

Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas
Opera Connessa Nord

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandatario)</p> <p>GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>IRD ENGINEERING</p> <p>SAIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>HYpro srl</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12): <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>		
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>		

ELABORATI GENERALI
Inquadramento dell'intervento
RELAZIONE TECNICA GENERALE

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO: D P C A 0 1 5 0 LIV. D ANNO 2 3	T00EG00GENRE02_A		
	CODICE ELAB. T 0 0 E G 0 0 G E N R E 0 2	A	-
D			
C			
B			
A	Emissione	Giugno '23	Koch
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDDATTO
			VERIFICATO
			APPROVATO

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	5
2. STUDI E INDAGINI.....	7
2.1. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA	7
2.1.1. <i>Lineamenti geologici</i>	7
2.1.2. <i>Lineamenti geomorfologici</i>	8
2.1.3. <i>Lineamenti idrogeologici</i>	9
2.2. ARCHEOLOGIA	9
2.3. GEOTECNICA	12
2.1. PARAMETRI CARATTERISTICI	12
2.2. IDROLOGIA E IDRAULICA	13
2.2.1. <i>Studio idrologico</i>	13
2.2.2. <i>Studio idraulico – canale Imboi e idraulica di versante</i>	14
2.2.3. <i>Studio idraulico – Idraulica di piattaforma</i>	15
2.2.4. <i>Bacini di laminazione o di lagunaggio</i>	16
2.3. SISMICA.....	16
2.4. GESTIONE DELLE MATERIE	18
2.4.1. <i>Analisi delle risorse e dei fabbisogno</i>	18
2.4.2. <i>Demolizioni</i>	19
2.4.3. <i>Piano di Utilizzo Terre</i>	19
2.4.1. <i>Disciplina di gestione delle terre e rocce da scavo</i>	22
2.4.2. <i>Siti di approvvigionamento materiali</i>	22
2.4.3. <i>Siti di conferimento</i>	24
3. INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	26
3.1. TOPOGRAFIA	26
3.1.1. <i>Rilievi aerofotogrammetrici e topografici</i>	26
3.1.2. <i>Rilievi opere esistenti</i>	26
3.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO.....	26
3.2.1. <i>Geometria asse principale</i>	28
3.3. SVINCOLI	29
3.3.1. <i>geometria svincolo casic – capoterra</i>	30
3.4. VIABILITÀ SECONDARIA E OPERE INTERFERENTI	32
3.4.1. <i>Geometria Complanare Casic “Dorsale Cosortile”</i>	32
3.4.2. <i>Geometria Strada di accesso alla dorsale consortile</i>	32

PROGETTAZIONE ATI:

3.5.	SINTESI DELLE VERIFICHE STRADALI.....	33
3.6.	SEZIONI TIPO	33
3.6.1.	<i>Asse principale</i>	33
3.6.2.	<i>Svincolo esistente Casic – Capoterra</i>	36
3.6.3.	<i>Viabilità Secondaria e Opere Interferenti</i>	39
3.7.	BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA.....	41
3.7.1.	<i>Barriere di Sicurezza</i>	41
3.7.2.	<i>Segnaletica Stradale</i>	43
4.	<u>OPERE D'ARTE MAGGIORI.....</u>	45
4.1.	SCAVALCO FASCIA TUBIERA ALLA PROG. 8+366.00	45
4.2.	PONTI.....	47
4.2.1.	<i>Ponte scavalco fascio tubiero alla prog. 6+749.00</i>	47
4.2.2.	<i>Ponte scavalco deviazione canale emboi alla prog. 7+814.00</i>	48
4.2.3.	<i>Cavalcavia asse principale svincolo capoterra – casic</i>	51
4.2.4.	<i>Ponte su canale imboi svincolo capoterra – casic</i>	55
4.2.5.	<i>Ponte su canale inboi svincolo capoterra - casic ramo a</i>	57
4.2.6.	<i>Ponte su canale inboi svincolo capoterra - casic ramo b</i>	59
4.3.	SOTTOPASSI.....	62
4.3.1.	<i>Sottopasso scatolare strada di accesso alla dorsale casic alla prog. 9+205.00</i>	62
5.	<u>OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO.....</u>	63
5.1.	MURI DI SOSTEGNO	63
6.	<u>OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE</u>	64
6.1.	TOMBINI	64
6.2.	CANALE IMBOI	65
7.	<u>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</u>	66
7.1.	VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO.....	67
7.1.1.	<i>Metodologia</i>	67
7.1.2.	<i>La classificazione acustica dell'area di studio</i>	68
7.1.3.	<i>Caratterizzazione acustica ante operam</i>	70
7.1.4.	<i>Strumentazione di misura</i>	72
7.1.5.	<i>Risultati delle misure fonometriche</i>	73
7.1.6.	<i>Individuazione dei ricettori</i>	74
7.1.7.	<i>Simulazioni acustiche</i>	74
7.1.8.	<i>Taratura del Modello</i>	76
7.1.9.	<i>Risultati delle simulazioni</i>	77

PROGETTAZIONE ATI:

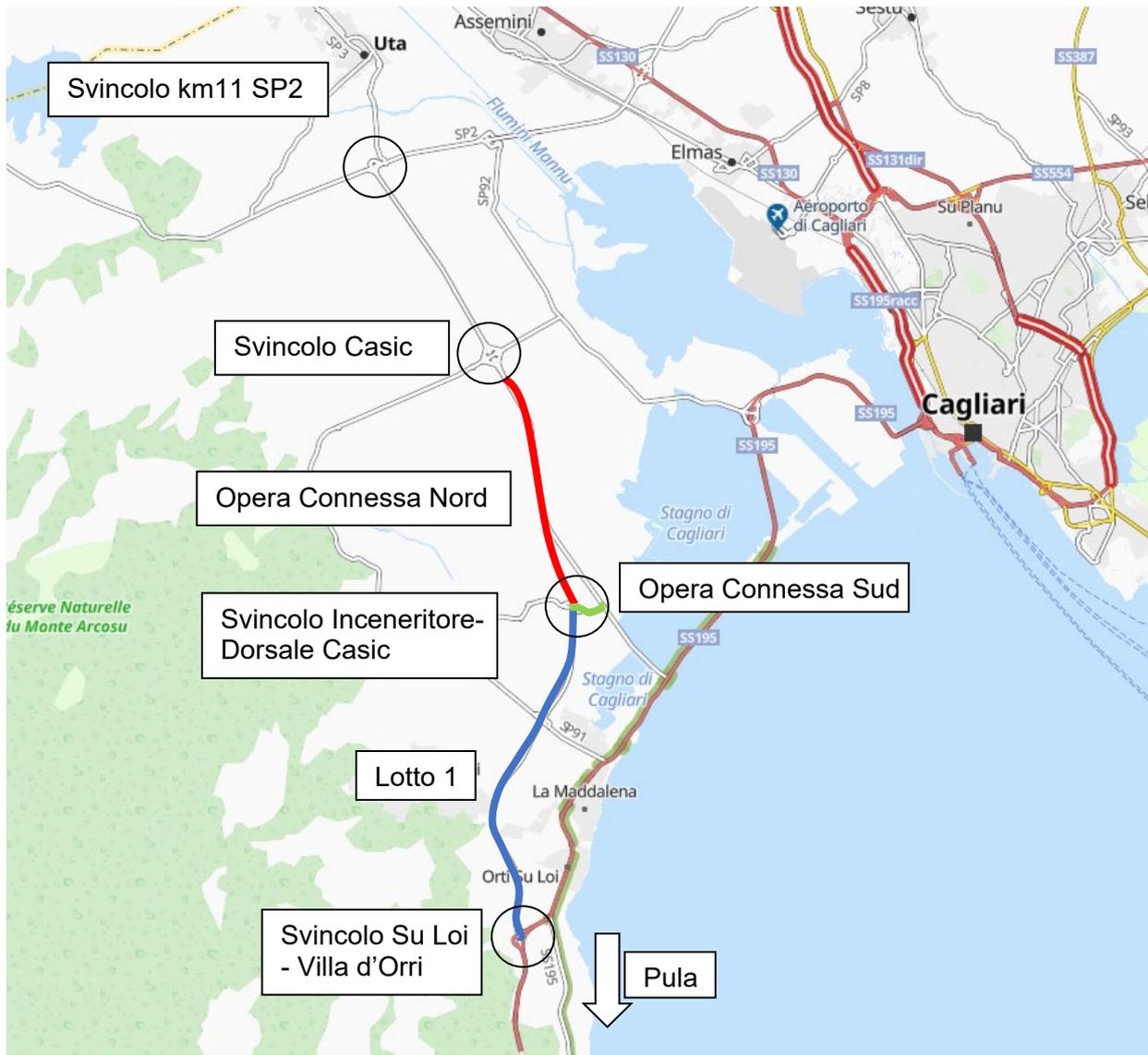
7.1.10.	<i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i>	80
7.2.	ARIA E CLIMA	88
7.2.1.	<i>Climatologia e meteorologia</i>	88
7.2.2.	<i>Zonizzazione e classificazione del territorio per qualità dell'aria</i>	90
7.2.3.	<i>Stato della qualità dell'aria</i>	91
7.2.4.	<i>Modellizzazione della qualità dell'aria</i>	92
7.2.5.	<i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i>	94
7.2.6.	<i>Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere</i>	97
7.2.7.	<i>Analisi degli impatti in fase di esercizio</i>	101
7.2.8.	<i>Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio</i>	103
7.2.9.	<i>Impatti residui attesi</i>	103
8.	<u>RELAZIONE PAESAGGISTICA</u>	103
9.	<u>INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE</u>	104
9.1.	INTERVENTI DI RECUPERO DELLE AREE DI CANTIERE A FINE LAVORI	110
10.	<u>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE</u>	110
10.1.	ATMOSFERA	111
10.1.1.	<i>PMA fase di esercizio</i>	111
10.1.2.	<i>PMA fase di cantiere</i>	111
10.1.3.	<i>Punti di monitoraggio</i>	112
10.2.	ACQUE SUPERFICIALI	112
10.2.1.	<i>Parametri da determinare in AO-CO-PO</i>	112
10.2.2.	<i>Monitoraggio ante operam (ao)</i>	112
10.2.3.	<i>Monitoraggio in corso d'opera (co)</i>	112
10.2.4.	<i>Monitoraggio post operam (po)</i>	113
10.2.5.	<i>Punti di monitoraggio</i>	113
10.3.	ACQUE SOTTERRANEE	113
10.3.1.	<i>Parametri da determinare in AO-CO</i>	113
10.3.2.	<i>Monitoraggio ante operam (ao)</i>	114
10.3.3.	<i>Monitoraggio in corso d'opera (co)</i>	114
10.3.4.	<i>Monitoraggio post operam (po)</i>	114
10.3.5.	<i>Punti di monitoraggio</i>	114
10.4.	SUOLO	114
10.4.1.	<i>Accertamenti ante operam</i>	114
10.4.2.	<i>Accertamenti in corso d'opera</i>	114
10.4.3.	<i>Accertamenti post operam</i>	115

PROGETTAZIONE ATI:

10.4.4.	Parametri pedologici (in situ – metodica S1)	115
10.4.5.	Parametri chimico-fisici: in situ e/o in laboratorio (metodica S2)	115
10.4.6.	Punti di monitoraggio	115
10.5.	VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA.....	116
10.5.1.	Articolazione temporale degli accertamenti	116
10.5.2.	Metodiche d'indagine	116
10.5.3.	Punti di monitoraggio	117
10.6.	RUMORE.....	117
10.6.1.	Punti di monitoraggio	117
10.7.	VIBRAZIONI	118
10.7.1.	Punti di monitoraggio	118
11.	<u>PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO E STRUTTURALE</u>	119
11.1.	MONITORAGGIO GEOTECNICO	119
11.2.	MONITORAGGIO STRUTTURALE	119
12.	<u>ESPROPRI.....</u>	121
13.	<u>INTERFERENZE.....</u>	121
14.	<u>CANTIERIZZAZIONE</u>	121
14.1.	LE AREE DI CANTIERE.....	125
14.1.1.	Cantiere Base	125
14.1.2.	Cantieri operativi.....	129
14.1.3.	Aree di stoccaggio	131
15.	<u>IMPIANTI</u>	131
15.1.	IMPIANTI ILLUMINAZIONE SVINCOLI	131
15.2.	IMPIANTI ILLUMINAZIONE GALLERIA ARTIFICIALE AL KM 8+350	132
15.3.	PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE	132
15.1.	IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	132
16.	<u>BONIFICA ORDIGNI BELLICI</u>	133
17.	<u>QUADRO ECONOMICO.....</u>	133

1. INTRODUZIONE

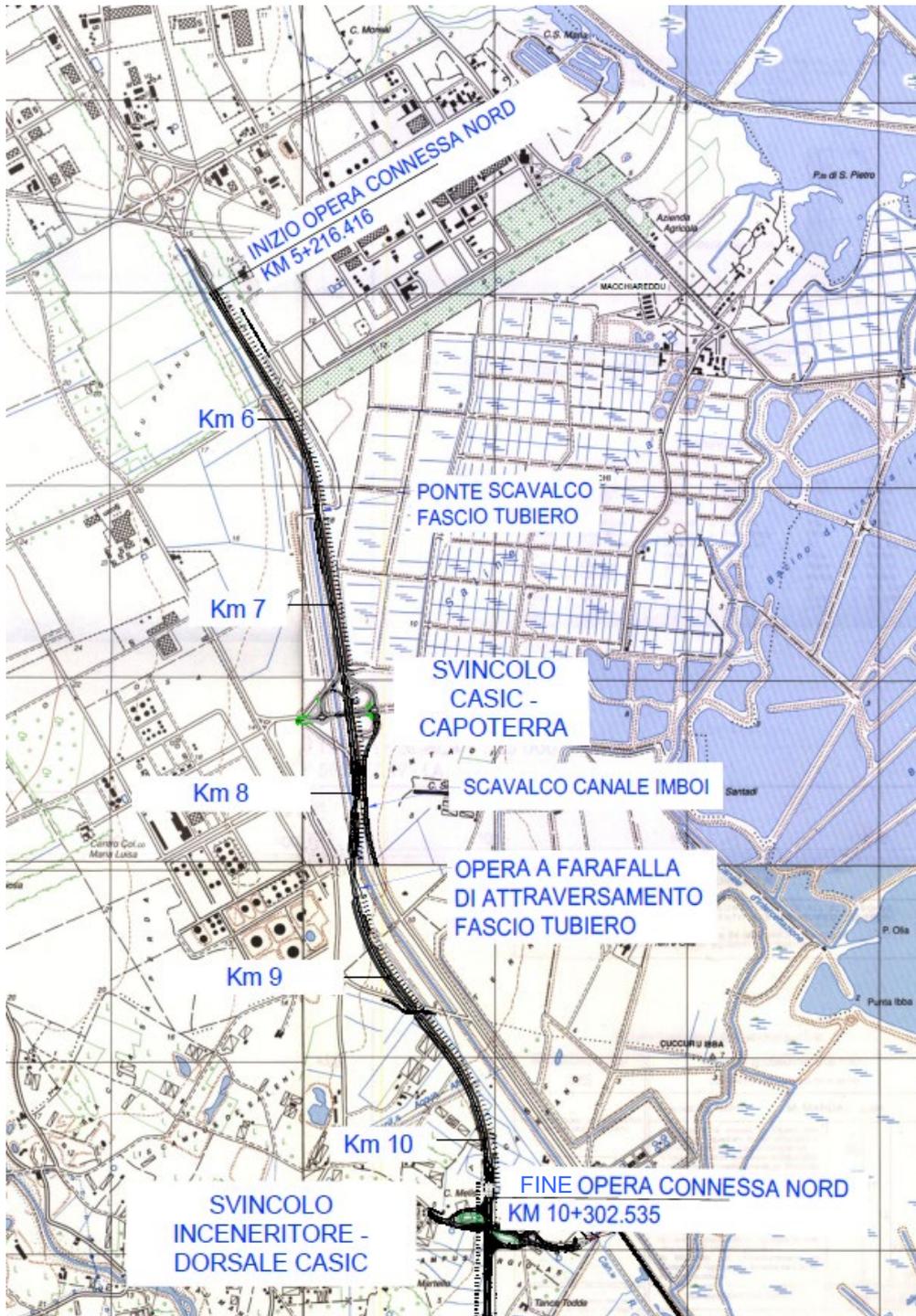
La presente Relazione Tecnica Generale illustra il Progetto Definitivo per la costruzione del nuovo tracciato della SS195 "Sulcitana" nel tratto che ricade nei comuni di Assemini (CA) e Capoterra (CA) inserito nel tratto Cagliari-Pula e definito come "Opera Connessa NORD". L'infrastruttura prevede la creazione di un nuovo collegamento che parte dallo svincolo al km11 della SP2, percorre la Dorsale Casic in località Macchiareddu, si ricollega al lotto denominato "Opera Connessa SUD" (in fase di costruzione) in corrispondenza dello svincolo Inceneritore-Dorsale Casic e di qui arriva fino allo svincolo esistente Su Loi-Villa d'Orri ed attraverso il tracciato già realizzato si collega alla SS195 nei pressi di Pula.



Corografia di inquadramento Opera Connessa Nord

PROGETTAZIONE ATI:

Entrando più nel dettaglio la strada in progetto lunga circa 5km prevede la trasformazione della Dorsale Casic esistente ad una strada a sezione tipo B DM2001 partendo dalla fine del tratto a due corsie a sud dello Svincolo Casic, passando attraverso lo svincolo Casic-Capoterra e ricollegandosi al lotto denominato "Opera Connessa SUD" (in fase di costruzione) in corrispondenza dello svincolo Inceneritore-Dorsale Casic.



PROGETTAZIONE ATI:

Corografia Opera Connessa Nord

Il tracciato prevede la modifica ad una sezione tipo B DM2001 di circa 5km di strada esistente, l'adeguamento dello svincolo Casic-Capoterra, la realizzazione sull'asse principale di un ponte per l'attraversamento del Fascio Tubiero, di un cavalcavia allo svincolo Casic-Capoterra, di n.4 ponti per l'attraversamento del Canale Imboi e la realizzazione di un sottopasso. L'opera più significativa del lotto è l'Opera a Farfalla di Scavalco del Fascio Tubiero alla pk8+336,00.

2. STUDI E INDAGINI

2.1. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

2.1.1. LINEAMENTI GEOLOGICI

Il settore in cui si sviluppa il tracciato in oggetto si sviluppa in un contesto prevalentemente pianeggiante, ed è costituita totalmente da depositi quaternari di origine alluvionale, e in minor misura, di natura fluvio-lacustre e marino – lagunare.

Il Quaternario in Sardegna è rappresentato in gran parte da depositi continentali, in particolare, il Pleistocene è caratterizzato dalle cosiddette "Alluvioni Antiche", diffuse in tutta l'Isola, ma in particolare nella piana del Campidano, nel cui margine meridionale ricade l'area di progetto. Si tratta di sedimenti fluviali di conoide e di piana alluvionale, deposti durante le fasi climatiche freddiaride e reinciati in condizioni caldo-umide. Nell'area in questione l'Olocene è rappresentato da depositi ghiaioso-sabbiosi di fondovalle e delle piane alluvionali e da depositi limoso-argillosi della laguna.

Le coperture alluvionali sono state deposte in seguito agli apporti detritici dei principali corsi d'acqua, rappresentati, procedendo da ovest verso est, dal Rio Santa Lucia, nella porzione

Le alluvioni più antiche (Pvm2) appartenenti al subsistema di Portoscuso mostrano una maggiore estensione nell'area occidentale, e sono caratterizzati da un'alterazione molto spinta dei ciottoli e della matrice e si mostrano ben costipate e cementate. Queste rappresentano il piano superiore del cono alluvionale su cui si sono impostati i processi di incisione del Rio Santa Lucia al variare delle condizioni climatiche succedutesi nel corso del Quaternario. La disposizione caotica del deposito mostra elementi di pochi centimetri accanto a blocchi di notevoli dimensioni e i ciottoli risultano talora fortemente costipati in una matrice sabbioso-limosa molto arrossata a causa dei processi di ferrettizzazione cui sono stati sottoposti, costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane, sino alla taglia dei blocchi, a spigoli subangolosi e subarrotondati. Essi presentano strutture incrociate concave in genere di limitata ampiezza e profondità. Sono inoltre frequenti lenti e livelli piano paralleli o massivi. I sedimenti più fini, rappresentati da sabbie grossolane sono sempre molto subordinati e si presentano in lenti e livelli intercalati ai livelli ghiaiosi. Lo spessore in superficie può superare i 30 m, ma è possibile che questo fosse maggiore al momento della deposizione, prima che i processi erosivi asportassero parte della copertura alluvionale. Questi depositi tendono a diminuire di spessore avvicinandosi alla laguna.

I depositi olocenici sono rappresentati sia da quelli attuali che da quelli derivati dalle modificazioni dell'ambiente fisico oloceniche e dunque sono caratterizzati da gradi variabili di inattività e seppellimento, tra questi sono compresi anche i depositi alluvionali terrazzati (Aa) posti a quote inferiori rispetto ai terrazzi pleistocenici. Nella parte occidentale dell'area di interesse affiorano i depositi di pianura alluvionale attuali (a), che mostrano passaggi progressivi a quelli di conoide alluvionale. La natura di questi sedimenti e la relazione laterale tra le varie facies è alquanto complessa.

I depositi alluvionali terrazzati (Aa), ricoprono i sedimenti del sistema di Portovesme e sono ricoperti dai depositi alluvionali attuali. Si tratta di ghiaie a stratificazione incrociata concava deposte all'interno di canali bassi e poco continui, alternate a ghiaie a stratificazione piano parallela. Sono depositi posti ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati ed in genere non interessati dalle

PROGETTAZIONE ATI:

dinamiche in atto. Nell'area di progetto, tali depositi affiorano al margine occidentale della laguna, e sono separati, localmente, dove l'attività antropica l'ha preservata, da una scarpata, dai depositi di conoide ad ovest. In occasione di eventi idrometeorici estremi questi depositi potrebbero essere interessati da dinamiche alluvionali. La mancanza di differenze pianoaltimetriche marcate ha impedito di stabilire quali fossero i tratti interessati da dinamiche precedenti alla situazione idrografica attuale.

Al margine occidentale dell'area di progetto affiorano i sedimenti alluvionali attuali (a) depositi dal Rio Santa Lucia, sono rappresentati da depositi grossolani e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli sabbia. Le strutture sedimentarie non si differenziano da quelle già descritte per i depositi alluvionali terrazzati olocenici, a testimoniare la presenza di un passato più o meno prossimo di corsi a canali intrecciati. I depositi in questione, essendo molto vicini al tratto montano del Rio Santa Lucia, possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi. Allo sbocco della valle il Rio Santa Lucia incide i depositi di conoide pleistocenici, dando luogo ad una scarpata di diversi metri di altezza. I depositi alluvionali recenti difficilmente superano i 5 metri di potenza

Al margine orientale dell'area progettuale affiorano depositi palustri (e) legati all'evoluzione attuale dell'adiacente Stagno di S. Gilla. Sono sedimenti fini, argilloso-limosi, con rari livelli di sabbie fini, ricchi in sostanza organica. L'esiguo areale di affioramento, nonché, la spinta antropizzazione di quest'area, non permettono osservazioni dettagliate, né di definirle lo spessore. Sono comunque riferibili all'Olocene. Considerata la posizione marginale rispetto al progetto non richiedono approfondimenti specifici.

2.1.2. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

L'area in studio è situata all'interno della porzione sud-occidentale della pianura del Campidano meridionale compresa tra gli abitati di Assemini, Uta e Capoterra. Tale settore di pianura è delimitato dal margine dei rilievi del massiccio del Sulcis (Monti di Capoterra) a sud-ovest, il Golfo di Cagliari a sud e il bacino dello stagno di Santa Gilla ad est. L'andamento morfologico del settore di pianura del Campidano meridionale in esame è subpianeggiante o moderatamente ondulato e degrada verso est con uno sviluppo altimetrico da circa 60 m s.l.m. verso il livello del mare, con una pendenza media dell'1-2%. Il settore in esame è solcato, a nord, dal Rio Cixerri e dal Flumini Mannu e, a sud, dal Rio Santa Lucia.

La piana, di formazione alluvionale-deltizia, è il risultato del colmamento della porzione meridionale del Graben del Campidano, ampia fossa tettonica formatasi nel Pliocene medio-superiore (Cherchi et al., 1978), delimitata a ovest dalla faglia di importanza regionale del Graben, con direzione NWSE; a causa di tale faglia, la transizione morfologica tra i rilievi e le facies alluvionali che colmano il Graben campidanese è evidenziata da una brusca rottura di pendio dalle pendici dei massicci cristallini alla pianura, con conseguente passaggio da una morfologia aspra ed accidentata ad una morfologia di tipo pianeggiante.

Nell'area in studio, la valle tettonica è limitata ad est dallo Stagno di Santa Gilla, ad ovest e sudovest dal massiccio del Sulcis (monti di Capoterra).

Le aree dello Stagno di Santa Gilla sono soggette a continue variazioni delle linee di costa. La genesi dello stagno è legata da una parte all'apporto detritico fluviale che ha progressivamente colmato il bacino marino in regressione, dall'altra dalla formazione di un cordone litoraneo al margine del bacino che costituisce una barriera fisica tra le acque interne e quelle del mare.

Inoltre, dalla seconda metà del secolo scorso sono stati compiuti diversi e importanti interventi atti ad assicurare una maggiore disponibilità di superfici, in modo tale da poter ospitare gli insediamenti industriali, che hanno modificato i limiti delle aree emerse e delle aree umide. Tra gli interventi più significativi: opere di colmata per ampliare le aree emerse, confinamento di bacini per produzione di sale (saline), dragaggio dei canali, apertura di bocche di comunicazione tra il bacino lagunare ed il mare.

2.1.3. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Le differenti fasi di sedimentazione della Piana di Capoterra hanno fatto sì che i depositi interessanti l'area di progetto, costituiti principalmente da materiali alluvionali, siano altamente eterogenei. All'interno di tali depositi, caratterizzati da un'alternanza caotica di livelli di varia natura, da ghiaiosi ad argillosi, di età plio-pleistocenica, risiede un unico acquifero caratterizzato da permeabilità variabile in funzione delle differenti caratteristiche idrogeologiche dei depositi.

L'asse viario di progetto attraversa i depositi appartenenti al complesso limoso-sabbioso-ghiaioso, costituito dai depositi fluviali pleistocenici e fluvio-lacustri pleistocenici-olocenici e subordinatamente entro i depositi litorali. È caratterizzato da permeabilità media e medio bassa, in funzione della presenza di livelli a maggiore contenuto limoso; questi livelli possono determinare variazioni verticali e locali della permeabilità. Questo complesso idrogeologico a sua volta può essere suddiviso in due sub-complessi:

1. Sub-complesso idrogeologico alluvionale superiore;
2. Sub-complesso idrogeologico alluvionale inferiore

Il sub-complesso alluvionale superiore, di maggiore interesse dell'area progettuale, è costituito da depositi di tipo ghiaioso sabbiosi. Esso è caratterizzato da permeabilità da medio bassa a medio alta a seconda delle presenze di livelli limoso-argillosi. Il sub-complesso alluvionale superiore è sede di un acquifero multistrato, al cui interno sono ospitate la falda superficiale di tipo libero e una falda profonda (localmente articolata in un sistema multifalda) confinata. Il grado di separazione tra la falda superficiale e la falda profonda è molto variabile ed è funzione della presenza e della continuità degli orizzonti argilloso-limosi. Il sub-complesso alluvionale superiore può essere schematizzato come un acquifero multifalda, caratterizzato da un'ampia variabilità degli orizzonti che lo costituiscono, in cui si possono distinguere una falda superficiale freatica e una falda confinata multistrato. Il grado di confinamento di questa seconda falda è molto variabile, in funzione della continuità locale degli orizzonti argilloso-limosi e delle modalità costruttive dei pozzi presenti nell'area, spesso realizzati con filtri che non garantiscono l'isolamento tra i due corpi idrici. Di conseguenza, a scala regionale, spesso i carichi idraulici associati alle due falde sopra descritte tendono a coincidere.

2.2. ARCHEOLOGIA

Nell'ambito del presente intervento è stato predisposto il "documento di verifica preventiva dell'interesse archeologico", ai sensi del D.P.C.M. 14 febbraio 2022 (G.U. n. 88 del 14 aprile 2022) che riporta le "Linee guida per la procedura di verifica dell'interesse archeologico" (art. 25 comma 13, del Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50) e nel rispetto del documento pubblicato dal Ministero della Cultura "Verifica preventiva dell'interesse archeologico. Aggiornamenti normativi e procedurali e indicazioni tecniche" (MIC|MIC_DG-ABAP|22/12/2022|0045273-P CIRCOLARE N 53). Tale relazione si colloca nell'ambito della progettazione di fattibilità tecnica ed economica dell'opera in questione e sarà funzionale al possibile avvio da parte della competente Soprintendenza della "Procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico", in applicazione dei commi 8 e seguenti dell'art. 25 del Codice dei contratti pubblici.

Seguendo una prassi consolidata per lo studio archeologico dei territori, e secondo le indicazioni fornite dalla normativa vigente in materia, si è proceduto con step progressivi e propedeutici all'elaborazione del Potenziale Archeologico e del grado di Rischio Relativo in riferimento all'opera in progetto. In una prima fase sono state esaminate le fonti archivistiche, bibliografiche e cartografiche, e gli strumenti urbanistici disponibili riportanti sintesi storico-archeologiche (PPR e PUC di Assemmini e Capoterra), concentrando l'interesse su un *buffer* di analisi di 3 km attorno alle aree di intervento. È poi seguita l'analisi delle ortofoto e riprese aeree zenitali (riprese anni 1940-2016 dal GeoPortale della Regione Sardegna), finalizzate all'individuazione di eventuali anomalie

PROGETTAZIONE ATI:

del terreno che fornissero *input* alla successiva fase di *Survey* sulle aree interessate. Le ricognizioni sono state eseguite nel febbraio 2023.

I dati raccolti sono stati quindi sintetizzati nella relativa relazione (T00GE00GENRE01), e resi geograficamente nel Template GNA e nella cartografia allegata, completata dagli elaborati comprendenti la valutazione del Potenziale e del Rischio Archeologico (elab. T00GE00GENPL03, e T00GE00GENPL04).

Da un punto di vista storico-archeologico l'area presa in esame ha rappresentato sin dalla preistoria un contesto fortemente attrattivo per l'insediamento umano, sia per i locali che per le genti esterne, che sembra concretizzarsi in maniera più incisiva e strutturata durante l'età romana, anticipata da fasi di frequentazione nuragiche e fenicio-puniche. Di contro alla fertilità dei luoghi, sono stati registrati, supportati anche dalle indagini geognostiche, mutamenti nel rapporto spaziale tra le terre e le acque, che ci parlano di un paesaggio diverso da quello che conosciamo oggi all'alba dei primi insediamenti umani, risalenti al neolitico. La conoscenza e quindi la ricostruzione di questo assetto antico, ovvero dell'articolazione degli spazi funzionali del territorio, è allo stato attuale dovuta prevalentemente al rinvenimento di cultura materiale, frammentaria, dilavata e in dispersione, a cui non ha quasi mai corrisposto una effettiva soluzione strutturale che potesse raccontare le tipologie, la portata e l'incisività dell'occupazione umana del territorio.

Le motivazioni di queste carenze sono da ricercare nel carattere alluvionale della formazione dei suoli (e quindi nel costante e diacronico mutamento/spostamento delle superfici), nella presenza della laguna di S. Gilla e nell'importante e prepotente sconvolgimento dato dalle attività industriali/produktive, agricole e di bonifica che si registrano nell'area. Tutti questi fattori potrebbero aver generato l'obliterazione di emergenze archeologiche pregresse e lo spostamento, insieme al terreno, di materiali archeologici di varia e diversa provenienza. Tale fenomeno ha chiaramente destabilizzato gli ordini di ricerca e la registrazione dei dati, non potendo avere a disposizione l'esatta provenienza e ubicazione dei contesti archeologici, e non potendo sempre affidarsi alla corrispondenza "dispersione di materiali = sito archeologico". A questi fattori si aggiunge l'esiguità delle Indagini Archeologiche eseguite nell'area e pertanto, i risultati della ricerca sono suscettibili di ampliamenti, di modifiche e puntualizzazioni.

Su questa base di lavoro, in entrambi i Piani Urbanistici dei due Comuni interessati, in assenza dei requisiti propri del "Bene" nelle accezioni classiche normate dal Piano Paesaggistico Regionale, si è voluto preservare tali aree di dispersione in via cautelativa, perimetrando e tutelando come Aree a Rischio di presenze Archeologiche, e si è valutato opportuno "monitorare le attività agricole o edilizie eventualmente da svolgersi su tali aree" prevedendo "la massima cautela nella realizzazione di eventuali interventi atti a modificare la morfologia attuale dei terreni", al fine di garantire "la tutela e la salvaguardia di strutture eventualmente presenti e al momento non visibili".

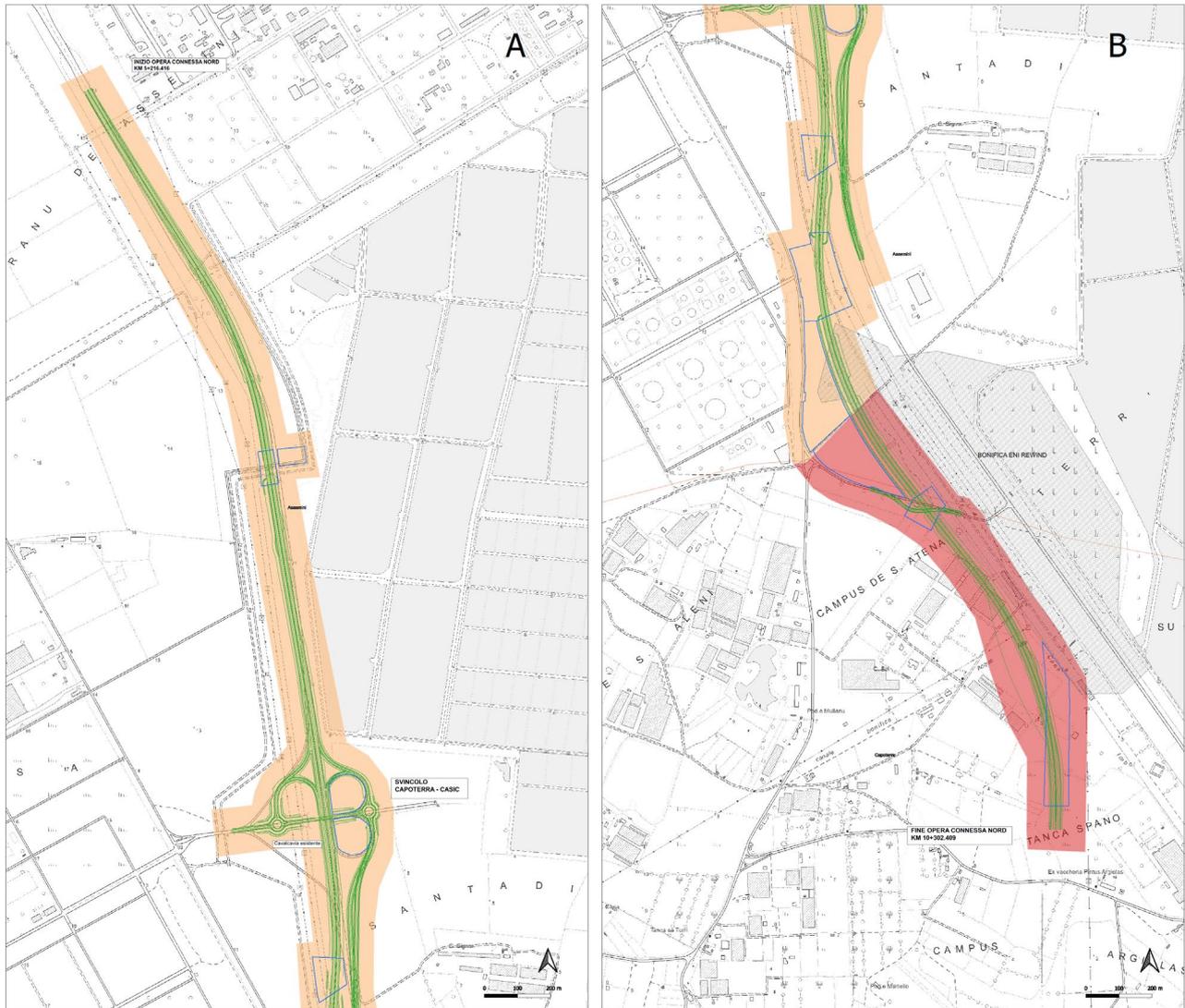
L'opera in analisi, nella sua parte meridionale, abbandonando la viabilità esistente, andrà ad occupare *ex novo* spazi agricoli compresi nel comune di Capoterra, finora non interessati da opere incisive, in cui ricadono appunto aree identificate come "a rischio di presenze archeologiche", ovvero *Is Campus de S'Atena*. Area di materiale mobile (sito 2) e *Su Lillu, Su pezzu mannu*, podere Mullano. Area di materiale mobile (sito 3). Gli spazi contermini a questi perimetri, rientranti nel *buffer* di 100 mt dall'opera preso in analisi, durante le attività di ricognizione hanno dato esito positivo per la presenza di materiale archeologico in dispersione: UT 15 e 16 (sito 15); UT 10 (sito 16); UT 17 (sito 17) e UT 19 (sito 18), (elab. grafico T00GE00GENPL01).

È opportuno infine citare le Norme Tecniche di Attuazione espresse nel PUC di Capoterra (CA), che riguardo a queste aree, prescrivono che "è consentito l'uso agricolo e a pascolo dei terreni; in caso di nuove opere, anche agricole, che vadano ad incidere nel suolo e/o che comportino scavi a profondità maggiori rispetto a quelle attualmente raggiunte, vige l'obbligo di comunicazione informativa di inizio lavori alla competente Soprintendenza per i Beni archeologici per le province di Cagliari e Oristano almeno 15 giorni prima della data prevista per l'inizio degli stessi. La Soprintendenza valuterà la necessità di effettuare sopralluoghi, di far sovrintendere le operazioni di scavo da proprio personale, di prescrivere indagini preliminari e/o l'esecuzione di saggi di scavo atti

PROGETTAZIONE ATI:

alla verifica e al controllo preventivo dei terreni in grado di attestare o escludere con sicurezza l'effettiva esistenza, localizzazione e consistenza di siti di interesse storico-culturale", (PUC Capoterra, elab. Elaborato B_N.T.A., Delibera N° 25 del 27/08/2012).

Alla luce di quanto detto, visti gli strumenti urbanistici vigenti, viste le tipologie di intervento costituite in prevalenza da opere in rilevato ma anche da attività di escavazione, si indicano per l'opera i seguenti gradi di Rischio, come da Allegato 1 della Circ. 53/2022, (T00GE00GENPL04).



LEGENDA

AREE DI INTERVENTO	COMUNI	VRD_multipolygon_RISCHIO
 AREE DI BONIFICA ENI REWIND	 Comuni	 rischio alto
 VIABILITA' IN ADEGUAMENTO	 Assemini	 rischio medio
 AREE DI CANTIERE	 Capoterra	 rischio basso
 MOSI_multipolygon_SITI	 Uta	

Fig. 1 Carta del rischio archeologico relativo

Nelle more dell'espressione del parere di competenza, sono state inoltre previste nel Quadro Economico dell'intervento, sotto la voce "b15 Attività di sorveglianza e indagini archeologiche", adeguate Somme a Disposizione (SaD) per le attività inerenti la sorveglianza archeologica in corso

d'opera e per l'esecuzione di eventuali indagini di approfondimento in esito ad imprevisti archeologici in c.o. o a specifiche prescrizione dell'Ente nel corso dell'iter autorizzativo.

2.3. GEOTECNICA

Di seguito si riporta la definizione del modello geotecnico di sottosuolo. Tale modello è stato definito con riferimento al modello geologico illustrato negli elaborati specifici, considerando gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici individuati. Sono stati, inoltre, analizzati tutti i dati disponibili (rilievo geologico, risultati delle indagini in sito ed in laboratorio, rilievo della falda) per la definizione delle unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, del regime delle pressioni interstiziali e dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Al fine del dimensionamento delle opere si possono individuare quattro unità geotecniche, tre delle quali (UG1a, UG1b, UG1c) appartenenti all'unità geologica *Pmv2* (depositi alluvionali antichi non terrazzati) e una (UG2) appartenente all'unità geologica *e* (depositi alluvionali e palustri attuali e recenti) rintracciata a fine lotto.

UG1a – DEPOSITO GHIAIOSO

L'unità UG1a rappresenta la porzione dei depositi alluvionali antichi non terrazzati (*Pmv2*) costituita da materiale a prevalente componente ghiaiosa in matrice sabbiosa limosa a volte debolmente argillosa, da sciolto a denso.

UG1b – DEPOSITO SABBIOSO

L'unità UG1b rappresenta la porzione dei depositi alluvionali antichi non terrazzati (*Pmv2*) costituita da materiale a prevalente componente sabbiosa in matrice limosa argillosa, da sciolto a molto denso.

UG1c – DEPOSITO LIMOSO ARGILLOSO

L'unità UG1c rappresenta la porzione dei depositi alluvionali antichi non terrazzati (*Pmv2*) costituita da materiale fortemente coesivo con una componente limosa argillosa prossima al 40%, da poco consistente a consistente, a volte molto consistente.

UG2 – DEPOSITO SABBIOSO GHIAIOSO

L'unità UG2 rappresenta la coltre superficiale dei depositi alluvionali e palustri attuali e recenti (*e*) costituita da materiale a grana grossa in scarsa matrice limosa argillosa. A circa 4,50 m si rinviene un livello decimetrico di materiale con abbondante frazione organica (torba).

2.1. PARAMETRI CARATTERISTICI

Con riferimento ai terreni precedentemente individuati si è proceduto a definire le caratteristiche fisico-meccaniche combinando i risultati delle prove di laboratorio e delle indagini in sito svolte nel corso delle diverse campagne d'indagini, mediante correlazioni proposte in letteratura e già ampiamente verificate sul piano sperimentale.

Sono stati quindi definiti per ciascuna unità geotecnica i valori caratteristici dei parametri di resistenza e deformabilità.

Tabella 2-1 Sintesi parametri caratteristici

Unità geotecnica	γ_n	c'	φ'	c_u	E
	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)	(MPa)

PROGETTAZIONE ATI:

UG1a	Deposito ghiaioso	20 ÷ 22	0 ÷ 5	34 ÷ 38	-	40 ÷ 100
UG1b	Deposito sabbioso	19 ÷ 20	5 ÷ 20	32 ÷ 36	-	20 ÷ 80
UG1c	Deposito limoso argilloso	19 ÷ 20	15 ÷ 30	26 ÷ 28	50 ÷ 200	10 ÷ 30
UG2	Deposito sabbioso ghiaioso	18 ÷ 20	0 ÷ 5	28 ÷ 32	-	20 ÷ 30

2.2. IDROLOGIA E IDRAULICA

2.2.1. STUDIO IDROLOGICO

L'attività idrologica sviluppata è coerente con gli approcci regionali e nazionali, e tiene conto, mediante opportune assunzioni, delle necessarie cautele che gli eventi alluvionali meteorici impongono.

L'attività ha previsto la preliminare definizione del reticolo idrografico: il reticolo è quello ufficiale acquisito direttamente dalla Regione, assunto a riferimento per tutti gli studi idraulici sul territorio regionale sardo.

Sulla scorta di tale reticolo, insieme ad una analisi cartografica di dettaglio, sono state codificate tutte le interferenze principali e secondarie (compluvi), così come descritto nella tavola "Planimetria delle interferenze idrografiche".

Dalla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico e Piano Gestione Rischio Alluvioni, risulta che un tratto della strada statale già esistente ricade all'interno di pericolosità idraulica mappata nel piano (vedasi a tal proposito tavola "PAI" negli elaborati grafici del presente progetto).

L'analisi idrologica determina le portate al colmo di piena nelle sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua lungo il percorso stradale per i tempi di ritorno di riferimento del progetto. La stima delle portate è stata elaborata con riferimento ai metodi regionali sviluppati secondo le Linee Guida Metodologiche di PAI e PSFF "Piano Stralcio Fasce Fluviali" regionali.

Sono n.3 in particolare i bacini analizzati:

- n. 1 corso d'acqua principale, il Canale Imboi, identificato da B.01 a B.03 per sottosezioni di calcolo idraulico e approfondito successivamente mediante modellistica idraulica numerica in modalità bidimensionale;
- n. 2 compluvi (C.01 e C.02), che NON hanno un reticolo idrografico associato e che saranno analizzati mediante verifiche idrauliche semplificate.

Di seguito si riportano i valori dei parametri idraulici adottati per le successive verifiche idrauliche in termini di parametri idrologici e valori di portata di riferimento.

Parametri idrologici

Le curve di possibilità climatica adottate, ottenute in base alla regionalizzazione di primo livello, aventi come parametri a ed n quelli di Tab. 1 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tab. 1 Parametri delle curve di possibilità pluviometriche.

TR	2	5	10	20	25	50	100	200	500
a	22.75	34.64	46.46	59.97	64.85	81.48	101.14	123.33	153.06
n	0.376	0.357	0.335	0.331	0.332	0.337	0.333	0.325	0.317

Portate al colmo nelle sezioni d'interferenza

PROGETTAZIONE ATI:

Nella tabella a seguire sono descritti i valori di portata di progetto duecentennale dei bacini individuati come interferenti al tracciato stradale. Si evidenzia per ciascun bacino il valore di portata specifica q , ottenuto rapportando la portata al colmo con la superficie sottesa.

Tab. 2 Valori delle portate al colmo TR200 anni nella sezione di chiusura di ciascun bacino.

Bacino ID	Area (km ²)	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	q (m ³ s ⁻¹ km ⁻²)	PAI/PGRA/PSFF
B.01	4.0	43	11	Hi1
B.02	8.7	96	11	Hi1
B.03	12.5	127	10	Hi1
C.01	0.5	5	11	Assente
C.02	0.5	5	11	Assente

2.2.2. STUDIO IDRAULICO – CANALE IMBOI E IDRAULICA DI VERSANTE

Dal punto di vista dell'analisi idraulica, le verifiche si sono distinte tra i corsi d'acqua principali (Imboi) (codifica B nella tabella di bacino) e quelli NON censiti nel reticolo regionale (denominati compluvi, codifica C nella tabella di bacino).

I corsi d'acqua principali sono normalmente analizzati mediante modellistica numerica; nel caso specifico del Canale Imboi la verifica è stata condotta con metodologia bidimensionale mediante software Hec Ras versione 6.3.1, attuando scenari ANTE e POST OPERAM.

I compluvi sono stati invece approcciati mediante metodologia Inlet/Outlet control.

Le geometrie utilizzate per i modelli numerici derivano tutte dal rilievo celerimetrico/aerofotogrammetrico appositamente realizzato e dai sopralluoghi effettuati.

Dall'analisi dei risultati della simulazione ante – Operam si evince un diffuso e generalizzato allagamento, con sormonto della strada consortile principalmente in corrispondenza della fascia tubiera e dello svincolo intermedio. Si evidenzia che la strada consortile esistente ha quota altimetrica prossima al piano campagna, pertanto a rischio sormonto.

La configurazione post Operam prevede il nuovo rilevato stradale SS195 Opera Connessa Nord, con mantenimento dell'attuale attraversamento della fascia tubiera ma adeguamento di tutti i restanti attraversamenti (anche delle rampe).

L'intervento necessita della deviazione di un tratto del canale Imboi, al fine di ottimizzare l'intersezione tra tracciato stradale e quello del canale artificiale.

La dinamica di propagazione della piena duecentennale in tal configurazione evidenzia come l'acqua rimane all'interno del canale e gli attraversamenti sono dimensionati con garanzia di 1.5 m rispetto al ciglio spondale del canale.

Il passaggio sulla fascia tubiera definisce l'inizio di raccordo con la viabilità esistente, che si conclude qualche centinaio di metri più a nord: in tale tratto l'intervento progettuale è inteso di raccordo obbligatorio con la viabilità esistente. Come si evince dalle cartografie degli allagamenti in tale tratto la viabilità in progetto è lambita dall'esonazione dovuta al restringimento della sezione di deflusso nel passaggio al di sotto della fascia tubiera del canale. Per risolvere tale nodo di raccordo stradale è stata studiata una livelletta di progetto tale da mantenere la viabilità in progetto in asciutto rispetto alla piena duecentennale con un minimo franco di sicurezza (3 m circa). Il campo di moto nelle zone di espansione della piena che lambiscono il rilevato stradale in progetto sono prossime allo zero scongiurando pertanto eventuali azioni erosive alla struttura viaria.

L'intervento progettuale è di potenziamento e raccordo con la viabilità esistente, dal punto di vista idraulico gli attraversamenti in progetto rispettano il franco idraulico secondo le NTC 2018. Tali attraversamenti non presentano opere fondazionali che impattano con il deflusso della corrente.

PROGETTAZIONE ATI:

Si riportano di seguito le verifiche dei franchi idraulici degli attraversamenti, sia sul canale principale che sui compluvi.

Tabella 2 – Franco idraulico attraversamenti (canale principale Imboi)

Evento di piena	Attraversamento	Sezione di controllo di riferimento	Quota di intradosso di riferimento	Livello di piena	Fr (NTC)	Fr (calcolato)
			(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(m)
TR200	rampa A – tratto1	SEZ.B	12,16	10,66	1,5	1,50
TR200	Cavalcavia – tratto2	SEZ.C	19,98	10,48	1,5	9,50
TR200	Asse principale – tratto 4	SEZ.E	14,27	9,91	1,5	4,36

Tabella 3 - Franco idraulico attraversamenti (compluvi)

Interferenza	Attraversam.	Portata	Tirante	Altezza critica	Velocità di moto uniforme	Franco NTC 2018	Franco calcolato
id	pk	TR=200	h	y _c	V	F(min)	F
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)
C.01	TM01	5.2	1.33	0.69	2.95	0.67	0.67
C.02	TM02	5.2	1.33	0.69	2.95	0.67	0.67

2.2.3. STUDIO IDRAULICO – IDRAULICA DI PIATTAFORMA

L'attività di analisi e dimensionamento del sistema di smaltimento dell'acqua di piattaforma dell'opera in questione si è stata svolta trattando le tematiche di seguito brevemente riassunte:

- la definizione delle portate e/o dei volumi di pioggia da allontanare dalla sede stradale;
- la definizione del sistema di raccolta, convogliamento e scarico finale delle acque di piattaforma;
- l'individuazione dei recapiti finali;
- l'eventuale individuazione di strutture idonee alla protezione ambientale del territorio (fossi biofiltranti e impianti di trattamento etc);
- l'eventuale individuazione di strutture idonee alla protezione idraulica del territorio (laminazione).

