommacco (*Rhus coriaria*), arbusto mediterraneo di antica coltivazione, ancora utilizzato come spezia in Medio Oriente. Eccezionale l'intensa colorazione rossa autunnale. tende ad espandersi per via vegetativa in aggruppamenti compatti.
- Lentisco (*Pistacia lentiscus*), Corbezzolo (*Arbutus unedo*), Ginepro (*Juniperus communis*), Lavanda (*Lavanda spica*), Mirto (*Myrtus communis*), Rosmarino (*Rosmarinus officinalis*), Cisto di Montpellier (*Cistus monspeliensis*), specie di stretta

coerenza vegetazionale e climatica, a costituire la parte di base delle formazioni arbustive di copertura.

#### Specie con funzioni speciali

- Cipresso (*Cupressus sempervirens*), nella varietà Cipresso nero d'innesto "Sempervirens Pyramidalis", prodotto di innesto con portamento snello, rami compatti e uniformemente aderenti al fusto, per tutta la lunghezza della pianta (le varietà che non siano a portamento colonnare sono esplicitamente escluse e non possono in alcun modo essere utilizzate nel presente progetto). La specie viene inserita tra le specie previste per le opere a verde con la specifica funzione di costituire barriere sempreverdi verticali schermanti, di notevole compattezza e in grado sia di smorzare parzialmente la rumorosità residua, sia di contribuire in misura significativa all'abbattimento delle polveri prodotte dalla viabilità stradale.

#### Specie erbacee per gli inerbimenti

La semina delle scarpate, delle aree di cantiere oggetto di recupero a fine lavori e delle aree interessate dalle sistemazioni a verde sarà eseguita utilizzando le seguenti specie: *Anacylus tomentosus*, *Potentilla reptans*, *Paronyhia argentea*, *Teucrium polium susp.aureum*, *Sedum album*, *Sedum dasyphyllum*, *Teucrium herba barona* e *Thymus capitatus*. Nelle scarpate le miscele potranno essere arricchite con i seguenti taxa, tipici degli ambienti di gariga: *Artemisia arborescens*, *Bituminaria bituminosa*, *Dactylis hispanica* e *D. glomerata*, *Daucus carota*, *Dittrichia viscosa*, *Foeniculum vulgare*, *Helichrysum microphyllum subsp. tyrrhenicum*, *Phagnalon rupestre* e *P. saxatile*, *Piptatherum miliaceum*, *Ptilostemon casabonae*, *Sinapis alba*.

#### 4.4.1.2 Tipologici delle sistemazioni a verde

Sono previste le seguenti tipologie di impianto:

- inerbimento;
- esemplare isolato di prima grandezza;
- fascia arbustiva;
- fascia arborea arbustiva di mitigazione;
- macchia arbustiva;
- filare arboreo singolo (alberi II grandezza);
- filare arboreo singolo/doppia (alberi I grandezza).

#### Inerbimento

L'inerbimento è associato a tutte le tipologie di sistemazioni a verde individuate ed è comunque previsto in tutte quelle situazioni in cui viene attuato il recupero di aree residuali e di tratti dismessi della viabilità esistente.

La semina sarà eseguita utilizzando le seguenti specie: *Anacylus tomentosus*, *Potentilla reptans*, *Paronyhia argentea*, *Teucrium polium susp.aureum*, *Sedum album*, *Sedum dasyphyllum*, *Teucrium herba barona* e *Thymus capitatus*.

Nelle scarpate le miscele potranno essere arricchite con i seguenti taxa, tipici degli ambienti di gariga: *Artemisia arborescens*, *Bituminaria bituminosa*, *Dactylis hispanica* e *D. glomerata*, *Daucus carota*, *Dittrichia viscosa*, *Foeniculum vulgare*, *Helichrysum microphyllum subsp. tyrrhenicum*, *Phagnalon rupestre* e *P. saxatile*, *Piptatherum miliaceum*, *Ptilostemon casabonae*, *Sinapis alba*.

#### Fascia arbustiva

La siepe arbustiva insieme al filare arboreo di seconda grandezza contribuisce alla realizzazione del verde strutturato proposto all'interno delle aree di svincolo (svincolo con la SS131 e svincolo con la SP 8) e delle aree residuali che si vengono a formare nell'intorno della Nuova Cagliari.

<b>Tipologia</b>	<b>Fascia arbustiva</b>		
	<b>Associazioni vegetali</b>		
	Sommacco	<i>Rhus coriaria (Rc)</i>	50%
	Lentisco	<i>Pistacia lentiscus (Pl)</i>	50%
<b>Dimensione</b>	90 mq (3m x 30m)		
<b>Quantità e dimensioni all'impianto</b>	60 arbusti		

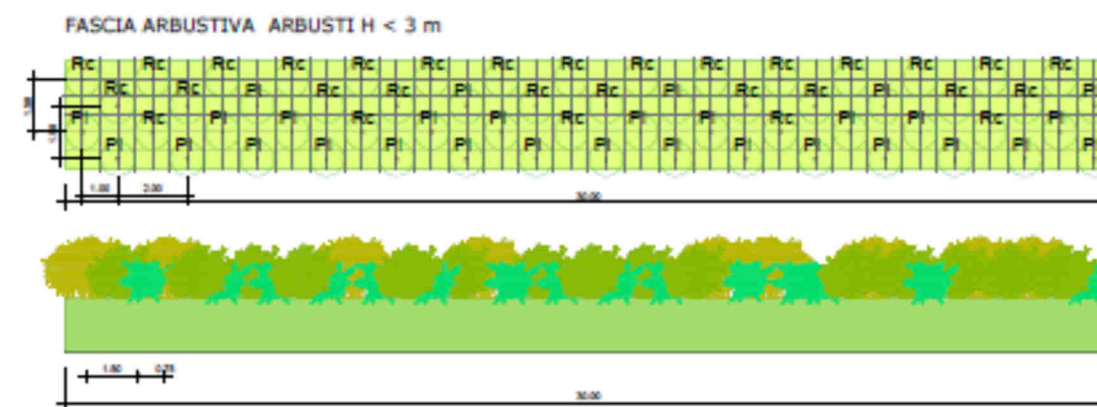


Figura 21 – Fascia arbustiva: tipologico dello schema di impianto

#### Fascia arborea - arbustiva di mitigazione

L'intervento è finalizzato alla protezione di alcuni fronti edificati posti in stretto rapporto con il tracciato stradale. La creazione di una fascia verde ampia dello spessore minimo di 3-4 metri consente di proteggere i fronti edificati dalla emissione di polveri in fase di esercizio. Tali fasce verdi consentono di riqualificare a livello ambientale le aree urbane, al contempo, il loro impatto visivo.