Il tracciato stradale di progetto si sviluppa sempre in rilevato, alternando ad un primo tratto di affiancamento/adeguamento della strada consortile esistente, ad un secondo di tracciato ex-novo.

La strada statale esistente presenta un'unica carreggiata con una corsia per senso di marcia, è sempre in rilevato ed ha un sistema di raccolta del drenaggio di piattaforma classico di tipo a ciclo aperto: gli embrici e le cunette di raccolta affluiscono verso i fossi laterali che a loro volta affluiscono nell'unico principale recapito (il Canale Imboi, rivestito in calcestruzzo) senza trattamento qualitativo delle acque di prima pioggia né laminazione.

PROGETTAZIONE ATI:

Oltre a questo aspetto, va evidenziato che non è previsto per norma regionale né l'obbligo del trattamento qualitativo delle acque, né valutazioni specifiche sul tema dell'invarianza idraulica. Per tali motivi la nuova strada di progetto, che presenta una doppia carreggiata con due corsie per senso di marcia, prevede un sistema di drenaggio di tipo a ciclo aperto, con embrici, cunette/canalette, pozzetti e collettori che scaricano in fossi di guardia posti al piede del rilevato, a loro volta collegati ai fossi esistenti con la funzione di raccolta sia delle acque provenienti dai versanti, che di quelle di scarpata di rilevato.

2.2.4. BACINI DI LAMINAZIONE O DI LAGUNAGGIO

Nel primo tratto (prima di attraversare il canale Imboi) le quote del terreno ad est del tracciato risultano essere più basse di quelle di testa del Canale Imboi. In seguito a questa conformazione non è possibile recapitare al canale le acque dei fossi di guardia a meno di forare il suo rivestimento e creare un potenziale rigurgito delle acque durante le piene che tramite i collettori si troverebbero ad attraversare il rilevato andando ad allagare la campagna ad est del tracciato.

Per ovviare a questa situazione si prevede la realizzazione di n.4 bacini di laminazione e dispersione. Per approfondimenti si rimanda all'elaborato T00ID03IDRRE01.

2.3. SISMICA

Il territorio italiano, in base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato, è classificato in quattro zone sismiche:

Zona 1	È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta
Zona 2	In questa zona forti terremoti sono possibili
Zona 3	In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2
Zona 4	È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

Table 2-1 Descrizione zone sismiche, fonte Protezione Civile

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità allegato all'ordinanza ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio introducendo intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Table 2-2 Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM3519/06)

Con la Delibera n. 15/31 del 30.03.2004 la Giunta Regionale ha recepito la riclassificazione sismica dei comuni della Regione Sardegna contenuta nell'Allegato 1 all'Ordinanza PCM 3274/03 assegnando a tutti i comuni della Sardegna la zona sismica 4 che, nella classificazione sismica dei territori, rappresenta quella a rischio sismico molto basso.

Nello specifico, tramite applicazione Webgis consultabile *on line* sul sito dell'I.N.G.V. all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, è possibile in maniera interattiva esaminare le mappe di pericolosità

PROGETTAZIONE ATI:

sismica del territorio nazionale. In particolare, come specificato, per la zona interessata dall'intervento in progetto si hanno dei valori di accelerazione del suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compresi tra $0.025 \pm 0.050 a_g$ di accelerazione massima del suolo espressa come accelerazione di gravità.

Per quanto riguarda la zonazione sismogenetica del territorio italiano, dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si evidenzia che la regione Sardegna non è caratterizzata da nessuna area sorgente di particolare rilievo.

Le informazioni disponibili per i terremoti storici, quelle di tipo paleosismologico e quelle geologico-strutturali di un'area permettono di individuare le cosiddette "Faglie Capaci", definite come "faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie". L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) evidenzia la presenza principalmente di due lineamenti di grandi dimensioni posti in prossimità del tracciato

Questi ultimi corrono circa parallelamente al tracciato a distanza di 3,6 e 3,9 km in direzione OSO da esso; si tratta rispettivamente delle faglie Sarroch 1 (id: 94189) e Sarroch 2 (id: 94189), entrambe con cinematica normale, direzione NNO-SSE e immersione ENE.

Le faglie costituiscono parte del margine sud-occidentale del Graben del Campidano, un bacino tettonico originatosi dallo sprofondamento della porzione meridionale della Fossa Sarda conclusa nel Plio-Quaternario.

Non sono disponibili dati relativi all'entità dei rigetti nel tempo.



Figure 2-1 Schermata dal portale Webgis dell'ISPRA (ITHACA – CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI - <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>), modificata con l'indicazione dei codici identificativi del catalogo e dell'area del progetto (evidenziata in giallo).

Relativamente al rischio di liquefazione dei terreni di interesse progettuale, la verifica a liquefazione è stata omessa ai sensi delle NTC 2018 – Cap. 7.11.3.4.2, punto 1, in considerazione del valore dell'accelerazione massima attesa al piano campagna, che risulta pari a $a_g = 0,060 g$ (SLV), inferiore al valore di 0,1 g indicato.

PROGETTAZIONE ATI:

2.4. GESTIONE DELLE MATERIE

2.4.1. ANALISI DELLE RISORSE E DEI FABBISOGNO

In fase di progetto sono state individuate le risorse disponibili nell'ambito della realizzazione dell'opera. È stato eseguito uno studio finalizzato alla definizione delle quantità e delle caratteristiche dei materiali disponibili.

Lo studio si è costituito delle seguenti fasi:

- definizione dei volumi geometrici di scavo distinti per tipologia (preparazione del piano di posa dei rilevati (scotico, gradonatura e bonifica), scavi di sbancamento per la realizzazione del corpo stradale, scavi per la realizzazione delle opere d'arte, perforazioni)
- definizione dei criteri di riutilizzo dei materiali di scavo (analisi degli esiti della campagna geognostica e della caratterizzazione ambientale);
- definizione delle volumetrie disponibile, suddivise in funzione dell'idoneità al riutilizzo.

I fabbisogni di materiali previsti per la realizzazione dell'opera sono costituiti dalle seguenti tipologie di materiali:

- materiali per la realizzazione dei rilevati;
- materiali per riempimenti e rimodellamenti;
- terreno vegetale per inerbimento scarpate e mitigazioni ambientali;
- materiali aridi con funzione anticapillare e filtro, materiali per drenaggi;
- aggregati per strati di fondazione;
- conglomerati bituminosi per strati di pavimentazione;
- calcestruzzi e miscele cementizie.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei fabbisogni:

Tabella 2-4 Analisi dei fabbisogni

	Volume		
	Fabbisogno (m ³)	Da scavi (m ³)	Fornitura (m ³)
Terreno vegetale			
Scarpate stradali	38.741	38.741	-
Sistemazioni ambientali	56.259	13.184	43.075
Rilevato			
Scotico e gradonatura	65.237	-	65.237
Bonifica	75.613	-	75.613
Rilevati	842.432	-	842.432

PROGETTAZIONE ATI:

Ritombamento			
Opere d'arte minori	10.023	10.023	-
Opere d'arte maggiori	27.216	27.216	-
Inalveazioni	18.375	18.375	-
TOTALE	1.133.896	107.539	983.282 (ril.) 43.075 (veg.)

Nel progetto si prevede il riutilizzo di una quota parte delle terre e rocce da scavo proveniente dalle lavorazioni.

2.4.2. DEMOLIZIONI

Questa categoria risulta essere caratterizzata da materiali di diversa natura. La possibilità di dover gestire questi materiali è legata alla demolizione dei manufatti esistenti in calcestruzzo e/o cemento armato, muretti di contenimento in calcestruzzo, fabbricati, ecc.; pertanto nella categoria materiali da demolizioni possono rientrare varie tipologie di inerti quali, ad esempio, calcestruzzo, cemento armato, ceramiche, laterizi. Il riutilizzo o lo smaltimento di questi materiali sarà funzione della quantità e della qualità degli stessi. In linea generale, possono essere inviati al recupero in procedura semplificata (D. M. del 5 aprile 2006 n. 186) oppure gestiti come rifiuti nel rispetto di quanto indicato nella parte IV del D.Lgs. 152/06.

I codici EER dei rifiuti prodotti da questa categoria di lavorazioni sono le seguenti:

Tabella 2-5 Materiali derivanti dalle demolizioni.

Codice EER	Descrizione	Quantità
17 01 07	miscuglio o scorie di cemento, mattonelle e ceramiche	17.154 t
17 02 03	plastica	102 t
17 03 02	miscele bituminose	71.645 t
17 04 05	ferro e acciaio	2.121 t

2.4.3. PIANO DI UTILIZZO TERRE

Il quadro riepilogativo delle terre e rocce di scavo e materiali necessari alla costruzione dell'opera in progetto viene di seguito riportato. Per il dettaglio della gestione delle terre si rimanda alla Relazione del Piano Utilizzo Terre (*elaborato T00CA00GEORE01*).

2.4.3.1. Volumi di scavo

Nella seguente tabella si riporta una sintesi dei volumi di scavo, distinti per le diverse lavorazioni:

Tabella 2-6 Stima dei volumi disponibili

Lavorazione	Volume geometrico (m³)	Coeff. volumetrico <i>k</i>	Volume smosso (m³)
Scotico	51.925	1,10	57.117
Gradonatura	13.312	1,10	14.643

PROGETTAZIONE ATI:

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

Bonifica	75.613	1,20	90.735
Scavo di sbancamento corpo stradale	4.112	1,20	4.934
Scavo di sbancamento opere d'arte maggiori (PT e GA)	36.950	1,20	44.340
Scavo di sbancamento opere d'arte minori	19.559	1,20	23.471
Scavo di sbancamento idraulica	31.950	1,20	38.340
Scavo di sbancamento inalveazione	20.973	1,20	25.168
Scavo per demolizione rilevati esistenti	76.266	1,20	91.519
Scavo perforazioni pali e/o micropali	18.783	1,20	22.539
TOTALE	349.443		412.807

2.4.3.2. Fabbisogni

I fabbisogni di materiali e la sintesi del bilancio terre sono riassunti nella tabella seguente.

	Volume		
	Fabbisogno (m ³)	Da scavi (m ³)	Fornitura (m ³)
Terreno vegetale			
Scarpate stradali	38.741	38.741	-
Sistemazioni ambientali	56.259	13.184	43.075
Rilevato			
Scotico e gradonatura	65.237	-	65.237
Bonifica	75.613	-	75.613
Rilevati	842.432	-	842.432
Ritombamento			
Opere d'arte minori	10.023	10.023	-
Opere d'arte maggiori	27.216	27.216	-
Inalveazioni	18.375	18.375	-
TOTALE	1.133.896	107.539	983.282 (ril.) 43.075 (veg.)

2.4.3.3. Bilancio delle Terre

In sintesi il materiale proveniente dagli scavi sarà riutilizzato in cantiere per un volume complessivo di 107.600 mc circa, costituito da 52.000 mc circa di terreno vegetale e 55.600 mc circa per riempimenti e ritombamenti.

Il volume di materiale da rilevato da fornire da cava autorizzata è pari a circa 983.300 mc, da utilizzare per le operazioni di preparazione del piano di posa e per la formazione del rilevato stradale. Il volume complessivo da smaltire come rifiuto, ai sensi del TUA Parte IV e del DPR 120/2017 art.23, presso i siti idonei è pari a circa 242.000 mc, che corrisponde a 484.000 t.

Per i volumi di esubero si riporta nella tabella seguente il dettaglio.

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella 2-7 Volumi di esubero.

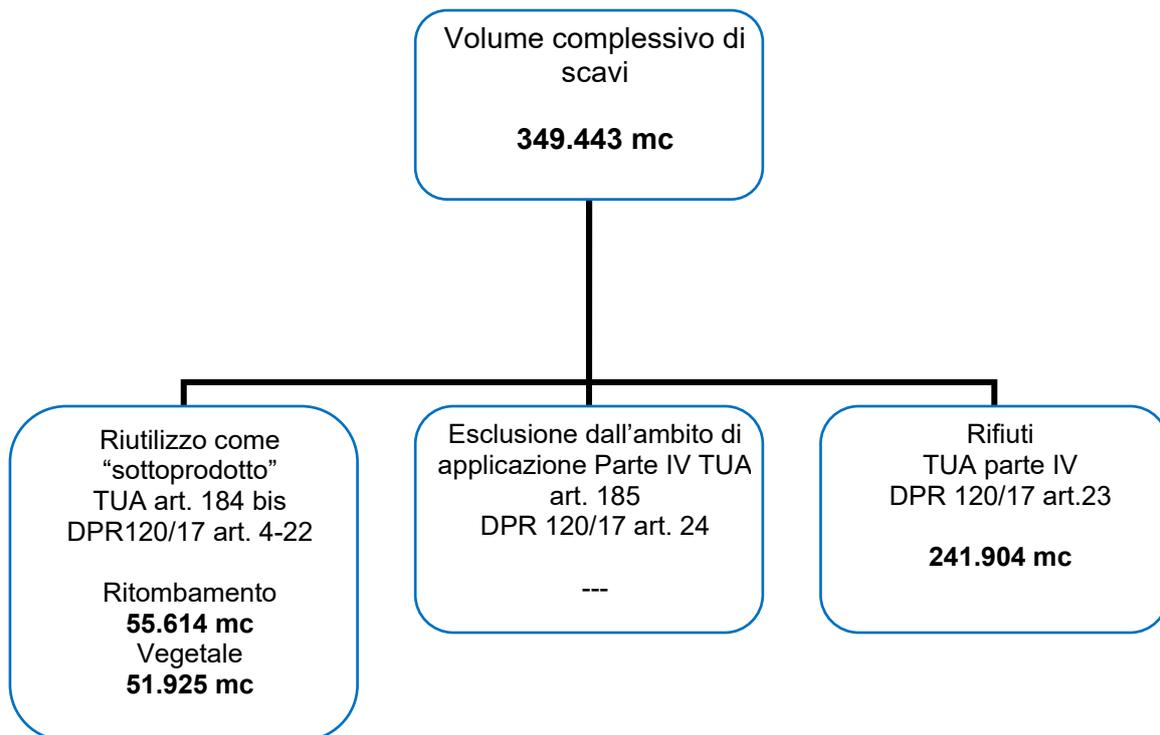
	Volume		
	Disponibile (m ³)	Riutilizzato (m ³)	Esubero (m ³)
Terreno vegetale	51.925	51.925	-
Idoneo per rilevati	-	-	-
Idoneo per ritombamenti	193.896	55.614	138.282
Non idoneo	103.622	-	103.622
TOTALE	349.443	107.539	241.904

Il volume in esubero, pari a circa 228.800 mc è smaltito presso siti esterni (operazioni di recupero R5-R13) in regime di rifiuto, ai sensi del TUA, parte IV, DPR 120/17 art.2.

2.4.1. DISCIPLINA DI GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il materiale proveniente dagli scavi sarà riutilizzato in cantiere come “sottoprodotto” ai sensi del TUA art. 184 bis, DPR120/17 art. 4-22 per un volume complessivo di circa 107.600 mc, di cui circa 52.000 mc di terreno vegetale e 55.600 mc di terreno per ritombamenti.

Il volume in esubero, pari a circa 242.000 mc è smaltito presso siti esterni (operazioni di recupero R5-R13) in regime di rifiuto, ai sensi del TUA, parte IV, DPR 120/17 art.2.



2.4.2. SITI DI APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI

Per i volumi di terre da fornire e per tutti i materiali necessari durante la costruzione dell’opera (inerti per calcestruzzi, calcestruzzi, aggregati per strati di fondazione, miscele bituminose) si fa riferimento ai siti di approvvigionamento di seguito indicati:

Tabella 2-8 elenco dei siti di approvvigionamento per inerti, cemento e conglomerati bituminosi.

ID	Comune	Impresa	Autorizzazione	Scadenza	Tipologia di materiale estratto	Volumi autorizzati	Volumi disponibili dichiarati	Distanza dal cantiere (km)	Tempi di percorrenza (min)	Viabilità interessata
Cave per approvvigionamento inerti e materiali per rilevato										

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

APP01	Sarroch (CA)	Andesiti Srl	Assessorato dell'Industria Determina n. 5851, rep. n. 119 del 15/02/2018	14/02/2028	giacimento di inerti vulcanici	-	100.000 m ³	19,7	21	S.da Statale 195 Sulcitana e Str. Consortile Macchiareddu
APP02	Sinnai (CA)	CA.GI.MA Srl	-	-	giacimento di arenarie quarzoso-micacee, conglomerati	500.000 m ³	100.000 m ³	39,6	36	S.da Statale 195 Sulcitana
APP03	Samatzai (SU)	Calcidrata Spa	Assessorato dell'Industria Determina n. 16911, rep. n. 280 del 03/05/2019	02/05/2029	giacimento di calcare mamoso da utilizzare per la produzione di calce da costruzione	-	-	44,4	36	SP2
APP04	Uta (CA)	IN.FRA. Srl	Assessorato dell'Industria Determina n. 22128, rep. n.312 del 08/07/2016	08/07/2026	giacimento di scisti, arenarie e conglomerati	-	-	9,0	11	SP1 e Str. Consortile Macchiareddu
APP05	Donori (CA)	Piras Giuseppe	Assessorato dell'Industria Determina n. 32046, rep. n. 557 del 6/09/2018	05/09/2023	giacimento di granito per la produzione di inerti	-	-	45,7	37	SP2
APP06	Uta (CA)	Calcestruzzi Spa	Assessorato dell'Industria Determina n. 34126, rep. n. 645, del 3/10/2017	03/10/2027	giacimento di granito per la produzione di inerti	-	-	13,1	12	Str. Consortile Macchiareddu e SP2
Approvvigionamento cemento										
CEM01	Cagliari (CA), Località Macchiareddu	Unicalcestruzzi Spa	-	-	-	-	-	2,0	4	Viabilità locale
CEM02	Cagliari (CA), Viale Monastir Km 5+00	Unibeton e Services	-	-	-	-	-	20,0	17	SP2
CEM03	Sestu (CA), Località Magangiosa	La Mondo Beton Srl	-	-	-	-	-	17,5	14	SP2
Approvvigionamento conglomerati bituminosi										
BIT01	Sinnai (CA), Località Bellavista	Cagima srl	-	-	-	-	-	35,6	35	SS554
BIT02	Carbonia (SU), Area PIP	Veri Conglomerati srl	-	-	-	-	-	53,7	41	SP2
BIT03	Pabillonis (SU), Località S'Isca Milia	F.F. Serci - Impianto Conglomerati	-	-	-	-	-	73,3	56	E25

PROGETTAZIONE ATI:

Per l'ubicazione dei siti sopra riportati si rimanda alla *Planimetria ubicativa dei siti di cava e discarica* (elaborato T00CA00CANCD01).

2.4.3. SITI DI CONFERIMENTO

È stata condotta un'analisi territoriale, sviluppata in un ambito sufficientemente esteso intorno all'area d'interesse, volta all'individuazione di impianti di smaltimento/recupero attivi, utilizzabili per il conferimento/recupero delle terre non riutilizzate nell'ambito dell'intervento e dei materiali derivanti dalle demolizioni. Nei successivi paragrafi è indicata la localizzazione e le caratteristiche dei siti selezionati ritenuti più idonei in termini di vicinanza dal sito e capacità produttività.

I materiali prodotti dalle attività previste in progetto consistono in T&R e materiali di demolizione.

La ricerca si è orientata verso impianti di recupero, in quanto il conferimento in questi impianti è ovviamente da preferire rispetto alle discariche.

Tali materiali possono essere inviati al recupero per la produzione di materie prime secondarie oppure smaltiti come rifiuto ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.:

“Il produttore avrà in ogni caso l’obbligo di effettuare la caratterizzazione e 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 venisse attribuito (previa verifica della non pericolosità) il codice CER (ora EER) 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 riportati nella tabella seguente, le cui autorizzazioni sono riportate in Allegato ed a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

Nelle seguenti tabelle sono indicati alcuni dati tecnici degli impianti selezionati, tratti da informazioni fornite dai gestori dei siti e/o dalle relative autorizzazioni, a cui si rimanda per ulteriori dettagli sulla tipologia di materiale accettato, oltre alla distanza dal sito di progetto e la principale viabilità interessata dal percorso.

ID	Comune	Impresa	Autorizzazione	Scadenza	Quantità autorizzata (ton/a)	Distanza dal cantiere (km)	Tempi di percorrenza (min)	Viabilità interessata	Quantità prevista da conferire (ton)
REC01	Assemini (CA)	ECOTEC GESTIONE IMPIANTI srl	Determinazione Dirigenziale n. 213 del 09/11/2010 e s.m.i, compresa la Modifica Sostanziale, di cui alla Determinazione Dirigenziale della Provincia di Cagliari n. 94 del 25-11-2015	25/11/2025	R5-R13: 102700	5,6	5	Str. Consortile Macchiareddu e SP1	246.000
REC02	Assemini (CA)	Lilliu Stefano srl	SUAP, Provvedimento unico n° 5 del 06/08/2012 rilasciato dal Comune di Uta	26/11/2028	R5-R13: 90000	5,9	5	Str. Consortile Macchiareddu e SP1	222.000

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

ID	Comune	Impresa	Autorizzazione	Scadenza	Quantità autorizzata (ton/a)	Distanza dal cantiere (km)	Tempi di percorrenza (min)	Viabilità interessata	Quantità prevista da conferire (ton)
REC03	Quartucciu (CA)	Mereu Riciclo Inerti srl	Determinazione n. 61 e ss.mm.ii. rilasciata dalla Città Metropolitana di Cagliari Riferimento Prot. 24466 del 31/09/2021 rilasciata dalla Città Metropolitana di Cagliari	-	R5-R13: 13000	39,1	36	S.da Statale 195 Sulcitana	6.800
REC05	Sarroch (CA)	Riland srl	Determinazione n° 140 del 10/12/2018 rilasciata dalla Città Metropolitana di Cagliari alla Ditta individuale S.M.T di Massa Angelo, Voltura, a favore della Società Riland S.r.l.	10/12/2028	R5-R13: 3000	19,6	21	Str. Consortile Macchiareddu e S.da Statale 195 Sulcitana	6.300
REC06	Serdiana (SU)	Ecoserdiana S.p.A.	Determinazione n. 71 del 19/02/2020 rilasciata dalla Provincia del Sud Sardegna	19/02/2030	-	40,7	32	SP2	3.100

PROGETTAZIONE ATI:

3. INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

3.1. TOPOGRAFIA

3.1.1. RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI E TOPOGRAFICI

La base cartografica utilizzata per lo sviluppo del progetto è costituita da un rilievo aerofotogrammetrico in coordinate rettilinee scala 1:2000 eseguito con volo in data 23/04/2018. È stato effettuato anche un rilievo celerimetrico di dettaglio in scala 1:500 nel marzo 2018. Entrambi i rilievi sono stati verificati da topografi terzi nel 2018 e si consegnano le relative relazioni di collaudo.

3.1.2. RILIEVI OPERE ESISTENTI

Al fine di poter valutare i volumi corretti delle opere da demolire sono stati eseguiti ulteriori rilievi di dettaglio delle geometrie opere esistenti (cavalcavia, tombini, etc).

3.2. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO DI PROGETTO

Il nuovo tratto di viabilità in oggetto interessa i Comuni di Assemini (CA) e Capoterra (CA), ha uno sviluppo complessivo di 5 km e prevede una sezione stradale di tipo B ai sensi del D.M. 5.11.2001.

Il tracciato ha inizio al km 5+216.416 subito a valle dello svincolo che attualmente connette la Strada Provinciale n.1 con la Strada Consortile Macchiarreddu e termina al km 10+302.535 dove si congiunge all'*Opera Connessa Sud* (in fase di costruzione) in corrispondenza dello svincolo Inceneritore-Dorsale Casic.

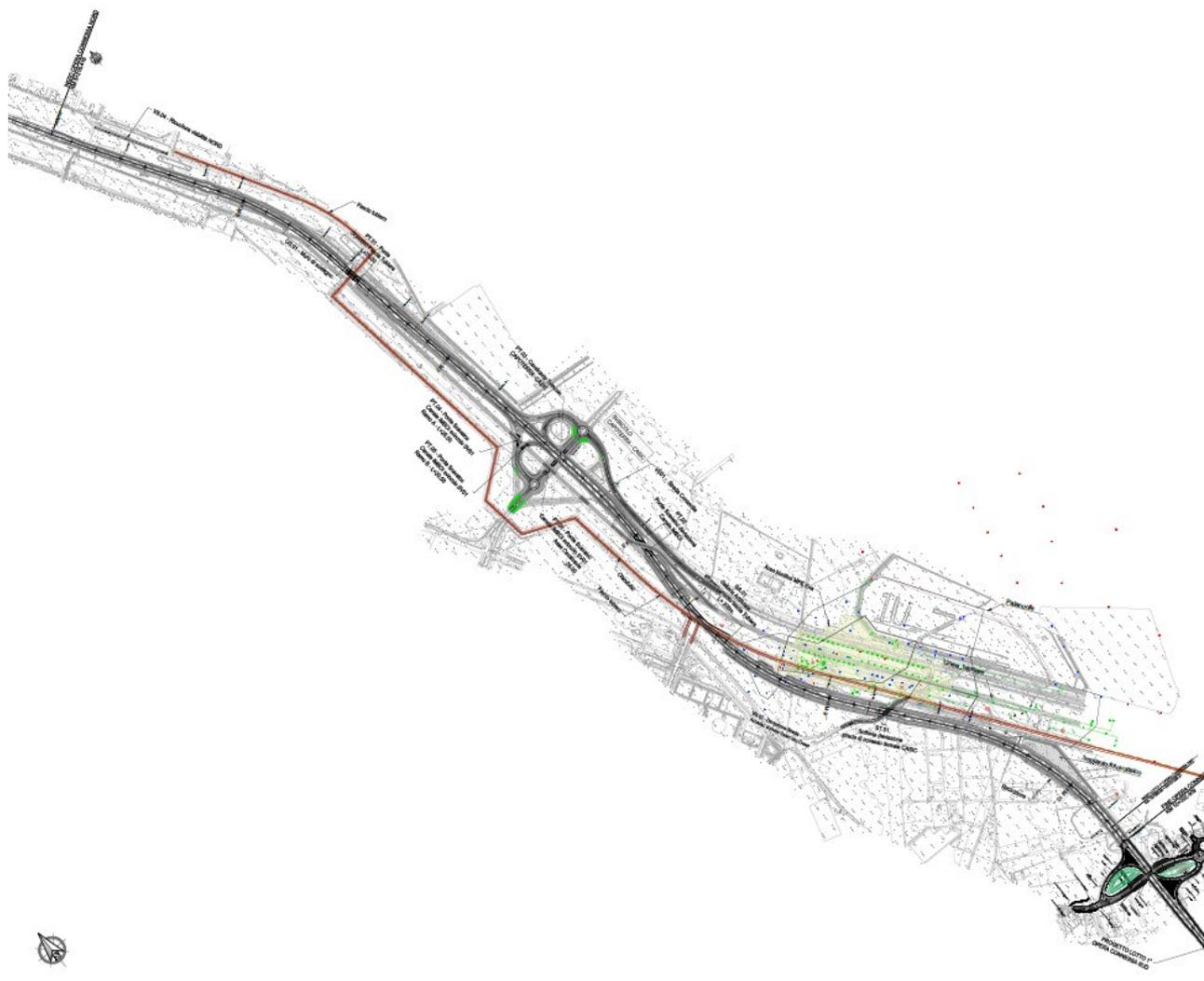


Figura – Stralcio Planimetria d'insieme *Opera Connessa Nord*

Nel tratto di allaccio allo svincolo esistente la piattaforma è stata opportunamente dimensionata in modo da garantire, a seguito della realizzazione del nuovo asse in progetto, il ripristino delle esistenti corsie specializzate nel rispetto di quanto prescritto dal D.M. 19.04.2006 in termini di sviluppi previsti per le corsie dell'asse principale in diversione, nel caso della carreggiata in direzione Nord, in immissione nel caso della carreggiata in direzione Sud. In questo caso, inoltre si provvederà alla chiusura dei piazzali attualmente presenti lungo il ciglio esterno delle due carreggiate, tramite l'istallazione di barriere di sicurezza.

PROGETTAZIONE ATI:

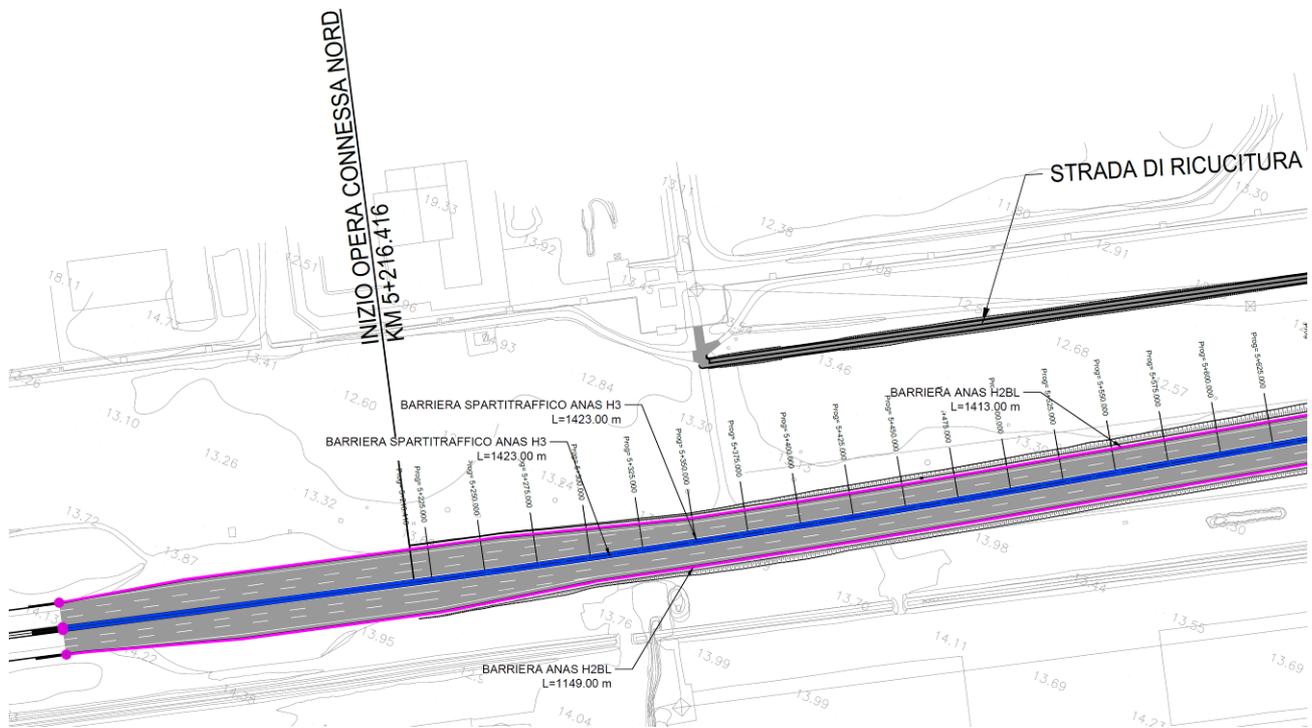


Figura – Stralcio Sistemazione corsie specializzate e piazzali esistenti (Planimetria barriere di sicurezza dal km 5+216 al km 6+900)

3.2.1. GEOMETRIA ASSE PRINCIPALE

Il tracciato dell'**asse principale** ha inizio sull'esistente Strada Consortile Macchiareddu al km 5+216.416 posto subito a valle dello svincolo a quadrifoglio che attualmente ne consente la connessione con la S.P. 1", dopodiché si sviluppa in direzione Sud e termina al km 10+302.535 in corrispondenza dell'inizio dell'Opera Connessa Sud.

Il tracciato abbandona gradualmente la viabilità esistente tramite una prima curva sinistrorsa di ampio raggio, pari a 7500m per poi piegare verso destra con una curva di raggio pari a 1250m; il tracciato avanza secondo una sequenza di quattro rettili raccordati da tre curve circolari concordi di raggio pari a 7500m e 1800m, dopodiché prosegue secondo un flesso costituito da due curve discordi di raggio pari a 1100m e infine si allaccia all'Opera Connessa Sud.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -1.36%, mentre i raggi minimi sono pari a R=10000.00m (concavo in raccordo all'esistente Strada Consortile), R=7000m (concavo) e R=12000m (convesso).

PROGETTAZIONE ATI:

Lungo il tracciato sono presenti le seguenti opere d'arte principali:

n. 7 Opere di Scavalco:

Asse Principale

"Ponte Scavalco Fascio Tubiero":	L = 70m;
"Scavalco Canale IMBOI":	L = 50m;
"Opera a Farfalla Attraversamento Fascio Tubiero":	L = 205.50m;

Rampa A Sv. Casic- Capoterra

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 25.30m;
--------------------------------	-------------

Rampa B Sv. Casic- Capoterra

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 20.50m;
--------------------------------	-------------

Asse Cavalcavia Sv. Casic- Capoterra

"Ponte scavalco canale IMBOI":	L = 26m;
--------------------------------	----------

Asse Cavalcavia Sv. Casic- Capoterra

"Scavalco Asse Principale":	L = 40m.
-----------------------------	----------

n. 1 Scatolare:

Deviazione strada di accesso alla Dorsale Casic

"Sottopasso scatolare":	L = 38m.
-------------------------	----------

3.3. SVINCOLI

L'intervento in oggetto prevede anche la modifica dello schema funzionale dell'attuale **svincolo Casic-Capoterra**, tramite la realizzazione di nuove rampe che consentiranno alle correnti veicolari circolanti sull'asse principale di immettersi o uscire dallo stesso; a queste si aggiungono l'**Asse Cavalcavia** di connessione tra le due nuove rotatorie di progetto e il **Rampa E** afferente alla nuova Rotatoria 1 costituente invece l'allaccio alla viabilità esistente.

Nello specifico, le rampe in progetto sono come di seguito denominate:

- **Rampa A** di tipo semidiretta, consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale;
- **Rampa B** di tipo indiretta, consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale;
- **Rampa C** di tipo indiretta, consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale;
- **Rampa D** di tipo semidiretta, consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale;
- **Ramo Bidirezionale 1**, consentirà l'ingresso delle correnti del *Rampa A* e l'uscita di quelle del *Rampa B* dalla Rotatoria 1;
- **Ramo Bidirezionale 2**, consentirà l'ingresso delle correnti del *Rampa C* e l'uscita di quelle del *Rampa D* dalla Rotatoria 2.

Lo schema funzionale dello svincolo è completato dalla realizzazione di n.2 rotatorie convenzionali collegate tra loro dal nuovo cavalcavia che consentirà lo scavalco dell'asse principale al km 7+575 circa, ovvero nel tratto in cui è stato necessario prevederne l'innalzamento delle quote di progetto, in accordo con i risultati derivanti dagli studi idrologici e idraulici condotti sull'area d'intervento.

Nello specifico, le rotatorie in progetto sono come di seguito denominate:

PROGETTAZIONE ATI:

- **Rotatoria 1**, ubicata sul lato Ovest dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;
- **Rotatoria 2**, ubicata sul lato Est dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;

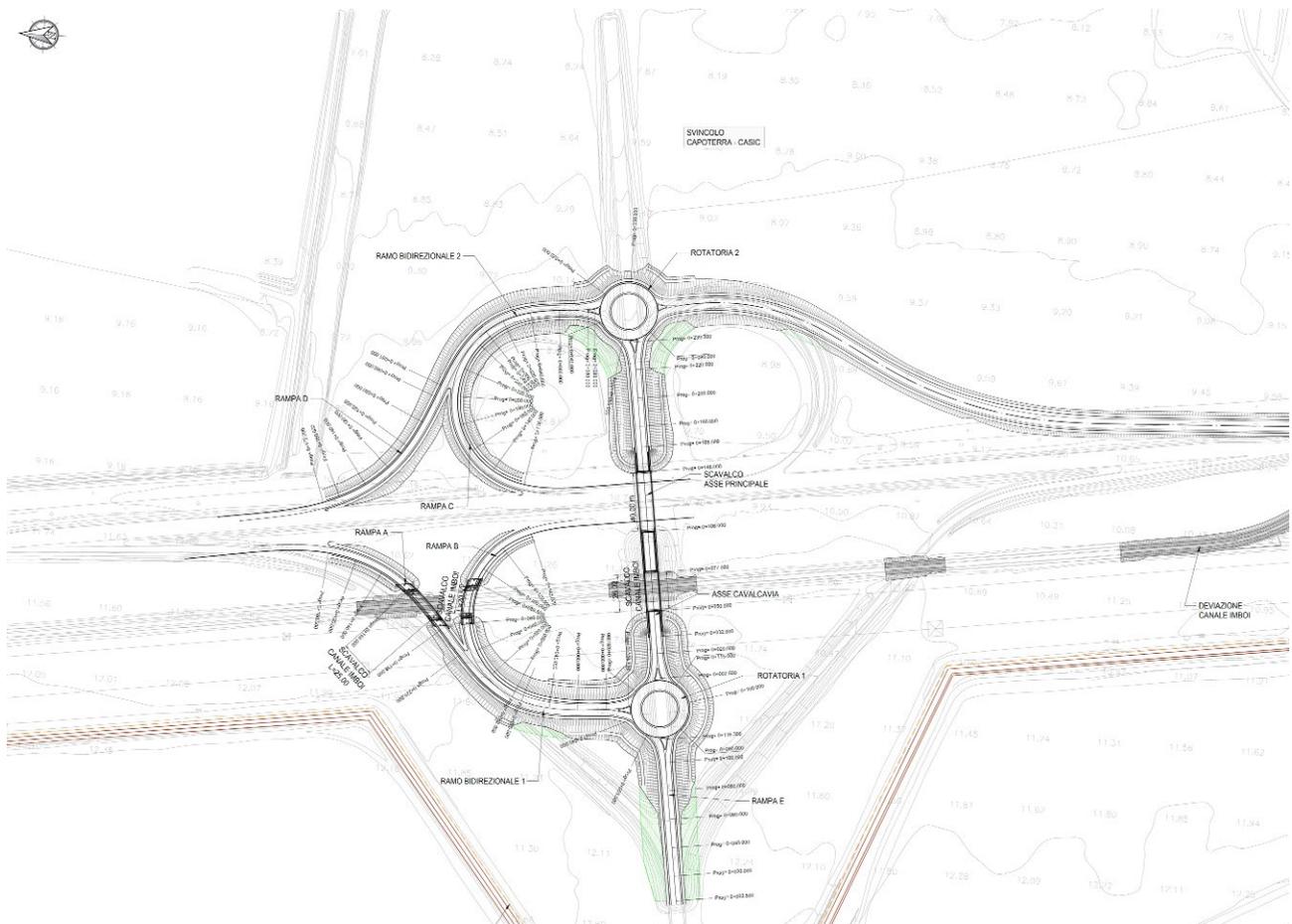


Figura – Svincolo Casic – Capoterra, Opera Connessa Nord

Il ramo Sud della *Rotatoria 2* rappresenta il tratto finale della sistemazione in variante della *Dorsale Consortile* della quale si prevede la deviazione per un tratto di circa 826m, al fine di lasciar spazio al nuovo asse principale; dal km 7+575 circa, ovvero il tratto a monte dello Svincolo Casic -Capoterra, l'esistente strada consortile sarà "sostituita" dal nuovo asse principale il cui tracciato è previsto su "nuova sede" con l'adozione di sezione stradale propria di una "*Strada extraurbana principale*" (Tipo B), a fronte di quella che invece attualmente caratterizza l'esistente strada consortile, riconducibile ad una "*Strada extraurbana secondaria*" (tipo C).

3.3.1. GEOMETRIA SVINCOLO CASIC – CAPOTERRA

Come anticipato lo **svincolo Casic – Capoterra** sarà costituito dalle rampe come di seguito denominate:

- **Rampa A**: si tratta di una rampa di tipo semidiretta che consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale verso il *Ramo Bidirezionale 1* e la *Rotatoria 1*. L'asse si sviluppa per 268m

PROGETTAZIONE ATI:

prevedendo un rettilineo iniziale seguito da un flesso asimmetrico tra due curve discordi di raggio pari a 300m e 68.34m (curva di allaccio al *Ramo Bidirezionale 1*).

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 5.85%, mentre i raggi minimi sono pari a R=1250m (concavo) e R=1700m (convesso);

- **Rampa B:** si tratta di una rampa di tipo indiretta che consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale. L'asse si sviluppa per 256m e risulta costituito da una curva circolare iniziale di raggio pari a 64.07m seguita da un rettilineo finale di allaccio all'asse principale.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -4.77%, mentre il raggio minimo concavo è pari a R=1050m;

- **Rampa C:** si tratta di una rampa di tipo indiretta che consentirà la diversione dei veicoli dall'asse principale verso il *Ramo Bidirezionale 2* e la *Rotatoria 2*. L'asse si sviluppa per 249m e risulta costituito da un rettilineo iniziale di allaccio all'asse principale seguito da una curva circolare di raggio pari a 59.00m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -3.00%, mentre il raggio minimo concavo è pari a R=1000m;

- **Rampa D:** si tratta di una rampa di tipo semidiretta che consentirà l'immissione dei veicoli sull'asse principale. L'asse si sviluppa per 245m e risulta costituito da un flesso asimmetrico iniziale tra due curve circolari discordi di raggio pari a 67.59m (curva di allaccio al *Ramo Bidirezionale 2*) e 100m dopodiché termina con un rettilineo di allaccio all'asse principale.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -2.63%, mentre il raggio concavo minimo è pari a R=1500m;

- **Ramo Bidirezionale 1:** si tratta dell'asse che consentirà l'uscita dei veicoli dalla *Rotatoria 1* verso la *Rampa B* e l'entrata dei veicoli provenienti dalla *Rampa A* sulla *Rotatoria 1*. L'asse si sviluppa per 101m e risulta costituito da una curva circolare di allaccio alle *Rampe A* e *B* di raggio pari a 64.07m seguita da un rettilineo di innesto sulla *Rotatoria 1*.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di due livellette e un raccordo verticale convesso; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 4.47%, mentre il raggio convesso minimo è pari a R=1600m;

- **Ramo Bidirezionale 2:** si tratta dell'asse che consentirà l'uscita dei veicoli dalla *Rotatoria 2* verso la *Rampa D* e l'entrata dei veicoli provenienti dalla *Rampa C* sulla *Rotatoria 2*. L'asse si sviluppa per 95m e risulta costituito da una curva circolare di allaccio alle *Rampe C* e *D* di raggio pari a 63.27 seguita da un rettilineo di innesto sulla *Rotatoria 2*.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di due livellette e un raccordo verticale convesso; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 2.8%, mentre il raggio convesso minimo è pari a R=2000m;

- **Rampa E:** si tratta del ramo Ovest afferente alla nuova *Rotatoria 1* costituente invece l'allaccio alla viabilità esistente. L'asse si sviluppa per 119m e risulta costituito da un unico rettilineo.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 4.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=800m (concavo) e R=1000m (convesso);

PROGETTAZIONE ATI:

- **Asse Cavalcavia:** si tratta del ramo di scavalco dell'asse principale costituente la connessione tra le due nuove rotonde di progetto (*Rotatoria 1* e *2*). L'asse si sviluppa per 244m e risulta costituito da un unico rettilineo.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -5.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=650m (concavo) e R=1100m (convesso).

Come già detto lo schema funzionale dello svincolo è completato dalla realizzazione di n.2 rotonde convenzionali denominate:

- **Rotatoria 1**, ubicata sul lato Ovest dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;
- **Rotatoria 2**, ubicata sul lato Est dello svincolo Casic - Capoterra, avente diametro esterno pari a 40,00m e composta da n.3 rami di convergenza bidirezionali;

3.4. VIABILITÀ SECONDARIA E OPERE INTERFERENTI

L'intervento in oggetto prevede infine la sistemazione in variante dell'attuale Strada Consortile Macchiareddu per uno sviluppo complessivo di 826m al fine di permettere l'inserimento del nuovo asse principale di progetto (asse denominato **Complanare Casic "Dorsale Consortile"**) e il ripristino dell'esistente viabilità secondaria interferita dalla realizzazione della nuova infrastruttura (asse denominato **Strada di accesso alla "Dorsale Consortile"**).

3.4.1. GEOMETRIA COMPLANARE CASIC "DORSALE CONSORTILE"

La *Complanare Casic "Dorsale Consortile"* rappresenta la sistemazione in variante dell'attuale Strada Consortile Macchiareddu al fine di permettere l'inserimento del nuovo asse principale di progetto. L'asse si sviluppa per 826m e si snoda a partire dalla nuova rotonda di progetto, denominata *Rotatoria 1*, realizzando un primo flesso asimmetrico tra le due curve circolari discordi di raggio pari a 150m e 280m, dopodiché il tracciato continua con una sequenza di due rettilineo raccordati da una curva circolare di raggio pari a 742m riallacciandosi alla viabilità esistente.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al -3.50%, mentre i raggi minimi sono pari a R=2000.00m (concavo in raccordo all'esistente Strada Consortile), R=2500m (concavo) e R=1200m (convesso).

3.4.2. GEOMETRIA STRADA DI ACCESSO ALLA DORSALE CONSORTILE

La *Strada di accesso alla "Dorsale Consortile"* rappresenta la ricucitura dell'esistente viabilità secondaria interferita dalla realizzazione della nuova infrastruttura. Il tracciato si sviluppa per 300m e risulta costituito da un primo flesso asimmetrico tra le due curve circolari discordi di raggio pari a 140m e 64m, dopodiché il tracciato continua con una sequenza di due rettilineo raccordati da una curva circolare di raggio pari a 140m.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato si compone di livellette e raccordi verticali convessi e concavi; il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 3.36%, mentre i raggi minimi sono pari a R=800m (concavo) e R=650m (convesso in raccordo alla viabilità esistente).

PROGETTAZIONE ATI:

3.5. SINTESI DELLE VERIFICHE STRADALI

L'infrastruttura in progetto si configura quale intervento di sistemazione della viabilità esistente, per i quali è cogente il D.M. 22/04/2004, mentre il D.M. 5/11/2001 e il D.M. 19/04/2006 rappresentano un riferimento di supporto alla progettazione, dunque gli esiti delle verifiche planimetriche ed altimetriche dei tracciati vanno analizzati tenendo conto di tale aspetto, nonché dell'influenza esercitata dalla presenza del fascio tubiero dell'oleodotto esistente e dalla necessità di raccordo alle viabilità esistenti riducendo quanto più possibile l'occupazione di aree private.

In linea generale, le verifiche altimetriche e planimetriche di carattere dinamico eseguite sui tracciati di progetto risultano sempre soddisfatte; in alcuni casi non risultano soddisfatte le verifiche planimetriche di carattere geometrico/percettivo degli elementi del tracciato quali il raggio minimo delle curve circolari basato sulla lunghezza del rettifilo (D.M. 05.11.2001: $R > L_r$ per $L_r < 300m$; $R > 400m$ per $L_r > 300m$), nonché lo sviluppo minimo dei rettifili e delle curve circolari di inizio e/o fine tracciato, tuttavia in quest'ultimo caso le verifiche non sono significative, in quanto si tratta di rettifili e curve circolari di sviluppo ridotto perché troncate in approccio alla viabilità esistente.

Nei tratti di tracciato ove le verifiche planimetriche degli elementi non risultano soddisfatte si prevede un rafforzamento della segnaletica stradale quale misura integrativa di sicurezza.

3.6. SEZIONI TIPO

L'infrastruttura è stata progettata in conformità alle vigenti "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", D.M. 5 Novembre 2001, con riferimento alla sezione tipo B "strade extraurbane principali" per quanto riguarda l'asse principale, alla sezione tipo C2 "strade extraurbane secondarie" per quanto riguarda la Dorsale Consortile CASIC, alla sezione tipo F2 "strade locali extraurbane" per quanto riguarda la strada di accesso alla dorsale consortile CASIC e, infine, con riferimento alle indicazioni contenute nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", D.M. 19 Aprile 2006, per quanto riguarda le rampe dello svincolo.

3.6.1. ASSE PRINCIPALE

La sezione stradale dell'asse principale si compone di doppia carreggiata separata da spartitraffico di larghezza minima pari a 2,50m; ogni carreggiata comprende due corsie da 3,75m, banchina laterale interna minima da 0,50m ed esterna da 1,75m, per una larghezza complessiva minima della singola carreggiata pari a 9,75m. Nei tratti in sede naturale gli elementi marginali sono costituiti, in rilevato, da un arginello da 2,00m e in trincea da una cunetta alla francese da 1,00m.

ASSE PRINCIPALE - CATEGORIA B
SEZIONE IN RILEVATO IN RETTIFILO
SCALA 1:100

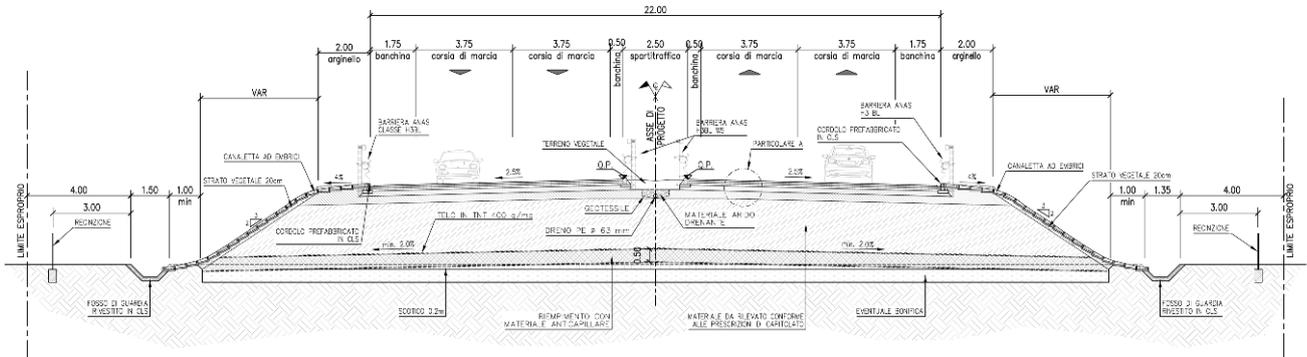


Figura – Sezione tipo in rilevato dell'asse principale

ASSE PRINCIPALE - CATEGORIA B
SEZIONE IN SCAVO IN RETTIFILO
SCALA 1:100

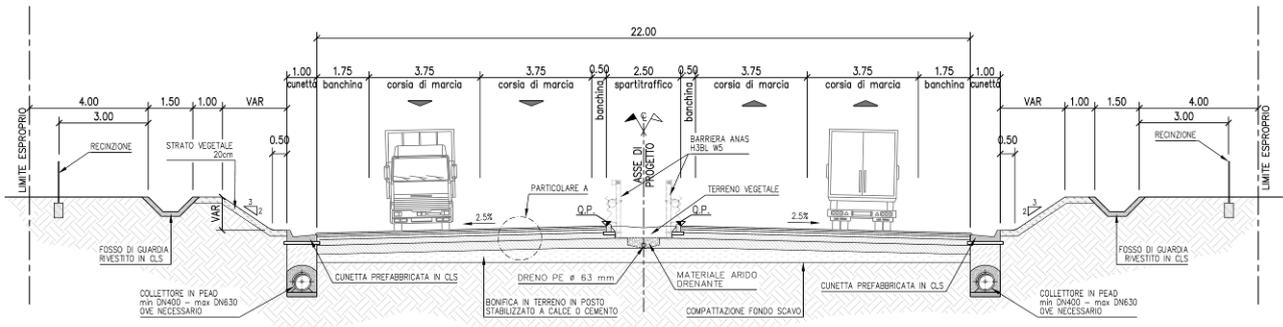


Figura - Sezione tipo in trincea dell'asse principale

In rettilineo la sezione stradale è sagomata a doppia falda, con pendenza trasversale del 2.5% per lo smaltimento delle acque meteoriche. In curva la pendenza trasversale, dipendente dalla velocità di progetto, è stata ricavata utilizzando l'abaco di normativa. Il passaggio graduale da una pendenza ad un'altra avviene lungo le curve di raccordo.

Lungo la carreggiata in direzione Sud nel tratto in approccio allo svincolo Inceneritore – Casic della Dorsale Consortile, al fine di garantire adeguate condizioni di visibilità per il cambio corsia dei veicoli in uscita dall'asse principale, si prevede la realizzazione di un allargamento del ciglio destro della corsia di diversione tramite la realizzazione di un rilevato con scarpata di pendenza ridotta 1/4 senza l'installazione di barriera di sicurezza, in grado di garantire uno spazio libero da ostacoli alla visibilità pari ad almeno 15m.

PROGETTAZIONE ATI:

ASSE PRINCIPALE - CATEGORIA B
SEZIONE IN RILEVATO CON ALLARGAMENTO ESTERNO PER VISIBILITA'
SCALA 1:100

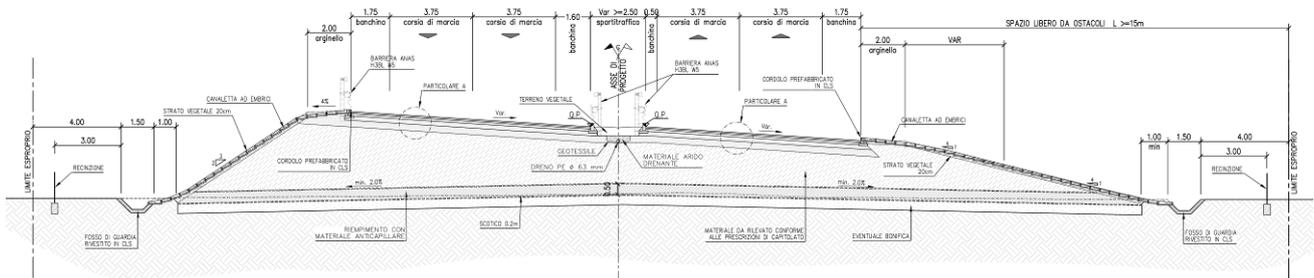


Figura - Sezione tipo in rilevato dell'asse principale con corsia di diversione e allargamento per visibilità

Ad eccezione del rilavato di cui sopra, per le scarpate dei rilevati e delle trincee è prevista una pendenza 2/3 e rivestimento con terra vegetale per uno spessore di 20 cm; inoltre per i rilevati si prevede eventuale banca intermedia dopo 5,00m di altezza dall'arginello, in caso di altezze superiori a 6,00m.

SEZIONE IN RILEVATO IN CURVA
SCALA 1:100

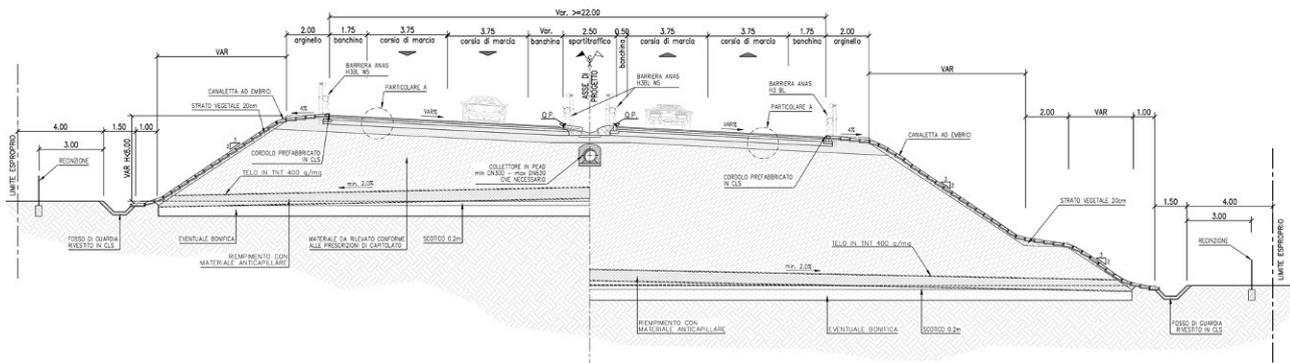


Figura - Sezione tipo in rilevato dell'asse principale con banche intermedie laterali

La dove l'asse principale incontra il fascio tubiero dell'oleodotto se ne prevede lo scavalco tramite opera di attraversamento a farfalla.

OPERA A FARFALLA
ATTRAVERSAMENTO FASCIO TUBIERO
SCALA 1:100

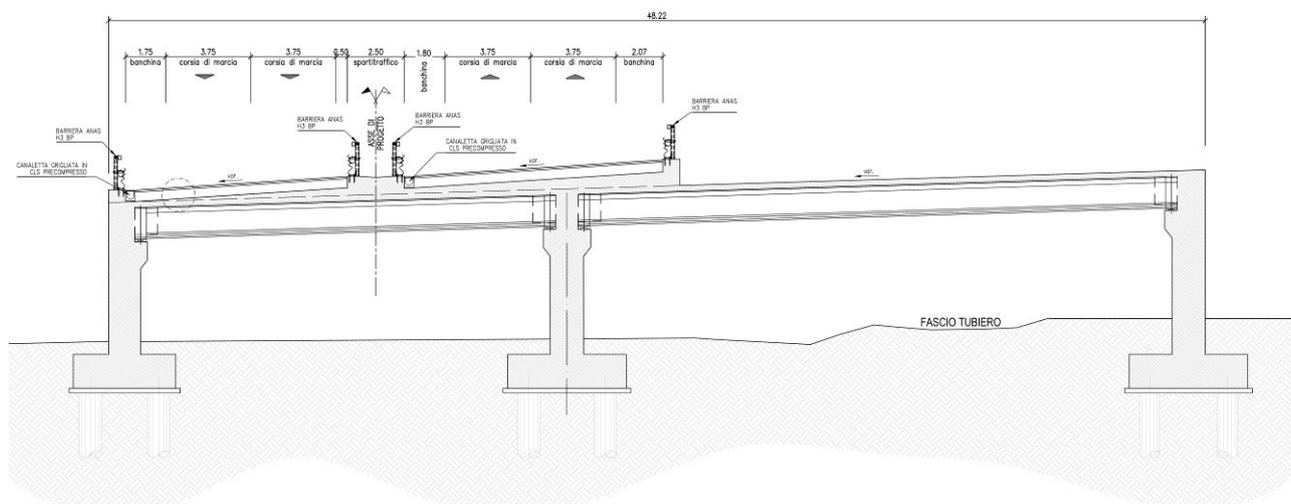


Figura - Sezione tipo dell'asse principale su opera di attraversamento

3.6.2. SVINCOLO ESISTENTE CASIC – CAPOTERRA

RAMPE

Il progetto prevede la realizzazione di rampe monodirezionali e rampe bidirezionali con una corsia per senso di marcia.

Per le **rampe monodirezionali** si prevede una sezione tipo composta da una corsia di larghezza pari a 4,00 m e banchine laterali di larghezza pari a 1,00 m ciascuna, sagomata a falda unica con una pendenza in rettilineo del 2.5% per agevolare lo scorrimento delle acque meteoriche.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza pari a 2,00 m, delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, ha una pendenza del 2/3.

PROGETTAZIONE ATI:

RAMPA MONODIREZIONALE IN RILEVATO
RAMO A - B - C - D

SCALA 1:100

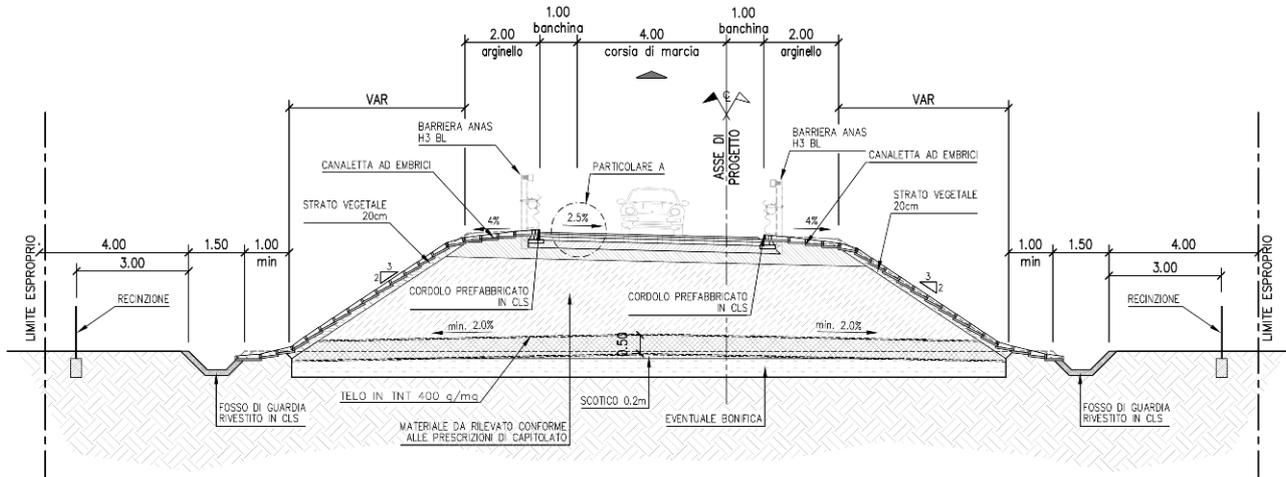


Figura – Sezione tipo rampa monodirezionale

Per le **rampe bidirezionali** si prevede una sezione tipo composta da due corsie, una per ogni senso di marcia, di larghezza pari a 3,50m e banchine laterali di larghezza pari a 1,00 m ciascuna, sagomata a doppia falda con una pendenza del 2.5% in rettilo e in curva per consentire lo scorrimento delle acque meteoriche.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza pari a 2,00 m, delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, ha una pendenza del 2/3.

RAMPA BIDIREZIONALE IN RILEVATO
RAMO E - CAVALCAVIA - BIDIREZIONALE 1 - 2

SCALA 1:100

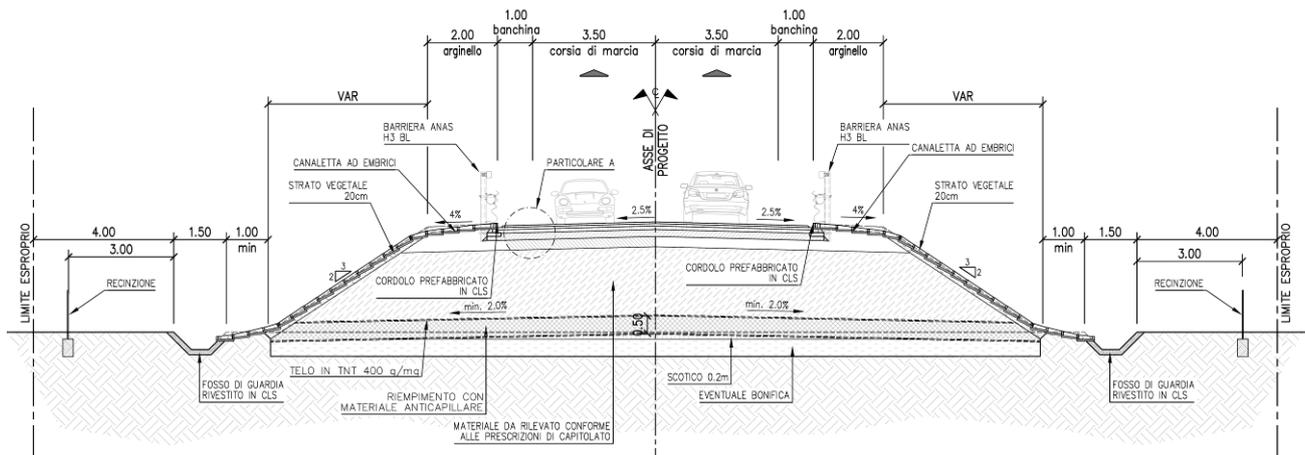


Figura – Sezione tipo rampa Bidirezionale

In alcuni tratti delle viabilità denominate *Ramo E, Asse Cavalcavia, Ramo Bidirezionale 1 e 2* dello svincolo CASIC – Capoterra si prevede l'ammorsamento sul rilevato esistente.

PROGETTAZIONE ATI:

L'ammorsamento sui rilevati esistenti sarà realizzato tramite la sagomatura a gradoni orizzontali del terreno del corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, adottando le necessarie cautele volte a garantirne la stabilità.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente; ogni gradone (di altezza massima 50 cm) seguirà la stesa del corrispondente nuovo strato di analoga altezza ed il suo costipamento, mantenendo nel contempo l'eventuale viabilità sul rilevato esistente.

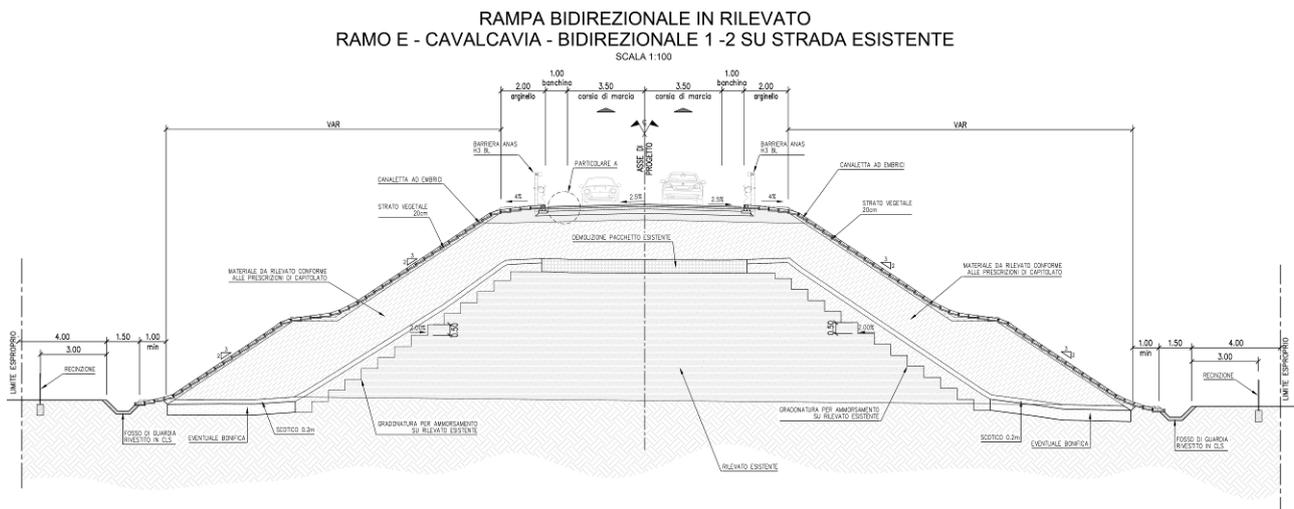


Figura – Sezione tipo rampa Bidirezionale con ammorsamento su rilevato esistente

ROTATORIE

Per le nuove rotatorie si prevede un anello giratorio di larghezza pari a 6,00m, banchina esterna da 1,00m e interna da 1,50m; gli elementi marginali e le scarpate previste all'esterno della rotatoria saranno analoghe a quelle previste per i rami in ingresso, ovvero arginelli erbosi di larghezza pari a 2,00m delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio e scarpate conformate con pendenza 2/3 e banca intermedia dopo 5,00m di altezza, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20cm dall'arginello, in caso di altezze superiori a 6 m.

Entrambe le rotatorie in progetto saranno ammorsate sul rilevato dell'attuale S.P.1; l'ammorsamento sui rilevati esistenti sarà realizzato tramite la sagomatura a gradoni orizzontali del terreno del corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, adottando le necessarie cautele volte a garantirne la stabilità.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente; ogni gradone (di altezza massima 50 cm) seguirà la stesa del corrispondente nuovo strato di analoga altezza ed il suo costipamento, mantenendo nel contempo l'eventuale viabilità sul rilevato esistente.

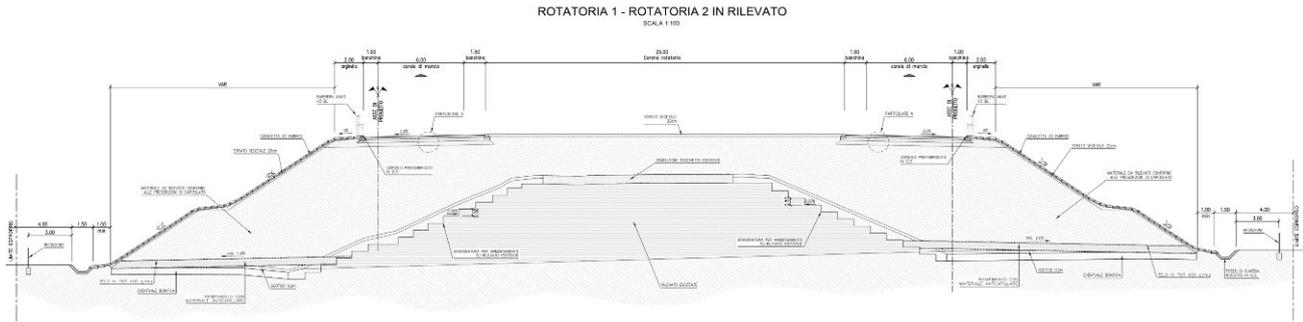


Figura – Sezione tipo Rotatorie 1 e 2

3.6.3. VIABILITÀ SECONDARIA E OPERE INTERFERENTI

COMPLANARE CASIC “DORSALE CONSORTILE”

La sezione stradale dell’asse secondario in oggetto prevede un’unica carreggiata da 9,50m composta da due corsie da 3,50m affiancate da banchine da 1,25m. Nei tratti in rilevato che si sviluppano in sede naturale gli elementi marginali sono costituiti da un arginello da 2,00m delimitati da un cordolo in conglomerato cementizio.

La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, ha una pendenza del 2/3.

STRADA - CATEGORIA C2 DORSALE CONSORTILE SCALA 1:100

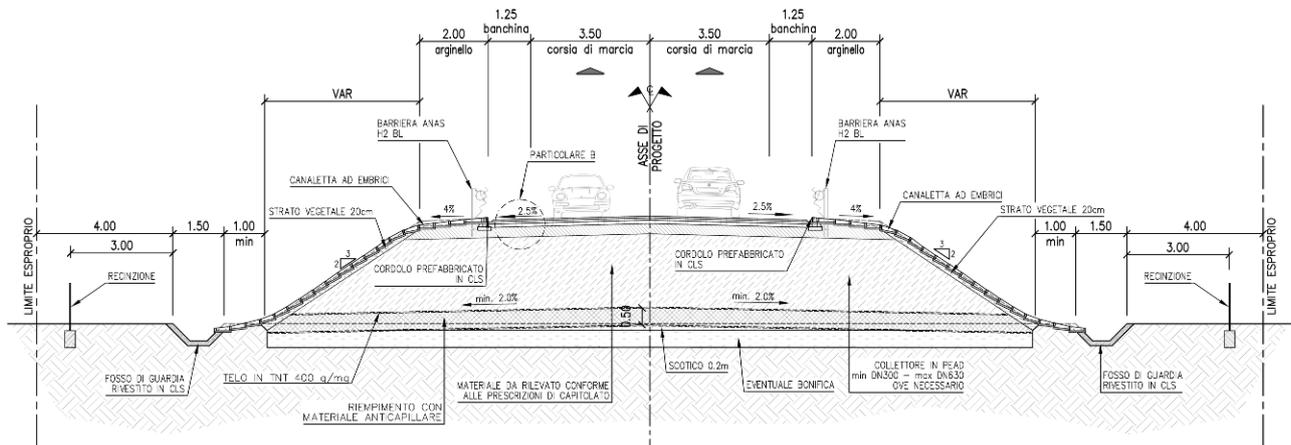


Figura – Sezione tipo in rilevato dell’asse secondario - Complanare Casic “Dorsale Consortile”

PROGETTAZIONE ATI:

STRADA DI ACCESSO ALLA DORSALE CONSORTILE CASIC

La sezione stradale dell'asse secondario in oggetto prevede un'unica carreggiata da 8,50m composta da due corsie da 3,25m affiancate da banchine da 1,00m. Nei tratti che si sviluppano in sede naturale gli elementi marginali sono costituiti da un arginello da 2,00m in rilevato e da cunetta alla francese da 1,00m in trincea.

STRADA ACCESSO - CATEGORIA F2 - IN RILEVATO

SCALA 1:100

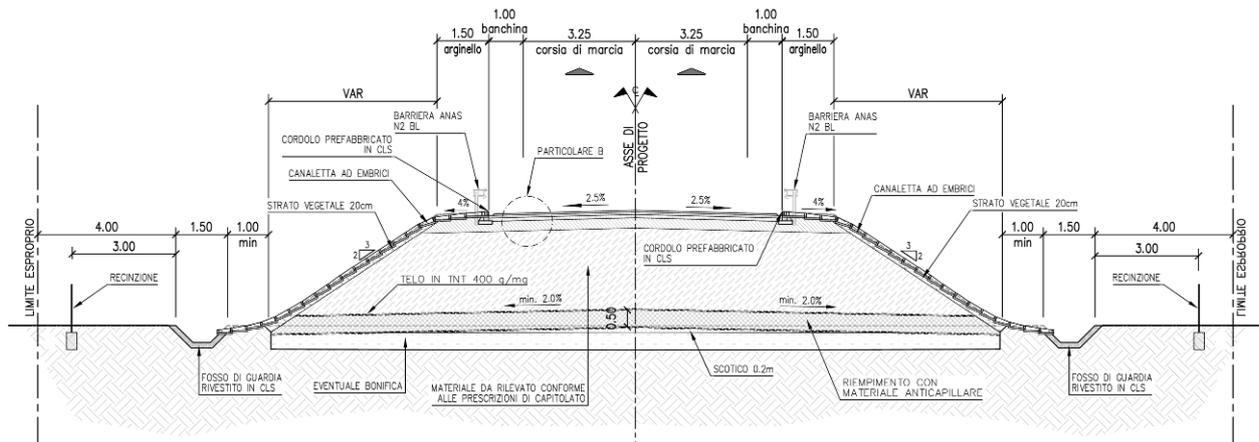


Figura – Sezione tipo in rilevato dell'asse secondario – Strada di Accesso alla Dorsale Consortile CASIC

Per le scarpate dei rilevati e delle trincee, rivestite con terra vegetale per uno spessore di 20 cm, è prevista una pendenza 2/3.

STRADA DI ACCESSO ALLA DORSALE CONSORTILE - CATEGORIA F2 - IN SCAVO

SCALA 1:100

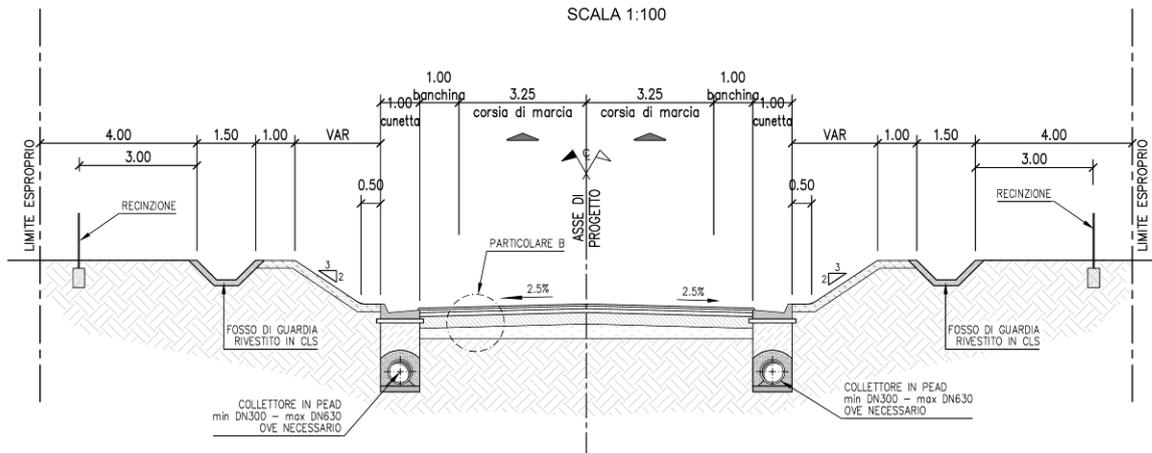


Figura – Sezione tipo in scavo asse secondario – Strada di Accesso alla Dorsale Consortile CASIC

La dove la Strada di Accesso alla dorsale consortile CASIC incontra l'asse principale si prevede la realizzazione di un sottovia scatolare per consentirne l'attraversamento.

PROGETTAZIONE ATI:

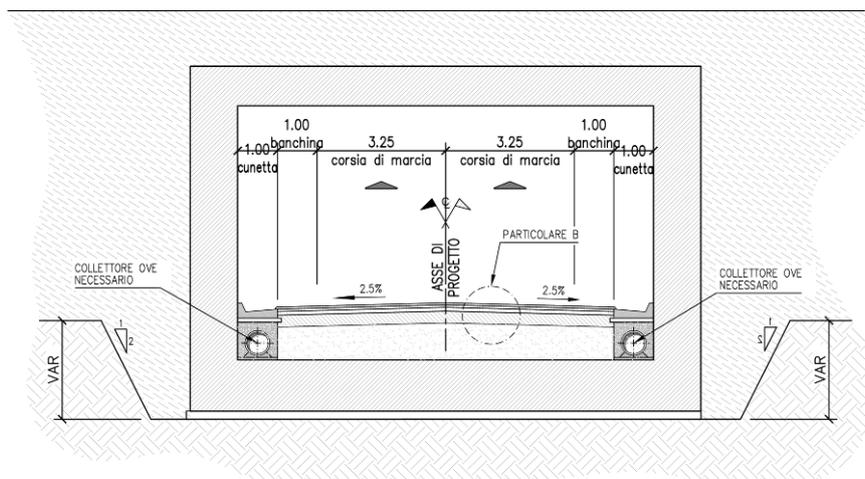


Figura – Sezione tipo in sottovia asse secondario – Strada di Accesso alla Dorsale Consortile CASIC

3.7. BARRIERE DI SICUREZZA E SEGNALETICA

3.7.1. BARRIERE DI SICUREZZA

Le barriere di sicurezza stradali da introdurre lungo la viabilità in progetto sono state individuate sulla base di quanto previsto dal DM 18 feb 1992, n.223 e s.m.i. e, in particolare, con quanto contenuto nell'ultimo aggiornamento del 21 giugno 2004.

Il posizionamento dei dispositivi di ritenuta tiene conto delle caratteristiche geometriche della sede stradale, della loro compatibilità con gli spazi disponibili e dei vincoli esistenti.

In particolare, le barriere sono state previste nei seguenti casi:

- Sui margini di tutte le opere d'arte all'aperto, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale;
- Sul margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1.00 m;
- In corrispondenza di ostacoli fissi frontali o laterali.

Si evidenzia che la scelta delle barriere di sicurezza deve essere comunque eseguita considerando soltanto i dispositivi che risultano essere stati sottoposti a prove di crash-test secondo le norme UNI EN 1317.

Le tipologie di barriere di sicurezza sono state definite in conformità ai parametri indicati nella normativa nazionale, ovvero il *Tipo di traffico* (funzione del TGM e della % di veicoli di massa > 3.5 ton), *Tipo di strada* e *Destinazione della barriera*:

Tipo traffico	TGM	% Veicoli con massa>3,5t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤5
II	>1000	5<n≤15
III	>1000	>15

Tipo di strade	Traffico	Destinazione barriere			
		barriere spartitraffico a ⁽¹⁾	barriere bordo laterale b	barriere bordo ponte c ⁽²⁾	attenuatori d
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2	TC1 o TC2 secondo velo- cità ≤ oppure > di 80 Km/h (art. 6)
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4 (3)	H2-H3(3)	H4	
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2	
	II	H2	H1	H2	
	III	H2	H2	H3	
Strade urbane di quartiere (E) e Strade locali (F)	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

Lungo l'**asse principale** in progetto (strada di categoria B) il traffico di riferimento (TGM), come precedentemente indicato, è maggiore di 1000 con una percentuale di veicoli pesanti pari al 8.90%, pertanto, ai sensi dell'art.6 del citato DM, il traffico di progetto rientra nella categoria "tipo II".

Per le **strade secondarie interferite** il traffico di riferimento (TGM) è, anche in questo caso, maggiore di 1000 mentre, per quanto concerne la percentuale di veicoli pesanti, si è assunto un valore maggiore del 15% per la *Dorsale Consortile* (strada di categoria C2) e un valore minore del 15% per la *Strada di Accesso alla dorsale consortile* (strada di categoria F2), a cui si associa rispettivamente un traffico di "tipo III" e un traffico di "tipo II".

Secondo quanto sopra esposto si ritiene corretto e ammissibile prevedere l'installazione dei dispositivi di ritenuta di seguito descritti.

Asse principale e Rampe:

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS con livello di contenimento H2 e larghezza operativa W5 (WN≤1.7);
- Barriera di sicurezza metallica spartitraffico Tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 (WN≤1.7);
- Barriera di sicurezza metallica bordo ponte Tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 (WN≤1.7) a protezione delle opere d'arte presenti;
- Barriera di sicurezza metallica bordo ponte Tipo ANAS con livello di contenimento H3 e larghezza operativa W5 (WN≤1.7) con rete antilancio integrata da installare lungo il viadotto che scavalca l'asse principale all'interno dello svincolo Casic-Capoterra, lungo il viadotto che scavalca il fascio tubiero dell'oleodotto e, infine a protezione della Strada di Accesso alla dorsale consortile che sottopassano l'asse principale.

Viabilità secondarie interferite:

Dorsale Consortile:

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale Tipo ANAS con livello di contenimento H2 e larghezza operativa W5 (WN≤1.7).

Strada di Accesso alla dorsale consortile:

PROGETTAZIONE ATI:

- Barriera di sicurezza metallica bordo laterale con livello di contenimento N2 e larghezza operativa W4 ($WN \leq 1.3$).

Nei punti di inizio e fine barriera è stato previsto l'utilizzo di idonei dispositivi terminali semplici; nel passaggio tra barriere bordo ponte e bordo rilevato si prevede di garantirne la continuità strutturale tramite una transizione appositamente progettata di sviluppo almeno pari a 12.5 volte la differenza tra le deformazioni dinamiche delle due barriere accoppiate tenendo debitamente in conto dei moduli minimi di costruzione.

In ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente, nel caso in cui la lunghezza della barriera bordo ponte installata è inferiore a quella effettivamente testata occorrerà raggiungere l'estensione minima attraverso l'installazione di un tratto di dispositivo diverso, ma di pari classe.

Infine, si prevede l'installazione di appositi **attenuatori d'urto** nei punti di cambio di direzione o di uscita, ovvero in presenza di "cuspidi" intese come divergenza tra due rami percorsi nello stesso verso.

Gli attenuatori d'urto da installare sono stati individuati in conformità a quanto contenuto nell'art. 6 del D.M. 21.6.2004, che definisce la classe minima di attenuatore da adottare in funzione della sola velocità imposta nella strada da cui diverge la rampa.

In particolare si prevede l'installazione di:

- Attenuatore di Classe 80 (per Velocità $90 \leq V \leq 130$ km/h) nei punti di uscita dall'asse principale;
- Attenuatore di Classe 50 (per Velocità $V < 90$ km/h) nei punti di uscita dalle rampe.

L'ubicazione, la tipologia e l'estensione dei dispositivi installati sono riportati negli specifici elaborati riguardanti le planimetrie delle barriere di sicurezza.

3.7.2. SEGNALETICA STRADALE

Il progetto della segnaletica stradale ha per oggetto la definizione e il posizionamento di tutti gli elementi orizzontali (strisce di delimitazione della carreggiata, delle corsie, ecc.) o verticali (cartelli di pericolo e prescrizione, pannelli laterali o a portale di indicazione) di ausilio agli utenti stradali per una corretta e sicura fruizione del tratto autostradale.

La progettazione della segnaletica è stata redatta in conformità alle normative vigenti di seguito elencate:

- Nuovo Codice della Strada di cui al D.lgs. n. 285 del 30 aprile 1992 e successivi aggiornamenti ed integrazioni;
- Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada di cui al D.P.R. n. 495 del 16 dicembre 1992;
- Direttiva n. 1156 del 28 febbraio 1997 "Caratteristiche della segnaletica da utilizzare per la numerazione dei cavalcavia sulle autostrade e sulle strade statali di rilevanza internazionale".

La **segnaletica orizzontale** costituita da strisce rifrangenti longitudinali o trasversali rette o curve, semplici o affiancate, continue o discontinue, così come riportato nelle tavole di progetto, sarà

PROGETTAZIONE ATI:

eseguita con termospruzzato plastico premiscelato con perline di vetro e avranno caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di resistenza al derapaggio conformi alle prescrizioni generali previste dalla norma UNI EN 1436/98 e a quanto riportato nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.

La **segnaletica verticale** prevede segnali di precedenza, pericolo, divieto e obbligo conformi alla Normativa di riferimento e comunque con criteri che, in relazione alla condizione locale, garantiscano la chiarezza di percettibilità e inducano l'utenza ad un comportamento consono all'ambiente stradale.

Al fine di mantenere adeguati livelli di sicurezza lungo lo svincolo Casic - Capoterra è prevista l'introduzione di un limite di velocità amministrativo di 40km/h lungo le Rampe A e D. Tale limite è stato definito in funzione dei diagrammi di velocità di progetto e degli esiti delle verifiche plano-altimetriche effettuate sugli elementi di ogni singolo tracciato in progetto.

È previsto l'impiego di segnali in alluminio, conforme alla Direttiva Ministeriale 4867/RU del 05/08/2013, con pellicola di classe RA2 di diametro/lato pari a 60 cm per la viabilità secondaria e 90 cm per la viabilità principale la cui tipologia, numero e ubicazione è indicata nelle tavole di progetto.

La pellicola dovrà inoltre essere marcata CE: i) se con tecnologia a microsferi, ai sensi della UNI EN 12899-1; ii) se con tecnologia a microprismi, ai sensi della UNI 11480 da parte degli Organismi europei preposti, di opportuni Benestare Tecnici Europei o Valutazioni Tecniche Europee (ETA) di pertinenza, che ne definiscono le prestazioni.

Il segnale dovrà avere classe prestazionale minima per la spinta del vento pari a WL7 e il pannello dovrà essere marcato CE ai sensi della UNI EN 12899-1.

L'ubicazione e la tipologia della segnaletica orizzontale e verticale è riportata negli specifici elaborati riguardanti le planimetrie della segnaletica.

4. OPERE D'ARTE MAGGIORI

4.1. SCAVALCO FASCIA TUBIERA ALLA PROG. 8+366.00

Sebbene l'opera si configuri continua nello sviluppo planimetrico si può di fatto distinguere in due diverse parti principali che lungo l'asse del tracciato si intrecciano tra di loro. Nella fattispecie si individua una parte destinata alla viabilità superiore della SS195 ed una parte a copertura del fascio tubiero in quota terreno.

La larghezza dell'opera è variabile. In corrispondenza degli imbocchi si ha la massima larghezza della struttura pari a circa 50m su due campate, mentre nella zona centrale ove le precedenti definite parti si uniscono la larghezza è pari a circa 26m.

L'opera si compone, oltre alle fondazioni (per le quali si rimanda allo specifico elaborato per i dettagli costruttivi) di pareti in elevazione in c.a. di spessore 140cm ed un impalcato di copertura realizzato per la quasi totalità con travi in c.a.p. di altezza pari a 140cm con soletta superiore gettata in opera di spessore 25cm e porzioni di solettone alleggerito di spessore pari a 165cm. Con riferimento alla porzione carrabile, l'impalcato oggetto di studio presenta una larghezza di 23.18m e due cordoli da 0.75m per una larghezza complessiva di 24.68m. Per evitare la presenza di giunti in copertura e ottimizzarne il comportamento strutturale, l'impalcato è reso continuo alle pareti mediante un getto continuità in opera

La sezione longitudinale della carreggiata è riportata nella seguente Figura 4.1.

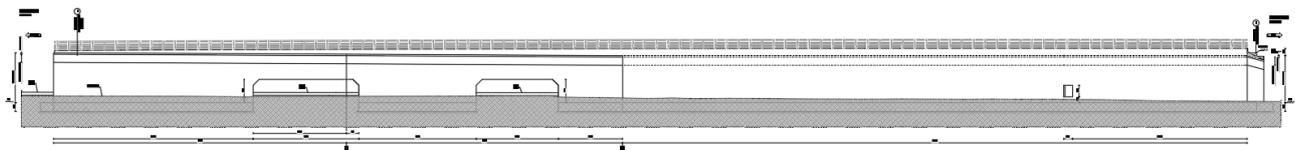


Figura 4.1: Vista longitudinale E – E

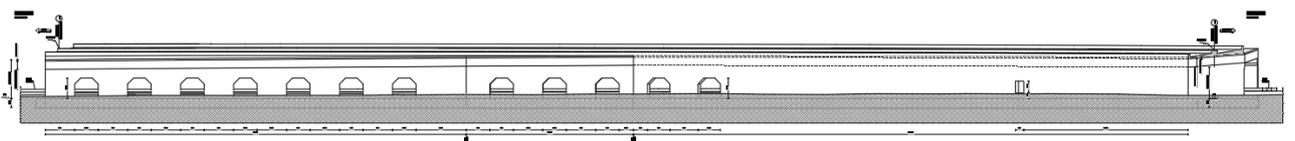


Figura 4.2: Vista longitudinale F – F

La soluzione strutturale adottata prevede, per l'impalcato, l'impiego di 115 travi a cassoncino in calcestruzzo armato precompresso con pre-tensione, di altezza pari a 1.40 m collegate tra loro mediante soletta collaborante e traversi gettati in opera. Le travi prefabbricate hanno interasse trasversale medio pari a 2.50 m e lunghezza variabile.

La soletta, di spessore complessivo pari a 25cm, è gettata in opera su predalles da 5cm.

Come già riportato in precedenza, in corrispondenza delle testate delle travi in c.a.p. è presente un getto di continuizzazione strutturale tra travi e pareti, sia su muri interni che di estremità, che si estende per un tratto di 1.5m all'interno della trave.

La geometria della sezione trasversale dell'impalcato è riportata nelle immagini seguenti:

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

SEZIONE A-A
scala 1:100

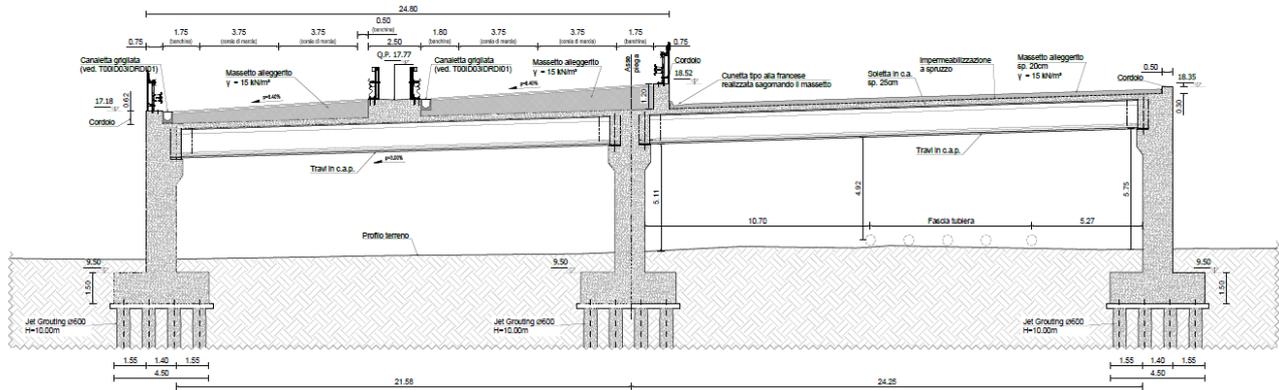


Figura 4.3: Sezione A-A trasversale opera

SEZIONE B-B
scala 1:100

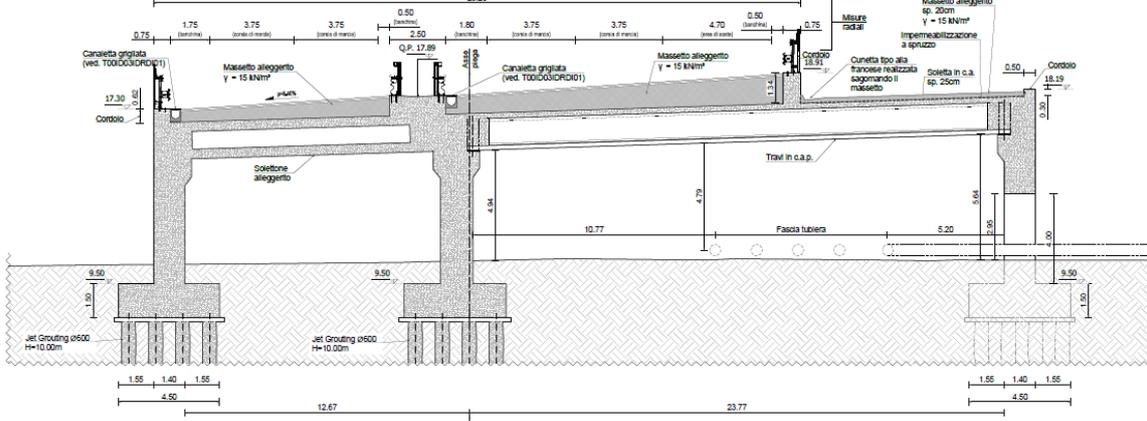


Figura 4.4: Sezione B-B trasversale opera

SEZIONE C-C
scala 1:100

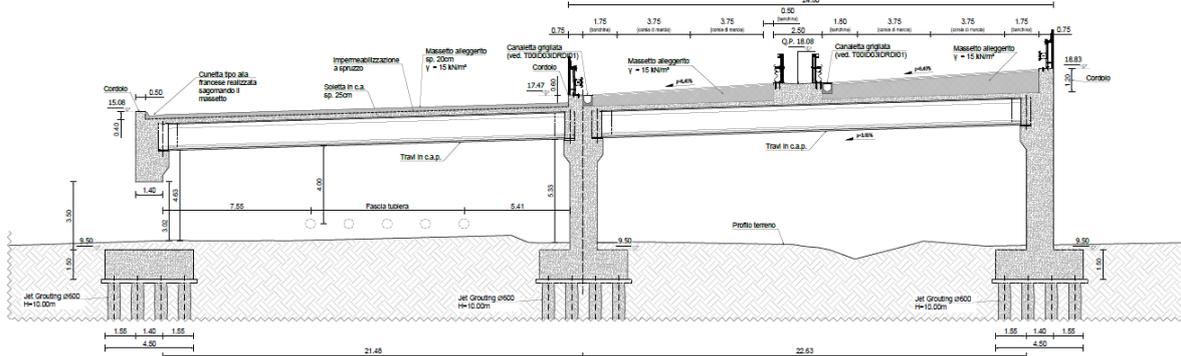


Figura 4.5: Sezione C-C trasversale opera

Le travi in c.a.p. poggiano su apparecchi d'appoggio in neoprene situati al di sotto delle travi. Le caratteristiche dei dispositivi sono riportate allo specifico paragrafo e nello specifico elaborato. Le travi sono varate dal basso. Per la protezione del fascio tubiero in fase di realizzazione è previsto impiego di cassero metallico mobile.

PROGETTAZIONE ATI:

4.2. PONTI

4.2.1. PONTE SCAVALCO FASCIO TUBIERO ALLA PROG. 6+749.00

L'opera si rende necessaria allo scavalco della fascia tubiera al km 6+750 che intercetta ortogonalmente l'asse di progetto principale.

Il nuovo viadotto è posto alle coordinate 39.215463, 8.999839 si sviluppa su 3 campate per una lunghezza complessiva di 70m, con campate di riva di 20m e una centrale di 30m.

È composto da due carreggiate indipendenti distanziate da un varco di 1m. Ciascuna carreggiata ha un impalcato di 11.25m complessivi, per 9.75m carreggiabili più cordoli da 0.75; poggiano entrambi, rispettivamente, su 4 travi in CAP alte 1.5m. Lo spessore delle solette è invece di 0.25m.

Le sottostrutture sono composte da 2 pile a setto (una per ciascun impalcato) larghe rispettivamente 8.5m per uno spessore di 1m. In altezza hanno invece uno sviluppo totale di 5.8m, comprensivo di 1.3m di pulvino.

Le sezioni della carreggiata sono riportate nelle figure seguenti:

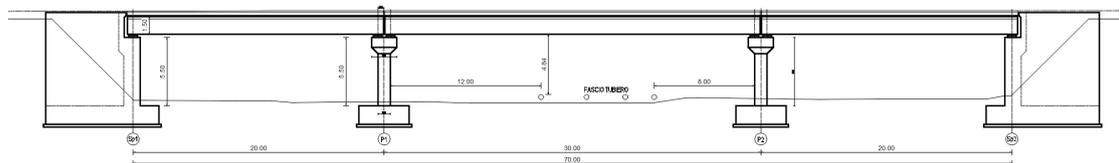


Figura 4.6: Prospetto dell'opera

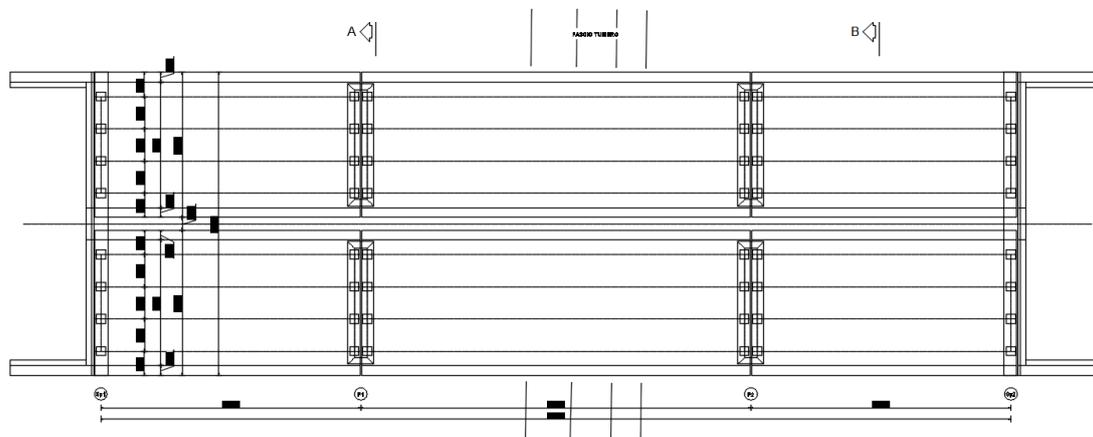


Figura 4.7: Vista in pianta

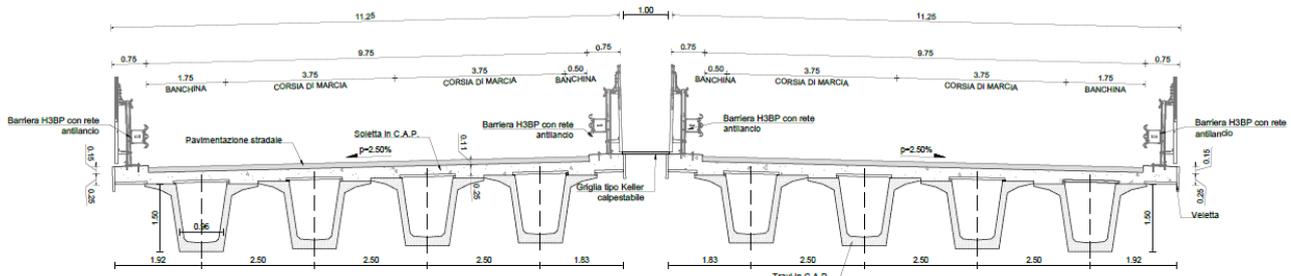


Figura 4.8: Sezione dell'impalcato

PROGETTAZIONE ATI:

Si prevede l'utilizzo di apparecchi d'appoggio del tipo fissi, multidirezionali e monodirezionali in numero di 1 sotto ogni trave in modo da garantire uno schema in semplice appoggio in direzione longitudinale e garantire allo stesso tipo la possibilità di escursione termica in direzione trasversale. Si rimanda agli specifici elaborati per le caratteristiche dei dispositivi. Lo schema di vincolo è riportato nella seguente figura.