<b>Tipologia</b>	<b>Fascia arborea – arbustiva di mitigazione</b>		
	<b>Associazioni vegetali</b>		
	Carrubo	<i>Ceratonia siliqua (Cs)</i>	50%
	Olivastro	<i>Olea oleaster (Oo)</i>	50%
	Mirto	<i>Myrtus communis (Mc)</i>	20%
	Lentisco	<i>Pistacia lentiscus (Pl)</i>	80%
<b>Dimensione</b>	128 mq (4m x 32m)		
<b>Quantità e dimensioni all'impianto</b>	8 alberi 51 arbusti		



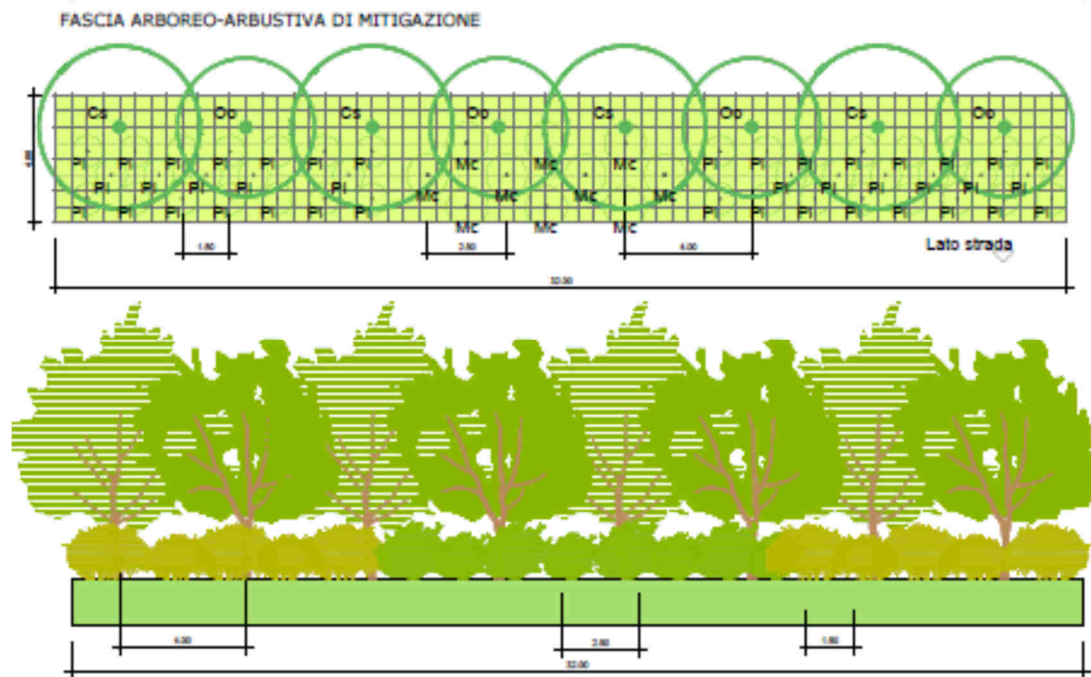


Figura 22 – Fascia arboreo – arbustiva di mitigazione: tipologico dello schema di impianto

**Macchia arbustiva**

La formazione della macchia arbustiva è prevista principalmente all'interno dell'ampia area di svincolo di connessione con la SS131. Piccole macchie arbustive sono previste all'interno delle isole delle rotonde secondarie, ovvero delle rotonde che non sono interessate dall'attraversamento dei viadotti.

Tipologia	Macchia arbustiva		
	Associazioni vegetali		
	Corbezzolo	<i>Arbutus unedo (Au)</i>	30%
	Ginepro	<i>Juniperus communis (Jc)</i>	20%
	Lentisco	<i>Pistacia lentiscus (Pl)</i>	20%
	Mirto	<i>Myrtus communis (Mc)</i>	14%
	Lavanda selvatica	<i>Lavandula stoechas (Ls)</i>	16%
<b>Dimensione</b>	225 mq (15m x 15m)		
<b>Quantità e dimensioni all'impianto</b>	150 arbusti		

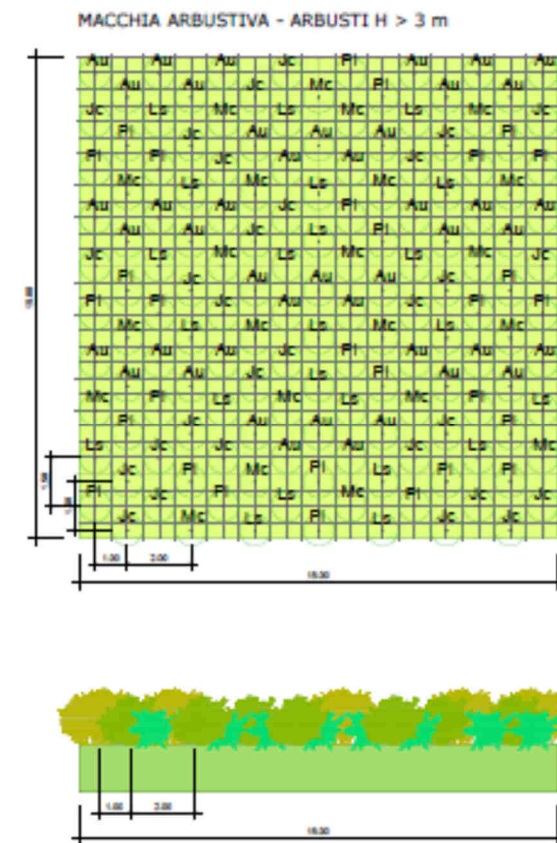


Figura 23 – Macchia arbustiva: tipologico dello schema di impianto

**Filare arboreo singolo (alberi II grandezza)**

Come precedentemente indicato il filare arboreo associato alla siepe arbustiva contribuisce alla realizzazione del verde strutturato proposto all'interno delle aree di svincolo (svincolo con la SS131 e svincolo con la SP 8) e delle aree residuali che si vengono a formare nell'intorno della Nuova Cagliari.