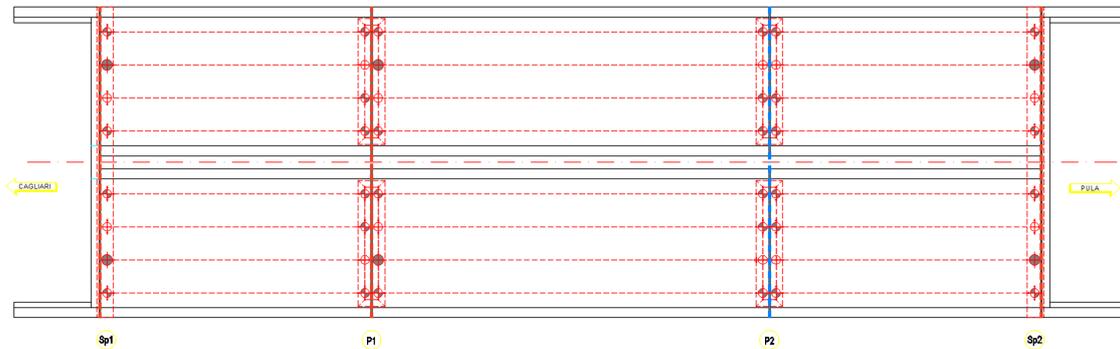


Figura 4.9: Schema di vincolo

Per la protezione del fascio tubiero in fase di realizzazione è previsto impiego di cassero metallico mobile. Il sistema di varo prevede il sollevamento dal basso delle travi in c.a.p.

4.2.2. PONTE SCAVALCO DEVIAZIONE CANALE EMBOI ALLA PROG. 7+814.00

Il nuovo viadotto si sviluppa su in un'unica con luce 50m.

Le due carreggiate sono supportate da impalcati indipendenti. Ciascun impalcato ha una larghezza di 11.25m complessivi, il pavimentato ha larghezza 9.75m mentre i cordoli hanno una larghezza di 0.75m ciascuno.

A causa della notevole inclinazione tra l'asse stradale e l'ostacolo scavalcato (canale Imboi) il ponte ha una notevole obliquità. L'opera è ubicata su una porzione del tracciato sostanzialmente in rettilineo e con pendenza longitudinale pari a circa 1%.

L'impalcato, con schema a travata semplicemente appoggiata, è realizzato in sistema misto acciaio-calcestruzzo ed è costituito da tra travi principali con sezione a doppio T di altezza 2.8m sulle quali è realizzata una soletta in c.a. ordinario gettato in opera su predelle prefabbricate per uno spessore complessivo di 30cm.

La "collaborazione" tra soletta e carpenteria metallica è realizzata mediante connettori a piolo tipo Nelson.

I diaframmi intermedi sono realizzati a struttura reticolare mentre quelli di testata sono realizzati con sezione a doppio T a parete piena.

Le connessioni delle travi principali saranno prevalentemente di tipo saldato mentre quelle degli elementi secondari (diaframmi di testata e intermedi) di tipo bullonato.

Le sezioni della carreggiata sono riportate nelle figure seguenti:

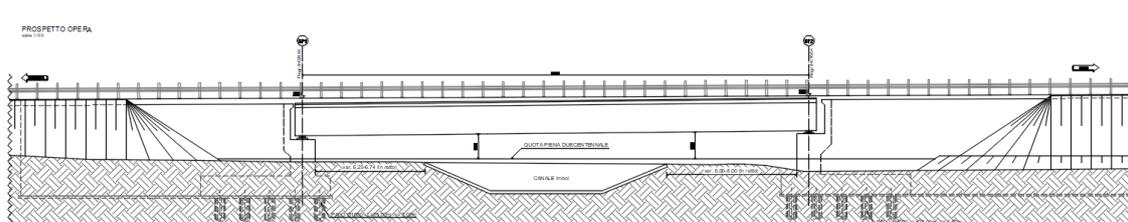


Figura 4.10: Prospetto dell'opera

PROGETTAZIONE ATI:

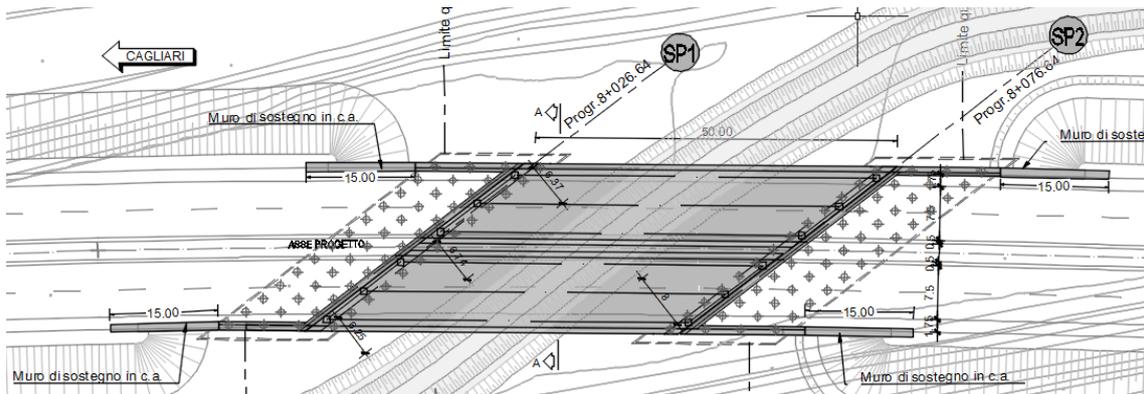


Figura 4.11: Vista in pianta

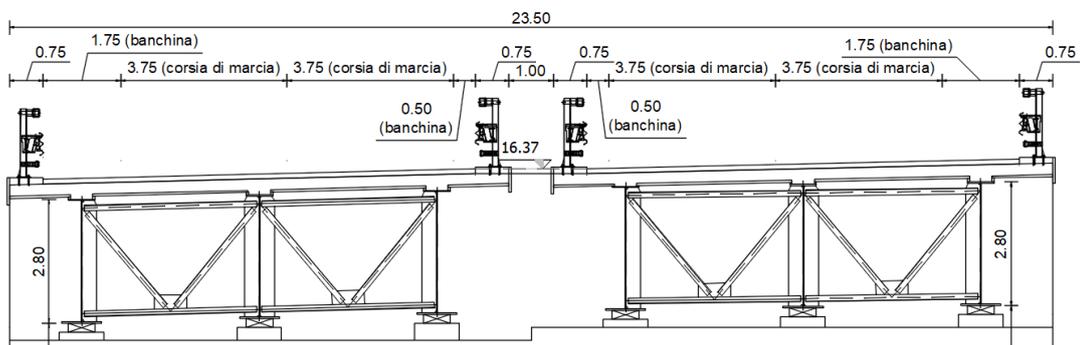


Figura 4.12: Sezione dell'impalcato

Il sistema di vincolo è realizzato mediante l'impiego di appoggi a disco elastomerico confinato di tipo fisso e di tipo scorrevole uni-direzionale e/o multi-direzionale. Il layout degli appoggi è stato definito in modo da rendere l'impalcato isostatico evitando la nascita di coazioni per effetto delle dilatazioni termiche.

In corrispondenza delle spalle, per consentire gli spostamenti dell'opera in esercizio (dovuti principalmente alle dilatazioni termiche) si prevede l'installazione di giunti di dilatazione in gomma armata.

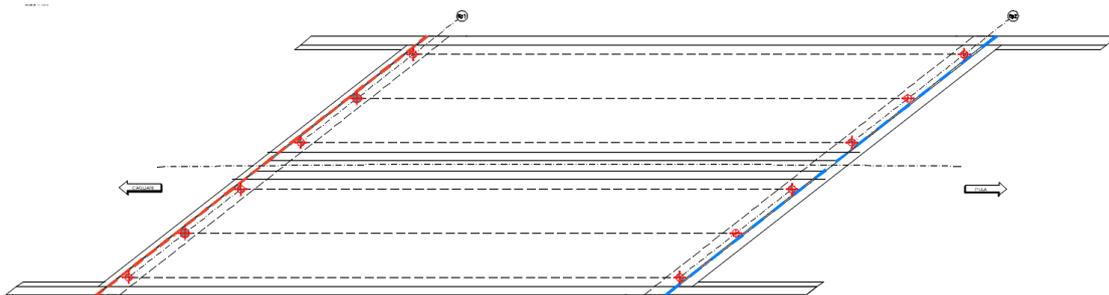


Figura 4.13: Schema di vincolo

È prevista la realizzazione di due spalle in calcestruzzo armato composte da un muro frontale, un muro paraghiaia, due muri andatori ed un setto centrale. Entrambe sono fondate su platee su pali.

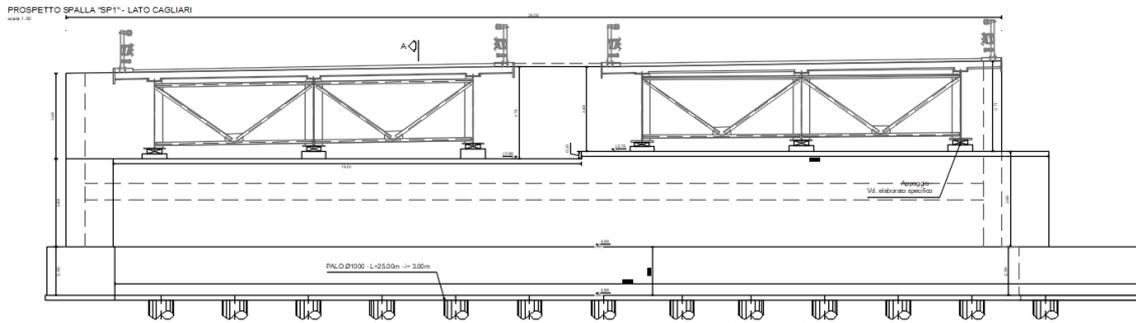


Figura 4.14: Prospetto spalla lato Cagliari

La travata è varata dal basso previo assemblaggio a piè d'opera dei conchi di travata.

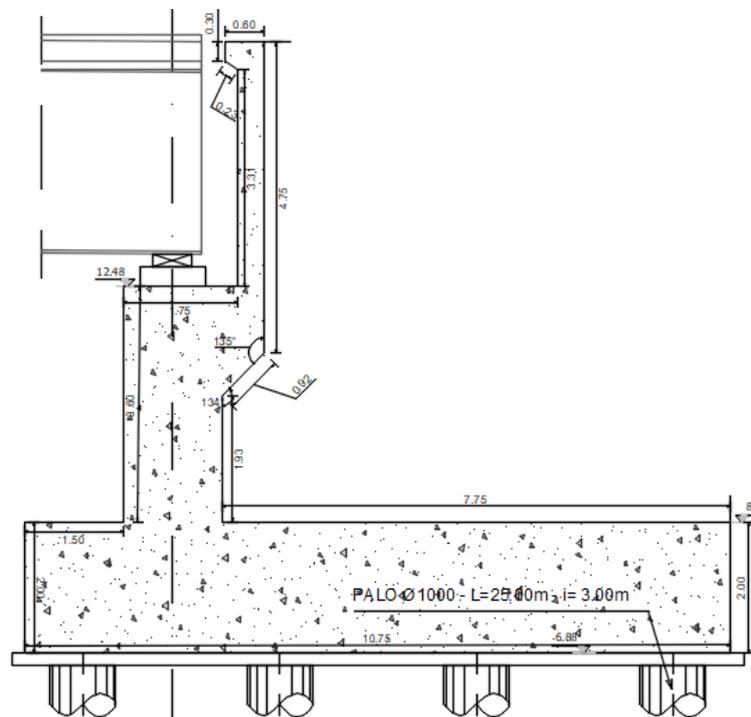


Figura 4.15: Profilo spalla lato Cagliari

Gli spessori degli elementi sono tali da soddisfare le verifiche riportate nei capitoli successivi. In particolare per le spalle si prevede un muro frontale di spessore di 1.5m e una lunghezza maggiore di 38m. I due muri andatori sono tali da raccordarsi con i muri di sostegno del rilevato e hanno uno spessore di 0.75m. Il setto centrale ha la medesima sezione dei muri andatori.

Le platee al di sotto delle spalle hanno uno spessore di 2.0m e una dimensione in pianta di 41x17.5m circa, formando due angoli di 142° e 38°. Al di sotto di essa sono disposti 4 file di 13 pali ciascuna, distanti 4.86m l'una dall'altra. Il passo trasversale dei pali è invece di 3m. Ciascun palo ha un diametro di 1.00m

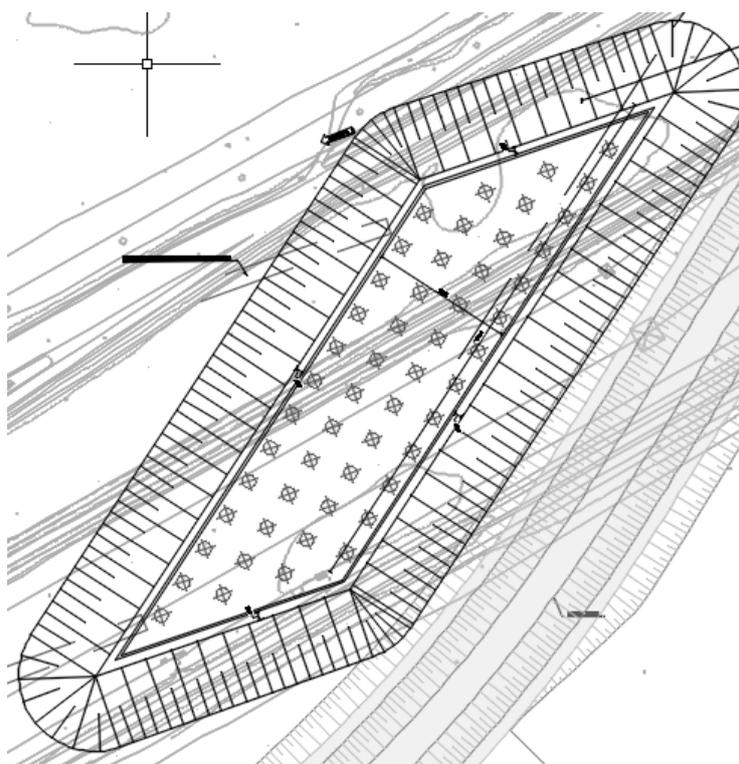


Figura 4.16: platee su pali – spalla

4.2.3. CAVALCAVIA ASSE PRINCIPALE SVINCOLO CAPOTERRA – CASIC

L'opera si sviluppa su in un'unica campata di luce 40m ed è ubicata su una porzione del tracciato sostanzialmente in rettilineo e con pendenza longitudinale compresa tra 0.5 e 4%.

L'impalcato ha una larghezza di 10.5m complessivi, il pavimentato ha larghezza 9.0m mentre i cordoli da hanno una larghezza di 0.75m ciascuno.

La struttura dell'impalcato, che ha schema a travata semplicemente appoggiata, è realizzata in sistema misto acciaio-calcestruzzo ed è di tipo bi-trave con sezione aperta. La sezione resistente della travata è costituita da travi principali con sezione a doppio T di altezza 2.0m sulle quali è realizzata una soletta in c.a. ordinario gettato in opera su predalle prefabbricate per uno spessore complessivo di 30cm.

La "collaborazione" tra soletta e carpenteria metallica è realizzata mediante connettori a piolo tipo Nelson.

I diaframmi intermedi sono realizzati con profili laminati IPE500 mentre quelli di testata sono realizzati con sezione a doppio T a parete piena.

Le connessioni delle travi principali saranno prevalentemente di tipo saldato mentre quelle degli elementi secondari (diaframmi di testata e intermedi) di tipo bullonato.

L'opera fa di fatto parte di un insieme di 3 opere consecutive di svincolo e scavalco della sottostante viabilità e del canale Imboi.

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

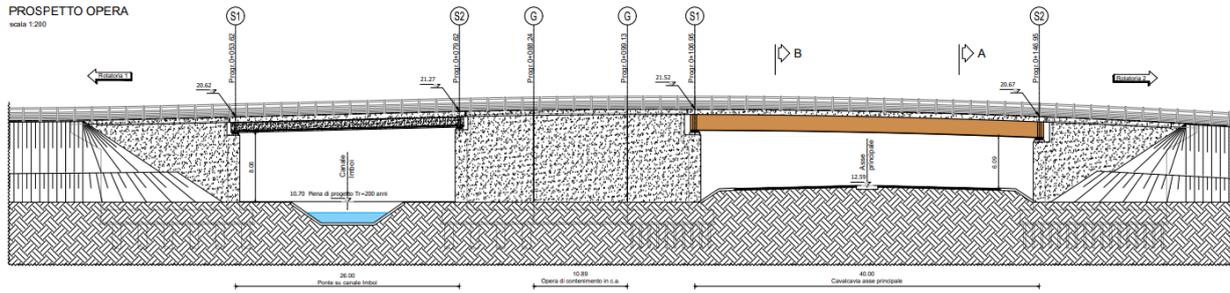


Figura 4.17 Prospetto dell'opera

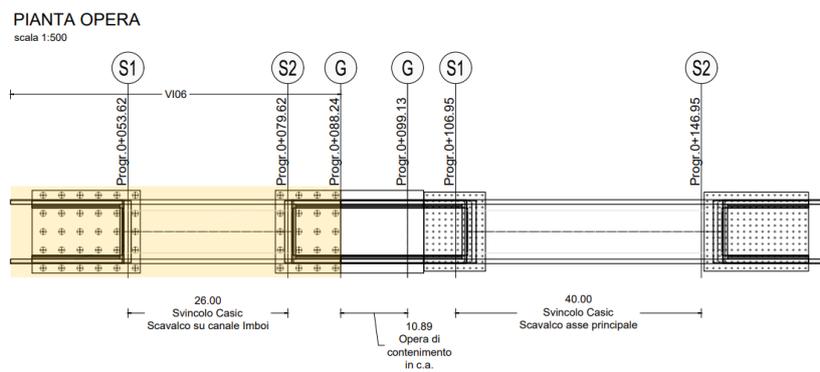


Figura 4.18 Pianta dell'opera

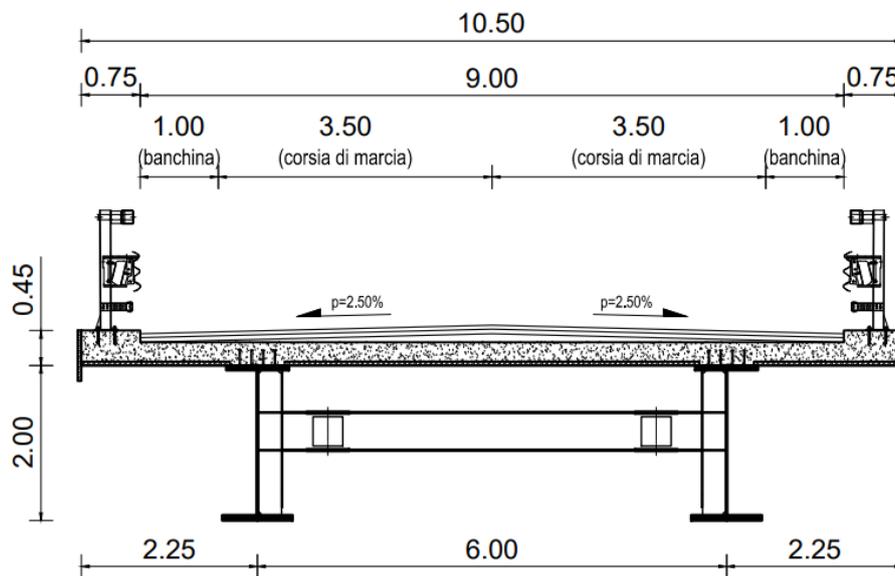


Figura 4.19 Sezione trasversale dell'impalcato

Il sistema di vincolo è realizzato mediante l'impiego di appoggi a disco elastomerico confinato di tipo fisso e di tipo scorrevole uni-direzionale e/o multi-direzionale. Il layout degli appoggi è stato definito in modo da rendere l'impalcato isostatico evitando la nascita di coazioni per effetto delle dilatazioni termiche. Si rimanda agli specifici elaborati per le caratteristiche dei dispositivi. Lo schema di vincolo è riportato nella seguente figura.

PROGETTAZIONE ATI:

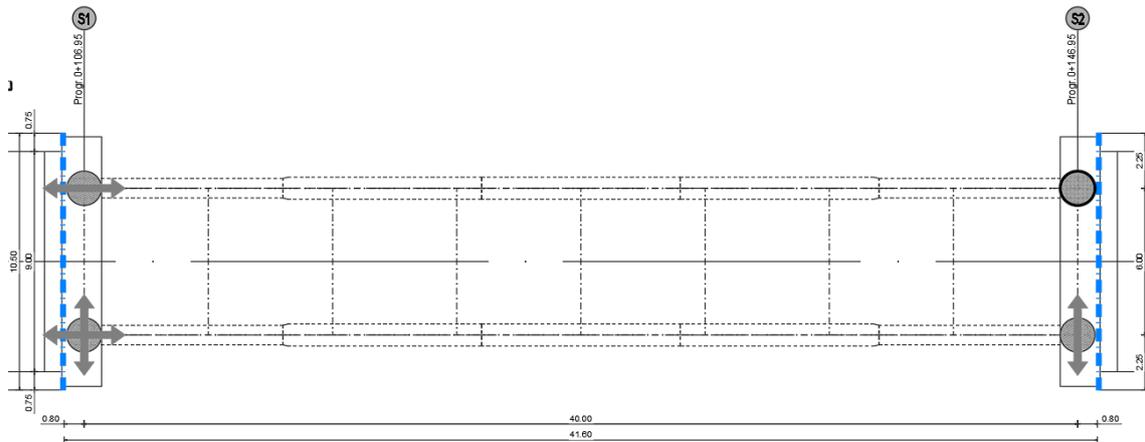


Figura 4.20 Schema di vincolo

In corrispondenza delle spalle, per consentire gli spostamenti dell'opera in esercizio (dovuti principalmente alle dilatazioni termiche) si prevede l'installazione di giunti di dilatazione in gomma armata.

Si prevede di realizzare due spalle in calcestruzzo armato composte da un muro frontale, due muri andatori e un muro paraghiaia. Le spalle saranno fondate su platee e plinti su micropali.

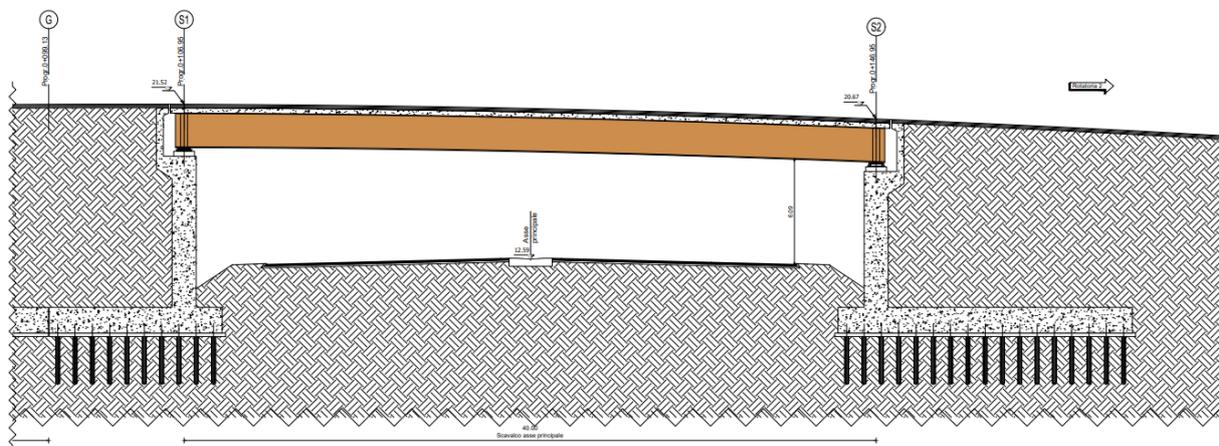


Figura 4.21 Sezione longitudinale

La travata è varata dal basso previo assemblaggio a piè d'opera dei conci di travata.

PROGETTAZIONE ATI:

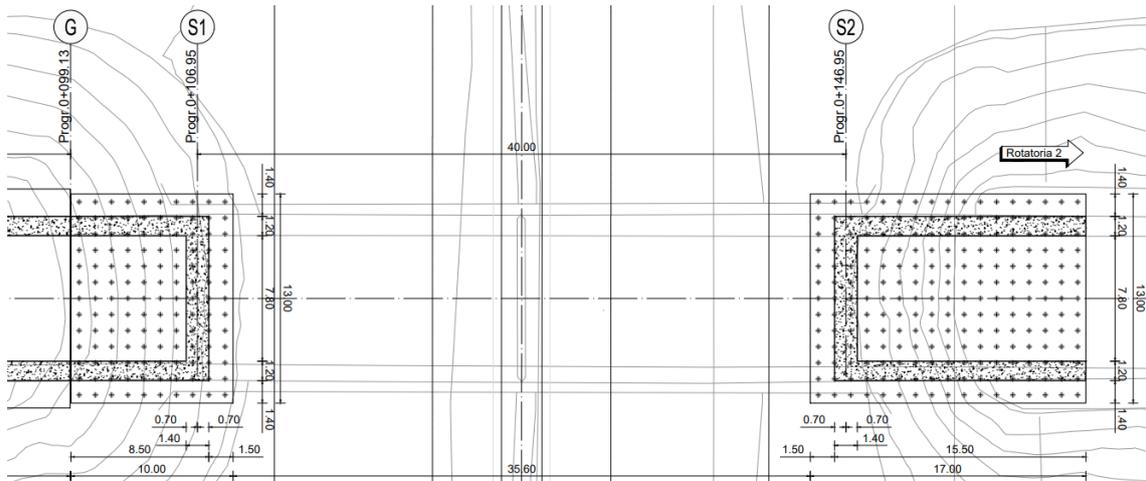


Figura 4.22 Pianta fondazioni

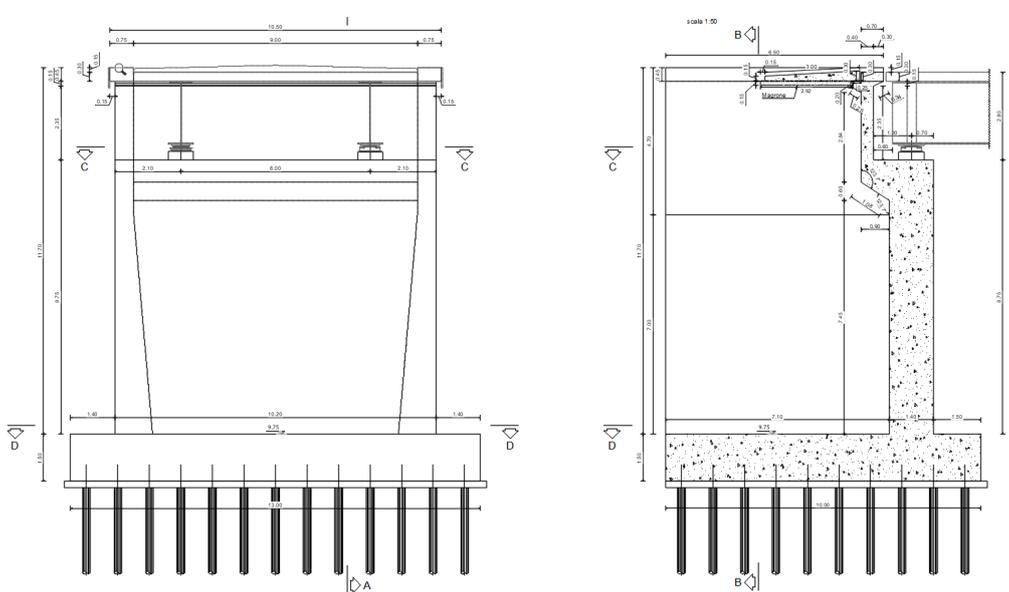


Figura 4.23 Prospetto e Sezione spalla "SP1" lato Rotatoria 1

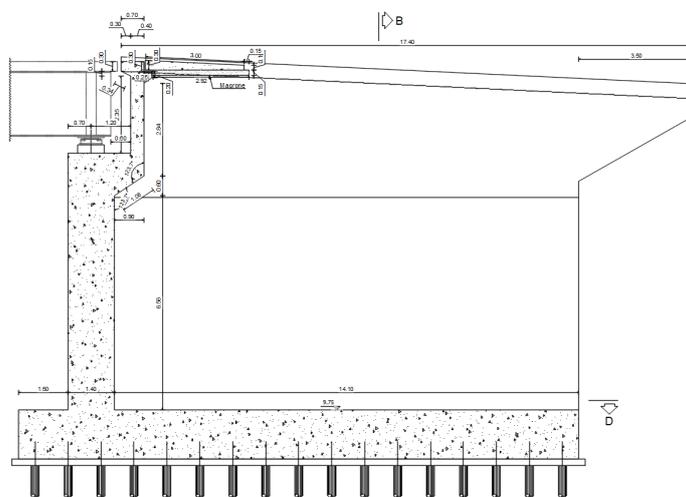


Figura 4.24 Sezione spalla "SP2" lato Rotatoria 2

PROGETTAZIONE ATI:

Gli spessori degli elementi sono tali da soddisfare le verifiche riportate nei capitoli successivi. In particolare per le spalle si prevede un muro frontale di spessore di 1.40m e uno sviluppo lungo l'asse trasversale dell'opera di 10.20m. I due muri andatori sono tali da raccordarsi con i muri di sostegno del rilevato e hanno uno spessore di 1.20m, per la spalla "SP1" lato Rotatoria 1 si estendono per 8.50m e sono alti 11.70m, mentre per la spalla "SP2" lato Rotatoria 2 si estendono per 15.50m e hanno un'altezza compresa tra 10m e 10.8m.

Le platee al di sotto delle spalle hanno uno spessore di 1.5m e una dimensione in pianta di 10m x 13m per la spalla "SP1" lato Rotatoria 1 e 17m x 13m per la spalla "SP2" lato Rotatoria 2. Al di sotto di essa sono disposti 13 file di micropali, distanti 1m l'una dall'altra. Il passo trasversale è di 1m. Ciascun micropalo ha un diametro di 0.240m, e si estende in profondità per 15m. Nelle prime due file i micropali sono stati inclinati per consentire un maggior assorbimento delle spinte statiche.

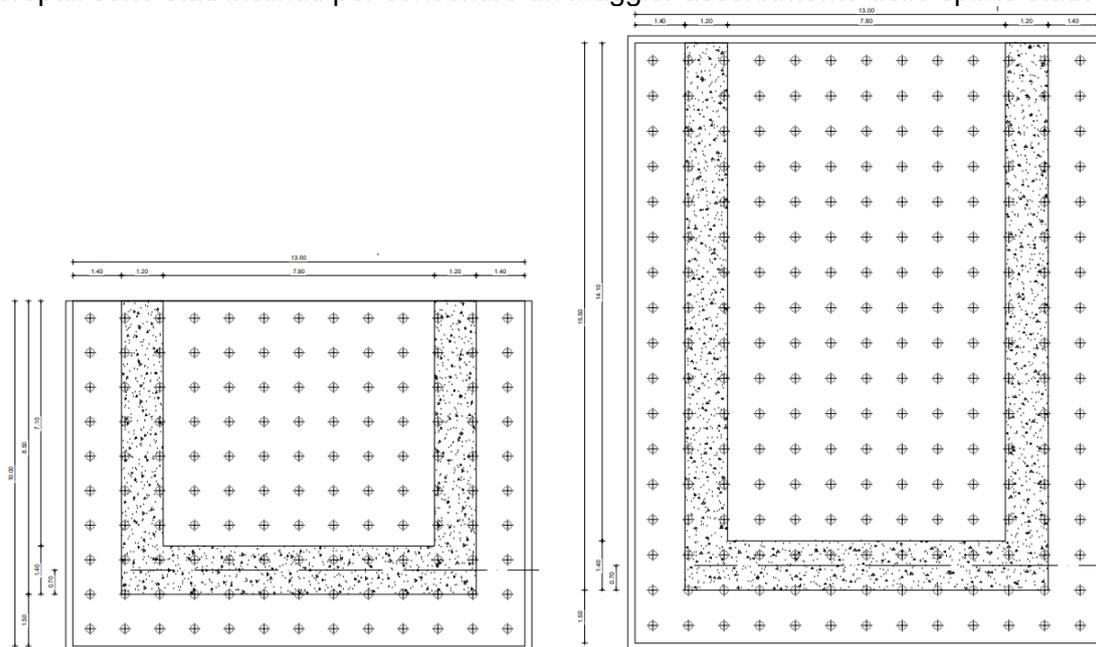


Figura 4.25 Platee su micropali

4.2.4. PONTE SU CANALE IMBOI SVINCOLO CAPOTERRA – CASIC

Il nuovo ponte è posto alle coordinate (WGS84) Latitudine 39.20592, Longitudine 9.00109 e presenta un'unica campata con impalcato in c.a.p. avente luce pari a 26.0 m.

L'opera è composta da un'unica carreggiata su un impalcato di larghezza pari a 10.50m complessivi, di cui 9.00m carrabili più cordoli da 0.75; l'impalcato è composto da 5 travi in c.a.p. pretese (a fili aderenti), trasversi in c.a. in corrispondenza degli appoggi e soletta gettata in opera. La soletta è formata da predalle prefabbricate di spessore pari a 5.0 cm sulle quali viene effettuato un getto in opera di spessore pari a 20.0 cm; lo spessore totale della soletta è quindi pari a 25.0 cm.

L'arredo stradale è composto da una pavimentazione di spessore medio pari a 16.5 cm, due velette in c.a. e barriere in acciaio montate sui cordoli.

Le due spalle sono della tipologia di muro a mensola in c.a. composto da muro frontale e paraghiaia e muri andatori.

Le fondazioni delle spalle sono indirette con platea su pali aventi diametro $\phi 1000$.

PROGETTAZIONE ATI:

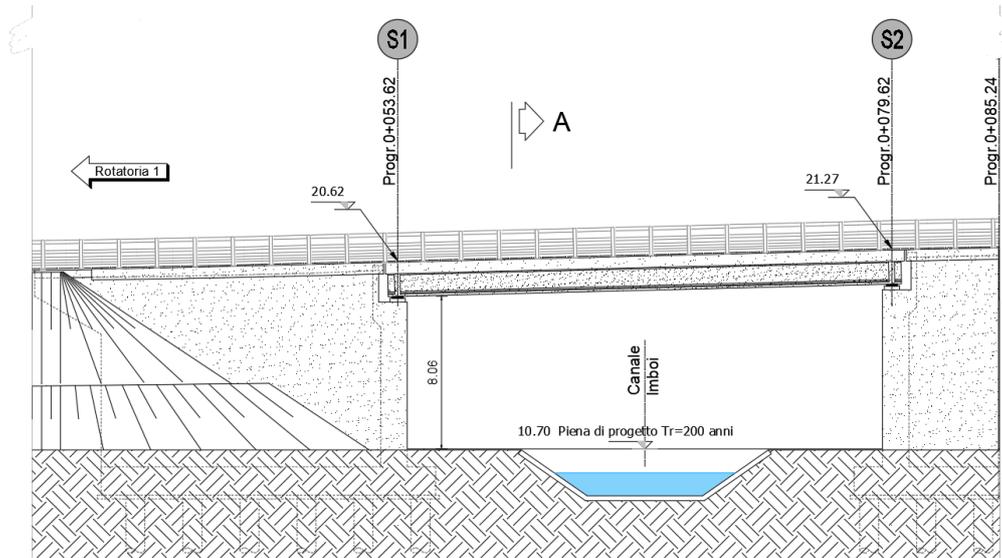


Figura 4.26: Prospetto dell'opera

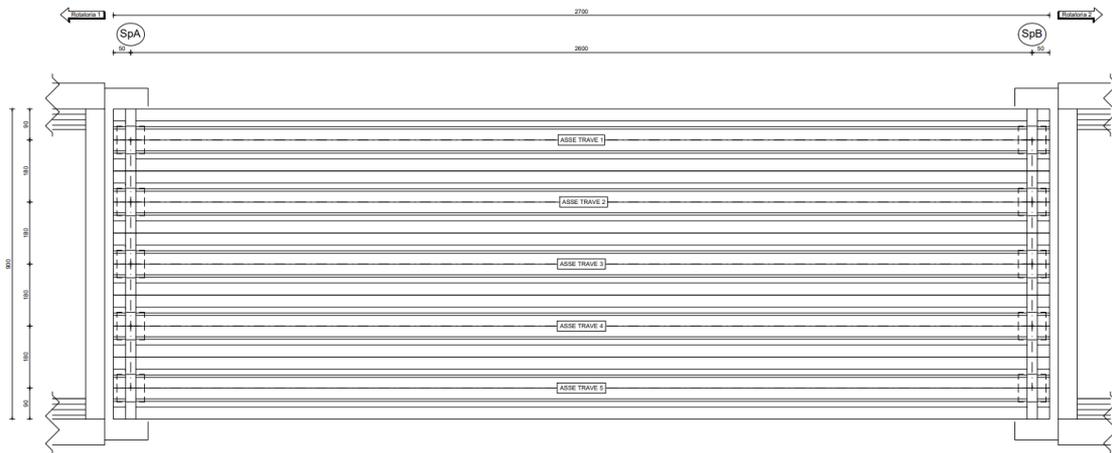


Figura 4.27: Pianta travi

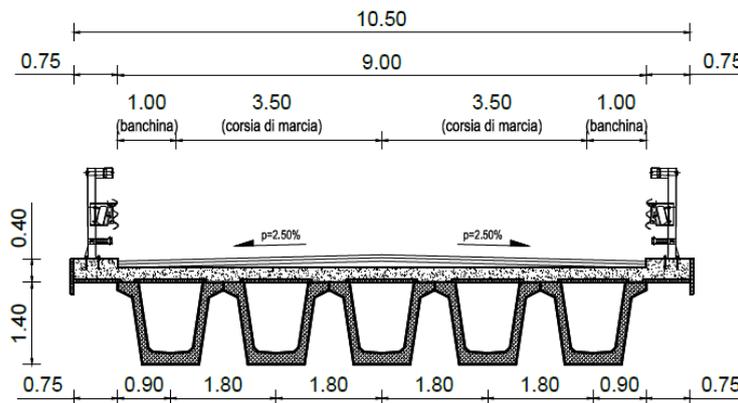


Figura 4.28: Sezione dell'impalcato

Si prevede l'utilizzo di apparecchi d'appoggio del tipo fissi, multidirezionali e monodirezionali tali da realizzare uno schema in semplice appoggio in direzione longitudinale e garantire allo stesso tipo la

PROGETTAZIONE ATI:

possibilità di escursione termica in direzione trasversale. Si rimanda agli specifici elaborati per le specifiche caratteristiche dei dispositivi.

Lo schema di vincolo è riportato nella seguente figura.

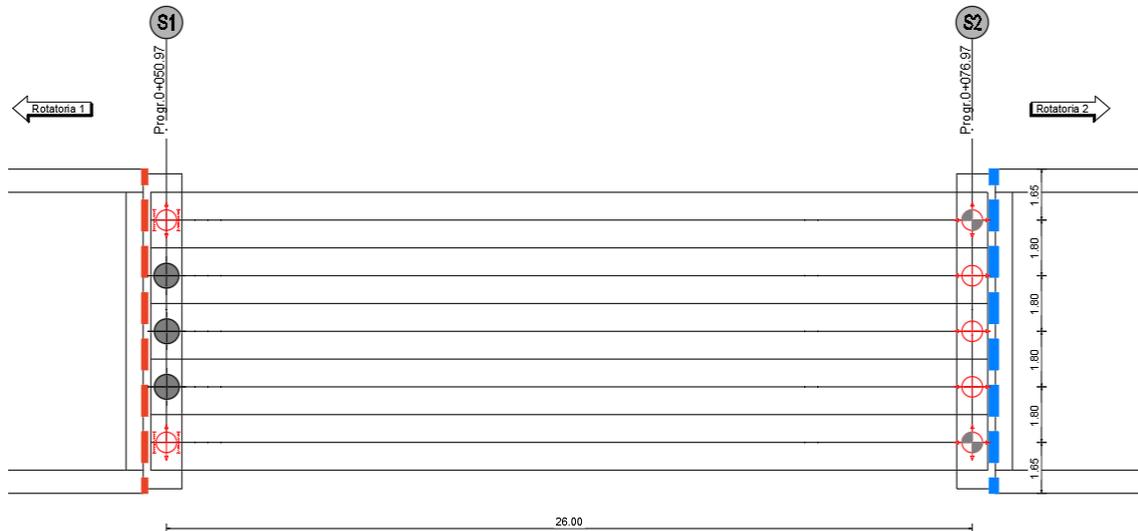


Figura 4.29: Schema di vincolo

Lo schema di varo delle travi in c.a.p. prevede sollevamento dal basso.

4.2.5. PONTE SU CANALE INBOI SVINCOLO CAPOTERRA - CASIC RAMO A

Il nuovo ponte è posto alle coordinate (WGS84) Latitudine 39.20906, Longitudine 9.00180 e presenta un'unica campata con impalcato in c.a.p. avente luce pari a 25.6 m.

L'opera è composta da un'unica carreggiata su un impalcato di larghezza pari a 7.50m complessivi, di cui 6.00m carrabili più cordoli da 0.75; l'impalcato è composto da 3 travi in c.a.p. pretese (a fili aderenti), traversi in c.a. in corrispondenza degli appoggi e soletta gettata in opera. La soletta è formata da predalle prefabbricate di spessore pari a 5.0 cm sulle quali viene effettuato un getto in opera di spessore pari a 20.0 cm; lo spessore totale della soletta è quindi pari a 25.0 cm.

L'arredo stradale è composto da una pavimentazione di spessore medio pari a 11 cm, due velette in c.a. e barriere in acciaio montate sui cordoli.

Le due spalle sono della tipologia di muro a mensola in c.a. composto da muro frontale e paraghiaia e muri andatori.

Le fondazioni delle spalle sono indirette con platea su pali aventi diametro $\phi 1000$.

scala 1:100

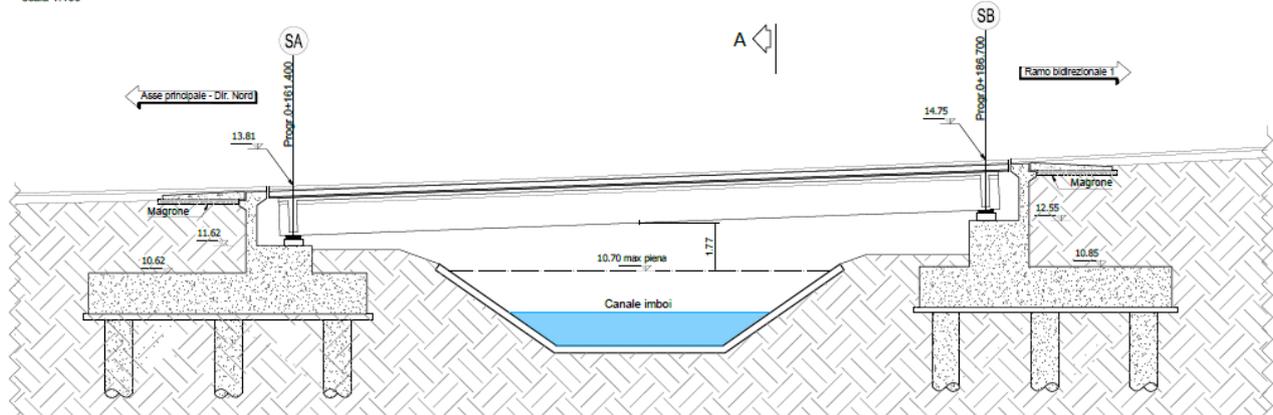


Figura 4.30: Prospetto dell'opera

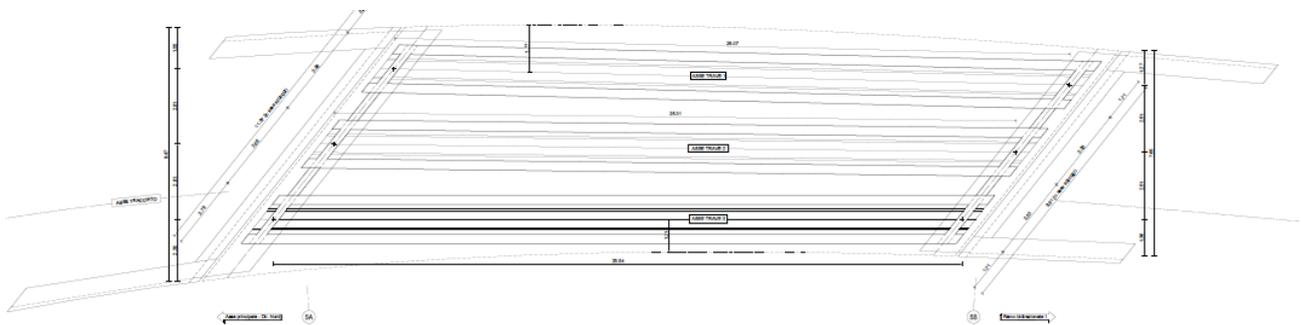


Figura 4.31: Pianta travi

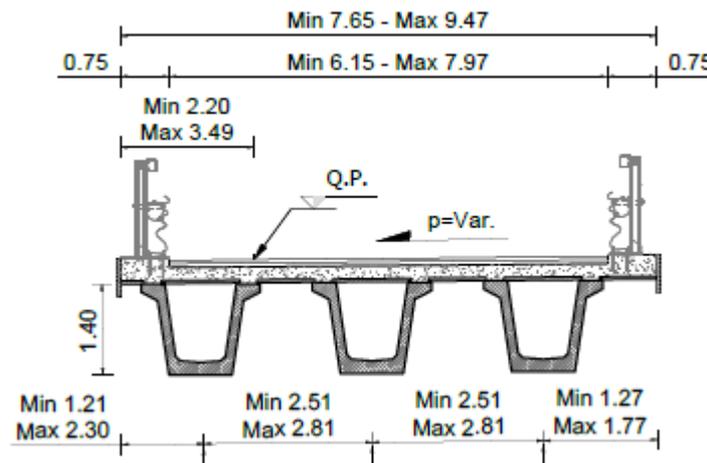


Figura 4.32: Sezione dell'impalcato

Si prevede l'utilizzo di apparecchi d'appoggio del tipo fissi, multidirezionali e monodirezionali tali da realizzare uno schema in semplice appoggio in direzione longitudinale e garantire allo stesso tipo la possibilità di escursione termica in direzione trasversale. Si rimanda agli specifici elaborati per le specifiche caratteristiche dei dispositivi.

Lo schema di vincolo è riportato nella seguente figura.

PROGETTAZIONE ATI:

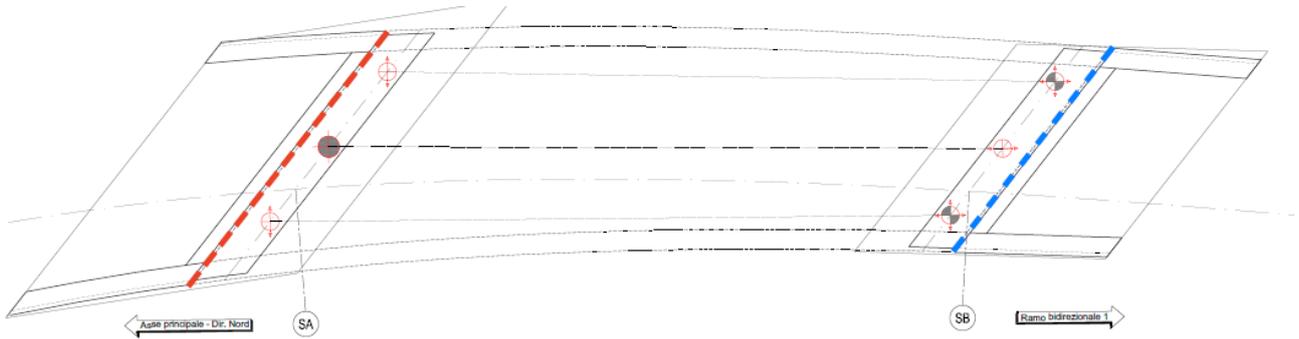


Figura 4.33: Schema di vincolo

Lo schema di varo delle travi in c.a.p. prevede sollevamento dal basso.

4.2.6. PONTE SU CANALE IMBOI SVINCOLO CAPOTERRA - CASIC RAMO B

Il nuovo ponte è posto alle coordinate (WGS84) Latitudine 39.20862, Longitudine 9.00190 e presenta un'unica campata con impalcato in c.a.p. avente luce pari a 20.6 m.

L'opera è composta da un'unica carreggiata su un impalcato di larghezza pari a 8.80m complessivi, di cui 7.30m carrabili più cordoli da 0.75; l'impalcato è composto da 4 travi in c.a.p. pretese (a fili aderenti), traversi in c.a. in corrispondenza degli appoggi e soletta gettata in opera. La soletta è formata da predalle prefabbricate di spessore pari a 5.0 cm sulle quali viene effettuato un getto in opera di spessore pari a 20.0 cm; lo spessore totale della soletta è quindi pari a 25.0 cm.

L'arredo stradale è composto da una pavimentazione di spessore pari a 11 cm, due velette in c.a. e barriere in acciaio montate sui cordoli.

Le due spalle sono della tipologia di muro a mensola in c.a. composto da muro frontale e paraghiaia e muri andatori.

Le fondazioni delle spalle sono indirette con platea su pali aventi diametro $\phi 1000$.

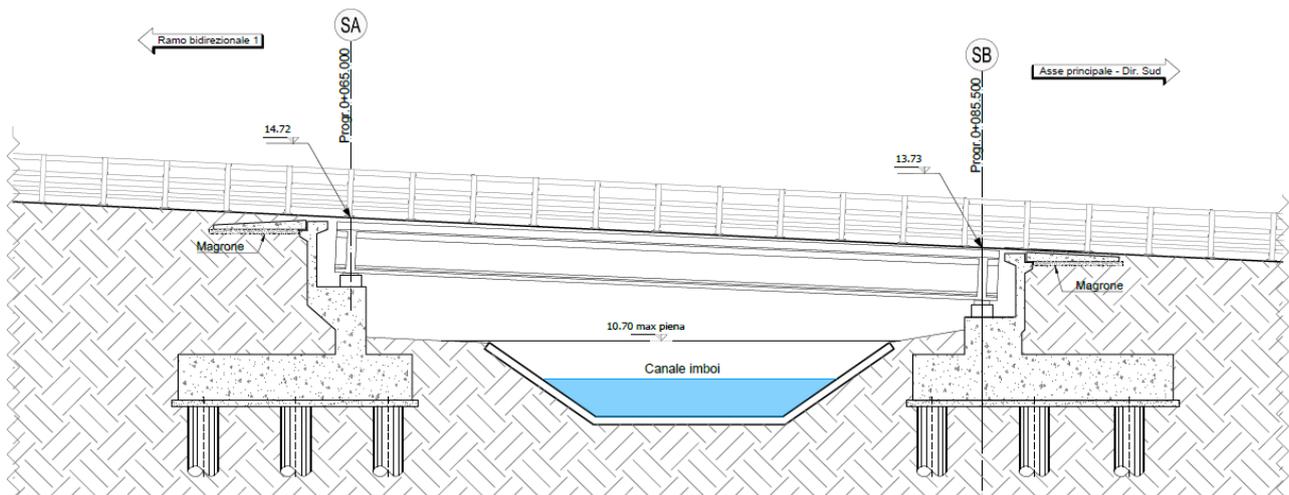


Figura 4.34: Prospetto dell'opera

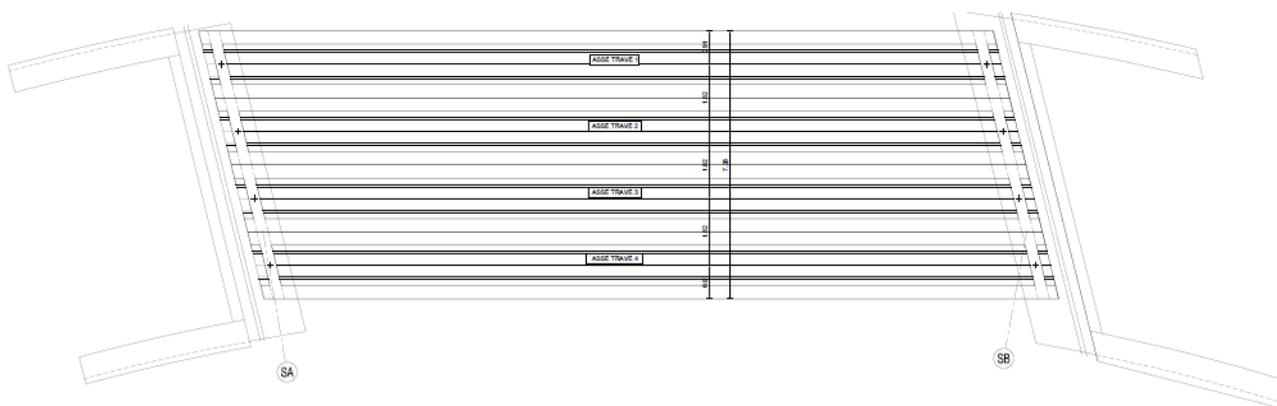


Figura 4.35: Pianta travi

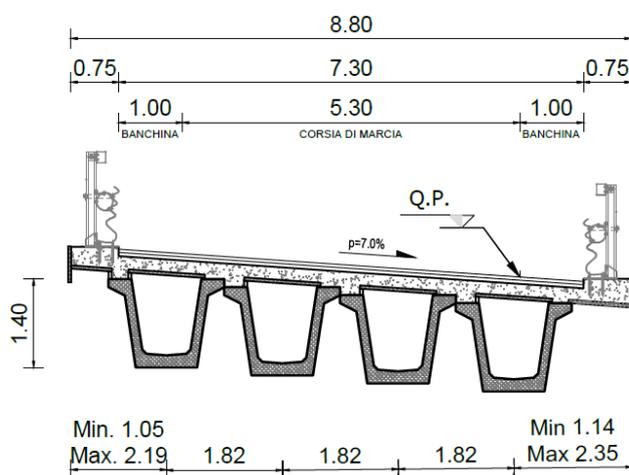


Figura 4.36: Sezione dell'impalcato

Si prevede l'utilizzo di apparecchi d'appoggio del tipo fissi, multidirezionali e monodirezionali tali da realizzare uno schema in semplice appoggio in direzione longitudinale e garantire allo stesso tipo la possibilità di escursione termica in direzione trasversale. Si rimanda agli specifici elaborati per le specifiche caratteristiche dei dispositivi.

Lo schema di vincolo è riportato nella seguente figura.

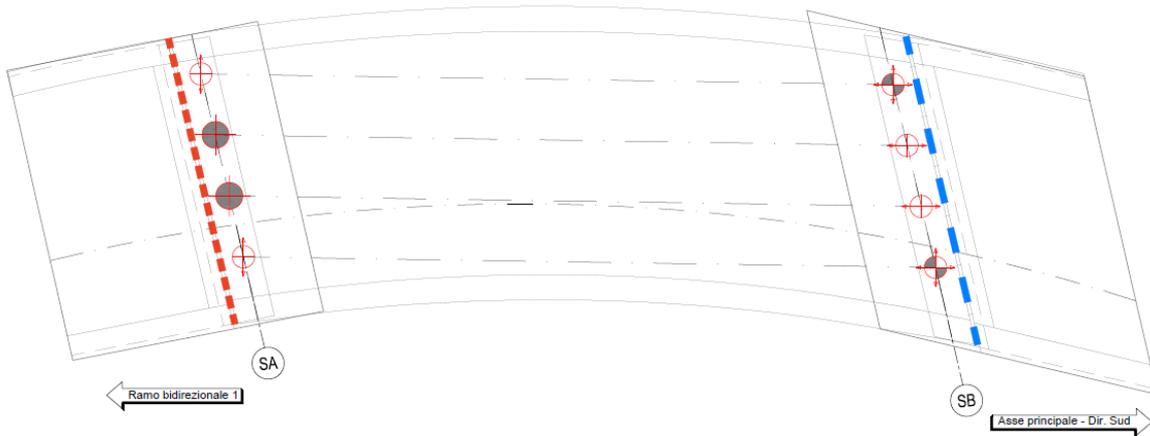


Figura 4.37: Schema di vincolo

Lo schema di varo delle travi in c.a.p. prevede sollevamento dal basso.

4.3. SOTTOPASSI

4.3.1. SOTTOPASSO SCATOLARE STRADA DI ACCESSO ALLA DORSALE CASIC ALLA PROG. 9+205.00

Il sottovia prevede un'unica struttura scatolare in c.a. sgheмба, di larghezza compresa tra i (16.20-16.33m), lunghezza di (28.50-28.75m) ed un'altezza complessiva pari a 8.50 m. Sia internamente che superiormente la struttura è soggetta all'azione del traffico veicolare e nello specifico internamente è attraversato dalla strada di accesso alla dorsale Casic e superiormente dalla viabilità dell'asse principale.

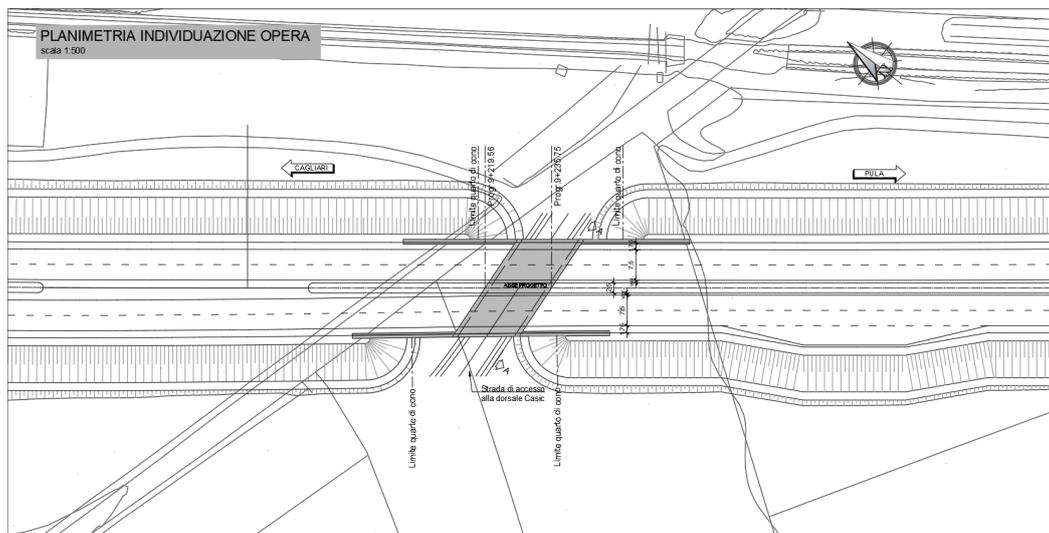


Figura 4.38 inquadramento planimetrico

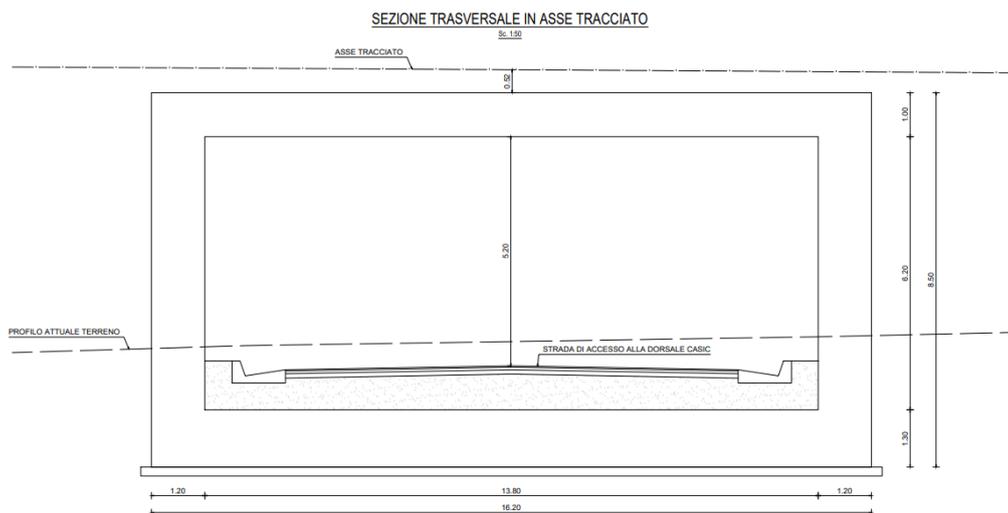


Figura 4.39 Sezione tipo scatolare

Completano l'opera muri di imbocco in c.a. in destra e sinistra per entrambe le carreggiate.

PROGETTAZIONE ATI:

5. OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO

5.1. MURI DI SOSTEGNO

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di muri di sostegno su pali tra il km 6+200.00 e il km 8+825.00 per una lunghezza complessiva di 690.00m, con altezze del paramento variabili tra 6.00m e 9.60m.

I muri sono fondati su pali diametro pari a 1.0m.

La seguente tabella riporta caratteristiche geometriche dei muri di sostegno su pali per le opere previste.

Tabella 9: Caratteristiche geometriche dei muri su pali.

OPERA	Sezione iniziale p.k.	L _{totale} [m]	H _{Paramento,max} [m]	H _{Fondazione} [m]	L _{Fondazione} [m]	ΦPali [mm]
OS01	6+200.00	265.00	8.50	1.20	5.50	1000
OS02	6+468.00	30.00	8.90	1.20	5.50	1000
OS04	7+987.00	59.00	7.60	1.20	5.50	1000
OS05	8+275.00	88.00	8.60	1.20	5.50	1000
OS06	8+541.00	25.00	9.60	1.20	5.50	1000
OS07	8+542.00	158.00	8.40	1.20	5.50	1000
OS08	8+869.00	80.00	9.10	1.20	5.50	1000

Nelle successive figure vengono riportate la sezione tipologica e la pianta dei muri di sostegno su pali.

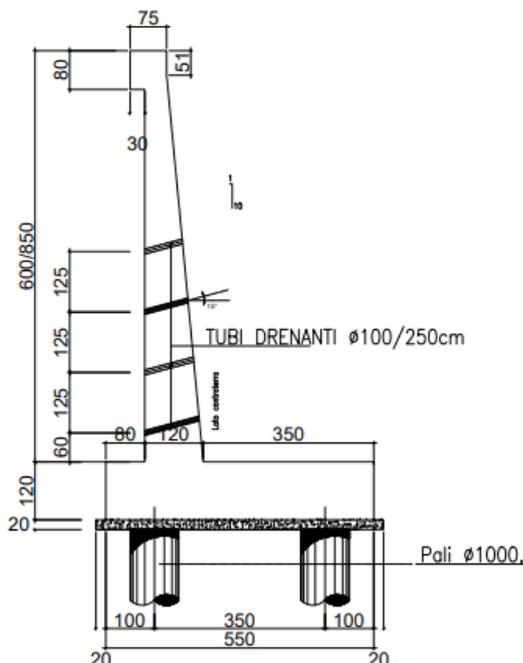


Figura 5-1: Sezione tipologica muro di sostegno su pali.

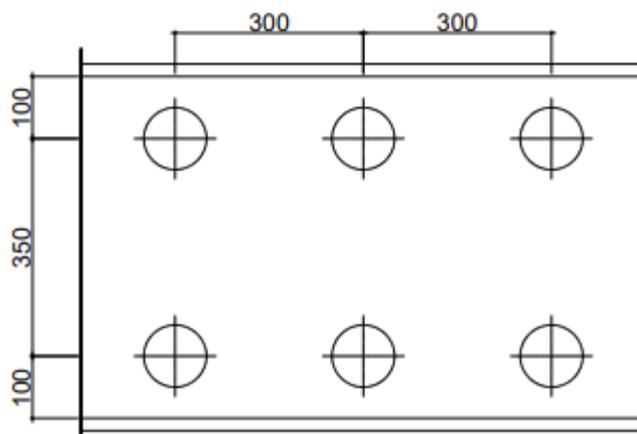


Figura 5-2: Pianta muro di sostegno su pali.

6. OPERE D'ARTE MINORI – OPERE IDRAULICHE

Lungo il tracciato di progetto sono previste le seguenti opere minori a finalità idraulica: diversi tombini di attraversamento e la nuova canalizzazione di deviazione del Canale Imboi.

6.1. TOMBINI

Lungo il percorso stradale sono presenti n.16 tombini idraulici, suddivisi in due tipologie:

1. scatoari idraulici rettangolari di continuità su canali/fossi esistenti;
2. scatoari circolari di continuità della rete dei fossi di progetto e idraulica di piattaforma.

WBS	PK	Canali esistenti o Fossi di Piattaforma	Larghezza	Altezza	Lunghezza
TO.01	5+668	Fossi di Piattaforma		D1000	32
TO.02	6+150	Fossi di Piattaforma		D1000	45
TO.03	6+920	Fossi di Piattaforma		D1000	42
TO.04	7+312	Fossi di Piattaforma		D1000	45
TO.05	7+462	Fossi di Piattaforma		D1000	18
TO.06	7+463	Fossi di Piattaforma		D1000	16
TO.07	7+540	Fossi di Piattaforma		D1000	42
TO.08	7+552	Fossi di Piattaforma		D1000	40
TO.09	7+575	Fossi di Piattaforma		D1000	33
TO.10	8+070	Fossi di Piattaforma		D1000	27
TO.11	8+270	Fossi di Piattaforma		D1000	55
TO.12	8+340	Fossi di Piattaforma		D1000	17
TO.13	9+157	Fossi di Piattaforma		D1500	52
TM.01	9+738	Canale/Fosso di versante	2.0 m	2.0 m	39
TO.14	10+106	Fossi di Piattaforma		D1000	47
TM.02	10+251	Canale/Fosso di versante	2.0 m	2.0 m	41

PROGETTAZIONE ATI:

6.2. CANALE IMBOI

L'unico corso d'acqua interferito dal Progetto è il Canale Imboi, canale artificiale che presenta attualmente una sezione rivestita in calcestruzzo con base di larghezza media pari a circa 2.5 m, sponde con pendenza di 3/2 rivestite per un'altezza media di circa 1.7 m, banca di circa un metro su entrambe le sponde per poi proseguire con una scarpata in terra sempre con pendenza 3/2 che si raccorda al piano campagna.

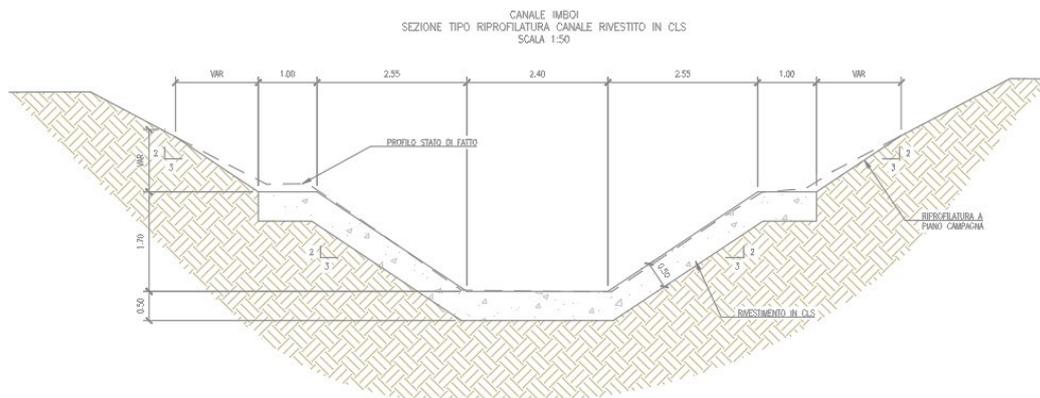


Figura 3 – Sezione tipo canale Imboi (tratto rivestito)



Figura 4 – Dettagli fotografici del canale Imboi e di un attraversamento che sarà demolito

Gli interventi progettuali sul canale prevedono:

- la deviazione del canale per una lunghezza di circa 530 m, con contestuale demolizione e rinterro del tratto in dismissione;
- il rifacimento del canale in n.3 tratti corrispondenti alla demolizione dei vecchi attraversamenti.

La geometria interna dei tratti di canale in rifacimento deve evidentemente corrispondere all'attuale geometria del canale esistente, al fine di mantenere le stesse condizioni di deflusso.

7. STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Il SIA è stato redatto in coerenza con le "Linee Guida SNPA, 28/2020 - Valutazione di impatto ambientale. Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale".

Il SIA contiene pertanto:

- La definizione e descrizione dell'opera e l'analisi delle motivazioni e delle coerenze
- L'analisi dello stato dell'ambiente (Scenario di base);
- La descrizione della soluzione progettuale scelta per la realizzazione dell'opera;
- L'analisi della compatibilità dell'opera e degli impatti in fase di cantiere e di esercizio;
- La descrizione delle mitigazioni e compensazioni ambientali
- Il Progetto di monitoraggio ambientale (PMA).
- La Sintesi non tecnica.

In particolare, nell'ambito dello studio si è effettuata un'analisi del quadro di conformità e di coerenza dell'opera con la programmazione di livello nazionale e regionale, analizzando anche il piano regionale dei trasporti e i piani urbanistici di livello comunale.

Si è effettuata una disamina dei vincoli e delle prescrizioni derivanti dal piano paesaggistico regionale, individuando le relazioni con l'opera in progetto con il quadro dei vincoli, ed in particolare quelli riconducibili a:

- l'assetto ambientale (artt. 17-18 NTA PPR)
- le componenti del paesaggio con valenza ambientale (art. 21 NTA PPR)
- le aree di interesse naturalistico istituzionalmente tutelate (art. 33 NTA PPR)
- le aree recupero ambientale (artt. 41 - 43 NTA PPR))
- l'assetto storico culturale (art. 47 NTA PPR))

In relazione al contesto in cui si inserisce l'opera, il SIA ha preso in considerazione anche la disciplina relativa ai siti inquinati ed ha fornito una descrizione dell'iter progettuale pregresso ed in particolare dello studio delle diverse alternative progettuali elaborate proprio al fine di minimizzare le interferenze dell'opera con le operazioni di bonifica presenti nell'area.

Successivamente nell'ambito del SIA si è proceduto all'analisi dello stato dell'ambiente, identificando i seguenti fattori ambientali:

- **popolazione e salute umana**, nell'ambito del quale vengono in particolare analizzati il piano nazionale e regionale della prevenzione 2020-2025 e gli indicatori inerenti alla Salute e all'incidentalità stradale nella regione Sardegna.
- **Biodiversità**, concernente le caratteristiche fitoclimatiche, della vegetazione della fauna e gli elementi della rete natura 2000 presenti nel territorio.
- **suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare**, con particolare riferimento alle unità delle terre e alla capacità dell'uso del suolo nell'area di intervento.
- **geologia e acque**: che ha compreso l'inquadramento geomorfologico, la descrizione dell'assetto geologico e degli aspetti tettonici, sismici e delle caratteristiche idrogeologiche, idrologiche e idrauliche nell'area di progetto.
- **aria e clima**, che ha fornito una descrizione della climatologia e meteorologia nonché dello stato della qualità dell'aria nella zona di progetto e ha illustrato i risultati della modellizzazione della qualità dell'aria ante operam.

PROGETTAZIONE ATI:

- **paesaggio e patrimonio culturale**, che ha trattato le problematiche connesse al il sistema storico insediativo, a quello ecologico e naturalistico, e alle interferenze di natura percettiva.
- **Rumore**, nel quale viene illustrata la classificazione acustica dell'area di studio, la caratterizzazione acustica ante operam comprendente i risultati delle misure fonometriche, e le simulazioni acustiche.

Nell'ultima parte lo Studio di Impatto Ambientale procede con l'analisi degli impatti e la definizione delle misure necessarie per il contenimento degli stessi, concernenti sia la fase di cantiere che quella di esercizio, attraverso metodologie consolidate di correlazione tra gli impatti potenziali e la presenza di ricettori nel territorio.

Per l'approfondimento delle analisi effettuate e le relative misure individuate si rimanda alla lettura del SIA. In questa sede si evidenzia che lo studio non ha fatto emergere criticità rilevanti o impatti irreversibili e non mitigabili, fermi restando gli opportuni accorgimenti soprattutto in fase di realizzazione dell'opera al fine di contenere le emissioni di inquinanti e rumore e limitare il rischio di fenomeni di inquinamento dei suoli e delle acque.

7.1. VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

7.1.1. METODOLOGIA

Lo studio acustico redatto ha come obiettivo la determinazione e la valutazione dei potenziali impatti acustici indotti dal traffico veicolare transigente lungo l'asse viario di analisi, la Strada Consortile Macchiareddu allo stato attuale e futuro.

La redazione del presente Studio Acustico è stata eseguita dal tecnico competente in acustica dott.ssa. Alessandra Ronchi, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale (ENTECA) con numero 5521.

La metodologia utilizzata si articola in tre fasi: la prima dedicata alla definizione del quadro conoscitivo mediante l'individuazione del quadro normativo di riferimento, la seconda di analisi territoriale finalizzata alla determinazione dei ricettori potenzialmente interferiti e l'ultima dedicata alla caratterizzazione del rumore stradale.

Per quanto riguarda gli elementi normativi si è fatto riferimento al quadro legislativo nazionale in materia di inquinamento acustico che prevede l'individuazione di specifiche fasce di pertinenza acustica e relativi limiti in $Leq(A)$ nel periodo diurno e notturno secondo i criteri stabiliti dal DPR 142/2004. Oltre tali fasce si considerano i valori territoriali individuati dai Comuni territorialmente competenti e definiti attraverso i Piani di Classificazione Acustica, qualora approvati e vigenti, o individuati dalla classificazione del PRG qualora sia ancora in vigore il DPCM 1/03/1991, in assenza di Piano di Classificazione Acustico.

Il collegamento oggetto di studio è considerato di categoria "C1 – Extraurbana secondaria" secondo quanto indicato nel D.M. 5 novembre 2001 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Dal punto di vista acustico, la classificazione ai sensi dell'Art. 5 (Limiti di immissione per infrastrutture stradali esistenti) del DPR 142/2004 è quella di "strada extraurbana secondaria" (tipo C, sottotipo Ca), la cui fascia di pertinenza ha ampiezza di 250 metri, con limiti di 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni.

Al fine di verificare la presenza di ricettori all'interno dell'area di studio è stato condotto il censimento di tutti gli edifici residenziali situati entro i 250 metri per lato dall'attuale confine stradale e dei soli ricettori sensibili, intesi come scuole, ospedali e case di riposo, nelle fasce tra i 250 e i 500 metri.

La determinazione dei livelli sonori indotti dalla infrastruttura in esame, nello stato attuale, è stata effettuata con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN 8.2 sviluppato dalla soc. Braunstein + Bernt GmbH.

PROGETTAZIONE ATI:

Nel caso specifico si è utilizzato come standard di riferimento la norma NMPB per la modellizzazione da traffico stradale.

Il modello previsionale è stato predisposto sulla base dei seguenti dati:

- modello tridimensionale del tracciato in progetto;
- dati raccolti nel censimento degli edifici;
- identificazione e collocazione spaziale dei ricettori;
- flussi del traffico veicolare medio divisi nel periodo diurno e notturno, diversificati in mezzi pesanti e leggeri e relativa velocità media di percorrenza per gli scenari ante operam e post operam;
- limiti acustici relativi alle fasce di pertinenza acustica in funzione della classificazione delle infrastrutture;

I dati a disposizione sono stati elaborati al fine di:

- realizzare un modello vettoriale tridimensionale del territorio "DGM Digital Ground Model" esteso a tutto l'ambito di studio;
- realizzare un modello vettoriale tridimensionale dell'edificato, che comprende tutti i fabbricati indipendentemente dalla loro destinazione d'uso;
- definire gli effetti meteorologici sulla propagazione del rumore;
- definire i coefficienti di assorbimento per il terreno e gli edifici;
- definire i dati di traffico di progetto da assegnare alle linee di emissione.

7.1.2. LA CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DELL'AREA DI STUDIO

Si riportano dalla normativa nazionale:

- i valori limite di immissione ai sensi dell'Art. 3 del DPCM 14/11/1997

Classe di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	diurno (6.00 -22.00)	notturno (22.00 - 6.00)
I: aree particolarmente protette	50	40
II: aree prevalentemente residenziali	55	45
III: aree di tipo misto	60	50
IV: aree di intensa attività umana	65	55
V: aree prevalentemente industriali	70	60
VI: aree esclusivamente industriali	70	70

- I valori limiti per le infrastrutture stradali esistenti ed assimilabili ai sensi dell'Art. 5 del DPR 142/2004

Secondo il quadro normativo di riferimento in materia di inquinamento acustico, il rumore stradale è oggetto di specifico regolamento specificato dal DPR 142 del 30.03.2004, ai sensi della L.447/95, che stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore. Questo individua per ciascuna categoria di strada, a seconda se l'asse stradale è esistente o di nuova realizzazione, specifiche fasce di pertinenza acustica e i relativi limiti acustici, espressi in Leq(A), nel periodo diurno e notturno in funzione della tipologia di ricettore (sensibili, residenziali, etc.).

Per quanto riguarda l'ante operam, la strada esistente è classificata come Ca i cui limiti sono quelli della tab. 2 dell'allegato 1 al DPR142/2004, ovvero, rispettivamente 70-60 nel periodo diurno e notturno per una fascia di 100 metri (fascia A) e di 65-55 per una successiva fascia di 150 metri (fascia B)

Per quanto riguarda il post operam, poiché si tratta del progetto di una strada di cat. B per un'estensione inferiore a 5 km, la strada è classificata come variante ad una esistente (art. 1 lett.h del DPR 142/2004) e i limiti sono quelli della tab. 2 dell'allegato 1 al DPR142/2004. Tali limiti sono

PROGETTAZIONE ATI:

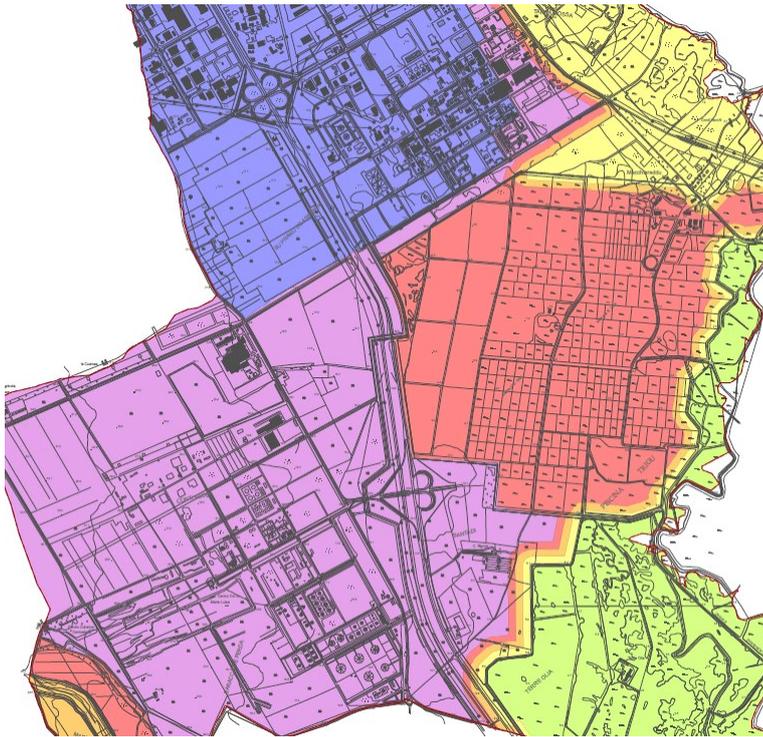
rispettivamente 70-60 nel periodo diurno e notturno per una fascia di 100 metri (fascia A) e di 65-55 per una successiva fascia di 150 metri (fascia B).

Strade esistenti e assimilabili (Ampliamenti in asse, affiancamenti, varianti)						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme CNR 1980 o direttiva PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole (*), ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]
A – autostrade		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbane		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C, allegata al DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

(*) Per le scuole vale il solo limite diurno.

Come già specificato nel paragrafo precedente, la nuova infrastruttura, dal punto di vista acustico, è classificata dal DPR 142 del 2004 come extraurbana secondaria (cat. C1) esistente con fascia di rispetto di 250 metri con limiti di 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni. Secondo il DPCM 14/11/1997, oltre la fascia di pertinenza, l'infrastruttura stradale concorre ai limiti di immissione acustica individuati dal Piano di Classificazione Acustica del Comune territorialmente competente.

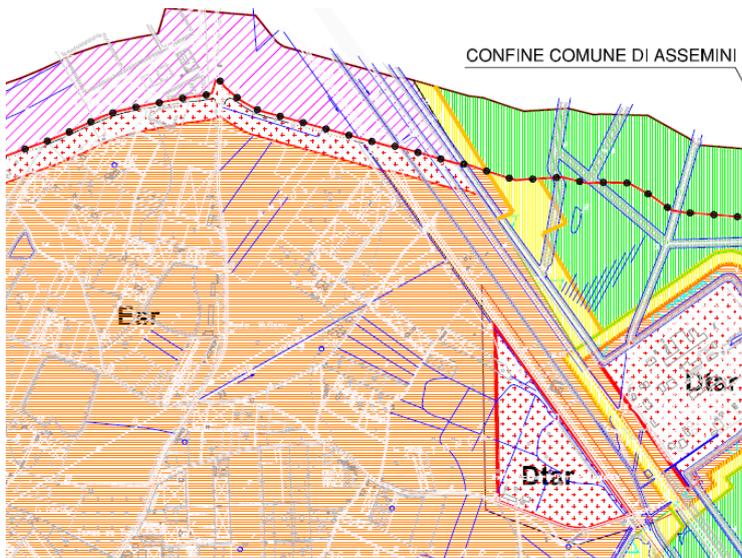
L'infrastruttura di progetto ricade nei territori dei comuni di Assemmini e Capoterra, entrambi dotati di classificazione acustica del territorio. Nelle immagini sottostanti sono riportate le suddivisioni in classi dei territori comunali per quanto riguarda l'area di intervento.



Comune di Assemini

Zonizzazione

- Classe I: aree particolarmente protette
- Classe II: aree destinate ad uso prevalentemente residenziale
- Classe III: aree di tipo misto
- Classe IV: aree di intensa attività umana
- Classe V: aree prevalentemente industriali
- Classe VI: aree esclusivamente industriali



Comune di Capoterra

CL.	DEFINIZIONE	RETINO
I	aree particolarmente protette	
II	aree ad uso prevalentemente residenziale	
III	aree di tipo misto	
IV	aree di intensa attività umana	
V	aree prevalentemente industriali	
VI	aree esclusivamente industriali	

Figura 7.1 Stralcio zonizzazioni acustiche vigenti

7.1.3. CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA ANTE OPERAM

Il monitoraggio acustico ante operam, effettuato nell'ambito del presente studio è stato realizzato su di un'area vasta, articolato su cinque postazioni, quattro per rilievi di tipo spot e una per un rilievo di 24 ore. La campagna è stata effettuata nei giorni 3 - 4 febbraio 2022.

Per ciascuna postazione è stata realizzata una scheda di dettaglio con le coordinate relative al posizionamento del fonometro, con una foto satellitare per l'inquadratura del ricettore considerato e documentazione fotografica del rilievo. I dati fonometrici sono stati quindi organizzati sulla base del tipo di rilievo effettuato. Le schede dei rilievi fonometrici sono raccolte nell'all. T00IA15AMBRE01A.

PROGETTAZIONE ATI:

I punti di misura sono stati scelti in modo tale da coprire il tracciato, tenendo conto delle zone di inizio e fine tratta, delle zone di svincolo, della viabilità interferita, della topografia intorno ai ricettori scelti.

Il clima acustico dell'area è caratterizzato principalmente dal traffico veicolare lungo la Strada Consortile Macchiareddu.

La scelta del ricettore presso cui effettuare la misura di 24 ore ha tenuto infine conto sia della sorgente attuale, sia dell'infrastruttura di progetto, che in quel tratto sarà ampliata in sede.

I rilievi spot sono stati quattro, uno per ognuna delle quattro postazioni di misura. Ogni postazione è stata monitorata tramite un rilievo con tempo di misura uguale a 30'.

Una sintesi dei rilievi fonometrici è riportata di seguito:



Figura 7.2 Ubicazione punti di misura

Punto di misura e descrizione	Foto
<p>Punto LT01 - 39°13'35.04"N 8°59'41.90"E – Comune di Assemini - Classe VI Fonometro posizionato presso Colorificio Ri.Mar. Coop.Srl.</p>	
<p>Punto BT01 - 39°12'9.18"N 9° 0'9.02"E – Comune di Assemini - Classe V Fonometro posizionato a lato della Strada Consortile Macchiareddu.</p>	
<p>Punto BT02 - 39°13'15.30"N 8°59'50.10"E – Comune di Assemini - Classe VI Fonometro posizionato a lato della Strada Consortile Macchiareddu.</p>	
<p>Punto BT03 - 39°13'19.73"N 8°59'14.97"E – Comune di Assemini - Classe VI Fonometro posizionato a circa 630 metri dall'infrastruttura Strada Consortile Macchiareddu.</p>	

PROGETTAZIONE ATI:

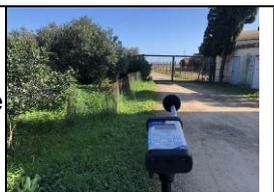
<p>Punto BT04 - 39°12'48.75"N 8°59'26.69"E – Comune di Assemini - Classe V Fonometro posizionato a circa 820 metri dall'infrastruttura Strada Consortile Macchiareddu</p>	
--	---

Tabella 7.1 Descrizione dei punti di misura

7.1.4. STRUMENTAZIONE DI MISURA

La strumentazione di misura usata per la verifica del rumore ambientale è conforme alle indicazioni di cui all'art. 2 del D.M. 16/03/1998 ed in particolare soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 della norma CEI EN 61672. I filtri e i microfoni utilizzati sono conformi, rispettivamente, alle norme CEI EN 61260 e CEI EN 61094. I calibratori sono conformi alla norma CEI EN 60942 per la classe 1. È stato utilizzato un analizzatore in tempo reale prodotto dalla 01 dB, modello DUO e uno prodotto dalla Svantek, modello SVAN 948 a 4 canali.

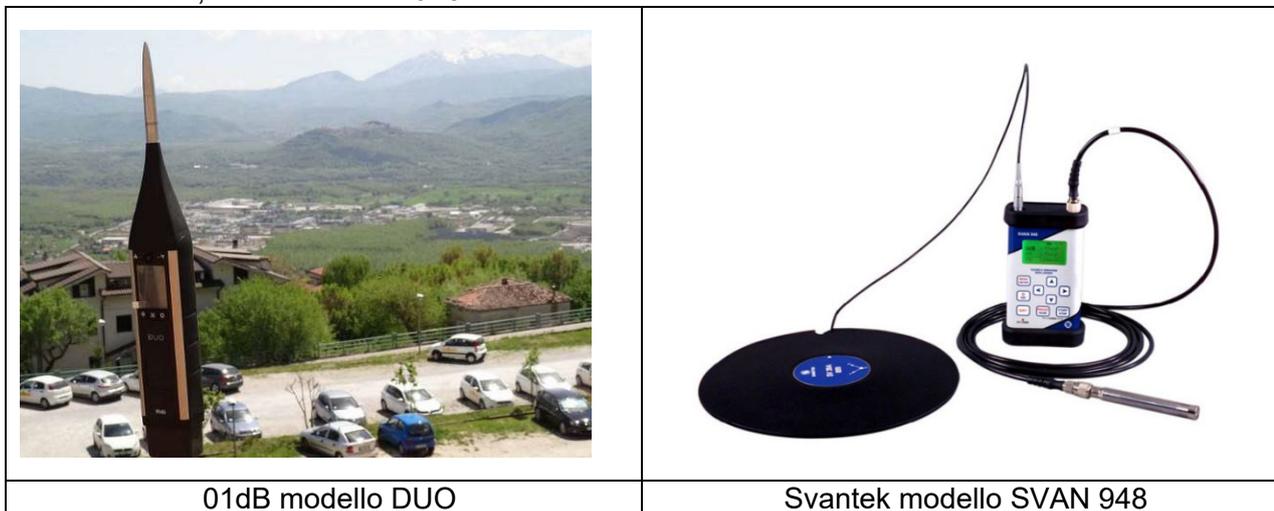


Figura 7.3 Dettaglio strumentazione utilizzata

Per quanto riguarda la calibrazione della strumentazione, questa è stata eseguita prima e dopo ogni ciclo di misura; le misure fonometriche eseguite sono state considerate valide se le calibrazioni differiscono al massimo di $\pm 0,5$ dB(A).

Gli strumenti di misura sono provvisti di certificato di taratura sia per la parte fonometrica che per i filtri rilasciato da un laboratorio accreditato (laboratori di ACCREDIA - LAT) per la verifica della conformità alle specifiche tecniche.

Le catene di misure utilizzate sono tarate da un laboratorio Accredia (LAT-068) o dal laboratorio metrologico del costruttore se appena acquistati. Si riportano nella tabella sottostante gli estremi dei certificati di taratura delle catene di misure utilizzate.

Strumento	Modello	Costruttore	Matricola	Data Certificato	N. Certificato	Laboratorio
Analizzatore	DUO	01 dB	10440	27/09/2021	47851-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott.				25/09/2021	47852-A	LAT-068

PROGETTAZIONE ATI:

Analizzatore	SVAN 948	Svantek	8871	10/01/2022	48304-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott.				11/01/2022	48313-A	LAT-068
Calibratore	B&K4231	Bruel & Kjaer	2518174	15/09/2021	47797-A	LAT-068

Tabella 7.2 Estremi dei certificati di taratura delle catene di misura utilizzate

La catena di misura utilizzata è stata calibrata all'inizio e alla fine della sessione di misura senza riscontrare differenze, tra la calibrazione iniziale e quella finale, superiori a 0,5 dB

Catena di misura	Calibrazione iniziale	Calibrazione finale	Differenza	Limite
DUO - 01 DB	94.0 dB	94.0 dB	+/-0.0 dB	+/-0.5 dB
SVAN 948 - Svantek	94.0 dB	94.0 dB	+/-0.0 dB	+/-0.5 dB

7.1.5. RISULTATI DELLE MISURE FONOMETRICHE

7.1.5.1. Misura da 24 ore LT01

Confronto con i limiti di immissione

Periodo	Ubicazione	Livelli acustici misurati (dBA)	Classe acustica	Limiti (dBA)
Diurno	Assemini	55.5	VI	70
Notturmo		48.5		70

Tabella 7.3 Livelli acustici misurati nel periodo di riferimento (arrotondati a 0.5 dBA)

7.1.5.2. Misure a breve termine

Confronto con i limiti di immissione diurni

Ricettore	Ubicazione	Livelli acustici misurati (dBA)	Classe acustica	Limiti (dBA)
BT01	Assemini	70.0	V	70
BT02	Assemini	70.0	VI	70
BT03	Assemini	38.0	VI	70
BT04	Assemini	49.5	V	70

Tabella 7.4 Livelli acustici misurati nel periodo di riferimento (arrotondati a 0.5 dBA)

Confronto con i limiti di immissione notturni

Ricettore	Ubicazione	Livelli acustici misurati (dBA)	Classe acustica	Limiti (dBA)
BT03	Assemini	42.5	VI	70
BT04	Assemini	46.0	V	60

Tabella 7.5 Livelli acustici misurati nel periodo di riferimento (arrotondati a 0.5 dBA)

PROGETTAZIONE ATI:

7.1.6. INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI

Nell'area è stata portata a termine contemporaneamente alla campagna di misure, dopo un primo screening per via informatica, una estesa indagine per verificare la presenza di ricettori abitativi nell'area.

L'indagine non ha portato risultati, perché non esistono ricettori abitativi presenti in un raggio di 250 metri dall'asse stradale.

Sono stati comunque censiti due ricettori: uno produttivo, il colorificio Rimar, dove è stata effettuata la misura di 24 ore ed uno abitativo, seppure distante oltre 330 metri dall'asse stradale, inserito in una tenuta agricola biologica, l'azienda agricola "Is campus" di Capoterra.

Nell'area di intervento si riconoscono inoltre le seguenti categorie di aree di interesse naturalistico:

- Il sito di interesse comunitario ITB040023 - Stagno di Cagliari, saline di Macchiareddu, laguna di S.ta Gilla;
- La zona di protezione speciale ITB044003 - Stagno di Cagliari
- La Riserva naturale regionale di S. Gilla;
- L'Oasi permanente di protezione faunistica di S. Gilla.

Nessuna delle aree suddette è direttamente interferita dall'asse in progetto; si riconosce una vicinanza con L'Oasi permanente di protezione faunistica di S. Gilla tra le progr. 8+700 e 10+000 c.ca e con il sito Il sito di interesse comunitario ITB040023 - Stagno di Cagliari, saline di Macchiareddu, laguna di S.ta Gilla tra le progr. 6+750 e 7+350 c.ca.

Le aree naturalistiche vincolate sono a tutti gli effetti dei ricettori (non sensibili) come da art. 1 lett. I) del DPR 142/2004 e come tali sono stati trattati nelle valutazioni successive.

7.1.7. SIMULAZIONI ACUSTICHE

Al fine di effettuare la caratterizzazione della rumorosità indotta dal traffico stradale lungo l'asse viario oggetto di analisi nelle condizioni di esercizio attuale, si è fatto riferimento ai dati dello studio trasportistico redatto ad hoc, i dati sono stati anche verificati con le misure di caratterizzazione effettuate nel corso della campagna di monitoraggio effettuata nei giorni 3 – 4 febbraio 2022.

Come base cartografica è stata utilizzata una cartografia digitale contenente le informazioni necessarie alla modellizzazione del campo acustico che si crea nell'area interessata dalla realizzazione della nuova viabilità in progetto.

Sulla base così realizzata sono state caricate nel modello tutte le informazioni necessarie alla definizione degli "oggetti" della simulazione: sorgenti acustiche e ricettori (comprese le altezze ed il n° di piani dei ricettori di interesse determinati tramite appositi sopralluoghi).

Nelle simulazioni sono state inserite come sorgenti di rumore gli archi stradali.

La cartografia di base è stata convertita in file di formato DXF 3D; si è quindi proceduto all'elaborazione del progetto allo scopo di poterlo restituire come dato di input del SoundPLAN. La successiva fase operativa è consistita nella ricostruzione in ambiente Autocad delle impronte delle diverse tipologie d'opera del progetto.

Lo svolgimento di queste attività si è reso necessario per poter effettuare un corretto inserimento nel SoundPLAN di tutti i dati relativi alla cartografia, agli edifici ricettori ed al progetto; l'importazione di tali dati nel modello ha costituito, infatti, il passo operativo successivo.

Successivamente, per assegnare l'elevazione ad ognuno degli oggetti presenti sulla mappa è stato creato un modello digitale del terreno DGM che definisce una superficie sull'intera area di calcolo attraverso una triangolazione che unisce tutti i punti dei quali è nota la quota.

7.1.7.1. Dati di traffico

I dati di traffico sono stati desunti dallo studio trasportistico fornito da ANAS per i tre scenari: Ante attuale (Ante operam), progetto relativo al l'anno di riferimento 2028 (post operam) e tracciato attuale riferito al 2028 (opzione zero).

PROGETTAZIONE ATI:

Lo studio trasportistico per lo scenario di progetto prevede come ipotesi anche la velocizzazione della provinciale e l'inibizione dell'attuale SS195, in attraversamento delle saline, al traffico pesante. Questo scenario di progetto, dal punto di vista di valutazione dell'impatto acustico, risulta essere il più conservativo, in quanto prevede la configurazione più onerosa dal punto di vista del traffico sulla strada in progetto, ed è quello prescelto, in accordo con ANAS, per le valutazioni modellistiche.

SCENARIO ATTUALE											
ID ARCO	DENOMIN	TGM Leggeri	TGM Pesanti	TGM LEGGERI		TGM PESANTI		VELOCITA' LEGGERI		VELOCITA' PESANTI	
				DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6
17822		1239	88	1124	115	83	4	65	70	55	59
18097	Rampe Svincol	1	0	1	0	0	0	40	43	40	43
18098	Rampe Svincol	1417	72	1285	131	68	4	40	43	39	42
18099	Rampe Svincol	1004	69	911	93	65	3	40	43	39	42
18100	Rampe Svincol	13	0	12	1	0	0	40	43	40	43
18101		2435	140	2209	226	133	7	50	54	49	53
18161		1239	88	1124	115	83	4	65	70	55	59
18165		1017	69	922	94	65	3	50	54	49	53
18195		2229	156	2022	207	148	8	90	97	80	86
18196		3646	228	3307	338	216	11	90	97	80	86
18198		1238	88	1123	115	83	4	65	70	55	59
18227		1017	69	922	94	65	3	50	54	49	53
18232		1017	69	922	94	65	3	40	43	39	42
18416		3646	228	3307	338	216	11	90	97	90	97

Tabella 7.6 Dati trasportistici inseriti nel modello _ Scenario attuale

SCENARIO PROGETTO 2028											
ID ARCO	CODSTRA	TGM Leggeri	TGM Pesanti	TGM LEGGERI		TGM PESANTI		VELOCITA' LEGGERI		VELOCITA' PESANTI	
				DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6
11358	SS195	6 604	116	5 991	613	110	6	50,0	54,0	49,0	52,9
16603	SS195	16 067	138	14 576	1 491	131	7	69,1	74,6	60,0	64,9
17823		8 436	802	7 653	783	761	40	110,0	118,8	90,0	97,3
17825	SS195	4 599	93	4 172	427	89	5	50,0	54,0	49,0	53,0
18164		8 436	802	7 653	783	761	40	110,5	119,4	90,4	97,7
18165		1 234	36	1 120	115	34	2	50,0	54,0	49,0	53,0
18196		9 428	837	8 553	875	795	42	110,0	118,9	90,0	97,3
18198		0	0	0	0	0	0	64,9	70,2	54,9	59,4
18200		34	0	31	3	0	0	65,0	70,2	55,0	59,5
18201		0	0	0	0	0	0	65,0	70,2	55,0	59,5
18202		33	0	30	3	0	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18203		149	10	135	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18207		137	0	124	13	0	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18212		182	10	165	17	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18218		253	10	229	23	9	0	40,0	43,2	39,2	42,4
18219		286	19	259	27	18	1	39,5	42,7	38,8	41,9
18220		241	9	218	22	9	0	40,0	43,2	39,2	42,4
18224		947	17	859	88	16	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18227		287	10	260	27	9	0	50,0	54,0	49,0	53,0
18229		274	9	249	25	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18234		287	19	261	27	18	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18236		810	17	735	75	16	1	40,2	43,5	39,4	42,6
18237		137	9	125	13	9	0	39,9	43,2	39,1	42,3
18238		947	26	860	88	25	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18416		9 428	837	8 553	875	795	42	110,0	118,9	90,0	97,3

Tabella 7.7 Studio trasportistico Scenario progetto 2028

SCENARIO PROGETTO 2028 (Velocizzazione SP 92 Contivecchi)											
ID ARCO	CODSTRA	TGM Leggeri	TGM Pesanti	TGM LEGGERI		TGM PESANTI		VELOCITA' LEGGERI		VELOCITA' PESANTI	
				DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6
11358	SS195	6 472	0	5 871	601	0	0	50,0	54,0	49,0	52,9
16603	SS195	15 511	0	14 072	1 440	0	0	69,2	74,7	60,0	64,9
17823		8 754	939	7 941	812	892	47	110,0	118,8	90,0	97,3
17825	SS195	4 558	21	4 135	423	20	1	50,0	54,0	49,0	53,0
18164		8 754	939	7 941	812	892	47	110,5	119,4	90,4	97,7
18165		1 234	37	1 119	114	35	2	50,0	54,0	49,0	53,0
18196		9 983	975	9 056	926	926	49	110,0	118,9	90,0	97,3
18203		150	10	136	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18207		2	0	2	0	0	0	30,0	32,4	30,0	32,4
18212		150	10	136	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18218		152	10	138	14	9	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18219		287	19	261	27	18	1	39,5	42,7	38,8	41,9
18220		140	9	127	13	9	0	40,0	43,2	39,2	42,4
18224		946	17	858	88	16	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18227		152	10	138	14	9	1	50,0	54,0	49,0	53,0
18229		140	10	127	13	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18234		287	19	261	27	18	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18236		944	17	856	88	16	1	40,2	43,5	39,4	42,6
18237		138	10	125	13	9	0	39,9	43,2	39,1	42,3
18238		1 081	27	981	100	25	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18416		9 983	975	9 056	926	926	49	110,0	118,9	90,0	97,3

Tabella 7.8 Studio trasportistico Scenario progetto 2028 con limitazione del traffico pesante si SS 195

7.1.8. TARATURA DEL MODELLO

La calibrazione del modello di simulazione è stata realizzata tramite la misura di rumore di 24 ore effettuata, così come previsto dalla Norma UNI 11143-1:2005 – Appendice E [Calibrazione di un modello di calcolo].