Tipologia	Filare arboreo singolo (alberi II grandezza)		
	Associazioni vegetali		
	Carrubo	<i>Ceratonia siliqua (Cs)</i>	100%
<b>Dimensione</b>	224 mq (7m x 32m)		
<b>Quantità e dimensioni all'impianto</b>	8 alberi		

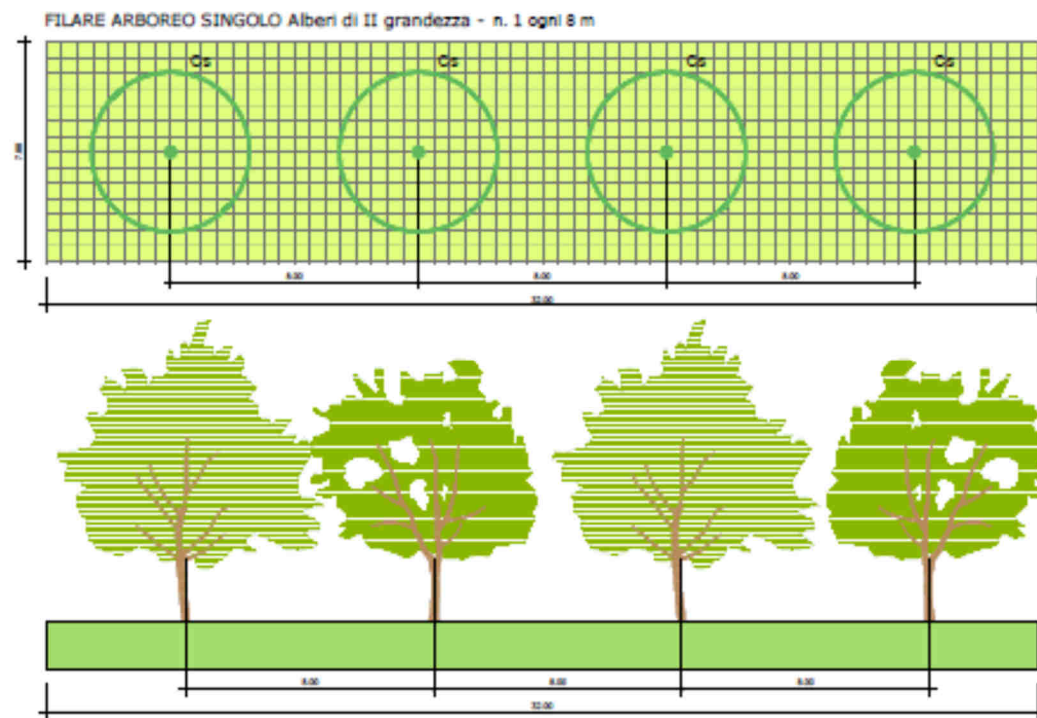


Figura 24 – Filare arboreo singolo: tipologico dello schema di impianto

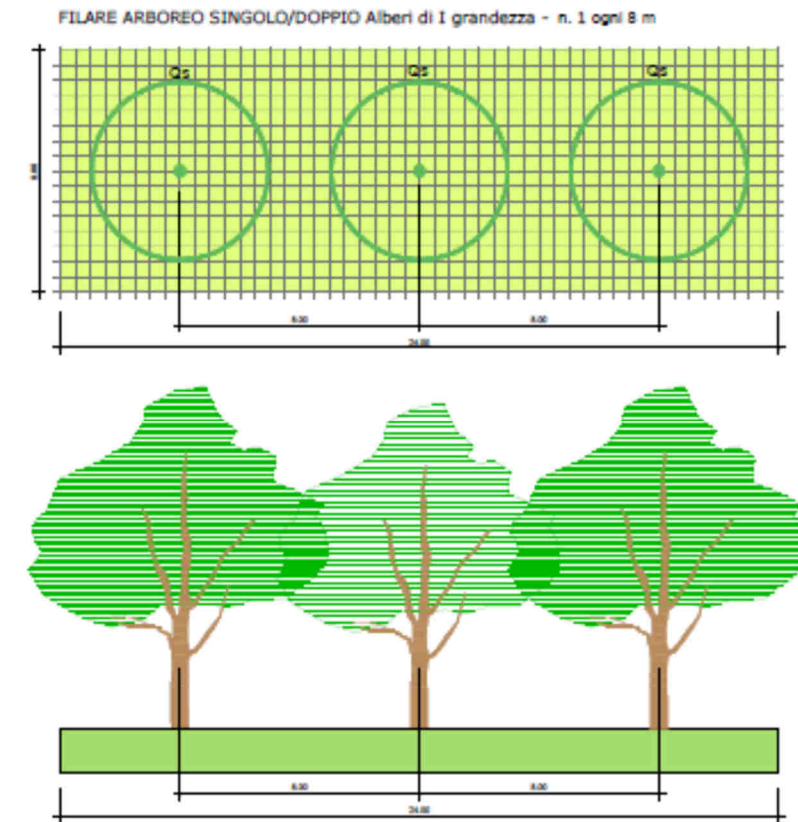


Figura 25 – Filare arboreo singolo: tipologico dello schema di impianto

*Filare arboreo singolo (alberi I grandezza)*

Il filare arboreo costituito da alberi di prima grandezza ha il compito di mascherare alcune porzioni del tracciato stradale che risultano più significative in termini di ingombro visivo quali ad esempio tratti di approccio ai viadotti, rilevati alti, muri.

<b>Tipologia</b>	<b>Filare arboreo singolo (alberi I grandezza)</b>		
	<b>Associazioni vegetali</b>		
	Sughera	<i>Quercus suber</i> (Cs)	100%
<b>Dimensione</b>	192mq (8m x 24m)		
<b>Quantità e dimensioni all'impianto</b>	3 alberi		

*Esemplari arborei isolati*

In presenza di spazi esigui in cui non risulta possibile proporre sistemazioni a carattere lineare o areale è previsto l'impianto di esemplari arborei isolati di Sughera (*Quercus suber*). Tali esemplari rappresentano degli elementi di riferimento visuale negli spazi aperti posti lungo il tracciato.