La misura è stata confrontata con i risultati delle simulazioni inserendo all'interno del modello di simulazione, nelle medesime posizioni del microfono, controllando poi la congruità tra i risultati delle misure e quelli delle simulazioni.

Lo scarto tra i livelli sonori calcolati e quelli misurati risulta minore di 2 dB(A), pertanto il modello di calcolo è da ritenersi calibrato. La richiesta della norma è infatti che lo scarto tra i livelli sonori calcolati e quelli misurati in tutti i punti di verifica risulti minore di 3 dB(A).

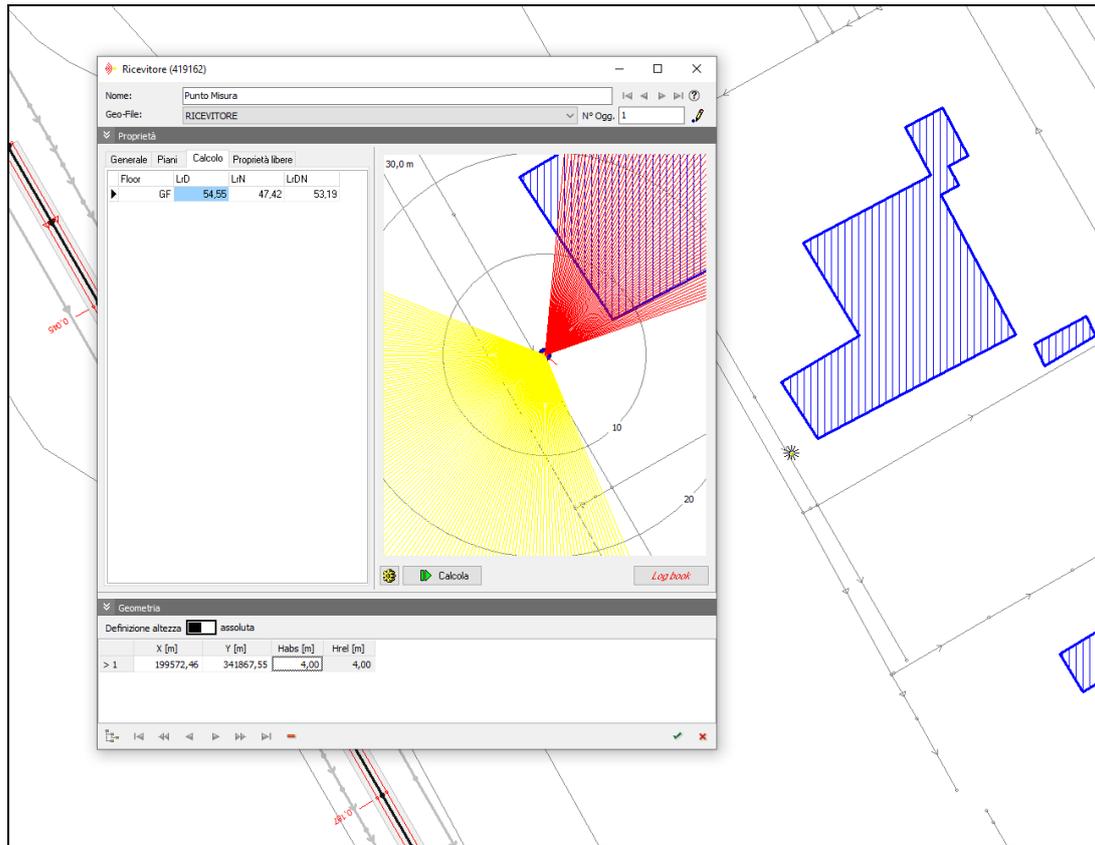


Figura 7.4 Risultato del calcolo previsionale utile per taratura del modello

Di seguito si riporta la tabella di confronto:

Ricevitore di controllo	Livello medio misurato		Livello simulato		Scarto	
	Giorno	Notte	Giorno	Notte	Giorno	Notte
Punto misura LT01	55,5	48,5	54,6	47,4	<2	<2

7.1.9. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

I risultati sono riportati in formato A3, in scala 1: 5.000, negli elaborati:

- "T00IA17AMBCT01A - Book simulazioni acustiche Ante operam" in cui sono riportati i risultati delle simulazioni acustiche per il periodo di riferimento diurno e notturno.
- "T00IA66AMBCT01A - Book simulazioni acustiche post operam" in cui sono riportati i risultati delle simulazioni acustiche per il tempo di riferimento diurno e notturno dell'infrastruttura di progetto al 2028.
- "T00IA67AMBCT01A - Book simulazioni acustiche opzione zero" in cui sono riportati i risultati delle simulazioni acustiche per il tempo di riferimento diurno e notturno dell'infrastruttura attuale al 2028.

Come si può osservare dalle tavole delle curve di isolivello, sotto riportate, non essendo presenti ricettori entro la fascia di pertinenza acustica l'impatto acustico indotto dall'infrastruttura sia nello scenario attuale che di progetto è perfettamente compatibile con l'ambiente circostante. L'assenza di ricettori comporta che non vi sia necessità di misure di prevenzione, mitigazione e compensazione.

PROGETTAZIONE ATI:

La vicinanza del sito Natura 2000 “Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e laguna di Santa Gillia” all’infrastruttura, rende necessaria una valutazione dell’impatto da rumore sulle specie ornitiche presenti.

Il rumore viene trasmesso dalla fonte attraverso un mezzo (terreno e/o aria) ad un recettore, che in questo caso è rappresentato dalla fauna presente.

Il rumore agisce da deterrente sull’utilizzazione del territorio da parte della fauna selvatica in relazione a diversi meccanismi. Per le specie che utilizzano le vocalizzazioni durante la fase riproduttiva esso agisce come “incremento di soglia” diminuendo la distanza di percezione del canto territoriale.

Per alcune specie l’aumento del rumore rende un sito meno controllabile, quindi meno sicuro, per la protezione dai predatori mentre per altre specie “rumori particolari” potrebbero agire interferendo con le frequenze di emissione, con significati specie-specifici.

Dalla bibliografia specifica di settore, si desume che la perdita dei siti di nidificazione dell’ornitofauna più sensibile avviene superata la soglia dei 60 dBA, ma già con una soglia di soli 40 dBA il fenomeno è apprezzabile sulle specie più sensibili. La distanza planimetrica di esaurimento di tale criticità è stata derivata utilizzando i valori desunti dalla letteratura per mezzi quali quelli impiegati incrementati di significativi livelli al fine di proporre un modello molto prudentiale.

L’effetto del rumore risulta assai diverso se opera su tipiche specie di bosco piuttosto che di prateria, ambienti ove la dispersione del rumore avviene con modalità diverse. Queste ultime risultano più tolleranti in quanto l’adattamento ad ambienti aperti consente loro di “sopportare” meglio le variazioni di rumore alle quali sono più abituate. Nel bosco l’impatto risulta dimezzato rispetto alle zone aperte, tuttavia le specie che vi nidificano sono molto più sensibili in quanto più “isolate” acusticamente rispetto alle specie di aree aperte. L’ornitofauna presente nella salina può pertanto essere paragonata a quella di prateria, quindi meno sensibile.

Dallo studio modellistico effettuato si osserva che i livelli raggiunti nel sito Natura 2000 si attestano, per tutti gli scenari analizzati, intorno ai 50 dB(A), pertanto inferiore al limite di soglia di 60 dB(A).

Concludendo, l’infrastruttura non comporta impatti sul clima acustico dell’area, il vero beneficio, dal punto di vista acustico, indotto dalla realizzazione dell’infrastruttura “Opera connessa NORD” sarà quantificabile su area più vasta quando si ricollegherà al lotto denominato “Opera connessa SUD” in fase di costruzione, sottraendo il traffico alla SS 195 e alle località turistiche della costa.

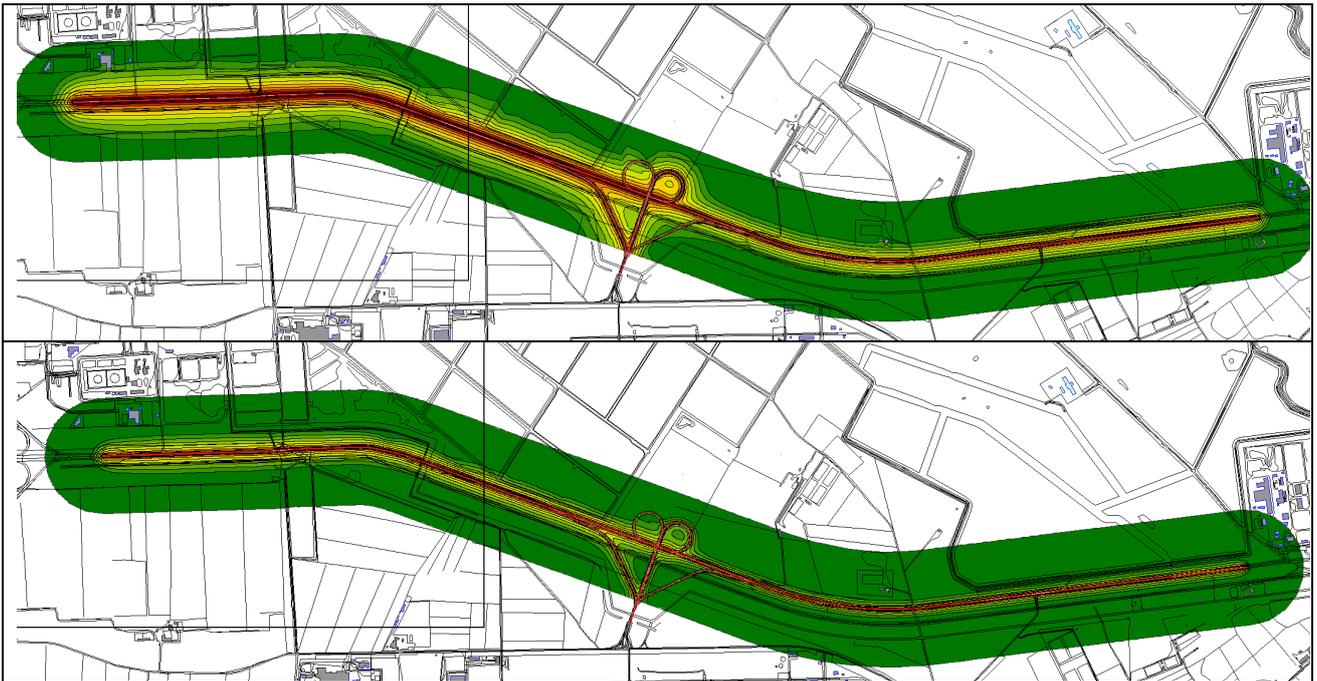


Figura 7.5 Mappe della rumorosità ante operam - Tempo di riferimento diurno e notturno

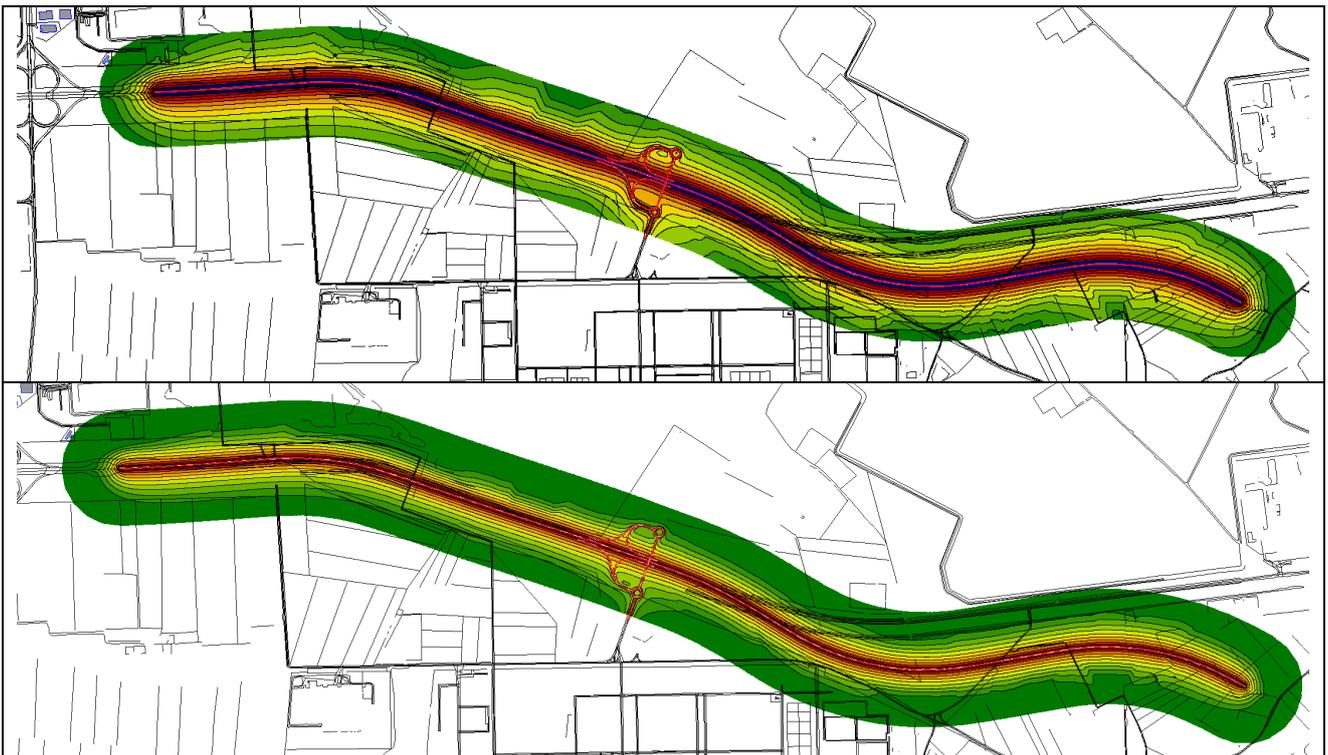


Figura 7.6 Mappe della rumorosità post operam- Tempo di riferimento diurno e notturno

PROGETTAZIONE ATI:

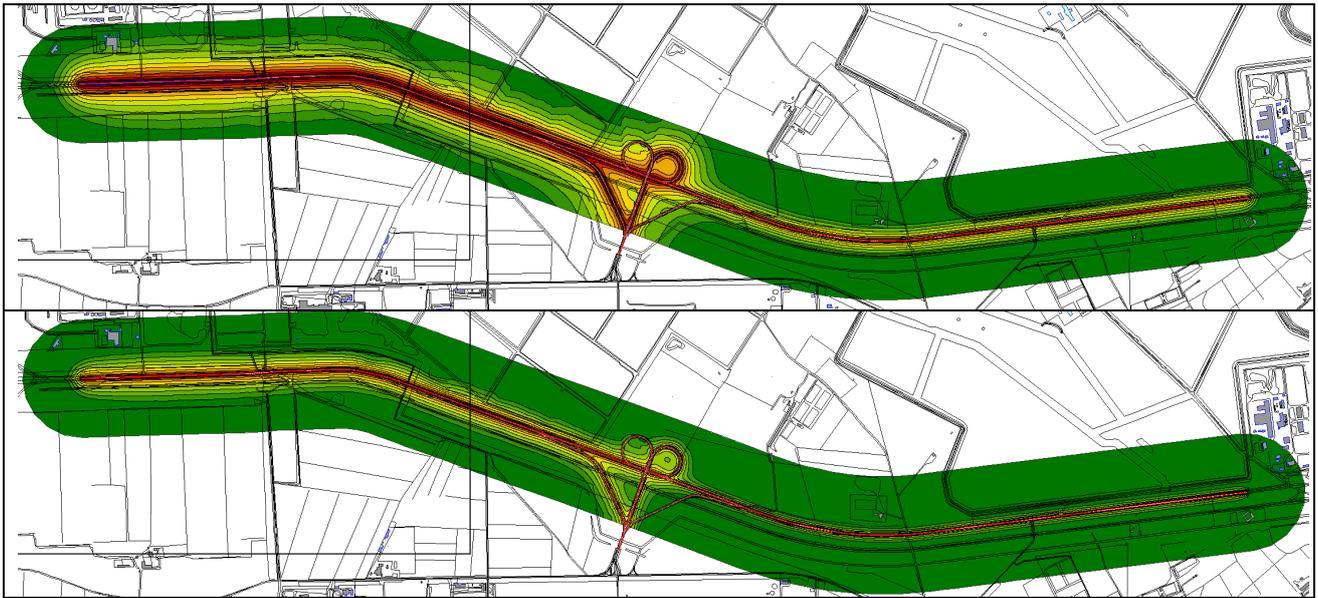


Figura 7.7 Mappe della rumorosità opzione zero- Tempo di riferimento diurno e notturno

7.1.10. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

7.1.10.1. Descrizione degli impatti potenziali

L'analisi acustica degli aspetti di cantiere è stata analizzata mediante il software di simulazione SoundPLAN 8.2 sulla base di un input progettuale dedotto dagli elaborati tecnici di cantierizzazione, cioè:

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

Dagli elaborati tecnici sono state ricavate le informazioni necessarie a realizzare il modello di simulazione:

- localizzazione delle diverse aree di cantiere, distinguendo i cantieri fissi dai cantieri lungo linea;
- caratterizzazione delle differenti tipologie e numero dei macchinari ed attività previste;
- caratterizzazione delle sorgenti sonore per ogni tipologia di lavorazione;
- assegnazione della durata giornaliera delle attività e della percentuale di utilizzo (CU) dei singoli macchinari utilizzati;
- calcolo della potenza sonora $L_w(A)$ associata a ciascun cantiere;
- verifica dei parametri normativi del caso;
- previsione di interventi di mitigazione laddove risultato necessario.

Le macchine di cantiere sono state considerate come sorgenti puntiformi a cui è stata assegnata una determinata potenza sonora e una quota sul piano campagna, che rappresenta la quota di emissione. La caratterizzazione acustica dei macchinari viene estrapolata da misure dirette sui macchinari e/o dal database interno del modello di simulazione e/o da fonti documentali pubbliche. A questo proposito in particolare si fa riferimento alla caratterizzazione delle sorgenti di cantiere del C.P.T. Il C.P.T. (Comitato Paritetico Territoriale per la Prevenzione Infortuni, l'Igiene e l'Ambiente di Lavoro di Torino e Provincia) è un ente senza scopo di lucro, costituito nel 1970 con accordo tra il Collegio dei Costruttori Edili (ANCE) della provincia di Torino, le associazioni artigiane di categoria

PROGETTAZIONE ATI:

(CNA-Costruzioni, CASA e Unione Artigiana) e le organizzazioni sindacali dei lavoratori edili (FeNeAL-UIL, FILCA-CISL, FILLEA-CGIL). Il C.P.T. mette a disposizione per bande di ottava dati di "Pressione sonora" e/o "Potenza acustica" di un congruo numero di macchinari di cantiere, suddivisi per tipologia e/o marca e/o modello specifico.

7.1.10.2. Dati di input: analisi delle sorgenti sonore

Come riportato in premessa, per lo studio acustico redatto per fase di cantiere, sono stati considerati i cantieri fissi e i cantieri lungo linea.

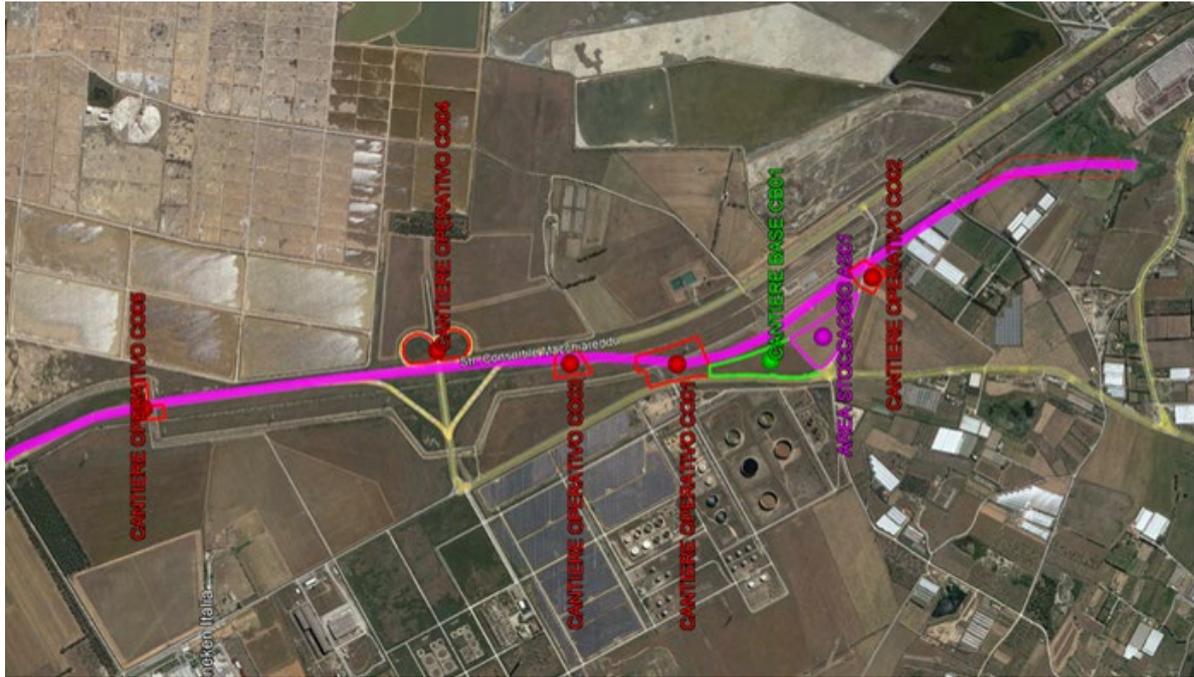


Figura 7.8 Aree di cantiere oggetto della valutazione

ID	Descrizione	Lavorazioni	Superficie (mq)
CO01	Cantiere operativo	Attraversamento fascio tubiero	30.783
CB01	Cantiere base		31.480
AS01	Area stoccaggio		27.337
CO02	Cantiere operativo	Sottopasso dorsale CASIC	8.974
CO04	Cantiere operativo	Svincolo Capoterra - CASIC	21.421
CO05	Cantiere operativo	Scavalco fascio tubiero	9.300

Tabella 7.9 Caratteristiche aree di cantiere

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

PROGETTAZIONE ATI:

In particolare, per quanto riguarda i cantieri fissi sono state individuate tre tipologie di aree:

- Cantiere Base;
- Cantiere Operativo;
- Area stoccaggio.

I cantieri base e le aree stoccaggio sono cantieri che insistono sul territorio per l'intera durata dei lavori. Questi sono cantieri dove si hanno grandi movimentazioni di materiali e mezzi che afferiscono all'intero tronco e in cui è in generale presente anche l'officina per la riparazione di mezzi e per la prefabbricazione.

Il cantiere operativo è, invece, un'area a servizio delle opere d'arte che sono realizzate nel fronte avanzamento lavori (lungo linea).

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

- lavorazioni per rilevato/trincea;

Su ogni cantiere e/o area operativa è stato identificato un database di macchinari appartenenti alle seguenti tipologie da utilizzare all'interno delle simulazioni acustiche:

- autocarro;
- escavatore;
- pala meccanica;
- rullo compressore;
- macchina per pali, trivelle;
- bulldozer;
- autobetoniere;
- gru;
- officina.

In riferimento alla relazione di cantierizzazione e alle potenze acustiche dei singoli macchinari dedotti, come detto, da fonti documentali pubbliche, nonché tenendo conto che la giornata lavorativa fa riferimento al solo periodo diurno, sono riportate nelle seguenti tabelle i tipi di macchine operatrici considerate e la quantificazione delle potenze sonore dei cantieri.

CANTIERI FISSI

Cantiere Base e operativi			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Movimentazione materiali	1	0,50	100,7
Autocarro	4	0,10	99,4
Officina	1	0,30	100,5
Totale mezzi	5		
LwA diurno			105,0

Aree di stoccaggio e area tecnica			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	Lw
Autocarro	1	0,30	98,1

PROGETTAZIONE ATI:

Pala meccanica	1	0,30	98,6
Movimentazione materiali	1	0,30	98,5
Totale mezzi	3		
LwA diurno			103,2

CANTIERI LUNGO LINEA

Sottopasso/scavalco fascio tubiero			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Gru	1	0,30	93,6
Autocarro	1	0,25	97,3
Autobetoniera	1	0,30	106,7
Getto cls	1	0,30	80,0
Macchina per pali	1	0,25	103,7
Escavatore	1	0,30	99,0
Totale mezzi	6		
LwA diurno			109,3

Rilevato/trincea			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Autocarro	1	0,35	98,8
Escavatore	1	0,30	99,0
Rullo compressore	1	0,20	95,5
Bulldozer	1	0,20	100,1
Totale	4		
LwA diurno			104,7

Le potenze sonore mostrate nel presente paragrafo sono quindi state implementate all'interno del modello di simulazione, localizzandole nelle opportune zone di lavorazione. Nel seguente paragrafo si riportano gli output del modello con le opportune valutazioni del caso.

VIABILITA'

La stima dei traffici circolante sulla viabilità esterna alle aree di cantiere/lavoro è avvenuta in funzione dei quantitativi di movimentazione del materiale scavato.

Pertanto, nello scenario oggetto di simulazione modellistica, costituito da sei aree di cantiere e due aree di lavoro, il flusso medio totale risulta pari a 80 veicoli/giorno bidirezionali.

7.1.10.3. Dati di output delle simulazioni modellistiche

Le simulazioni hanno restituito i livelli di rumore in formato numerico, strumento di valutazione con il quale è stato possibile dimensionare in maniera opportuna, laddove necessario, gli interventi di mitigazione di cantiere.

Di seguito si illustrano gli output del modello di simulazione sia per i cantieri fissi, che per i cantieri lungo linea.

PROGETTAZIONE ATI:

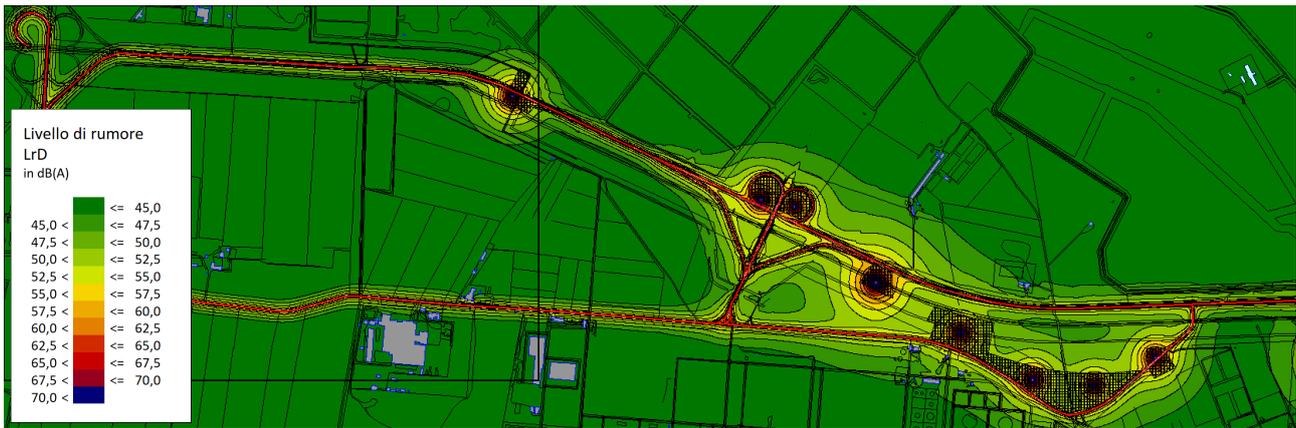


Figura 7.9 Mappa della rumorosità - Corso d'opera

Cantieri fissi

Per quanto riguarda i cantieri fissi, si sono effettuate le simulazioni modellistiche per le 2 aree localizzate lungo il tracciato.

Dalle simulazioni effettuate si osserva che i livelli di rumore fuori dall'area di cantiere si attesta intorno ai 57 dB(A), ben al di sotto dei limiti di zonizzazione acustica che prevede, per l'area ove saranno ubicati i cantieri, la classe V, con limite diurno di 70 dB(A). Come già osservato in precedenza, non sono presenti ricettori abitativi nell'area.

Per tutti i cantieri fissi sarà comunque necessario prevedere delle azioni di buona gestione dei cantieri in modo da ridurre al massimo l'impatto sul territorio ad opera delle lavorazioni indagate.

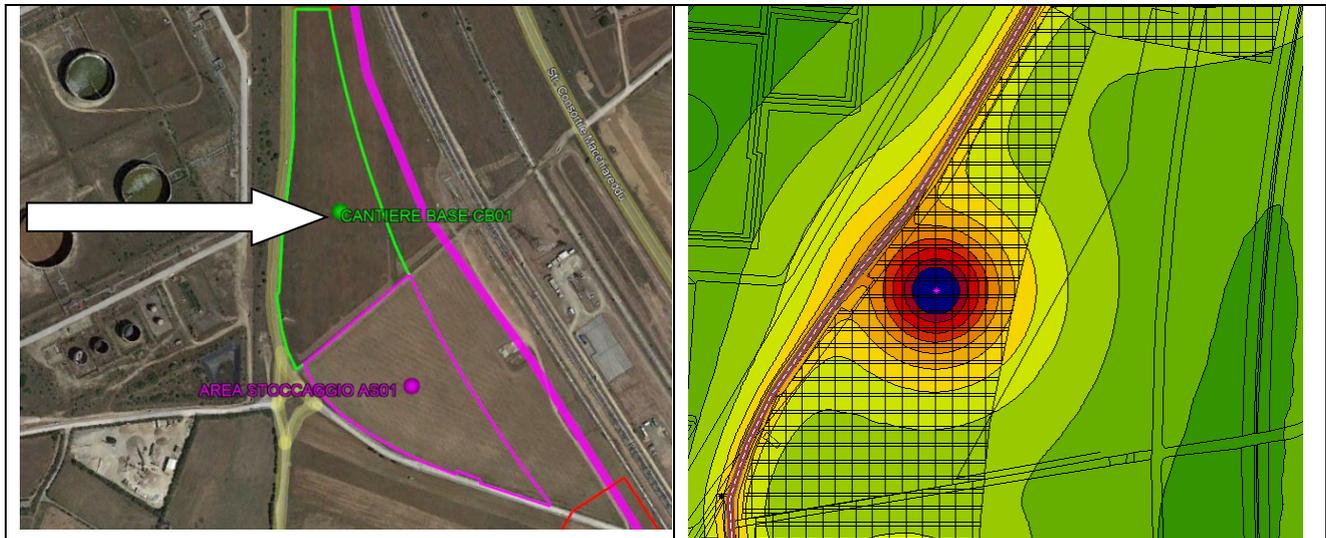


Figura 7.10 Cantiere Base CB01

PROGETTAZIONE ATI:

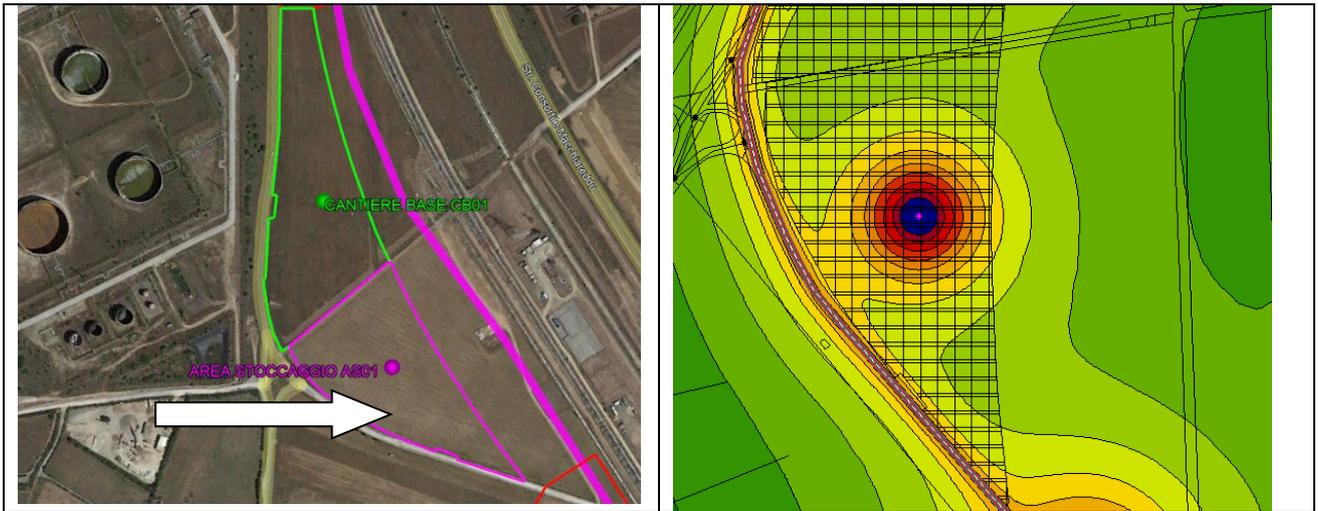


Figura 7.11 Area di stoccaggio AS01

Cantieri lungo linea

Per quanto riguarda i cantieri lungo linea, sono stati analizzati i valori di output numerici restituiti dal modello. Si osserva che tutte le lavorazioni rientrano dentro i limiti previsti dalla zonizzazione acustica. Intorno ai cantieri operativi non sono presenti ricettori abitativi, gli edifici presenti sono tutti produttivi/industriali.

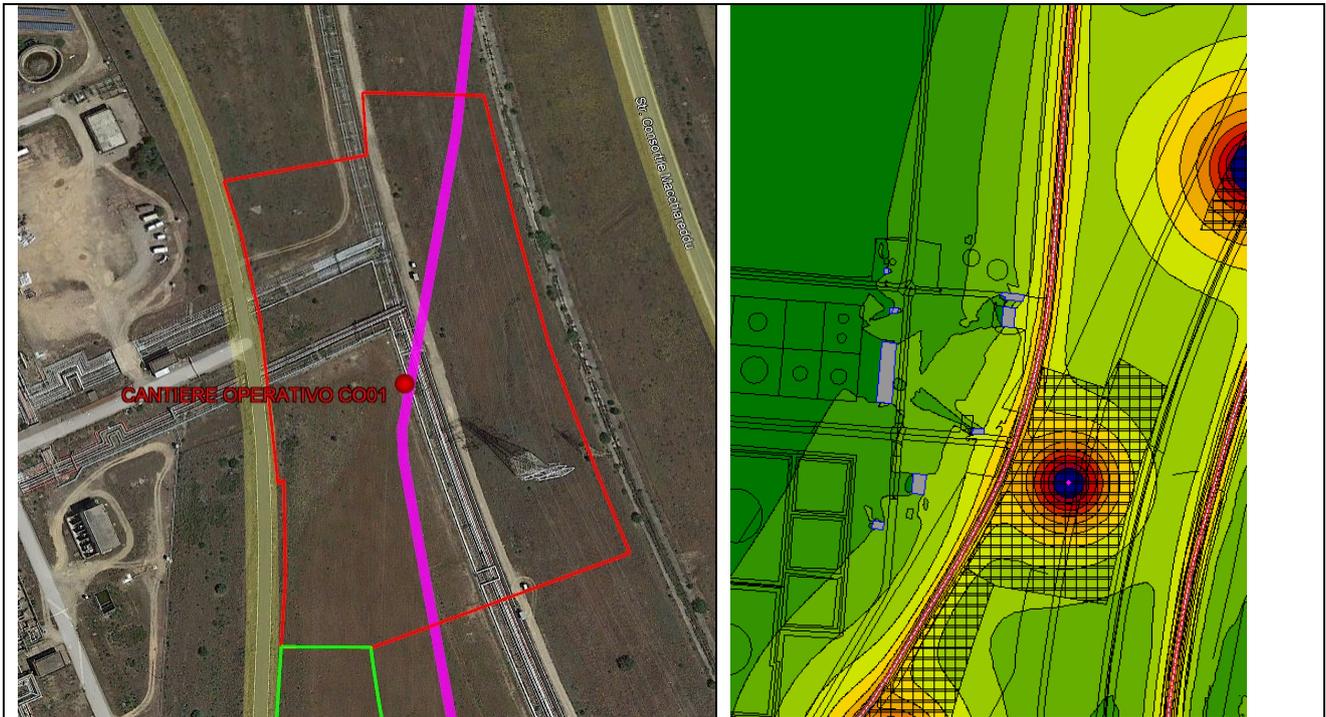


Figura 7.12 - CO01: Cantiere operativo-Attraversamento fascio tubiero

PROGETTAZIONE ATI:

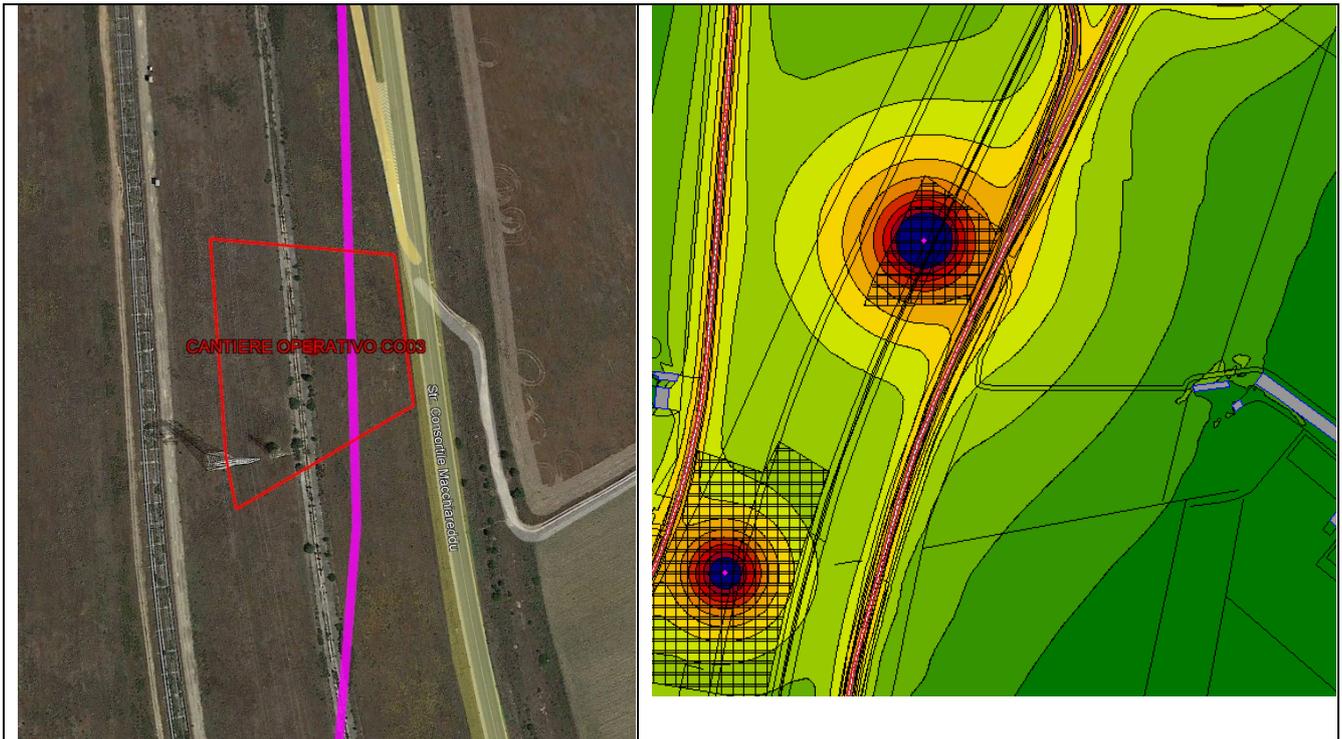


Figura 7.13 - CO02: Cantiere operativo-Sottopasso dorsale CASIC



Figura 7.14 - CO04: Cantiere operativo - Svincolo Capoterra - CASIC

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 7.15 - CO05: Cantiere operativo - Scavalco fascio tubiero

Considerata la vicinanza del sito Natura 2000 “Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e laguna di Santa Gillia” alle aree di cantiere, si considera necessaria una valutazione dell’impatto da rumore sulle specie ornitiche presenti.

Dallo studio modellistico effettuato si osserva che i livelli raggiunti nel sito Natura 2000 si attestano intorno ai 50 dB(A), pertanto inferiore al limite di soglia di 60 dB(A).

7.1.10.4. Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere

Considerata l’assenza di ricettori abitativi e/o sensibili in prossimità dei cantieri e delle lavorazioni, le misure di prevenzione consistono in procedure operative generiche per il contenimento dell’impatto acustico generato dalle attività di cantiere.

In particolare, verranno adottate misure che riguardano l’organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Dovranno essere previste misure di contenimento dell’impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l’organizzazione del lavoro nel cantiere e l’analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili. In particolare, è necessario garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari ed impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

In tale ottica gli interventi attivi sui macchinari e le attrezzature possono essere sintetizzati come di seguito:

PROGETTAZIONE ATI:

- scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali;
- selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea ed ai successivi recepimenti nazionali;
- impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate;
- installazione, se già non previsti ed in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi;
- utilizzo di impianti fissi schermati;
- utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.

In particolare i macchinari e le attrezzature utilizzate in fase di cantiere saranno silenziate secondo le migliori tecnologie per minimizzare le emissioni sonore in conformità al DM 01/04/04 "Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale": il rispetto di quanto previsto dal D.M. 01/04/94 è prescrizione operativa a carico dell'Appaltatore.

Le principali azioni di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature volte al contenimento del rumore sono:

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

Fondamentale risulta, anche, una corretta definizione del lay-out del cantiere; a tal proposito le principali modalità in termini operazionali e di predisposizione del cantiere risultano essere:

- orientamento degli impianti che hanno una emissione direzionale in posizione di minima interferenza;
- localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori più vicini;
- imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati...).

7.1.10.5. Deroga

In fase di costruzione, dopo avere messo in atto tutti i provvedimenti possibili, costituiti dagli accorgimenti riportati nel precedente paragrafo, qualora il monitoraggio in corso d'opera evidenzia dei superamenti della zonizzazione acustica e non risulti possibile ridurre il livello di rumore al di sotto della soglia prevista, l'Appaltatore potrà richiedere al Comune una deroga ai valori limite dettati dal D.P.C.M. 14 dicembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

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

7.2. ARIA E CLIMA

7.2.1. CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA

La conoscenza dettagliata delle caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera, unita ad informazioni sulle emissioni e le reazioni chimiche intercorrenti tra i vari inquinanti, è un elemento basilare per comprendere e prevedere fenomeni di inquinamento atmosferico.

La bassa Sardegna è dominata dalla circolazione a grande scala nel bacino del Mediterraneo.

Questi moti a scala sinottica sono guidati dal posizionamento di centri di azione a carattere globale come l'anticiclone dinamico delle Azzorre, quello termico siberiano, la depressione di Islanda e infine quella sahariana, la cui influenza pure si risente in diversi casi alle latitudini di interesse. Nel periodo che va dall'autunno inoltrato alla prima parte della primavera, il posizionamento di questi centri di azione permette l'ingresso sull'area di interesse di depressioni, di volta in volta con un tragitto differente, il che regola la presenza di precipitazioni e la rotazione dei venti in loco.

Nel restante periodo dell'anno, quando mediamente sono più frequenti i casi di presenza di un campo di pressioni alte e livellate sulla bassa Sardegna con precipitazioni più scarse, diventano più importanti gli effetti dovuti alla scala locale, dove il mare (e il contrasto termico che si origina con l'entroterra) rappresenta ovviamente l'elemento forzante.

Tra i venti originati sulla bassa Sardegna da configurazioni bariche a scala sinottica e a mesoscala, particolarmente tipici sono il Maestrale e lo Scirocco.

Il Maestrale, vento proveniente da nord-ovest, porta aria fredda sulla bassa Sardegna e favorisce la dispersione di inquinanti; lo Scirocco, vento da sud-est, porta invece sulla zona aria calda e umida, accentuando la stratificazione ai bassi livelli dell'atmosfera e reprimendo i moti verticali, fattori questi negativi per la qualità dell'aria.

A scala locale il fenomeno più significativo è ovviamente quello delle brezze dovute al riscaldamento differenziale di mare e superficie terrestre (mediamente 8 m/s dai quadranti occidentali durante il giorno e 3 m/s dai quadranti orientali durante la notte).

Dunque in primavera inoltrata e in estate, quando la circolazione a grande scala è mediamente debole, sulla bassa Sardegna il fenomeno più significativo è ovviamente quello delle brezze diurne e notturne dovute al riscaldamento differenziale di terra e mare.

In sintesi la Sardegna, collocata al centro del bacino del Mediterraneo, si trova in una fascia di transizione tra le aree tropicali e quelle temperate: nelle prime l'andamento stagionale è marcato dalle forti variazioni delle precipitazioni, nelle seconde da accentuate variazioni della temperatura.

I fattori locali influenzano notevolmente la temperatura, che in prossimità della costa risulta pertanto mediamente più mite, con inverni non eccessivamente freddi ed estati più fresche.

Le precipitazioni invece dipendono dalle modalità con cui le perturbazioni si manifestano nell'isola, definendo tre diversi regimi di precipitazione: nord-occidentale, sud-orientale e sud-occidentale (quest'ultimo include l'area oggetto dell'intervento). In generale comunque il numero medio di giorni piovosi (con almeno 1 mm di pioggia) si attesta tra 50 e 100 giorni, l'andamento delle piogge nel XX secolo, analizzato dal Servizio Agrometeorologico Regionale, mostra un'alternanza di stagioni più secche con altre più piovose, ma senza un andamento caratteristico.

Infine, per quanto riguarda i venti, la regione è caratterizzata da rari giorni di assenza di vento o con venti leggeri; in particolare, i giorni a predominanza di vento forte (velocità superiore a 13,5 m/s) sono distribuiti nel periodo invernale, tra dicembre e marzo, mentre i venti moderati (velocità tra 8 e 13,5 m/s) prevalgono nel periodo estivo, tra giugno e settembre. I venti deboli risultano variamente distribuiti nell'isola, poiché fortemente influenzati dalle condizioni locali, dalla vicinanza al mare, dall'orografia.

7.2.1.1. Conclusioni

Per quanto detto, risulta chiaro che le caratteristiche dei bassi strati dell'atmosfera sull'area della bassa Sardegna risentono positivamente della mitigazione del mare, consentendo situazioni notturne meno critiche rispetto a quelle di altre zone del Paese più "continentali", dove la stabilità notturna appare ben più forte in tutte le stagioni.

Da un lato, gli episodi acuti di inquinamento primario siano statisticamente molto meno gravi e frequenti sul tratto di interesse rispetto ad altre aree del Paese. Allo stesso tempo, si può supporre anche che gli episodi di inquinamento secondario di origine fotochimica possano essere più acuti, come accade statisticamente in aree dal clima più tipicamente mediterraneo.

Le conclusioni più importanti che si devono trarre da questa analisi per la qualità dell'aria sulla zona di interesse sono le seguenti:

PROGETTAZIONE ATI:

- statisticamente e da un punto di vista fisico-meteorologico, vi è una propensione medio-bassa verso fenomeni di inquinamento primario, in generale di moderata intensità.
- I valori abbastanza alti di soleggiamento e intensità di radiazione globale estivi, nonché i fenomeni di brezza, che favoriscono la formazione o la persistenza residua di inversioni in quota, consentono di dedurre che, statisticamente, lo stato fisico della bassa atmosfera nella zona della bassa Sardegna favorisce generalmente fenomeni di inquinamento secondario di origine fotochimica di elevata intensità nel semestre caldo.

7.2.2. ZONIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO PER QUALITÀ DELL'ARIA

La zonizzazione individuata ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii., adottata con D.G.R. n. 52/19 del 10/12/2013 e approvata in data 11 novembre 2013 (protocollo DVA/2013/0025608) dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, suddivide il territorio regionale in zone omogenee ai fini della gestione della qualità dell'aria ambiente.

L'infrastruttura oggetto dello studio rientra in "zona industriale" ed è costituita da aree prettamente industriali (Assemini, Portoscuso, Porto Torres e Sarroch), su cui il carico emissivo è determinato prevalentemente da più attività energetiche e/o produttive, situate nel territorio dei Comuni che ne fanno parte. Ad esse si aggiunge il Comune di Capoterra che è stato inserito a fini cautelativi nella zona industriale poiché il suo territorio è compreso tra le aree industriali di Sarroch ed Assemini-Macchiareddu.