4.4.1.3 *Interventi particolari*

*Rotatorie*

Oltre al miglioramento dell'inserimento paesaggistico delle opere presenti (viadotti e muri andatori) è stata prevista, la sistemazione delle rotatorie secondo una diversa concezione, andando a realizzare, assieme ai viadotti, un unico sistema

La proposta progettuale intende caratterizzare le seguenti rotatorie:

- km 5+950: Rotatoria Monserrato;
- km 7+100: Rotatoria Selargius Ovest (Via P. Nenni);
- km 8+500: Rotatoria Selargius Centro (Via Torrente);
- km 9+200: Rotatoria Selargius Est (Via Roma);
- km 10+400: Rotatoria Quartucciu;

quali "Porte di accesso" alla città. Gli interventi proposti mediante la messa in opera di allestimenti ed arredi di pregio dell'isola centrale delle rotatorie assumono la valenza di valorizzazione dello spazio stradale e di spiccata connotazione urbanistica e paesaggistica dei luoghi.

Quella che può essere definita come la *leggibilità* della rotatoria definisce un insieme di fattori inconfondibili e peculiari di visibilità che concorrono al riconoscimento dell'intersezione da parte dei conducenti.

Le singole rotatorie sono caratterizzate tenendo conto sia dei caratteri dell'intervento proposto sia del contesto al contorno. A tal fine sono stati individuati alcuni elementi del progetto che rappresentano l'elemento guida delle sistemazioni proposte, in particolare.

- la pila del viadotto;
- l'asse del viadotto;
- la verticalità delle pile del viadotto;
- la circonferenza dell'isola;
- la centralità dell'isola.

In riferimento a tali elementi progettuali è stato definito un abaco delle possibili sistemazioni riportato nella figura seguente.

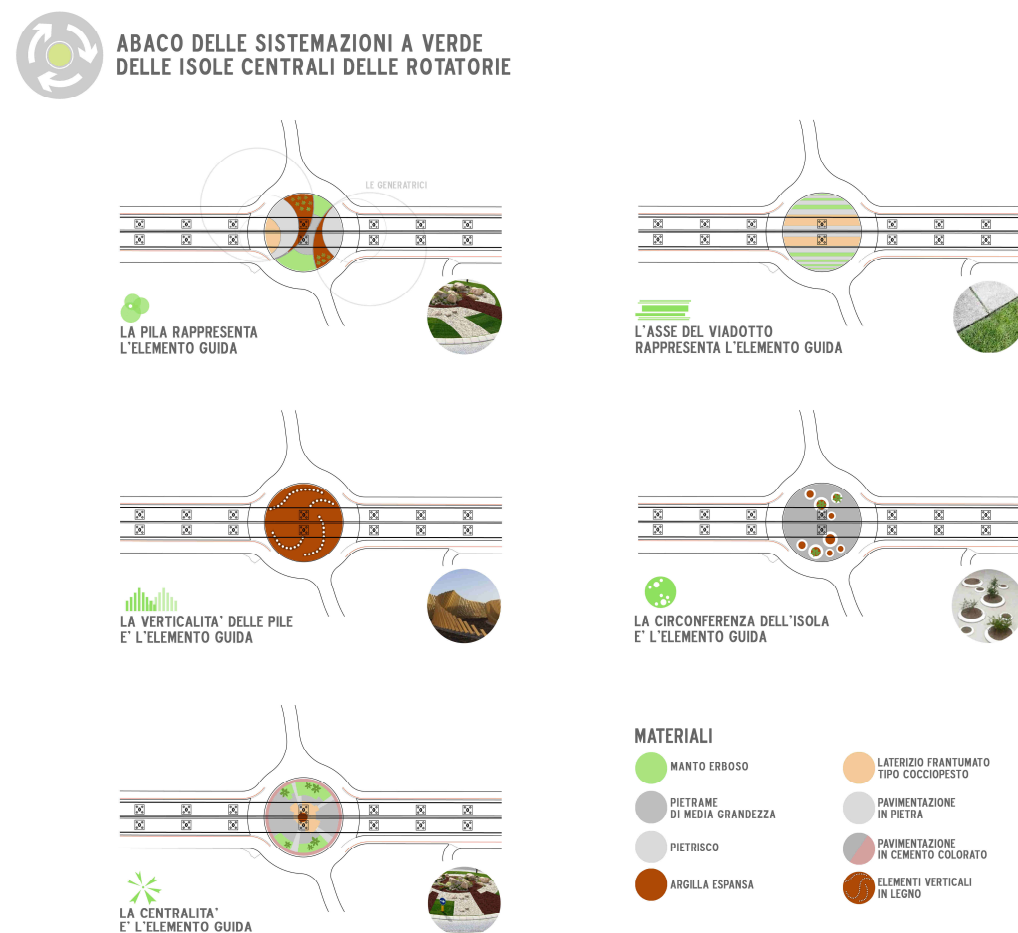


Figura 26 – Abaco delle sistemazioni a verde delle isole centrali delle rotatorie

Per la definizione del disegno delle isole delle rotatorie si è fatto riferimento a materiali di origine diversa: prato ed arbusti, legno, materiali aridi (ghiaia, pietrisco), cls.

#### Parco urbano

In considerazione della presenza di una vasta area a destinazione residenziale in adiacenza alla trombetta di svincolo di svincolo con la SS125 oggetto di dismissione si propone la realizzazione di un parco urbano.

All'interno dell'area oggetto di intervento sarà realizzata una sistemazione a verde che comprende, oltre l'inerbimento, la piantumazione di essenze arboree in forma di filare, di siepi arbustive e di macchia arbustiva. E' previsto il mantenimento delle essenze arboree presenti attualmente all'interno dell'area di svincolo.

Il parco sarà attrezzato con un percorso pedonale che condurrà alle aree attrezzate per la sosta ed il riposo, per il pic nic ed il gioco dei bambini.



Figura 27 – Inquadramento del Parco urbano nel contesto di intervento



Figura 28 – Esempi di arredi per parco

Si prevede il mantenimento delle attuali rampe della trombetta di svincolo; il manto stradale sarà pigmentato per definire gli spazi destinati ai percorsi ciclo pedonali ed alle aree destinate ai giochi a terra. Si effettuerà la demolizione dell'attuale guard rail sostituendolo con una recinzione in legno.

Alcuni brevi tratti dell'asfalto saranno demoliti al fine di realizzare alcune asole in cui inserire il verde.

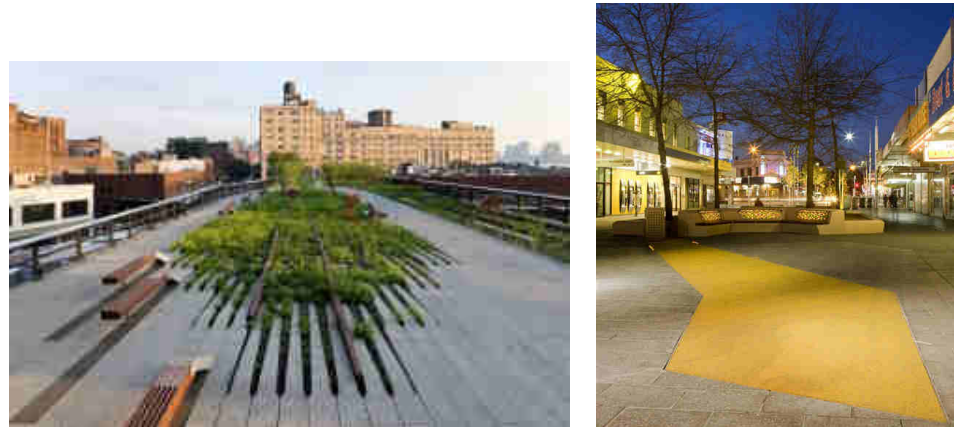


Figura 29 – Esempio di asola verdi e di trattamento delle superfici

Per garantire la continuità del parco sarà aperto un varco all'interno di una rampa.

#### 4.4.1.4 Descrizione degli interventi

All'interno dello svincolo a quadrifoglio di connessione con la SS131 è prevista una formazione arborea strutturata che consente di effettuare il mascheramento delle opere di svincolo di connessione con la SS131 e la creazione di una formazione naturalistica significativa stante la presenza di un'area residenziale posta nelle immediate vicinanze dello svincolo stesso.

All'interno dell'area di svincolo sono previsti i seguenti interventi:

- filari di alberi di prima grandezza (*Quercus suber*) con funzione di mascheramento dei rilevati di approccio al cavalcavia di attraversamento della Nuova Cagliari; Cagliari;
- filari di alberi di seconda grandezza a sesto rado (*Ceratonia siliqua*);
- siepi arbustive;
- macchia arbustiva con forma elicoidale al centro delle trombette dello svincolo.

I filari di seconda grandezza e le siepi arbustive hanno andamento lineare e sono disposti con un ritmo alternato. Lungo il lato sud – ovest dello svincolo è proposta la formazione di una siepe arborata di mitigazione; come già indicato, l'intervento è finalizzato alla protezione di alcuni fronti edificati posti in stretto rapporto con il tracciato stradale. La fascia verde consente di proteggere i fronti edificati dalla emissione di polveri in fase di esercizio. Tali fasce verdi consentono di riqualificare a livello ambientale le aree urbane, al contempo, il loro impatto visivo. Nell'intorno dell'area di svincolo è previsto il recupero di alcune piccole aree di reliquato mediante l'impianto di esemplari arborei di prima grandezza in forma di esemplare isolato o di filare, di alcuni filari di alberi di seconda grandezza a sesto rado e di siepi arbustive.



Figura 30 – La proposta di progetto per lo svincolo SS 131

All'interno dello svincolo Baracca Manna sono previsti i seguenti interventi:

- filari di alberi di seconda grandezza a sesto rado (*Ceratonia siliqua*);
- fascia arborea arbustiva di mitigazione;
- siepe e macchia arbustiva.



Figura 31 – La proposta di progetto per lo svincolo Baracca Manna

Viene proposta la sistemazione a verde dell'esistente svincolo "Policlinico/Università" in cui è attualmente presente un incolto mediante la formazione di siepi arbustive e di filari di alberi di seconda grandezza. E' inoltre previsto l'impianto di alberi isolati (*Quercus suber*).



Figura 32 – La proposta di progetto per lo svincolo Policlinico/Università

Nel tratto compreso tra lo svincolo di Policlinico/Università e lo svincolo "Monserrato" si propone la sistemazione di alcune aree di reliquato che si vengono a formarsi in adiacenza al tracciato di progetto. La rotatoria sarà oggetto di sistemazione come indicato nel precedente paragrafo e rappresenterà, pertanto, una "porta di accesso alla città".

A nord dello svincolo di "Monserrato" lungo la SS n. 387 del Gerrei sono individuate tre vasche di laminazione, al cui intorno è previsto l'impianto di filari arborei e di siepi arbustive.

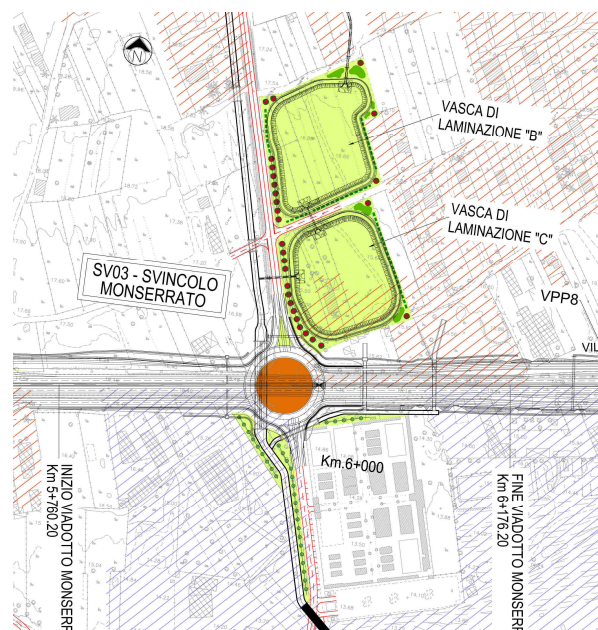


Figura 33 – Svincolo di Monserrato

Lungo la carreggiata sud, nel tratto compreso tra la progr. 6+ 650 e la prog. 7+050 è proposta la formazione di una siepe arborata di mitigazione; come già indicato, l'intervento è finalizzato alla protezione di alcuni fronti edificati posti in stretto rapporto con il tracciato stradale.