Il Piano della qualità dell'aria ambiente della Regione Sardegna è stato approvato con D.G.R. n.1/3 del 10/01/2017.

Per tali zone il Piano di qualità dell'aria ambiente indica l'obbligo di proseguire il monitoraggio relativamente agli inquinanti NO₂, PM₁₀, SO₂, Cd e BaP.

La suddivisione del territorio in zone di qualità dell'aria è rappresentata nella successiva immagine.

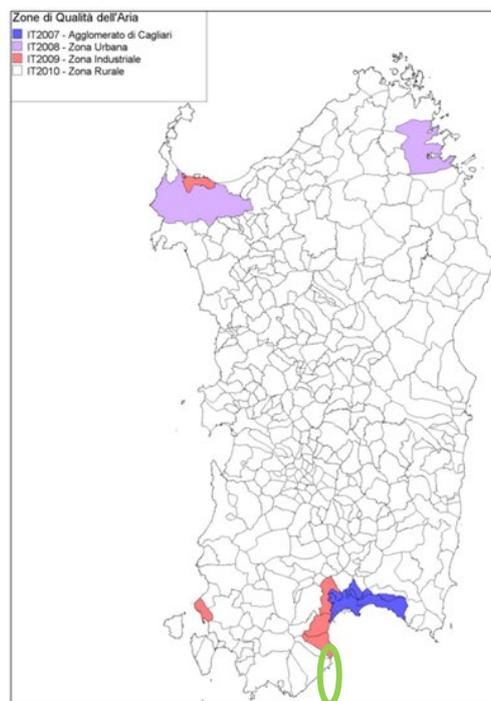


Figura 7.16 Zone di qualità dell'aria individuate ai sensi del D.Lgs. 155/2010

7.2.3. STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

L'area di Assemmini è compresa nella zona industriale di Macchiareddu che ospita una serie di insediamenti industriali di diversa natura la cui produzione varia dall'energia elettrica, ai prodotti chimici, ai derivati del fluoro, ai mattoni refrattari, agli pneumatici.

Nell'area industriale sono presenti due stazioni di misura denominate CENAS6 e CENAS8. Nel centro urbano di Assemmini è attiva la stazione CENAS9 (Via Sicilia).

La stazione industriale CENAS8 e la stazione di fondo CENAS9 sono rappresentative dell'area e fanno parte della Rete di misura per la valutazione della qualità dell'aria.

Nel periodo 2018-2020 l'area industriale di Macchiareddu è stata oggetto di attività straordinarie di monitoraggio richieste dal Tavolo Tecnico Fluorsid, istituito dalla Presidenza della Regione e dagli Assessorati della Difesa dell'Ambiente e dell'Igiene e sanità e assistenza sociale, nel quale l'ARPAS è stata incaricata di svolgere un'attività straordinaria di monitoraggio nel territorio circostante i siti di pertinenza dello stabilimento della Fluorsid, al fine di verificare la presenza di eventuali contaminazioni nelle diverse matrici ambientali.

Pertanto, in base al piano "Tavolo Tecnico Fluorsid - Piano di monitoraggio straordinario matrici ambientali - Relazione finale" del 29/06/2017, l'ARPAS ha programmato ed eseguito per competenza le attività di monitoraggio, in relazione alle matrici ambientali acque, sedimenti e aria.

In particolare per il monitoraggio della qualità dell'aria è stata potenziata la Rete regionale, nella parte di territorio interessato dall'indagine straordinaria, con il posizionamento delle due Unità Mobili nelle aree urbane dei comuni di Elmas e di Assemmini.

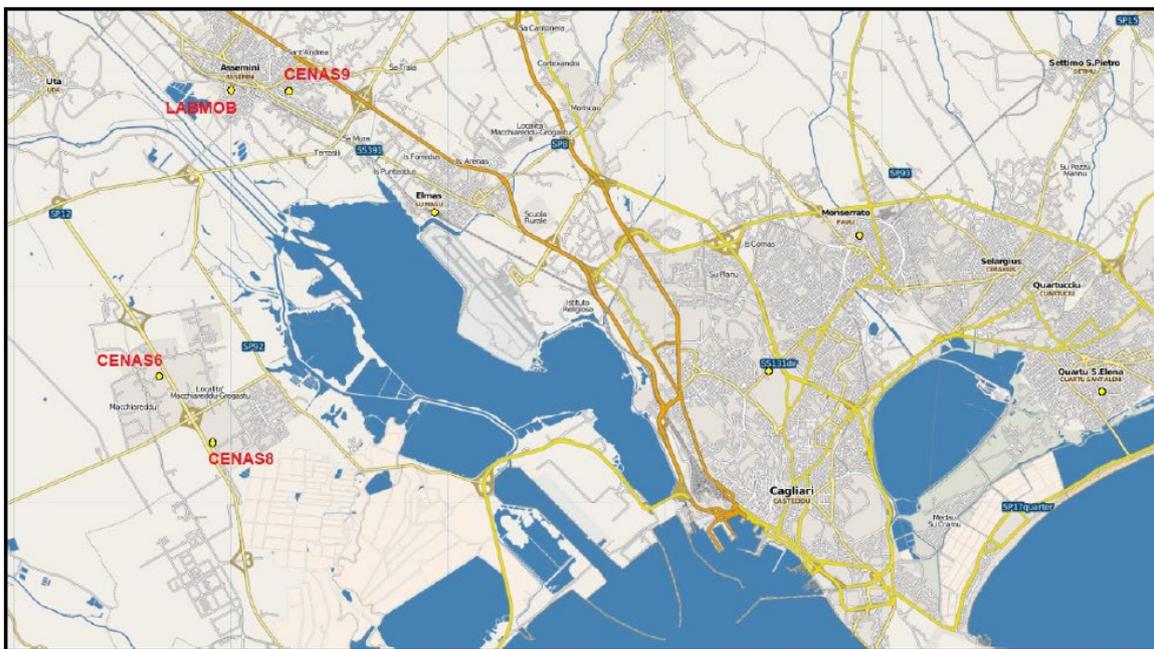


Figura 7.17 Posizione delle stazioni di misura fisse e mobili nell'area di Assemmini

L'analisi dei dati delle Unità Mobili ubicate ad Elmas ed Assemmini, evidenzia nelle tre annualità andamenti costanti e regolari, senza nessuna violazione dei limiti normativi.

Le concentrazioni misurate sono generalmente moderate e coerenti con quelle delle stazioni fisse delle zone di riferimento.

Nelle due zone si evidenziano valori di ozono moderatamente più elevati e misure di biossido di azoto contenute rispetto ai corrispondenti siti fissi zonali.

Le concentrazioni di anidride solforosa sono decisamente più basse rispetto a quelle misurate nell'area industriale di Macchiareddu.

PROGETTAZIONE ATI:

Nella zona di Elmas si osservano valori di PM10 più contenuti rispetto a quelli tipici dell'agglomerato di Cagliari, pienamente confrontabili con quelli dell'area di Assemini.

La caratterizzazione del PM10, con particolare riguardo ai metalli, nelle tre annualità evidenzia andamenti costanti e regolari con medie e stime annuali entro i limiti normativi.

Le concentrazioni misurate dalle Unità Mobili sono generalmente moderate e coerenti con quelle delle stazioni fisse ubicate nelle rispettive zone di riferimento.

Il mercurio è presente in tracce, con concentrazioni prossime al limite di rilevabilità strumentale.

Si evidenzia peraltro che esiste una potenziale criticità evidenziabile nel sito di misura CENAS8, ubicato presso l'area industriale di Macchiareddu, con valori di arsenico e nichel decisamente superiori a tutte le restanti stazioni, sebbene in assenza di superamenti dei valori obiettivi normativi.

7.2.4. MODELLIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Per le simulazioni presentate in questo studio è stato utilizzato il software previsionale MMS CALINE, che implementa il modello di dispersione CALINE. Il programma elabora, per ogni stringa oraria dei dati meteo, la diffusione degli inquinanti implementati come sorgenti lineari associati ai diversi tratti stradali con i corrispondenti fattori di emissioni.

CALINE appartiene alla categoria dei modelli gaussiani e tiene espressamente conto della forma lineare della sorgente e della turbolenza indotta dal moto degli autoveicoli.

I dati di ingresso richiesti da questo modello riguardano le caratteristiche geometriche dei tratti stradali (coordinate degli estremi, larghezza, quota al di sopra del suolo), la tipologia di ogni tratto stradale (a raso, interrato, in barriera, ponte) e del dominio di calcolo (posizione e quota dei recettori in corrispondenza dei quali si calcolano le concentrazioni).

Per ogni tratto stradale sono inoltre necessari i fattori di emissione di ciascun inquinante. È inoltre necessario disporre dei parametri meteorologici che influenzano la dispersione degli inquinanti: velocità e direzione del vento, altezza dello strato di rimescolamento, classe di stabilità atmosferica secondo Pasquill-Gifford. Le variabili meteorologiche con media oraria devono avere natura puntuale.

7.2.4.1. Fattori di emissione

Per il calcolo dei fattori di emissione medi si è tenuto conto della consistenza del parco veicolare della provincia di Cagliari riferiti all'anno 2020 elaborato da ACI:

Con il parco auto e i fattori di emissione è stato definito un valore di emissione medio per ciascun tipo di inquinante, che pesa le categorie rispetto all'effettiva ripartizione riscontrabile sul territorio in esame.

Per quanto riguarda lo scenario futuro, si sono considerati invariati i fattori di emissioni, rispetto allo stato attuale, evitando pertanto, in via cautelativa, di tenere conto della diminuzione delle emissioni inquinanti derivati dal futuro inserimento nel parco veicolare attuale di automobili elettriche, ibride o perlomeno con emissioni inquinanti di maggiore efficienza.

Fattori di emissione [g/km]	CO	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
SCENARIO ATTUALE - POST	1,0249	0,4171	0,0371	0,0266

È stato considerato anche uno Scenario Zero, per il quale i flussi e le emissioni dello Stato di Progetto sono stati implementati sul sedime dell'attuale Strada Consortile Macchiareddu.

7.2.4.2. Dati di traffico

SCENARIO ATTUALE											
ID ARCO	DENOMIN	TGM Leggeri	TGM Pesanti	TGM LEGGERI		TGM PESANTI		VELOCITA' LEGGERI		VELOCITA' PESANTI	
				DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6
17822		1239	88	1124	115	83	4	65	70	55	59
18097	Rampe Svincol	1	0	1	0	0	0	40	43	40	43
18098	Rampe Svincol	1417	72	1285	131	68	4	40	43	39	42
18099	Rampe Svincol	1004	69	911	93	65	3	40	43	39	42
18100	Rampe Svincol	13	0	12	1	0	0	40	43	40	43
18101		2435	140	2209	226	133	7	50	54	49	53
18161		1239	88	1124	115	83	4	65	70	55	59
18165		1017	69	922	94	65	3	50	54	49	53
18195		2229	156	2022	207	148	8	90	97	80	86
18196		3646	228	3307	338	216	11	90	97	80	86
18198		1238	88	1123	115	83	4	65	70	55	59
18227		1017	69	922	94	65	3	50	54	49	53
18232		1017	69	922	94	65	3	40	43	39	42
18416		3646	228	3307	338	216	11	90	97	80	86

Tabella 7.10 Dati trasportistici inseriti nel modello

7.2.4.3. Input meteorologici

I dati meteorologici sono stati ricostruiti localmente sull'area di progetto per l'anno 2021, attraverso un'elaborazione "mass consistent" effettuata con il modello meteorologico CALMET all'interno del quale è stata utilizzata la risoluzione geomorfologica sopra indicata.

Il modello CALMET ricostruisce per interpolazione 3D "mass consistent", pesata sull'inverso del quadrato della distanza, un campo iniziale tridimensionale (FIRST GUESS) che viene modificato per incorporare gli effetti geomorfologici ed orografici del sito in esame alla risoluzione spaziale richiesta (campo meteo STEP 1); il processo di interpolazione avviene per strati orizzontali, l'interazione tra i vari strati orizzontali viene definita attraverso opportuni fattori di BIAS che permettono di pesare strato per strato l'influenza dei dati di superficie rispetto ai dati profilometrici (es: nel primo strato verticale adiacente al terreno che va da 0 a 20 metri sul suolo in genere viene azzerato il peso del profilo verticale rispetto a quello delle stazioni di superficie mentre negli strati verticali superiori al primo viene gradatamente aumentato il peso dei dati profilometrici rispetto a quelli di superficie fino ad azzerare il peso di questi ultimi dopo alcune centinaia di metri dal suolo). I dati utilizzati sono relativi alla stazione meteorologica Cagliari Elmas [Metar: LIEE 210550Z AUTO 35005KT 9999 NCD 03/03 Q1023].

7.2.4.4. Risultati delle simulazioni relative allo scenario attuale

Dopo aver completato la fase di modellazione dell'input, descritta nel paragrafo precedente, è stato possibile ottenere l'output del modello, il quale ha permesso di determinare i livelli di concentrazione relativi ai principali inquinanti generati dalla sorgente stradale nello scenario ante operam.

In particolare, vengono riportati i valori relativi a:

- Biossido di Azoto NO₂
- Monossido di Carbonio CO
- Particolato PM₁₀
- Particolato PM_{2.5}

Gli inquinanti in esame sono stati relazionati a diversi intervalli di mediazione temporale in virtù dei diversi limiti imposti dalla normativa vigente. Nello specifico si considera la media annua per gli NO₂, la media annua del PM₁₀, e del PM_{2.5}, la massima media sulle 8 ore consecutive per la CO.

Non essendo presenti ricettori residenziali e/o sensibili non sono state eseguite valutazioni puntuali delle concentrazioni degli inquinanti. I risultati sono riportati nell'elaborato T00IA05AMBRE01A..

Biossido di azoto (NO₂)

PROGETTAZIONE ATI:

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni indotte dall'infrastruttura nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura, intorno a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommando i valori di fondo rappresentativi dell'area di studio, ottenuti mediando i valori delle centraline CENAS6 e CENAS8 per gli ultimi tre anni di rilevamenti, si ottiene un valore complessivo di circa $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale valore è sicuramente sovrastimato in quanto il valore di fondo contempla anche l'inquinamento dell'attuale viabilità. Tuttavia considerando che il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per l' NO_2 è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non si prevedono superamenti nello scenario post operam.

Materiale particolato (PM10)

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni indotte dall'infrastruttura nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura, intorno a $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommando i valori di fondo rappresentativi dell'area di studio, ottenuti mediando i valori delle centraline CENAS6 e CENAS8 per gli ultimi tre anni di rilevamenti, si ottiene un valore complessivo di circa $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per il PM10 è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il valore ottenuto si avvicina al valore limite medio annuale pertanto sarà necessario prevedere un monitoraggio per la fase post operam, per capire quale sia effettivamente il contributo dell'infrastruttura.

Materiale particolato (PM2.5)

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni nello scenario post operam si attestano intorno a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Non sono disponibili valori di fondo per questo inquinante, però in analogia al PM10 per il quale sono conosciuti i dati di fondo e risultano relativamente elevati, si prevede il monitoraggio di questo inquinante per la fase post operam.

Il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per il PM2.5 è pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Monossido di Carbonio CO

L'andamento del CO presenta una forte variabilità spaziale: in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri.

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura intorno a $0,9 \text{mg}/\text{m}^3$. Non vi sono dati di fondo derivanti da centraline ubicate nell'area, tuttavia il valore di concentrazione molto bassa ottenuto consente di affermare che il valore totale annuo rientra nei valori previsti dalla normativa pari a $10 \text{mg}/\text{m}^3$.

7.2.5. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Al fine di caratterizzare correttamente il dominio spaziale e temporale per configurare le simulazioni per la stima dell'impatto sulla qualità dell'aria durante le lavorazioni, si è proceduto allo studio delle seguenti variabili e parametri:

- Caratteristiche tecniche dei singoli cantieri in programma;
- Cronoprogramma delle fasi e lavorazioni;
- Elaborati tecnici di progetto.

Le valutazioni effettuate, che si approciano a favore di sicurezza, hanno permesso di individuare sull'intero arco temporale del P. L. dell'opera oggetto di studio, quello che è da considerarsi l'anno tipo, che identifica il periodo di potenziale massimo impatto sulle matrici ambientali ed in particolare sulla qualità dell'aria per le emissioni di polveri e gas.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- polveri: PM10 (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai $10 \mu\text{m}$). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori,

che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti;

- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare NO_x e NO₂).

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite da:

- Attività di movimento terra (scavi e realizzazione rilevati),
- Movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri,
- Traffico indotto dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere.

Per quanto riguarda le tipologie di attività/aree di cantiere, sono state considerate le aree di cantiere interessate dalle operazioni di scavo, movimentazione e stoccaggio terre, accumulo e stoccaggio degli inerti provenienti dall'esterno e, pertanto, i Cantieri operativi (CO), il cantiere base (CB) e le Aree di stoccaggio (AS), nonché le aree di lavoro dei fronti di avanzamento (nel caso specifico, per la realizzazione dei rilevati).

ID	Descrizione	Lavorazioni	Superficie (mq)	Sorgenti emissive areali
CO01	Cantiere operativo	Attraversamento fascio tubiero	30.783	Carico e scarico del materiale polverulento
				Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
CB01	Cantiere base		31.480	Carico e scarico del materiale polverulento
				Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
AS01	Area stoccaggio		27.337	Carico e scarico del materiale polverulento
				Erosione del vento sui cumuli di materiale depositato
				Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
CO02	Cantiere operativo	Sottopasso dorsale CASIC	8.974	
CO04	Cantiere operativo	Svincolo Capoterra - CASIC	21.421	Carico e scarico del materiale polverulento
				Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
CO05	Cantiere operativo	Scavalco fascio tubiero	9.300	Carico e scarico del materiale polverulento
				Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere

Nell'ottica di analizzare il Worst case è stato ipotizzato che tutte le lavorazioni presso i cantieri avvengano contemporaneamente e che queste lavorazioni siano costanti durante tutta la durata delle lavorazioni.

L'area oggetto dell'intervento, compresa tra lo stagno di Cagliari e il rio Santa Lucia, attraversa l'agglomerato industriale Macchiareddu Grogastu, occupato prevalentemente da attività produttive e industriali. Non sono presenti ricettori, le uniche abitazioni rilevate si trovano all'interno di vaste tenute agricole molto distanti dalle aree di lavorazione.

Le attività principalmente responsabili di emissioni di particolato, per le quali sono state stimate le emissioni sono:

- Site Preparation; Scotico delle aree di cantiere;
- Unpaved Roads; Transito mezzi di cantiere;
- Bulldozing/Scraper; Attività di escavazione;
- Aggregate Handling; Carico e scarico di materiali;
- Industrial Wind Erosion; erosione delle aree di stoccaggio ad opera del vento.

7.2.5.1. Stima dei fattori di emissione

Per la valutazione degli impatti delle attività emissive mostrate precedentemente si è fatto riferimento al documento EPA "Compilation of Air Pollutant Emission Factors" dell'Agencia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>), il quale, nella sezione AP 42-Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol-1: Stationary Point and Area Sources, presenta le seguenti potenziali fonti di emissione:

- Chapter 13 – Miscellaneous Sources:
 - Site Preparation: scotico delle aree di cantiere (EPA, AP-42 13.2.3);
 - Unpaved Roads: transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere e sulla viabilità non asfaltata di accesso al cantiere (EPA, AP-42 13.2.2);
 - Aggregate Handling: movimentazione delle terre (EPA AP-42 13.2.4);
 - Industrial Wind Erosion Industry: erosione delle aree di stoccaggio (EPA AP-42 13.2.5);
- Chapter 11 – Mineral Products Industry - Western Surface Coal Mining
 - Bulldozing/Scraper (EPA AP-42 11.9.2/11.9.3).

Per la stima delle emissioni complessive si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A in eq.1) e su un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (Ei in eq.1). Il fattore di emissione Ei dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni. La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)i = A * Ei$$

dove:

- Q(E)i: emissione dell'inquinante i (ton/anno);
- A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);
- Ei: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

I calcoli numerici di dettaglio sono di seguito effettuati in relazione al cantiere operativo stimato con maggior impatto sul territorio e l'emissione complessiva si otterrà come somma delle emissioni stimate per ognuna delle singole attività necessarie alla realizzazione stessa.

I risultati ottenuti dall'applicazione delle formule matematiche, tenendo conto della riduzione del 75% derivante dall'attività di bagnatura da eseguire durante le attività polverulente sono riportate nella tabella seguente.

ATTIVITA'	EMISSIONE PM10 (g/h)	FASE INIZIALE (g/h)	FASE CORSO D'OPERA (g/h)
1) Scotico delle aree di cantiere	43	43	-
2) Mezzi in transito su strade non pavimentate	34	-	34
3) Attività di escavazione	3	-	3
4) Cumuli di terra, ed attività di carico e scarico	7	-	7
5) Erosione delle aree di stoccaggio	3	-	3
TOTALE		43 g/h	47 g/h

Tabella 7.11 Emissioni di PM10 derivanti dalle attività di cantiere

Le emissioni complessive possono essere suddivise nelle due distinte fasi:

PROGETTAZIONE ATI:

- Attività di preparazione delle attività, in cui la maggior attività responsabile di produzione di PM10 è rappresentata dalle attività di scotico delle aree di cantiere (voce 1 in tabella);
- Attività costruttive vere e proprie, le cui attività maggiormente impattanti sono le voci 2, 3, 4 e 5 mostrate in tabella.

Per valutare se l'emissione oraria stimata nella precedente tabella sia compatibile con i limiti della qualità dell'aria si fa riferimento a quanto riportato nei paragrafi "Valori di soglia di emissione per il PM10" delle suddette Linee Guida ARPAT".

Come spiegato nelle citate linee guida, la proporzionalità tra concentrazioni ed emissioni, che si verifica in un certo intervallo di condizioni meteorologiche ed emissive molto ampio, permette di valutare quali emissioni corrispondono a concentrazioni paragonabili ai valori limite per la qualità dell'aria. Attraverso queste si possono quindi determinare delle emissioni di riferimento al di sotto delle quali non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria.

Per il PM10, quindi, sono stati individuati alcuni valori di soglia delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente ed al variare della durata annua delle attività che producono tale emissione. Queste soglie, funzione quindi della durata delle lavorazioni e della distanza dal cantiere, sono riportate nella successiva tabella:

Intervallo di distanza (m)	Giorni di emissione all'anno					
	>300	300 ÷ 250	250 ÷ 200	200 ÷ 150	150 ÷ 100	<100
0 ÷ 50	145	152	158	167	180	208
50 ÷ 100	312	321	347	378	449	628
100 ÷ 150	608	663	720	836	1038	1492
>150	830	908	986	1145	1422	2044

Figura 7.18 Soglie assolute di emissione di PM10 al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (i valori sono espressi in g/h)

Dalla tabella riportata sopra si osserva come le emissioni complessive del cantiere in esame, ricadano nell'intervallo emissivo secondo il quale gli unici ricettori che potrebbero potenzialmente non essere in linea con le indicazioni normative vigenti, potrebbero risultare essere quelli molto vicini alle aree di lavorazione, quelli cioè ad una distanza ampiamente inferiore a 50 metri. Si evidenzia, inoltre, come il dato complessivo, pari a circa 47 gr/ora, sia molto inferiore del valore minimo indicato pari a 145 gr/ora per cantieri di lunga durata, Tale osservazione porta a dedurre come l'impatto prodotto sia in definitiva trascurabile soprattutto in considerazione della totale assenza di ricettori a ridosso delle aree di cantiere.

7.2.6. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sulle aree circostanti le aree di cantiere è stata basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido (sistematica bagnatura dei cumuli di materiale sciolto e delle aree di cantiere non impermeabilizzate) e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere.

7.2.6.1. Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi

Si tratta di impianti costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione di lavare le ruote degli automezzi in uscita dai

cantieri e dalle aree di lavorazione, per prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere.

L'appaltatore provvederà all'installazione di tali tipologie di impianti in corrispondenza delle uscite dalle aree di cantiere nelle quali le lavorazioni eseguite potrebbero comportare la diffusione di polveri, tramite le ruote degli automezzi, all'esterno delle aree stesse.

L'installazione di tali impianti è compresa e compensata negli oneri della cantierizzazione.

7.2.6.2. Bagnatura delle aree di cantiere

Saranno predisposti gli opportuni interventi di bagnatura delle superfici di cantiere e delle aree di stoccaggio terreni che consentiranno di contenere la produzione di polveri.

Tali interventi saranno effettuati tenendo conto del periodo stagionale con incremento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. Si osserva che l'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito. Si prevede di impiegare circa 1 l/m² per ogni trattamento di bagnatura.

In maniera indicativa, è possibile prevedere un programma di bagnature articolato su base annuale che tenga conto del periodo stagionale e della tipologia di pavimentazione dell'area di cantiere, ovvero:

- Gennaio 2 giorni / settimana
- Febbraio 2 giorni / settimana
- Marzo 3 giorni / settimana
- Aprile 4 giorni / settimana
- Maggio 5 giorni / settimana
- Giugno 5 giorni / settimana
- Luglio 5 giorni / settimana
- Agosto 5 giorni / settimana
- Settembre 4 giorni / settimana
- Ottobre 3 giorni / settimana
- Novembre 2 giorni / settimana
- Dicembre 2 giorni / settimana

Per contenere le interferenze dei mezzi di cantiere sulla viabilità sarà necessario prevedere la copertura dei cassoni dei mezzi destinati alla movimentazione dei materiali con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto dei materiali. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta.

Le aree destinate allo stoccaggio dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri.

7.2.6.3. Spazzolatura del primo tratto di strada impegnato dal passaggio dei mezzi in uscita dal cantiere

Si prevede la periodica spazzolatura ad umido di un tratto della viabilità esterna in uscita dal cantiere per una estensione, calcolata dal punto di accesso del cantiere, di media 150 metri, per una sezione media di 7,5 m (per una superficie complessiva di intervento pari a 1125 mq) per tutto il periodo in cui tali viabilità saranno in uso da parte dei mezzi di cantiere.

Tale attività, finalizzata ad impedire il sollevamento di particelle di polvere di parte delle ruote dei mezzi finalizzate a rimuovere le particelle fini, sarà effettuata ogni 2 giorni lavorativi (mediamente, 11 volte al mese) e considerando la durata dei cantieri pari a circa 3,0 anni, circa 802 volte nell'arco della durata dei lavori.

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi;

Per i mezzi di cantiere dovranno, inoltre, essere adottate le idonee misure per la vigilanza sul rispetto delle regole di trasporto degli inerti, affinché sia sempre garantita la copertura dei cassoni quando caricati ed il rispetto delle velocità all'interno dell'area di cantiere.

7.2.6.4. Procedure operative

Oltre agli interventi di mitigazione sopra descritti, durante la fase di realizzazione delle opere verranno applicate misure a carattere generale e procedure operative che consentono una riduzione della polverosità in fase di cantiere, oltre ad una "buona prassi di cantiere". In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Organizzazione del cantiere

L'Appaltatore dovrà applicare tutte le misure possibili al fine di limitare la generazione di polveri durante le lavorazioni di cantiere e la diffusione di polveri all'esterno del cantiere.

A questo fine, in particolare:

- le aree interessate da lavorazioni che generano polveri saranno periodicamente bagnate: ciò vale in particolare per le aree dove si eseguono attività di movimento terra e di demolizione;
- i cumuli di terre di scavo verranno realizzati in aree lontane da possibili ricettori;
- i piazzali di cantiere verranno realizzati con uno strato superiore in misto cementato o misto stabilizzato al fine di ridurre la generazione di polveri;
- gli stessi piazzali e le piste interne ai cantieri verranno sistematicamente irrorati con acqua; lo stesso verrà fatto anche per la viabilità immediatamente esterna ai cantieri, sulla quale si procederà anche a spazzolatura.

Prescrizioni per i mezzi di cantiere

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi.

I mezzi di cantiere destinati al trasporto di materiali di risulta dalle demolizioni, terre da scavo e inerti in genere dovranno essere coperti con teli aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e resistenza allo strappo.

I mezzi di cantiere dovranno tenere velocità ridotta sulle piste di servizio; a questo fine l'Appaltatore dovrà installare cartelli segnaletici indicanti l'obbligo di procedere a passo d'uomo all'interno dei cantieri.

Gli autocarri e gli altri macchinari impiegati nelle aree di cantiere dovranno risultare conformi ai limiti di emissione previsti dalle norme vigenti.

Misure di ottimizzazione per l'inquinamento atmosferico a carico dell'Appaltatore

Di seguito vengono prescritti provvedimenti, sotto forma di una lista di controllo, generali e specifici in funzione del metodo di costruzione per la riduzione delle emissioni di sostanze nocive nell'aria sui cantieri.

Altri provvedimenti ed altre soluzioni non sono esclusi purché sia comprovato che comportano una riduzione delle emissioni almeno equivalente.

La maggior parte dei provvedimenti comprende requisiti base e corrisponde ad una "buona prassi di cantiere", altri consistono in misure preventive specifiche.

Processi di lavoro meccanici

Le polveri e gli aerosol in cantieri prodotti da sorgenti puntuali o diffuse (impiego di macchine ed attrezzature, trasporti su piste di cantiere, lavori di sterro, estrazione, trattamento e trasbordo di materiale, dispersione tramite il vento ecc.) sono da ridurre alla fonte mediante l'adozione di adeguate misure. In particolare, per le attività che producono polvere, come smerigliatura – fresatura – foratura – sabbatura – sgrossatura – lavorazione alla punta e allo scalpello, spaccatura – frantumazione – macinatura – getto – deposizione – separazione -crivellatura – carico/scarico – presa con la benna – pulizia a scopa – trasporto, vanno adottati i seguenti provvedimenti:

MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE
Agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale, per esempio mediante un'irrorazione controllata.
Impiego di sminuzzatrici che causano scarsa abrasione di materiale e che riducono il materiale di carico mediante pressione anziché urto.
Ridurre al minimo i lavori di raduno, ossia la riunione di materiale sciolto nei luoghi di trasbordo, proteggendo i punti di raduno dal vento.
DEPOSITO DEL MATERIALE
I depositi di materiale sciolto e macerie come materiale non bituminoso di demolizione delle strade, calcestruzzo di demolizione, sabbia ghiaiosa riciclata con frequente movimentazione del materiale vanno adeguatamente protetti dal vento per es. mediante una sufficiente umidificazione, pareti/barriere di protezione o sospensione dei lavori in caso di condizioni climatiche avverse.
Proteggere adeguatamente i depositi di materiale sciolto con scarsa movimentazione dall'esposizione al vento mediante misure come la copertura con stuoie, teli o copertura verde.
AREE DI CIRCOLAZIONE NEI CANTIERI
Sulle piste non consolidate legare le polveri in modo adeguato mediante autocisterna a pressione o impianto d'irrigazione.
Limitazione della velocità massima sulle piste di cantiere a per es. 30 km/h.
Munire le piste di trasporto molto frequentate con un adeguato consolidamento, per es. una pavimentazione o una copertura verde. Le piste vanno periodicamente pulite e le polveri legate per evitare depositi di materiali sfusi sulla pista.
Munire le uscite dal cantiere alla rete stradale pubblica con efficaci vasche di pulizia, come per esempio impianti di lavaggio delle ruote.
DEMOLIZIONE E SMANTELLAMENTO
Gli oggetti da demolire o da smantellare vanno scomposti possibilmente in grandi pezzi con adeguata agglomerazione delle polveri (per es. umidificazione).

Processi di lavoro termici e chimici

Durante i processi di lavoro termici nei cantieri (riscaldamento - pavimentazione – taglio – rivestimento a caldo – saldatura) si sprigionano gas e fumi. Sono prioritarie misure in relazione alla lavorazione a caldo di bitume (pavimentazione stradale, impermeabilizzazioni, termoadesione) nonché ai lavori di saldatura.

Nella lavorazione di prodotti contenenti solventi (attività: rivestire – incollare – decapare – schiumare – pitturare – spruzzare) o nei processi chimici (di indurimento) vengono sprigionate sostanze solventi. L'Appaltatore valuterà le azioni di seguito proposte evidenziando se esistano impedimenti tecnici alla loro attuazione. Qualora così non fosse, sarà sua cura darne attuazione.

OPERE DI PAVIMENTAZIONE E IMPERMEABILIZZAZIONE
Mastice d'asfalto, materiale di tenuta a caldo, bitume a caldo (riscaldatore mobile)
Impiego di mastice d'asfalto e bitume a caldo con bassa tendenza di esalazione di fumo. Le temperature di lavorazione non devono superare i seguenti valori:

PROGETTAZIONE ATI:

- mastice d'asfalto, posa a macchina: 220°C - mastice d'asfalto, posa a mano: 240°C - bitume a caldo: 190°C
OPERE DI PAVIMENTAZIONE ED IMPERMEABILIZZAZIONE
Trattamento di materiali per la pavimentazione stradale
Impiego di bitume con basso tasso di emissione d'inquinanti atmosferici (tendenza all'esalazione di fumo).
Riduzione della temperatura di lavorazione mediante scelta di leganti adatti.
OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE
Impiego di stuoie di bitume con scarsa tendenza all'esalazione di fumo.
Procedimento di saldatura: evitare il surriscaldamento delle stuoie di bitume.
SALDATURA (AD ARCO ED AUTOGENA) DEI METALLI
I posti di lavoro di saldatura vanno attrezzati in modo che il fumo di saldatura possa essere captato, aspirato ed evacuato (per es. con un'aspirazione puntuale).
PROCESSI DI LAVORO CHIMICI
Utilizzare prodotti ecologici per il trattamento delle superfici (mani di fondo, prime mani, strati isolanti, stucchi, vernici, intonaci, ponti di aderenza, primer ecc.) come pure per incollare e impermeabilizzare i giunti.

Requisiti di macchine ed attrezzature

Impiegare attrezzature di lavoro a basse emissioni, per es. con motore elettrico.
Equipaggiamento e periodica manutenzione di macchine e attrezzature con motore a combustione secondo le indicazioni del fabbricante.
Per macchine e attrezzature con motori a combustione <18 kW la periodica manutenzione deve essere documentata, per es. con un adesivo di manutenzione.
Tutte le macchine e tutti le attrezzature con motori a combustione ≥18 kW devono: - essere identificabili; - essere controllate periodicamente ed essere munite di un corrispondente documento di manutenzione del sistema antinquinamento; - essere muniti di un adeguato contrassegno dei gas di scarico.
Le attrezzature di lavoro con motori a benzina a 2 tempi e con motori a benzina a 4 tempi senza catalizzatore devono essere alimentate con il tipo di benzina corretto.
Per macchine e attrezzature con motore diesel devono essere utilizzati carburanti a basso tenore di zolfo (tenore in zolfo < 50 ppm).
Per i lavori con elevata produzione di polveri con macchine e attrezzature per la lavorazione meccanica dei materiali (come per es. mole per troncatura, smerigliatrici), devono essere adottate misure di riduzione delle polveri (come per es. bagnare, captare, aspirare, separare).

7.2.7. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Seguendo la stessa metodologia applicata per la stima dell'impatto sulla qualità dell'aria per lo stato attuale sono stati quantificati gli impatti dello scenario di progetto riferito all'anno 2028.

Per quanto riguarda lo scenario futuro, si sono considerati invariati i fattori di emissioni, rispetto allo stato attuale, evitando pertanto, in via cautelativa, di tenere conto della diminuzione delle emissioni inquinanti derivati dal futuro inserimento nel parco veicolare attuale di automobili elettriche, ibride o perlomeno con emissioni inquinanti di maggiore efficienza.

I dati di traffico inseriti nella simulazione dello scenario attuale derivano dallo studio trasportistico che prevede come ipotesi la velocizzazione della provinciale e l'inibizione dell'attuale SS195 in attraversamento delle saline al traffico pesante. Questo scenario di progetto, dal punto di vista di valutazione dell'impatto, risulta essere il più conservativo, in quanto prevede la configurazione più

onerosa dal punto di vista del traffico sulla strada in progetto, ed è quello prescelto, in accordo con ANAS, per le valutazioni modellistiche.

SCENARIO PROGETTO 2028 (Velocizzazione SP 92 Contivecchi)											
ID ARCO	CODSTRA	TGM LEGGERI		TGM PESANTI		VELOCITA' LEGGERI		VELOCITA' PESANTI			
		DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6		
11358	SS195	6 472	0	5 871	601	0	0	50,0	54,0	49,0	52,9
16603	SS195	15 511	0	14 072	1 440	0	0	69,2	74,7	60,0	64,9
17823		8 754	939	7 941	812	892	47	110,0	118,8	90,0	97,3
17825	SS195	4 558	21	4 135	423	20	1	50,0	54,0	49,0	53,0
18164		8 754	939	7 941	812	892	47	110,5	119,4	90,4	97,7
18165		1 234	37	1 119	114	35	2	50,0	54,0	49,0	53,0
18196		9 983	975	9 056	926	926	49	110,0	118,9	90,0	97,3
18203		150	10	136	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18207		2	0	2	0	0	0	30,0	32,4	30,0	32,4
18212		150	10	136	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18218		152	10	138	14	9	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18219		287	19	261	27	18	1	39,5	42,7	38,8	41,9
18220		140	9	127	13	9	0	40,0	43,2	39,2	42,4
18224		946	17	858	88	16	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18227		152	10	138	14	9	1	50,0	54,0	49,0	53,0
18229		140	10	127	13	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18234		287	19	261	27	18	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18236		944	17	856	88	16	1	40,2	43,5	39,4	42,6
18237		138	10	125	13	9	0	39,9	43,2	39,1	42,3
18238		1 081	27	981	100	25	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18416		9 983	975	9 056	926	926	49	110,0	118,9	90,0	97,3

Non essendo presenti ricettori residenziali e/o sensibili non sono state eseguite valutazioni puntuali delle concentrazioni degli inquinanti. I risultati sono riportati nell'elaborato T00IA60AMBRE01A..

Biossido di azoto (NO₂)

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni indotte dall'infrastruttura nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura, intorno a 20 µg/m³. Sommando i valori di fondo rappresentativi dell'area di studio, ottenuti mediando i valori delle centraline CENAS6 e CENAS8 per gli ultimi tre anni di rilevamenti, si ottiene un valore complessivo di circa 34 µg/m³. Tale valore è sicuramente sovrastimato in quanto il valore di fondo contempla anche l'inquinamento dell'attuale viabilità. Tuttavia considerando che il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per l'NO₂ è pari a 40 µg/m³ non si prevedono superamenti nello scenario post operam.

Materiale particolato (PM10)

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni indotte dall'infrastruttura nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura, intorno a 16 µg/m³. Sommando i valori di fondo rappresentativi dell'area di studio, ottenuti mediando i valori delle centraline CENAS6 e CENAS8 per gli ultimi tre anni di rilevamenti, si ottiene un valore complessivo di circa 37 µg/m³. Il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per il PM10 è pari a 40 µg/m³, il valore ottenuto si avvicina al valore limite medio annuale pertanto sarà necessario prevedere un monitoraggio per la fase post operam, per capire quale sia effettivamente il contributo dell'infrastruttura.

Materiale particolato (PM2.5)

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni nello scenario post operam si attestano intorno a 12 µg/m³.

Non sono disponibili valori di fondo per questo inquinante, però in analogia al PM10 per il quale sono conosciuti i dati di fondo e risultano relativamente elevati, si prevede il monitoraggio di questo inquinante per la fase post operam.

Il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per il PM2.5 è pari a 25 µg/m³.

Monossido di Carbonio CO

L'andamento del CO presenta una forte variabilità spaziale: in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto

rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri.

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura intorno a 0,9 mg/m³. Non vi sono dati di fondo derivanti da centraline ubicate nell'area, tuttavia il valore di concentrazione molto bassa ottenuto consente di affermare che il valore totale annuo rientra nei valori previsti dalla normativa pari a 10 mg/m³.

7.2.8. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

I valori di concentrazione risultano al di sotto dei limiti normativi pertanto non sono previste misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio.

7.2.9. IMPATTI RESIDUI ATTESI

Non sono presenti impatti residui.

8. RELAZIONE PAESAGGISTICA

Il Decreto Legislativo n.42 del 22.22.2004, recante il "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art.10 della legge 6 luglio n.137" e s.m.i. costituisce il riferimento normativo fondamentale in materia di tutela dei beni culturali e paesaggistici, in quanto, oltre a configurare un nuovo approccio nel campo della tutela e della pianificazione di settore, ha ricompreso e unificato le principali norme previgenti in materia, tra le quali la 1039/39, la 1497/39 e il D.L. 490/99.

In questo quadro, la redazione della relazione paesaggistica ai sensi del DPCM 12/12/2015 si è resa necessaria in quanto il progetto in argomento interessa alcuni beni censiti nell'ambito del Piano Paesaggistico Regionale.

Nella tabella si riassumono le interferenze dirette con il sistema delle tutele definite dal PPR

Elemento tutelato	Progr. Di progetto	Art. NTA	Nota sintetica su tutele
Canale di Bonifica Acque Alte	progr. 9+750 c.ca	17 - 18	I beni sono oggetto di conservazione e tutela al fine di mantenere inalterate le caratteristiche degli elementi costitutivi e delle relative morfologie, in modo da preservarne l'integrità ovvero lo stato di equilibrio ottimale tra habitat naturale e attività antropiche
Zona a rischio archeologico indicata "insediamento Su Cocceri"	progr. 9+270 – 9+950 c.ca	47	Si rimanda alle tutele previste dal D.Lgs 42/2004 e volte alla salvaguardia dei beni culturali.
Sito inquinato di Assemini	Intero intervento	41-43	il PPR promuove, in collaborazione con gli enti locali, azioni di riqualificazione e rimozione delle cause del degrado. Non sono consentiti interventi o utilizzi che possano pregiudicare le attività di bonifica.

Nel rispetto del II D.P.C.M del 12/12/2005, la relazione ha inteso fornire gli elementi utili all'Amministrazione competente per la verifica di conformità dell'intervento alle prescrizioni contenute nei piani paesaggistici urbanistici e territoriali ed accertare:

- la compatibilità rispetto ai valori paesaggistici riconosciuti dal vincolo;
- la congruità con i criteri di gestione dell'immobile o dell'area;
- la coerenza con gli obiettivi di qualità paesaggistica.

La valutazione degli impatti sul paesaggio delle trasformazioni proposte è stata condotta considerando i seguenti impatti potenziali:

- alterazioni morfologiche del territorio
- modificazioni dell'assetto percettivo, scenico o panoramico
- alterazioni della copertura vegetale
- modificazioni dell'assetto fondiario, agricolo e colturale e dei caratteri strutturali del territorio agricolo
- creazione di aree intercluse e reliquati
- modificazioni dell'assetto e dei caratteri tipologici, materici, coloristici, costruttivi del sistema insediativo-storico

Sono stati inoltre analizzati i possibili impatti in fase di cantiere.

Al termine dell'analisi sono stati individuati, in coerenza con i contenuti dello Studio di Impatto Ambientale, gli elementi di mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere e di esercizio, come di seguito descritto.

9. INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE

Facendo seguito a quanto definito nello Studio di Impatto Ambientale e nella Relazione Paesaggistica, il progetto prevede la realizzazione di una serie di interventi volti a migliorare l'inserimento paesaggistico e ambientale dell'infrastruttura nel territorio.

Di seguito si elencano in particolare le opere a verde previste nel progetto, rimandando alle relazioni tecniche per gli approfondimenti

MS01– Inerbimenti di scarpate mediante idrosemina

Si tratta di un intervento di carattere diffuso e di uso comune nella realizzazione di infrastrutture stradali. Prevede che tutte le scarpate di rilevati e trincee che vengono a determinarsi per effetto dell'intervento siano comunque soggette ad inerbimento mediante idrosemina, utilizzando una miscela di sementi adatta al contesto ecologico locale. Tale azione, oltre a migliorare l'impatto percettivo dell'intervento eliminando le superfici denudate, consente anche di proteggere le scarpate dagli effetti erosivi degli agenti atmosferici.

I semi selezionati saranno adatti alle condizioni locali e rispetteranno una certa variabilità di specie per aumentare le possibilità di colonizzare stabilmente il sito d'intervento.

Per la migliore riuscita dell'intervento è necessario che sulla scarpata venga steso uno strato di terreno vegetale di c.ca 30 cm, preferibilmente riutilizzando il terreno vegetale di scotico appositamente accantonato, al fine di minimizzare il consumo di suolo.

Le scarpate andranno inerbite con specie da sovescio per minimizzare il dilavamento delle sostanze nutritive ed arricchire il terreno in composti azotati. L'inerbimento verrà effettuato

PROGETTAZIONE ATI:

mediante idrosemina addizionata con ammendanti, collanti e concimi (indicativamente concime ternario solubile del tipo NPK 20+20+20 + Fe). Si prevede l'utilizzo di un miscuglio di sementi, da spargere in quantità di 20-25 g/mq, con la seguente composizione:

- Fava (*Vicia faba* var. minor - 30% in peso);
- Trifoglio incarnato (*Trifolium incarnatum* - 10%);
- Lupino bianco (*Lupinus albus* - 25%);
- Veccia comune (*Vicia sativa* - 15%);
- Erba medica (*Medicago sativa* - 20%);

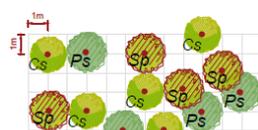
Qualora non fosse possibile sistemare le aree esclusivamente con i volumi accantonati del terreno di scotico, si dovrà apportare, nello strato superficiale, terra vegetale avente caratteristiche fisico-chimiche idonee alla coltivazione, quindi essere a reazione neutra e quindi possedere un pH dell'estratto acquoso compreso fra 6,8 e 7,2.

MB01 - Ripristino fascia ripariale e invito faunistico

Al fine di garantire il permanere delle condizioni di permeabilità del territorio rispetto all'attraversamento faunistico, sono stati previsti opportuni interventi finalizzati a creare inviti all'attraversamento in corrispondenza di tombini idraulici previsti da progetto e idonei a tale utilizzo per dimensioni, forma e assenza di ostacoli (ad es. salti di quota). Tali interventi contribuiscono anche al migliore inserimento dell'opera nel paesaggio grazie alla messa a dimora di essenze arbustive quali *Salix purpurea* (salice rosso), *Cornus sanguinea* (sanguinella), *Prunus spinosa* (prungolo selavatico).

L'intervento è localizzato in corrispondenza del "Canale di Bonifica Acque Alte", soggetto a tutela, alla progr. 9+750 c.ca.

MB02 - SOTTOPASSO/INVITO FAUNISTICO Impianto di vegetazione di invito per la fauna



Essenze arbustive:

- SALIX PURPUREA
- CORNUS SANGUINEA
- PRUNUS SPINOSA

Figura 9.1: sesto d'impianto mitigazione MPB02

MP1 - Filare arboreo

Si tratta di un intervento che viene utilizzato in casi in cui si ritiene necessario mascheramento percettivo e una ridotta occupazione di suolo (una fascia di 4 m circa), ad esempio in corrispondenza di muri di sostegno.

Si prevede l'utilizzo di specie di *Quercus Ilex* (Leccio) e *Quercus Suber* (Sughera) disposte su filare rettilineo. Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP1 - FILARI ARBOREI					
cod	da prog	a prog	L	mq	lato
MP1.01	8+740	8+800	60	240	sx
MP1.02	9+295	9+650	365	1.460	dx

PROGETTAZIONE ATI:

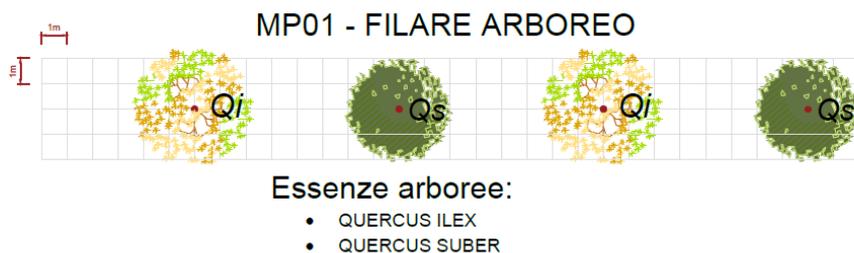


Figura 9.2: sesto d'impianto mitigazione MP01

MP1b - Filare arbustivo

Si tratta di un intervento che viene utilizzato in corrispondenza dello svincolo e dell'impianto fotovoltaico, al fine di ridurre l'impatto percettivo per le viste da altezza terra.

Si prevede l'utilizzo di arbusti in filare costituiti da *Myrtus communis* (mirto), *Crataegus monogyna* (biancospino) e *Rosmarinus officinalis* (rosmarino)

Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP1b - FILARI ARBUSTIVI					
cod	da prog	a prog	L	mq	lato
MP1b.01	7+610	7+760	150	240	sx
MP1b.02	7+500	7+538	38	153	dx
MP1b.03	Imp. fotovoltaico		424	1.696	sx

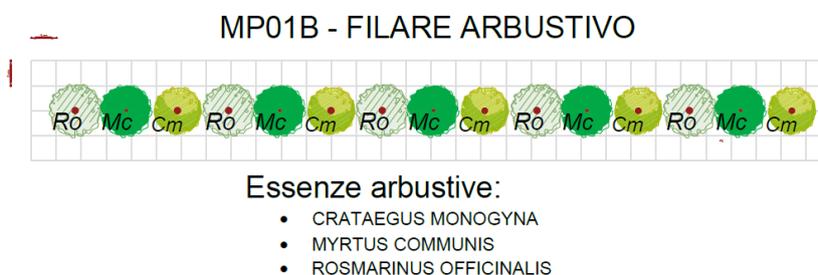


Figura 9.3: sesto d'impianto mitigazione MP01b

MP2 - Filare arboreo-arbustivo

Simile al precedente, viene previsto nei casi in cui si ritiene opportuno un mascheramento percettivo più consistente e di maggiore ampiezza (circa 5-6 m.)

Nel caso in esame, inoltre, tale intervento viene anche utilizzato per creare uno schermo tra la nuova infrastruttura e l'area protetta costituita dal sito di interesse comunitario ITB040023 - Stagno di Cagliari, saline di Macchiareddu, laguna di S.ta Gilla tra le progr. 6+750 e 7+350 c.ca, anche al fine di proteggere l'avifauna.