A nord dello svincolo di Selargius ovest sono previste due vasche di laminazione al cui contorno è previsto l'impianto di alberi ed arbusti. E' prevista la sistemazione della rotatoria attinente allo svincolo di Selargius Ovest che rappresenta una "porta di accesso alla città" e la sistemazione a verde delle piccole aree di reliquato che si vengono a formare a ridosso della rotatoria.

Nel tratto compreso tra lo svincolo di Selargius e lo svincolo di Quartucciu si individuano alcune piccole aree di reliquato che sono oggetto di sistemazione a verde, anche le rotatorie di "Selargius centro" e "Quartucciu" sono oggetto di sistemazione. Anche queste ultime rotatorie rappresentano le "porte di accesso alle città".

Lungo la carreggiata sud, nel tratto compreso tra la progr. 10+100 ed la trombetta di svincolo della SS125 oggetto di dismissione è proposta la formazione di una siepe arborata di mitigazione. Nell'area della trombetta di svincolo oggetto di dismissione è prevista la formazione del parco urbano secondo le modalità descritte nel precedente paragrafo.

#### 4.4.2 Opere d'arte e manufatti

##### 4.4.2.1 Criteri per la progettazione paesaggistica dei viadotti: studio dei cromatismi

L'obiettivo paesaggistico che si è voluto raggiungere è stato quello di realizzare strutture coerenti con i caratteri del contesto al contorno e finalizzate al miglioramento dell'inserimento paesaggistico con particolare riferimento al controllo degli impatti visivi delle opere d'arte e delle opere di sostegno. Da un lato si è lavorato sulla "forma" delle opere d'arte per individuare una soluzione strutturale che, come si vedrà nel seguito, si integri con il contesto di intervento; dall'altro lato è stata sviluppata un'analisi di dettaglio dei caratteri paesaggistici dell'area di intervento al fine di valutarne le condizioni percettive e valutare i cromatismi dei singoli elementi del contesto; la finalità dell'analisi è stata quella di realizzare la coerenza cromatica tra le varie opere d'arte ed il suo contesto. Per tale studio si rimanda alla Relazione descrittiva degli interventi di inserimento paesaggistico ambientale (elab. DPCA06-D-1501-T00-UP-01-AMB-RE-01).

L'analisi condotta in diverse fasi che comprendono:

1. identificazione dei caratteri paesaggistici del contesto coinvolto;
2. identificazione del livello di accessibilità alla percezione dell'opera (punti di vista e relativi campi di visibilità);
3. selezione degli elementi omogenei del paesaggio;
4. associazione delle quantità di colore di ciascun elemento del contesto al valore dell'elemento del contesto;
5. selezione del colore mediamente dominante;
6. identificazione dei colori correlabili al contesto di intervento.

Al fine di determinare le condizioni di percezione dell'opera ed il relativo rapporto con il contesto è stata condotta una campagna fotografica da punti di vista realmente accessibili. Gli assi percettivi sono rappresentati dalla viabilità esistente. Non si individuano punti di vista privilegiati a carattere statico.

L'ambito visivo risulta limitato all'immediato intorno delle opere d'arte stante anche l'elevato grado di edificazione delle aree presenti al contorno soprattutto a sud del tracciato di progetto.

Con riferimento a due delle viste fotografiche prodotte (vedi foto A e B) è stata effettuata la scomposizione in elementi omogenei del paesaggio. Il contesto paesaggistico si contraddistingue per la presenza dei seguenti elementi omogenei:

COMPONENTI	ELEMENTI DEL CONTESTO
Cielo	A1
Strada	A2
Segnaletica stradale	A3
Filari alberati	A4
Incolto	A5
Vegetazione arbustiva	A6
Edifici	A7

Nelle figura seguente sono indicate le componenti cromatiche che dominano il contesto di intervento ed i cromatismi che risultano correlabili. La componente cromatica che si ritiene di impiegare afferisce alla scala di colori (RAL) "giallo" che comprende la gradazione di colori tra RAL 1000 *beige verdastro* a RAL 1034 *giallo pastello*.

COMPONENTI	ELEMENTI DEL CONTESTO	RAL CORRELATO
A1	CIELO	5024
A2	STRADA	7011
A3	SEGNALETICA STRADALE	7040
A4	FILARI ALBERATI	6025
A5	INCOLTO	1002
A6	VEGETAZIONE ARBUSTIVA	6005
A7	EDIFICI	3011

Figura 34 – Componenti cromatiche del contesto di intervento

Applicazione diretta	Colori simili	Colori integrativi
1002	1001	1015
	8000	1024
	1011	7000
		7013
6005	6011	8014
	6006	
	6002	

Figura 35 – RAL correlabili al contesto di intervento.

#### 4.4.2.2 Viadotti principali

Abbassamento livelletta lungo l'asse principale degli svincoli SV03 e SV04

Per gli svincoli SV03 – “Monserrato” e SV04 “Selargius” è stata sviluppata una proposta progettuale tale da prevedere una revisione della livelletta stradale in prossimità dei suddetti viadotti, allo scopo principale di limitare al massimo l'altezza fuori terra degli stessi, garantendo tuttavia nel contempo il mantenimento dei franchi stradali previsti nonché del medesimo grado di sicurezza idraulica.

Il progetto definitivo offerto prevede una riduzione dell'altezza fuori terra dell'opera pari a circa 2,5 m per lo svincolo Monserrato e 1,5 m per lo svincolo Selargius Ovest, garantendo il mantenimento della quota massima del viadotto al di sotto di 10 m.

Tale aspetto risulta di fondamentale importanza in termini di inserimento paesaggistico dell'opera, in quanto l'effetto determinato dalla presenza del viadotto risulta maggiormente mitigato, permettendo una sensibile riduzione dell'impatto visivo e paesaggistico dei due viadotti, abbinata ovviamente alle migliorie in termini di configurazione delle pile e dell'impalcato. Per i dettagli relativi alle opere d'arte si rimanda agli specifici elaborati progettuali.



Figura 36 – Lo svincolo Monserrato: l'opera d'arte proposta ed il suo trattamento cromatico

*Arretramento delle spalle dei viadotti, con aggiunta di una campata laterale per ogni lato*

La soluzione progettuale proposta prevede un incremento del numero di campate per tutti i viadotti posti lungo l'asse principale ed in particolare la predisposizione di una campata aggiuntiva per ogni lato, determinando un incremento di circa 300 metri delle tratte in impalcato.

La soluzione proposta determina un netto incremento della permeabilità dell'opera dal punto di vista paesaggistico, riducendo inoltre in modo sensibile l'altezza dei muri andatori nonché una riduzione dello sviluppo complessivo. Questo permette quindi un'ulteriore mitigazione dell'impatto visivo dell'opera, riducendo sia in altezza che in estensione le tratte interessate da muri in calcestruzzo.

*Sottostrutture con pila unica a telaio*

La soluzione posta a base gara prevedeva la realizzazione di due pile separate a sostegno dell'impalcato dei viadotti. Al fine di mitigare l'impatto paesaggistico della stessa, il progetto definitivo prevede la realizzazione di una struttura unica a telaio (posta

quindi su due appoggi sfalsati), che consente quindi di eliminare la seconda fila di pile, riducendo in maniera sostanziale l'impatto estetico dell'opera.

Ciò permette inoltre di andare a ridurre in maniera sostanziale la dimensione del fusto della pila nella parte inferiore tanto in senso longitudinale (2,00 m rispetto ai 3,53 m previsti a base gara) che trasversale, determinando quindi un effettivo dimezzamento della superficie della stessa.

La realizzazione della struttura a telaio permette inoltre di andare ad eliminare il tratto curvo di raccordo con il pulvino, ove era previsto un allargamento considerevole della pila (larghezza sommitale pari a 10 m), sostituendolo con una soluzione a croce che consente di ridurre in maniera sostanziale la larghezza della stessa, con allargamento della sola anima a creare uno sfalsamento di piani in grado di rendere nel contempo la pila più snella e movimentata rispetto a quanto previsto a base gara.



Figura 37 – Le pile

#### Unica pila centrata all'interno della rotatoria

Si prevede l'eliminazione di una delle coppie di pile previste all'interno delle rotatorie (e quindi di una delle campate), incrementando localmente le due campate centrali del viadotto da 32 a 48 metri, in maniera tale che la pila centrale del viadotto si localizzi esattamente al centro della rotatoria. Tale proposta consente di ottimizzare localmente la scansione delle pile, sostituendo una configurazione asimmetrica rispetto alla rotatoria con una soluzione simmetrica e speculare rispetto al centro della rotatoria, che garantisce quindi una maggior trasparenza ed uniformità progettuale, nonché un miglior inserimento paesaggistico, basato sull'eliminazione di una coppia di pile in prossimità di ogni rotatoria ed applicato su tutti i viadotti che presentano tale configurazione (ad eccezione del viadotto presso lo svincolo Selargius Centro ove, a causa della dimensione ridotta della rotatoria rispetto agli altri viadotti, la scansione delle pile posta a base gara prevedeva già una configurazione con un'unica coppia di pile posta al centro della rotatoria; per tale caso non è quindi necessario effettuare delle variazioni localizzate della scansione delle pile). Tale configurazione è inoltre esaltata dalla nuova configurazione delle pile, molto più snelle rispetto alla configurazione prevista a base gara.

#### Impalcati in acciaio

La soluzione proposta nel progetto definitivo offerto, con realizzazione degli impalcati mediante travi in acciaio in luogo delle travi a cassone in c.a.p. previste a base gara, presenta degli evidenti vantaggi in termini paesaggistici; questi sono correlati *in primis* alla riduzione del numero di travi (3 in luogo di 5 per il singolo impalcato), con predisposizione di una soluzione a sbalzo

dell'impalcato che consente di mitigare in maniera più sensibile la presenza delle travi sottostanti, le quali risultano inoltre maggiormente snelle rispetto alla soluzione a cassone. L'impiego dell'acciaio permette inoltre di introdurre una movimentazione dell'opera anche in termini cromatici rispetto alla soluzione prevista a base gara, introducendo una fascia color COR-TEN in luogo di una fascia color calcestruzzo (veletta prefabbricata prevista a base gara a copertura completa delle travi), con predisposizione di una veletta di dimensioni nettamente inferiori a quella prevista a base gara, al fine di mascherare solamente le tubazioni di scarico delle acque di piattaforma dei viadotti. Ciò consente un maggior equilibrio a livello cromatico, evitando pertanto che la cromia dominante sia il color grigio calcestruzzo. Si sottolinea inoltre che la veletta prefabbricata in calcestruzzo presenterà una pigmentazione color Ocra, derivante da approfondito studio cromatico del contesto ove si colloca l'opera in progetto).

#### Impiego di veletta prefabbricata con pigmentazione nelle tonalità del contesto paesaggistico limitrofo

La scelta progettuale proposta nel progetto definitivo offerto prevede la sostituzione delle velette in calcestruzzo prefabbricato faccia a vista, previste per la copertura completa delle travi a cassone in c.a.p., con una soluzione di minor impatto visivo, in grado di valorizzare l'impalcato dei viadotti grazie alla scelta di una pigmentazione identica a quella di spalle e pile dei viadotti.



Figura 38 – Il sistema impalcato – spalla - muro

#### 4.4.2.3 Cavalcavia

Le soluzioni tecniche sono omogeneizzate a quanto previsto per i viadotti lungo l'asse principale. In particolare, è previsto l'abbassamento della livelletta sulla SS.131 in prossimità dell'intersezione con SS 554 (Svincolo Quadrifoglio) e realizzazione di un impalcato a spalla unica.

Per il cavalcavia viene adottata una soluzione in acciaio che consente una riduzione dello spessore delle travi rispetto a quella che sarebbe stata la medesima configurazione in c.a.p. nonché una diminuzione del numero delle stesse riducendo pertanto sia lo spessore dell'impalcato che il numero di elementi di appoggio dello stesso, garantendo quindi una soluzione estetica in termini di forme e cromatismi analoga a quelle previste lungo l'asse principale. Si propone, pertanto, una soluzione che incrementa nettamente la permeabilità dell'opera, garantendo maggiore snellezza all'impalcato e facendo pertanto percepire all'utente dell'infrastruttura nonché ai ricettori antropici presenti in loco l'uniformità di intenti e forme/cromatismi, entrambi calati su aspetti caratteristici del contesto locale.

#### 4.4.2.4 Muri

In fase di redazione della proposta di gara è proposta la predisposizione nei casseri dei muri prefabbricati di apposita matrice in gomma per dare superficie con apposita finitura. Viene proposto il trattamento delle superfici dei muri con effetto scarificato ad andamento verticale (vedi figura precedente). Tale trattamento delle superfici è suggerito dai caratteri del contesto che si presenta come già indicato ad elevata valenza antropica in cui la componente insediativa rappresenta un elemento dominante. Il trattamento delle superfici consentirà anche di evitare il graffiaggio abusivo dei muri.

### 4.5 Rumore

Sono previsti i seguenti interventi di protezione acustica

LOTTO	BARRIERA N.	CARREGGIATA	PROG. INIZIO	PROG. FINE	L (m)	H (m)	SUPERFICIE (mq)
1	1	Nord	1+856	1+949	90	3	270
1	2	Sud	2+076	2+318	270	5	1350
1	3	Sud	su svincolo SS131 dir		420	5	2100
1	4	Sud	3+372	3+477	105	4	420
1	5	Sud	3+477	3+722	234	3	702
1	6	Sud	4+239	4+323	126	4	504
1	7	Sud	5+360	5+465	105	5	525
1	8	Sud	5+612	5+787	174	4	696
1	9	Nord	6+149	6+287	138	3	414
2	10	Sud	7+873	7+971	99	4	396
2	11	Sud	9+170	9+272	102	3	306
2	12	Sud	10+065	10+168	102	3	306

Tabella 34 - Localizzazione barriere antirumore

Per quanto concerne invece la tipologia delle barriere antirumore:

- su muri, opere d'arte e su ciglio stradale dell'asse principale in caso di affiancamento di una complanare è stata prevista una barriera antirumore integrata con pannelli fonoassorbenti in alluminio e specchiature in materiale trasparente (PMMA) per altezze superiori a 3 m;
- su ciglio delle complanari o in tracciato stradale in trincea, è stata prevista una barriera antirumore con pannelli fonoassorbenti in alluminio e specchiature in PMMA per altezze superiori a 3 m.

Le barriere antirumore previste sono fonoassorbenti in alluminio per garantire la migliore efficacia acustica. I pannelli trasparenti favoriscono l'intrusione visiva per le barriere più alte.

In particolare devono essere opportunamente definite le proprietà fonoassorbenti della barriera, attenendosi alle seguenti norme di carattere generale:

Il fonoassorbimento è l'attitudine dei materiali ad assorbire l'energia sonora su di essi incidente, trasformandola in altra forma di energia, non inquinante (calore, vibrazioni, etc).

L'adozione di materiali fonoassorbenti è utile per:

- evitare l'aumento di rumorosità per abitazioni poste dallo stesso lato della sorgente;
- evitare una riduzione dell'efficacia schermante totale;
- evitare un aumento della rumorosità per gli occupanti delle autovetture (effetto tunnel).

E' consigliabile far uso di tali materiali nei casi in cui l'altezza della barriera sia maggiore di 1/10 della larghezza della strada da schermare.

Per quanto riguarda i pannelli delle barriere, si prevedono materiali ad elevate prestazioni acustiche:

- Pannelli in alluminio di Categoria di Assorbimento Acustico A4 e di Categoria di Isolamento Acustico B3, con marcatura CE ai sensi delle UNI EN 14388 e UNI TR 11338
- Pannelli in PMMA di Categoria di Isolamento Acustico B3, con marcatura CE ai sensi delle UNI EN 14388 e UNI TR 11338

Le finestre fonoisolanti previste sono a ventilazione naturale, con serramenti avente potere fonoisolante  $L_w$  misurato sperimentalmente uguale o maggiore di 35 dB.

Gli edifici per i quali è prevista la sostituzione degli infissi esistenti con le suddette finestre sono individuabili planimetricamente nell'elaborato grafico *Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione* (scala 1:5.000), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-12-13.

Nella seguente tabella vengono riassunti gli interventi diretti previsti. Si riportano comune di appartenenza e destinazione d'uso del ricettore, il numero di piani fuori terra totali dell'edificio, i livelli fuori terra da proteggere (frontali e laterali alla Nuova SS554) e i metri quadri totali di finestre da sostituire.

Comune	Cod. ricettore	Destinazione d'uso	n. piani fuori terra totali	Piani fuori terra da proteggere frontali	Piani fuori terra da proteggere laterali	Totale m <sup>2</sup> finestre
Cagliari	092009FV00117	Scuola	3	3	-	108
Cagliari	092009FV00115	Scuola	4	4	-	54
Selargius	092068CE00030	Residenza	5	2-3-4-5	4-5	123
Selargius	092068CE00045	Residenza	5	5	-	4

Di seguito, a titolo esemplificativo, si riporta il profilo di una barriera di altezza pari a metri 5.



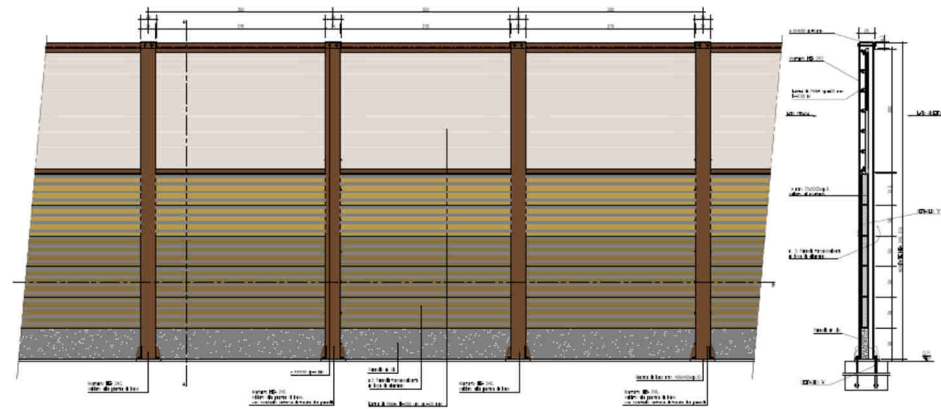


Figura 39 - Esempio di barriera antirumore H=5m

Le barriere sono in alluminio fino ad un'altezza di 3 metri. Oltre, sono previsti pannelli trasparenti in PMMA, al fine di limitare l'intrusione visiva.

La scelta del cromatismo da impiegare per le barriere è stata attuata conformemente con i risultati dell'analisi condotta in merito alla coerenza cromatica delle opere d'arte con il contesto di intervento.