Agli arbusti in filare costituiti da *Myrtus communis* (mirto), *Crataegus monogyna* (biancospino) e *Rosmarinus officinalis* (rosmarino) si affianca un filare arboreo che alterna esemplari di *Quercus Ilex* (Leccio) e *Quercus Suber* (Sughera).

Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP2 - FILARI ARBOREO-ARBUSTIVI					
cod	da prog	a prog	L	mq	lato
MP2.01	6+830	7+350	520	2.600	sx
MP2.02	8+330	8+420	190	950	sx
MP2.03	8+440	8+550	110	550	dx
MP2.04	9+650	9+925	275	1.375	dx

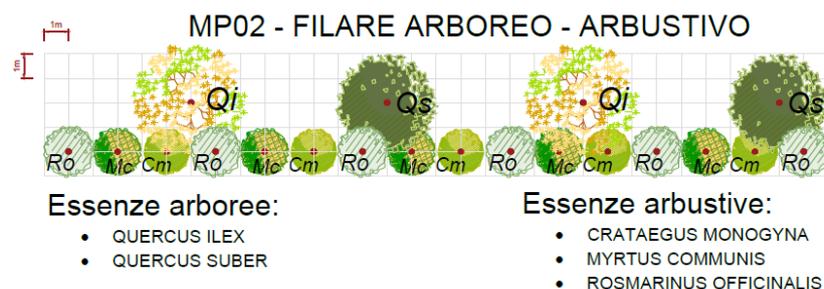


Figura 9.4: sesto d'impianto mitigazione MP02

MP3 - Sistemazione ornamentale di aree intercluse

Questa tipologia di intervento è destinata principalmente al recupero paesaggistico delle aree intercluse che si vengono a creare per effetto della realizzazione della nuova infrastruttura e per l'adeguamento di quelle esistenti.

Si tratta di interventi ornamentali che prevedono l'introduzione di macchie arboree e arbustive ad impianto casuale, che solo nel caso delle aree di svincolo vengono organizzate secondo geometrie che vanno a ricalcare quelle degli svincoli stessi. Non si ritiene comunque opportuno prevedere impianti geometrici in quanto troppo "artificiali" in relazione al contesto, che è prevalentemente agricolo-extraurbano.

Per evitare un effetto di monotonia l'intervento si attua attraverso 2 diversi tipologici che utilizzano specie arboree e arbustive differenti:

- Tipologico a: utilizzato per interventi a carattere più naturalistico e di filtro tra l'infrastruttura e le aree naturali: *Quercus Suber* (Sughera); *Olea oleaster* (olivastro); *Pyrus spinosa* (perastro) *Juniperus oxycedrus* (ginepro coccolone).
- Tipologico c: utilizzato in prossimità delle aree agricole: *Quercus Suber* (Sughera); *Ceratonia siliqua* (Carrubo); *Myrtus communis* (mirto); *Pistacia lentiscus* (lentisco).

Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP3 - Sistemazione ornamentale di aree intercluse				
cod	da prog	a prog	mq	Lato - tipo
MP3.01	6+530	6+830	21.413	Sx - a
MP3.02	6+830	7+275	6.611	Sx - a
MP3.03	8+560	8+850	5.310	Sx - c
MP3.04	9+260	9+625	3.940	Sx - c

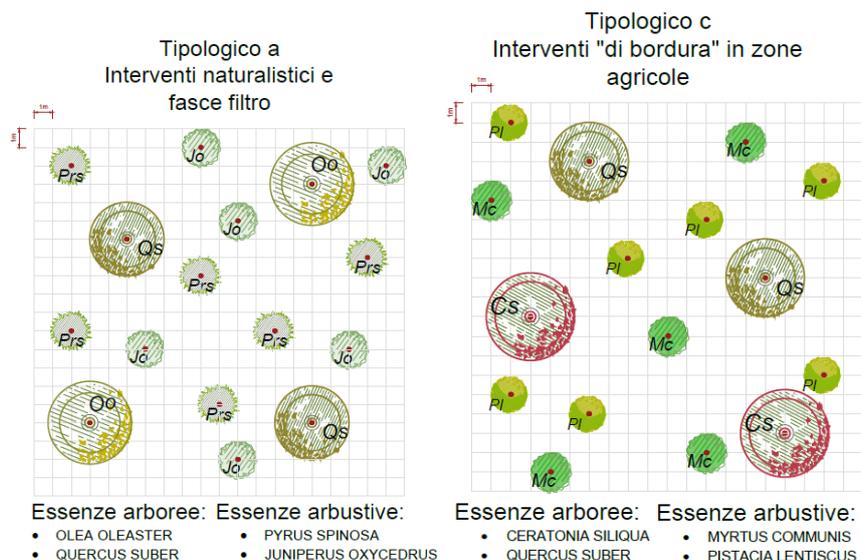


Figura 9.5: sesti d'impianto mitigazione MP03

MP4 - Rinaturalizzazione dei tratti stradali in dismissione

L'intervento si attua prioritariamente attraverso la demolizione della sovrastruttura stradale preesistente ed il ripristino della condizione di naturalità del suolo attraverso il riporto di terra vegetale e l'inerbimento delle superfici rimodellate.
Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP4 - Rinaturalizzazione dei tratti stradali in dismissione			
cod	da prog	a prog	mq
MP4.01	5+500	6+050	3.742
MP4.02	6+275	6+490	2.160
MP4.03	6+535	6+750	1.549
MP4.04	7+325	7+425	450
MP4.05	Svincolo		895
MP4.06	Svincolo		3.150
MP4.07	Svincolo		1.000
MP4.08	8+000	8+100	500
MP4.09	9+125	9+240	250

MP5 - Rivestimento muri con paramento in pietra naturale e/o studio cromatico delle opere d'arte

Le opere d'arte maggiori presentano generalmente un potenziale di impatto percettivo elevato in quanto, a differenza delle opere su scarpata, non possono essere ricoperte con una coltre erbosa. Al fine di limitare l'intrusione visiva dei muri in cls delle opere di scavalco dei fasci tubieri, queste strutture saranno dotate di un rivestimento in grado di simulare il più possibile un paramento in pietra naturale.
Al contempo, le superfici in cls saranno trattate al fine di ottenere un colore più coerente con il contesto.

PROGETTAZIONE ATI:

Nell'ambito dello studio è stata effettuata un'analisi dei cromatismi prevalenti nell'area dove si inserisce il progetto, allo scopo di fornire utili contributi per la definizione architettonica delle opere d'arte connesse alla realizzazione del progetto.

L'analisi è riportata negli elaborati della relazione paesaggistica, nel quale il paesaggio è analizzato nelle sue caratteristiche cromatiche e vengono elaborate alcune alternative nella scelta cromatica e delle texture delle opere d'arte, come illustrato nella figura seguente.

Sulla base dell'analisi del contesto di riferimento, si ritiene che per la realizzazione degli interventi il riferimento cromatico debba essere quello indicato come "concept cromatismi terre e rocce", utilizzando un colore in grado di richiamare quello più tenue del granito locale.

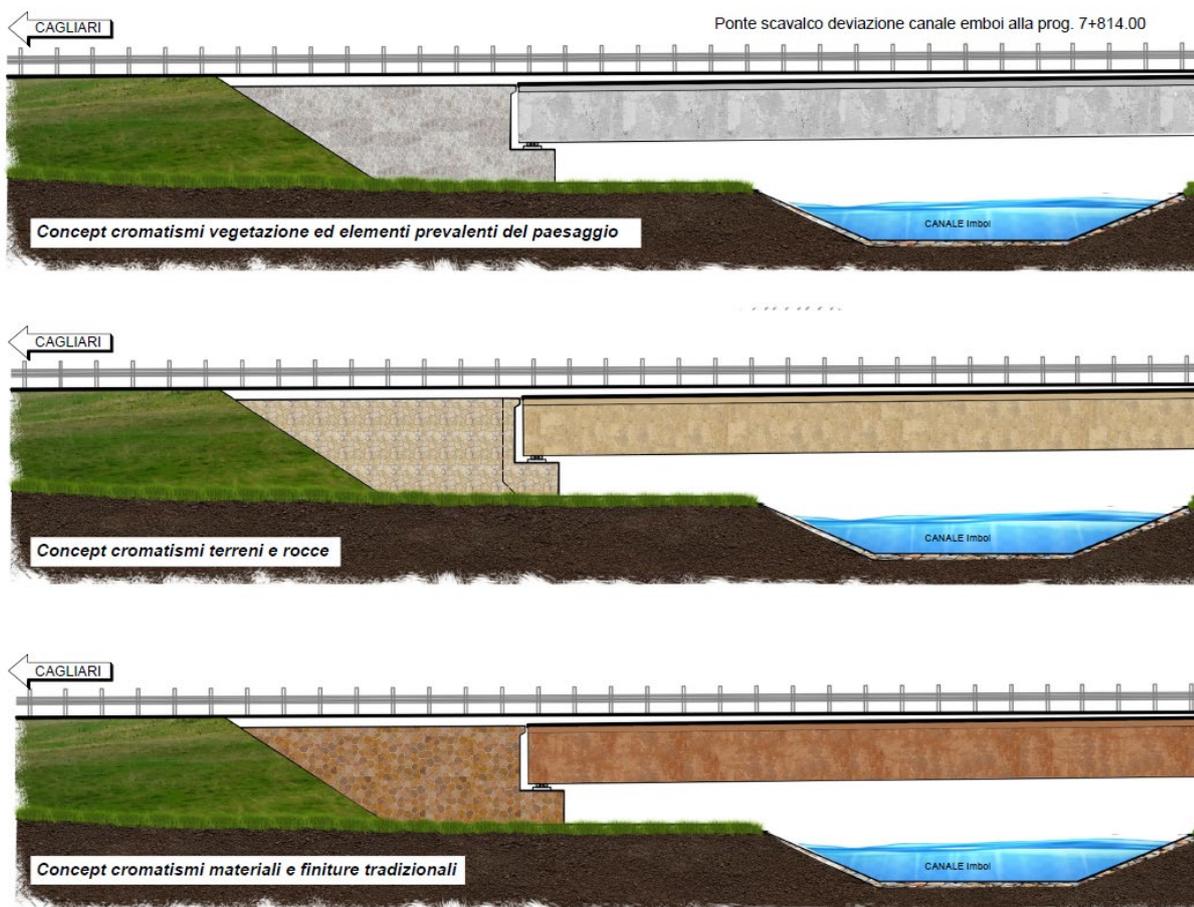


Figura 9.6: Esempio di studio cromatico/texture delle opere d'arte maggiori

MP6 - Ripristino della continuità dei fondi agricoli e in prossimità dei tratturi

Ove necessario, sono stati previsti interventi di ricucitura della continuità dei fondi agricoli per consentire il permanere delle condizioni d'uso del territorio preesistenti alla realizzazione dell'infrastruttura.

Tali interventi consistono essenzialmente nel mantenimento della funzionalità dei collegamenti attuali attraverso la ricucitura della viabilità locale, come ad esempio alla progr. 9+200 c.ca.

PROGETTAZIONE ATI:

9.1. INTERVENTI DI RECUPERO DELLE AREE DI CANTIERE A FINE LAVORI

Al termine dei lavori si prevede la completa dismissione di tutte le aree di cantiere e la loro restituzione all'uso originario.

Sono state definite due diverse tipologie di recupero:

- **Mc01.1 - Recupero dell'uso agricolo**, che si attua in tutte le aree precedentemente adibite allo stesso scopo e che prevede l'aratura ed erpicatura superficiale al fine di creare le precondizioni per il ripristino della fertilità del suolo, e il riporto del terreno vegetale di scotico precedentemente accantonato
- **Mc01.2 - Ripristino**, che viene previsto in corrispondenza delle aree attualmente incolte. Per queste aree si prevede una sistemazione finale con inerbimento al fine di ricostruire la coltre erbacea preesistente all'intervento.

Il ripristino delle aree di cantiere ha come obiettivo principale quello di predisporre un suolo nella sua fase iniziale, che abbia caratteristiche tali da assicurare la naturale evoluzione nel tempo. Occorre, infatti, considerare che il suolo in natura è il frutto dell'interazione di diversi fattori (tra i quali: clima, substrato, morfologia, vegetazione, azione antropica, tempo) che segue un'evoluzione lunga e complessa. Le azioni di ripristino avranno come obiettivo la ricostituzione di un suolo adeguato per la ripresa dell'attività agricola.

Per il ripristino ambientale delle aree di cantiere si utilizzeranno, prioritariamente, gli strati di suolo superficiali risultanti dallo scotico effettuato nelle fasi preliminari della costruzione dell'area cantiere che in fase di ripristino dovrà essere ricostruito in modo da garantire lo spessore adeguato alle necessità agronomiche.

Il suolo sarà ripristinato con una stratigrafia quanto più possibile simile a quella originaria. In particolare saranno ricostruiti gli orizzonti, rispettandone potenza, tessitura specifica e contenuto in scheletro.

Si prevedranno interventi di miglioramento agronomico, se necessari, al fine di garantire le stesse caratteristiche fisico-chimiche rilevate nelle analisi *ante-operam*.

In linea generale si dovranno prevedere le seguenti operazioni:

- Dismissione del cantiere: l'intervento di ripristino ambientale sarà realizzato successivamente alle operazioni di demolizione e/o rimozione delle strutture di cantiere, al fine di lasciare l'area completamente libera da ogni struttura, attrezzatura, rifiuto o maceria.
- Ripuntatura e fresatura del terreno del terreno: Successivamente al disfacimento dei piazzali, strade interne e basamenti delle costruzioni di cantiere si dovrà provvedere ad un primo livellamento dell'area seguito dalla ripuntatura del substrato.
- Stesa del terreno vegetale: Successivamente alla ripuntatura-fresatura si dovrà riportare il terreno vegetale proveniente dallo scotico dell'area, opportunamente accantonato. Nello specifico si prevede la stesa di terreno vegetale per uno spessore pari a cm 20-30. Nella messa in posto del materiale terroso deve essere evitato l'eccessivo passaggio con macchine pesanti o comunque non adatte e che siano prese tutte le accortezze tecniche per evitare compattamenti o comunque introdurre limitazioni fisiche all'approfondimento radicale o alle caratteristiche idrologiche del suolo.
- Erpicatura: Sarà eseguita l'erpatura del terreno, con erpice rotante, per uno spessore pari a 25-30 al fine di sminuzzare le zolle e pareggiare la superficie dell'area dopo la stesa del terreno vegetale, preparando definitivamente il letto di semina.

Regimazione idraulica: infine, il piano campagna dovrà essere ricostituito nel rispetto delle quote rilevate nello stato Ante-Operam in maniera da garantire lo sgrondo delle acque meteoriche in eccesso rispetto alla capacità di ritenuta del terreno, prevedendo la ricostruzione di canali e fossi presenti nella configurazione originaria dell'area.

10. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

PROGETTAZIONE ATI:

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) realizzato per il progetto, si articola nelle seguenti tre fasi temporali distinte:

- monitoraggio Ante Operam (AO) che si concluderà prima dell'inizio delle attività interferenti con la componente ambientale di volta in volta presa a riferimento, ossia prima dell'insediamento dei cantieri e dell'inizio dei lavori;
- monitoraggio in Corso d'Opera (CO) che comprende il periodo dedicato all'implementazione degli interventi, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino dei siti;
- monitoraggio Post Operam (PO) avviato al termine dei lavori, al fine di verificare lo stato seguente alla realizzazione dell'opera.

Il Piano persegue l'obiettivo di quantificare l'impatto che la costruzione e l'esercizio del nuovo asse stradale genera sull'ambiente, attraverso un insieme di rilevazioni periodiche, effettuate su parametri biologici, chimici e fisici, relative alle seguenti componenti ambientali:

- atmosfera
- ambiente idrico superficiale;
- suolo;
- vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi;
- rumore;
- vibrazioni.

Di seguito le indagini previste per singola componente.

10.1. ATMOSFERA

Il quadro prescrittivo riferibile alla qualità dell'aria, contenuto nella Determinazione Dirigenziale n.761 del 6/2/2012 non fornisce indicazioni specifiche in merito alle metodiche di monitoraggio ma si concentra soprattutto sulla necessità di contenere le emissioni in atmosfera durante il corso d'opera e di verificare l'efficacia degli interventi per il contenimento delle polveri in corrispondenza del sistema ricettore.

10.1.1. PMA FASE DI ESERCIZIO

Per la fase di esercizio sono previste misure con campionatori sequenziali e con campionatori passivi. La metodica di riferimento denominata TV permette di definire le concentrazioni di PM10, PM2.5, metalli (As, Ni, Cd, Pb), BaP, NO2 e C6H6.

10.1.2. PMA FASE DI CANTIERE

Per la fase di cantiere, sono previste misure realizzate per mezzo di campionatori sequenziali che permettono una migliore flessibilità di installazione in prossimità dei ricettori e sono più rispondenti alla necessità di un cantiere stradale dove i traccianti prioritari sono le polveri. Vengono proposte due metodiche di riferimento:

- Metodica LC, per ricettori prossimi alle aree di cantiere;
- Metodica LM, per ricettori prossimi ad aree e viabilità di cantiere.

Il Campionamento base in entrambe le metodiche LC e LM riguarda le polveri totali sospese PTS e il particolato aerodisperso PM10. L'analisi di laboratorio sui filtri del PM10 permette di verificare le concentrazioni dei terrigeni (Alluminio, Silicio, Titanio, Calcio, Potassio, Ferro). Rispetto alla metodica LC, la metodica LM permette di verificare le concentrazioni di NO2 e di benzene C6H6 ed è quindi indicata in presenza di traffico di cantiere o, in generale, di traffico stradale.

10.1.2.1. Stazione meteorologica

Si ritiene opportuno, in relazione alla vicinanza del progetto a siti naturali protetti, l'installazione di una centralina fissa in corrispondenza dello svincolo di Capoterra e del Cantiere Operativo C.O.04, per tutta la durata delle attività di monitoraggio.

PROGETTAZIONE ATI:

10.1.3. PUNTI DI MONITORAGGIO

Nella tabella successiva sono indicati punti di monitoraggio e le tipologie di misure previste.

CODICE PUNTO	METODICA	AO			CO			PO		
		DURATA AO (ANNI)	RILIEVI/ANNO AO	TOT AO	DURATA CO (ANNI)	RILIEVI/ANNO CO	TOT CO	DURATA PO (ANNI)	RILIEVI/ANNO PO	TOT PO
ATM 1	TV	1	2	2				1	2	2
	LM	1	2	2	2,5	2	5	1	2	2
ATM 2	LC	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	SMART PM10	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
ATM 3	LC	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	SMART PM10	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
ATM 4	TV	1	2	2				1	2	2
	LM	1	2	2	2,5	2	5	1	2	2

10.2. ACQUE SUPERFICIALI

Il progetto di monitoraggio ambientale ha come obiettivo quello di individuare le eventuali variazioni che la realizzazione dell'infrastruttura potrebbe apportare alle caratteristiche delle acque superficiali presenti nel territorio interessato dall'opera, in particolare presso il canale IMBOI e le acque della laguna. Le operazioni di monitoraggio prevedono una parte di misure in situ e una parte di analisi di laboratorio mirate a identificare le caratteristiche chimico-fisico-batterologiche dell'acqua prelevata.

10.2.1. PARAMETRI DA DETERMINARE IN AO-CO-PO

I parametri che si prevede di indagare nel monitoraggio riguardano:

Analisi chimico-batterologiche (metodica A1):

- pH, Eh, ossigeno disciolto, temperatura, conducibilità elettrica specifica
- azoto totale, nitriti, nitrati
- cloruri,
- solfati,
- Al, Cr tot, Zn, Fe, Cu, Ni, Pb, As, Cd, Hg
- Idrocarburi totali e Idrocarburi Policiclici Aromatici,
- coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali, Escherichia coli;
- COD, BOD5;
- Erbicidi;
- Solidi sospesi totali;
- determinazione dell'Indice STAR_ICMi.

Misure idrologiche e di carattere chimico-fisico (metodica A2):

- portata.

10.2.2. MONITORAGGIO ANTE OPERAM (AO)

Il Monitoraggio Ante Operam (AO) dell'Ambiente Idrico Superficiale ha lo scopo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua in condizioni esenti da disturbi, ovvero in assenza dei disturbi provocati dall'opera in progetto. La durata della fase AO sarà di 6 mesi.

10.2.3. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA (CO)

Il Monitoraggio in Corso d'Opera (CO) ha lo scopo di controllare che l'esecuzione dei lavori per la realizzazione dell'opera non alteri i caratteri qualitativi del sistema delle acque superficiali. Il Monitoraggio in Corso d'Opera avrà una durata pari al tempo di realizzazione delle opere.

10.2.4. MONITORAGGIO POST OPERAM (PO)

Il Monitoraggio Post Operam ha il fine di documentare la situazione ambientale che si ha durante l'esercizio dell'opera al fine di verificare che gli impatti ambientali siano coerenti rispetto alle previsioni dello studio d'impatto ambientale e di accertare la reale efficacia dei provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione degli impatti sull'ambiente. La durata complessiva della fase PO sarà di 12 mesi.

10.2.5. PUNTI DI MONITORAGGIO

Sezione monitoraggio	Corso d'acqua	Posizione
IDRO_SUP 1	Canale IMBOI	Nei pressi del C.B. 01 e A.S. 01
IDRO_SUP 2	Area lagunare	Fine intervento: in prossimità dell'innesto col Lotto 1
IDRO_SUP 3	Area lagunare	Inizio intervento: SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla"

10.3. ACQUE SOTTERRANEE

Le interferenze prodotte dall'opera, in fase di realizzazione, sull'ambiente idrico superficiale sono sinteticamente riconducibili all'alterazione delle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche. Al fine di garantire l'aderenza agli standard nazionali e la confrontabilità con i dati raccolti dalle reti locali e regionali di monitoraggio, il programma di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee prende come riferimento lo stato di qualità ambientale delle acque sotterranee relativo alle classificazioni dello stato quantitativo e dello stato chimico riportate dal D.Lgs. 152/99.

Stato quantitativo

Sulla base del comma 4.4.1 del D.Lgs. n.152/99 i parametri di riferimento per la classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei devono essere rappresentativi delle caratteristiche dell'acquifero: tipologia, piezometria, permeabilità, coefficiente di immagazzinamento, portata e prelievi.

Stato chimico

Sulla base del comma 4.4.2 del D.Lgs n.152/99, lo stato chimico delle acque sotterranee, articolato in 5 classi chimiche, viene definito in relazione ad una serie di macrodescrittori selezionati tra i seguenti parametri di base: temperatura, durezza, conducibilità elettrica, bicarbonati, calcio, cloruri, magnesio, potassio, sodio, solfati, ione ammonio, ferro, manganese, nitrati.

10.3.1. PARAMETRI DA DETERMINARE IN AO-CO

I parametri che si prevede di indagare nel monitoraggio riguardano:

Negli stessi punti in cui si eseguono i prelievi dei campioni d'acqua andranno anche eseguite le misure di carattere idrologico chimico-fisico:

- misura livello statico;
- temperatura dell'acqua;
- temperatura dell'aria;
- potenziale redox.
- chimico-batteriologiche, quali:

pH	durezza totale
alcalinità	cloruri
solforati	azoto ammoniacale
nitriti	nitriti
conducibilità elettrica specifica	fosforo totale
ferro	ossidabilità al permanganato
calcio	magnesio
rame	cadmio
piombo	cromo
composti organoalogenati	idrocarburi policiclici aromatici
esterichia coli	coliformi
coliformi fecali	streptococchi fecali

10.3.2. MONITORAGGIO ANTE OPERAM (AO)

Il Monitoraggio Ante Operam (AO) dell'Ambiente Idrico Superficiale ha lo scopo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua in condizioni esenti da disturbi, ovvero in assenza dei disturbi provocati dall'opera in progetto. Verrà effettuato un monitoraggio presso ogni sezione di monitoraggio.

10.3.3. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA (CO)

Il Monitoraggio in Corso d'Opera (CO) ha lo scopo di controllare eventuali variazioni significative delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque sotterranee, indotte dalla realizzazione delle opere (fondazione, scavi) o di eventi accidentali che si possano verificare, tramite prelievo e l'analisi di campioni d'acqua dai piezometri di ciascun'area. Le attività di monitoraggio, in ogni punto, saranno effettuate con frequenza semestrale.

10.3.4. MONITORAGGIO POST OPERAM (PO)

Il Monitoraggio Post Operam non è previsto per questa componente.

10.3.5. PUNTI DI MONITORAGGIO

Sezione monitoraggio	Posizione
IDRO_SOTT 1	Piezometro S11_pz
IDRO_SOTT 2	Piezometro S9_pz
IDRO_SOTT 3	Piezometro S5

10.4. SUOLO

Il monitoraggio di questa componente ha l'obiettivo di verificare l'eventuale presenza e l'entità di fattori di interferenza dell'opera sulle caratteristiche pedologiche dei terreni, in particolare quelli dovuti alle attività di cantiere.

10.4.1. ACCERTAMENTI ANTE OPERAM

Il monitoraggio ante operam, avendo come scopo quello di caratterizzare lo stato ed il tipo di suolo, fornirà un quadro di base delle caratteristiche del terreno, in modo da poter definire, successivamente, eventuali interventi per ristabilire condizioni di disequilibrio.

10.4.2. ACCERTAMENTI IN CORSO D'OPERA

Il monitoraggio in corso d'opera sarà mirato fundamentalmente al controllo di eventuali sversamenti accidentali di sostanze inquinanti che potrebbero verificarsi in fase di cantiere e alla verifica del

PROGETTAZIONE ATI:

corretto svolgimento delle attività di rimozione e deposizione della matrice pedologica oggetto di scotico per futuro riutilizzo.

10.4.3. ACCERTAMENTI POST OPERAM

Il monitoraggio post operam sarà mirato fondamentalmente al controllo delle sostanze inquinanti dovute al traffico ordinario, una volta che l'infrastruttura verrà messa a regime.

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI MISURAZIONE

10.4.4. PARAMETRI PEDOLOGICI (IN SITU – METODICA S1)

Esposizione: Immersione dell'area in corrispondenza del punto di monitoraggio, misurata sull'arco di 360°, a partire da Nord in senso orario.

Pendenza: Inclinazione dell'area misurata lungo la linea di massima pendenza ed espressa in gradi sessagesimali.

Uso del suolo: Tipo di utilizzo del suolo riferito ad un'area di circa 100 m² attorno al punto di monitoraggio.

Microrilievo: Descrizione di eventuali caratteri specifici del microrilievo del sito.

Pietrosità superficiale: Percentuale relativa ai frammenti di roccia alterata presenti sul suolo nell'intorno areale del punto di monitoraggio.

Rocciosità Affiorante: Percentuale di rocce consolidate affioranti entro una superficie di 1000 m² attorno al punto di monitoraggio.

Fenditure Superficiali: Indicare, per un'area di circa 100 m, il numero, la lunghezza, la larghezza e la profondità in cm delle fessure presenti in superficie.

Vegetazione: Descrizione, mediante uso di unità sintetiche fisionomiche e floristiche, della vegetazione naturale nell'intorno dell'areale del punto di monitoraggio.

Stato Erosivo: Presenza di fenomeni di erosione o deposizione di parti di suolo.

Permeabilità: Velocità di flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo in direzione verticale, rilevato con la determinazione della classe di permeabilità attribuite allo strato con granulometria più fine.

Classe di drenaggio

Substrato pedogenetico: Definizione del materiale immediatamente sottostante il suolo a cui si presume che quest'ultimo sia geneticamente connesso.

10.4.5. PARAMETRI CHIMICO-FISICI: IN SITU E/O IN LABORATORIO (METODICA S2)

Granulometria: Analisi della distribuzione granulometrica del suolo.

Conducibilità elettrica

pH: Indica il grado di acidità e di alcalinità del suolo.

Sostanza organica: Le indagini saranno volte a constatare che i suoli non perdano le loro caratteristiche iniziali di fertilità.

Calcare totale: si intende la componente minerale del terreno costituita prevalentemente da carbonati di calcio, magnesio e sodio.

Idrocarburi pesanti con C>12: La verifica di eventuali contaminazioni del suolo a seguito di sversamenti accidentali sarà effettuata mediante l'analisi del parametro idrocarburi pesanti (C>12). I limiti di riferimento saranno quelli di cui alla Tab. 1., Col. A/B (in funzione della destinazione d'uso del sito di campionamento) del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Metalli pesanti: Sono elementi che presentano una densità superiore a 5 g/cm³ e che si comportano per lo più come cationi. I metalli che saranno oggetto di analisi sono l'Arsenico, il Cadmio, il Cromo, il Rame, il Mercurio, il Nichel, il Piombo e lo Zinco.

10.4.6. PUNTI DI MONITORAGGIO

Le aree di monitoraggio sono così identificate:

- Ante Operam: sarà effettuata 1 trivellata o 1 profilo pedologico;

PROGETTAZIONE ATI:

- Corso d'Opera: eventuali campionamenti saranno effettuati solo a seguito di sversamenti accidentali sulla matrice suolo.
- Post Operam: verranno replicate le misure effettuate nell'ante operam.

Codice	Localizzazione	Frequenza
SUO 1	Area agricola "Id Campus"	1 volta
SUO 2	Presso sv. Di Capoterra/area protetta	1 volta

10.5. VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA

La redazione del Piano di Monitoraggio è finalizzata alla verifica della variazione della qualità naturalistica ed ecologica nelle aree direttamente o indirettamente interessate dall'Opera.

Per le aree naturali prossime al tracciato di progetto, i principi base del monitoraggio consistono:

- nel caratterizzare lo stato della componente nella fase ante operam, con specifico riferimento alle fitocenosi presenti, agli habitat di interesse conservazionistico, oltre alle specie animali e vegetali;
- nel verificare la corretta attuazione delle azioni di salvaguardia e protezione delle componenti naturalistiche;
- nel controllare, nelle fasi di costruzione e post operam, l'evoluzione della vegetazione, degli habitat presenti e dello stato dei popolamenti faunistici, oltre a predisporre, ove necessario, adeguati interventi correttivi;
- nell'accertamento della corretta applicazione delle misure di mitigazione e compensazione ambientale indicate nel SIA, al fine di intervenire per risolvere eventuali impatti residui.

Con particolare riferimento agli habitat di maggiore interesse conservazionistico ai sensi della Direttiva Habitat (per es. habitat ripariali e/o di rilevanza locale), saranno monitorate le formazioni vegetali presenti in prossimità del tracciato; la localizzazione precisa dei siti di campionamento della fauna terrà inoltre in considerazione le emergenze sito specifiche e le relative vulnerabilità.

10.5.1. ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEGLI ACCERTAMENTI

Il monitoraggio sarà articolato in tre fasi distinte:

1. Monitoraggio ante operam, che si conclude prima dell'insediamento dei cantieri;
2. Monitoraggio in corso d'opera, che comprende tutto il periodo di costruzione, dall'apertura dei cantieri fino allo smantellamento e al ripristino dei siti;
3. Monitoraggio post-operam, che comprende orientativamente il primo anno della fase di esercizio, salvo specifici casi inerenti per esempio gli interventi di mitigazione, per i quali è previsto un monitoraggio per 3 anni consecutivi.

10.5.2. METODICHE D'INDAGINE

Le seguenti tipologie di indagine sono state definite considerando le caratteristiche delle componenti floristico-vegetazionale e faunistica dell'area d'indagine, al fine di garantire un monitoraggio efficace e calato sul territorio:

- A - Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio
- A1 – Monitoraggio del successo dei nuovi impianti
- B1 – Analisi floristica per fasce campione
- B2 - Censimento delle comunità vegetali mediante metodo Braun-Blanquet
- C – Monitoraggio della fauna mobile terrestre
- D – Monitoraggio dell'avifauna nidificante
- E – Monitoraggio dell'avifauna migratrice non nidificante
- F – Monitoraggio dell'avifauna legata agli ambienti umidi
- G – Monitoraggio dei passaggi faunistici

10.5.3. PUNTI DI MONITORAGGIO

La scelta delle aree da sottoporre a monitoraggio delle componenti vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi è avvenuta sulla base delle conoscenze acquisite con lo Studio di Impatto Ambientale.

Sezione monitoraggio	Tipologia di indagine	Posizione
VEG 1	stato fitosanitario - indagini floristiche - i rilievi fitosociologici	Lungo il tracciato – parte nord
VEG 2	stato fitosanitario - indagini floristiche - i rilievi fitosociologici	Lungo il tracciato – area svincolo Capoterra
VEG 3	stato fitosanitario - indagini floristiche - i rilievi fitosociologici	Lungo il tracciato – a sud dello svincolo Capoterra
FAU 1	Fauna mobile terrestre - Avifauna nidificante - Avifauna migratrice - Analisi quali-quantitativa dell'avifauna legata agli ambienti umidi - monitoraggio efficacia passaggio faunistico	Presso area naturale protetta
FAU 2	Fauna mobile terrestre - Avifauna nidificante - Avifauna migratrice - Analisi quali-quantitativa dell'avifauna legata agli ambienti umidi - monitoraggio	Presso area naturale protetta

10.6. RUMORE

Il PMA adotta metodiche di misura di 7 gg per il traffico stradale e di 24+48 ore per il cantiere e misure con tecnica di campionamento temporale assistite da operatore (Metodica MA) per il cantiere. Le metodiche di misura in corso d'opera LF, LC, LM riferite rispettivamente a cantieri di avanzamento (FAL), cantieri operativi o traffico mezzi di cantiere, consistono tutte in misure in continuo di durata 24-48 ore.

TIPO MISURA	DESCRIZIONE	DURATA	FASI		
			A.O.	C.O.	P.O.
			FREQUENZA		
TV	Rilevamento di rumore indotto da traffico veicolare	7 gg	Una volta	-	Due volte
MA	Rilevamento del rumore indotto da traffico o attività di cantiere con postazioni mobili e assistite	10-15'	-	Semestrale	-
LF	Rilevamento di rumore indotto dalle lavorazioni effettuate nei cantieri secondari di avanzamento (FAL) e/o nei cantieri secondari per la realizzazione delle gallerie.	24-48 ore	Una volta	Semestrale	-
LC	Rilevamento del rumore indotto dalle lavorazioni effettuate all'interno delle aree di cantiere principali (Cantiere Operativo, Campo Base, cantiere di deposito temporaneo)				
LM	Rilevamento di rumore indotto dal traffico dei mezzi di cantiere				

10.6.1. PUNTI DI MONITORAGGIO

L'elenco dei ricettori oggetto di monitoraggio del rumore è riportato di seguito.

CODICE PUNTO MONITORAGGIO	LOCALIZZAZIONE/MOTIVAZIONE
RUM 1	Canile presso traffico veicolare, area di lavoro e traffico mezzi di cantiere
RUM 2	azienda agricola presso area dei lavori e traffico da cantiere
RUM 3	azienda agricola presso area lavori
RUM 4	Prossimità area tutelata limitrofa ad area lavori

PROGETTAZIONE ATI:

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

RUM 5	attività commerciale presso traffico veicolare, area di lavoro e traffico mezzi di cantiere	
RUM 6	area tutelata limitrofa ad area lavori	

La tabella seguente riporta per ogni punto di monitoraggio le metodiche previste, la durata dei lavori, il numero di rilievi all'anno e il numero di rilievi totali.

CODICE PUNTO	METODICA	AO			CO			PO		
		DURATA AO (ANNI)	RILIEVI/ANNO AO	TOT AO	DURATA CO (ANNI)	RILIEVI/ANNO CO	TOT CO	DURATA PO (ANNI)	RILIEVI/ANNO PO	TOT PO
RUM 1	TV	1	1	1	-	-	-	1	2	2
	LF	1	1	1	-	-	-	-	-	-
	LM	1	1	1	-	-	-	-	-	-
	MA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUM 2	LM	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	MA	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
RUM 3	LM	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	MA	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
RUM 4	LF	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	LC	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	LM	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	MA	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
RUM 5	TV	1	1	1	-	-	-	1	2	2
	LF	1	1	1	-	-	-	-	-	-
	LM	1	1	1	-	-	-	-	-	-
	MA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUM 6	LF	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	LM	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-
	MA	-	-	-	2,5	2	5	-	-	-

10.7. VIBRAZIONI

Per il PMA, vengono proposte due metodiche di monitoraggio "base", differenziate in relazione dell'obiettivo della misura:

- Metodica DS – Misura in continuo delle vibrazioni per la valutazione del disturbo negli edifici con tempi di misura di 24 ore.
- Metodica AA - Misure in continuo di rumore in ambiente abitativo per la valutazione del disturbo del rumore trasmesso per via solida dalle strutture con tempi di misura di 24 ore.

10.7.1. PUNTI DI MONITORAGGIO

CODICE PUNTO MONITORAGGIO	LOCALIZZAZIONE/MOTIVAZIONE
VIB 1	Canile presso traffico veicolare, area di lavoro e traffico mezzi di cantiere
VIB 2	Prossimità area tutelata limitrofa ad area lavori

Nel monitoraggio di *ante operam* è prevista una campagna di misure prima dell'inizio dei lavori sui due ricettori individuati. In corso d'opera, il monitoraggio verrà svolto in corrispondenza delle fasi lavorative più importanti. Non sono necessarie misure di *post operam*.

La tabella seguente riporta per ogni punto di monitoraggio le metodiche previste, la durata dei lavori, il numero di rilievi all'anno e il numero di rilievi totali.

PROGETTAZIONE ATI:

CODICE PUNTO	AO			CO			PO		
	DURATA AO (ANNI)	RILIEVI AO	TOT AO	DURATA CO (ANNI)	RILIEVI CO/ANNO	TOT CO	DURATA PO (ANNI)	RILIEVI PO	TOT PO
VIB 1	1	1	1	2,5	1	2	-	-	-
VIB 2	1	1	1	2,5	1	2	-	-	-

11. PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO E STRUTTURALE

11.1. MONITORAGGIO GEOTECNICO

Il piano di monitoraggio geotecnico è stato definito in modo da poter fornire gli elementi necessari ad una corretta valutazione in corso d'opera, al fine di poter intervenire con eventuali azioni correttive da adottare qualora ci si discosti dalle previsioni progettuali, in termini di comportamento delle nuove strutture.

Per il monitoraggio geotecnico è prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- mire ottiche, per il controllo delle variazioni plano-altimetriche subite dalle singole opere;
- clinometri biassiali, per il monitoraggio dei cambiamenti nell'inclinazione subiti dalle singole opere;
- barrette estensimetriche, per il monitoraggio degli stati tensionali agenti sui singoli elementi strutturali (ad esempio pali di fondazione);
- piezometri, per il controllo dello stato di regime idraulico;
- assestimetri magnetici, per il controllo dei cedimenti di rilevati.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura della strumentazione su opere di sostegno e viadotti consta di letture iniziali, effettuate durante la costruzione della singola opera e di letture successive effettuate per tutta la durata di realizzazione dell'intera infrastruttura fino ad un anno dopo il termine dei lavori.

Le frequenze di lettura in queste fasi sono definite in funzione della tipologia di strumentazione e del tempo trascorso dal fine lavori della singola opera.

11.2. MONITORAGGIO STRUTTURALE

Il Monitoraggio strutturale è stato concepito per valutare costantemente ed in maniera approfondita il comportamento strutturale delle opere dalla loro messa in esercizio. Nel PMS sono state analizzate le varie componenti strutturali definendone per categoria i parametri principali del monitoraggio e specificando la tipologia e la durata della misura da eseguire

Il Monitoraggio fornisce infatti, la reale misura dell'evoluzione dello stato tensionale, e deformativi dei vari componenti strutturali delle opere durante la loro vita utile. e consente ai soggetti responsabili di individuare i segnali necessari per attivare eventuali azioni correttive qualora le "risposte" non siano rispondenti alle previsioni.

Il sistema di monitoraggio prevede una serie di sensori installati, nel caso di viadotti, sull'impalcato, sulle pile e sulle sottostrutture, nel caso di galleria artificiale, sull'impalcato, e nel caso di sottopasso sul solettone di copertura e di fondazione. I sensori sono di diversi tipi e variano in funzione della grandezza e dell'elemento strutturale da monitorare.

PROGETTAZIONE ATI:

Nello specifico per tutte le opere vengono impiegati:

- Stazione meteo (SM) per valutazione delle caratteristiche di temperatura, umidità e vento;
- Sensore temperatura superficiale per la determinazione delle temperature superficiali degli elementi strutturali;
- Trasduttori di spostamento relativo per la valutazione di spostamenti degli elementi strutturali dovuti ad azioni di esercizio e azioni sismiche;
- Estensimetro per la valutazione deformazioni degli elementi strutturali dovuti ad azioni di esercizio e azioni sismiche;

Completano l'architettura del sistema di monitoraggio le seguenti apparecchiature:

- Pannello solare di alimentazione apparecchiature;
- Cablaggio rete.

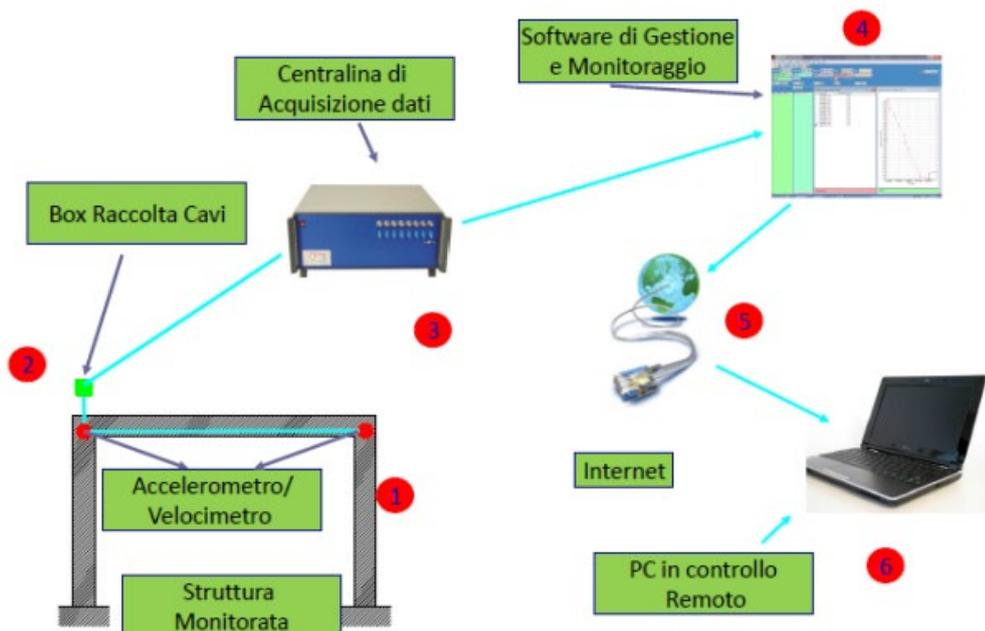
I sensori sono disposti in numero e tipologia tale da garantire una dettagliata "visione" del comportamento strutturale delle opere.

Il posizionamento dei sensori segue i seguenti criteri:

- Sensori di deformazione: si posizionano in corrispondenza di zone maggiormente sollecitate (mezzera delle travi o in appoggio per strutture continue) e/o potenzialmente soggette a danneggiamento per fatica nel caso di impalcati metallici (Es. giunti saldati tra conci);
- Sensori di spostamento e temperatura: sono posizionati in prossimità di appoggi e giunti in modo da monitorare nel dettaglio la risposta alle variazioni termiche;

I sensori sono collegati via cavo a un sistema di acquisizione dati costituito da un *data logger* statico (indicato con DS) e i dati registrati vengono trasferiti in rete mediante piattaforma web di nuova generazione e processati mediante software che restituisce facili tabulati di lettura.

I dati dei singoli sensori, non solo vengono valutati singolarmente, ma possono essere riaggregati dinamicamente tramite modelli fisici interpretativi. Il sistema di acquisizione dati permette di memorizzare la grande mole di dati provenienti dai sensori in modo automatico, secondo un intervallo di tempo preimpostato dall'operatore.



PROGETTAZIONE ATI:

Architettura sistema di monitoraggio

Il collegamento dei sensori alla struttura è effettuato mediante adesivi strutturali e le uniche operazioni di manutenzione (ridotta al minimo) consistono nel controllo periodico e nella sostituzione di componenti mal funzionanti oppure guasti.

12. ESPROPRI

Definito il tracciato di progetto si è proceduto a determinare la fascia di esproprio in accordo alla normativa ANAS "Criteri per la redazione del Piano di Esproprio". La stessa è stata sovrapposta su una base catastale (convertita nelle coordinate rettilinee) al fine di poter ricavare le particelle coinvolte e la consistenza delle aree da espropriare e/o occupare temporalmente.

Una volta individuate le particelle coinvolte, sono state effettuate le visure catastali ed è stato redatto un elenco ditte nel quale i diversi proprietari sono stati accorpati in piani particellari. Infine è stata stimata l'indennità di esproprio sulla base di quanto previsto nel TUE (D.P.R. n. 327/2001).

13. INTERFERENZE

Il nuovo tracciato ricade in un'area prevalentemente industriale e di conseguenza è interessato da un elevato numero di interferenze. Queste sono state individuate mediante:

- sopralluoghi in campo;
- osservazioni di immagini satellitari;
- ricerche di planimetrie ed elaborati negli archivi online degli eventuali enti coinvolti e delle amministrazioni comunali.

L'interferenza principale è il fascio tubiero, caratterizzato da un insieme di condotte fuori terra che dalla costa si addentra nell' entroterra per circa 7 km e si allaccia ai principali poli industriali della zona. Per questo tipo di interferenza sono previste due opere di scavalco (un' opera a farfalla ed un ponte). Le altre interferenze sono costituite prevalentemente da:

- condotte aeree e interrate appartenenti ad acquedotti e fognature;
- linee elettriche aeree AT;
- linee elettriche aeree MT e BT;
- linea telefonica TIM;
- area di bonifica.

Gli elementi di tipo lineare interferiscono con il progetto sia in maniera trasversale che parallela. Particolare riguardo è stato dedicato alle interferenze delle linee dell'AT per il quale è stato redatto un elaborato apposito.

14. CANTIERIZZAZIONE

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere, che sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- utilizzare aree di scarso valore sia dal punto di vista ambientale che antropico;

PROGETTAZIONE ATI:

- necessità di limitare al minimo indispensabile gli spostamenti di materiale sulla viabilità locale e quindi preferenza per aree vicine alle aree di lavoro ed agli assi viari principali.

L'analisi è stata condotta censendo tutti i vincoli (ambientali, di tutela paesaggistica e storico-testimoniale) presenti sul territorio e considerando anche le proprietà agricole presenti lungo il tracciato provvedendo ad ubicare i cantieri nelle aree che presentano il minor grado di sensibilità ambientale e paesaggistica, compatibilmente con le esigenze realizzative delle opere.

La localizzazione delle aree di cantiere e della viabilità di accesso alle stesse è illustrata nelle planimetrie di cantierizzazione:

- *T00CA00CANRE01 RELAZIONE DESCRITTIVA*
- *T00CA00CANPE01 PLANIMETRIA UBICAZIONE CANTIERI E VIABILITA' DI ACCESSO*
- *T00CA00CANPE02 PLANIMETRIA UBICAZIONE AREE DI CANTIERE E VIABILITA' DI SERVIZIO - Tav 1 di 2*
- *T00CA00CANPE03 PLANIMETRIA UBICAZIONE AREE DI CANTIERE E VIABILITA' DI SERVIZIO - Tav 2 di 2*
- *T00CA00CANPE04 FASI REALIZZATIVE - FASE 1*
- *T00CA00CANPE05 FASI REALIZZATIVE - FASE 2*
- *T00CA00CANPE06 FASI REALIZZATIVE - FASE 3*
- *T00CA00CANLF01 SCHEDE DI CANTIERE - Tav 1 di 2*
- *T00CA00CANLF02 SCHEDE DI CANTIERE - Tav 2 di 2*

Mentre la localizzazione degli stessi rispetto a quanto riportato negli strumenti programmatori comunali e rispetto alle tutele di tipo storico-culturale e ambientale, viene riportato nelle seguenti schede:

- *T00CA00CANLF03 - SCHEDE DI CANTIERE SU PRG;*
- *T00CA00CANLF04 - SCHEDE DI CANTIERE SU CARTA USO DEL SUOLO;*
- *T00CA00CANLF05 - SCHEDE DI CANTIERE SU VINCOLI PAESAGGISTICI E STORICI.*

In linea generale l'idoneità di un'area di cantiere (campo base, area tecnica e area di stoccaggio) dipende dai seguenti fattori:

- adiacenza all'area dei lavori (posizionamento lungo il tracciato);
- limitata interferenza con aree boscate o con ambiti naturalistici significativi;
- limitata interferenza con aree agricole di pregio (vigneti per il progetto in esame) sicurezza dell'area dal punto di vista geomorfologico (area non soggetta a dissesti e movimenti franosi);
- sicurezza dell'area dal punto di vista idraulico (area non soggetta a esondazione);
- limitata presenza di edifici nel territorio circostante, in particolare di ricettori sensibili;
- minimizzazione dell'impatto ambientale per tutte le attività previste in cantiere nonché per la movimentazione dei mezzi pesanti;
- dimensioni areali sufficientemente vaste;
- prossimità a vie di comunicazioni importanti e/o con sedi stradali adeguate al transito pesante;
- preesistenza di strade minori per gli accessi, onde evitare il più possibile la realizzazione di nuova viabilità di servizio;
- buona disponibilità idrica ed energetica;
- adiacenza alle opere da realizzare;
- morfologia (evitando, per quanto possibile, pendii o luoghi eccessivamente acclivi in cui si rendano necessari consistenti lavori di sbancamento o riporto);

PROGETTAZIONE ATI:

- esclusione di aree di rilevante interesse ambientale;
- vicinanza ai siti di approvvigionamento di inerti e di smaltimento dei materiali di scavo;

Per lo sviluppo delle attività sono state individuate le seguenti tipologie di aree di cantiere:

- Campo Base;
- Aree tecniche;
- Aree di Stoccaggio.

Nello specifico, per la realizzazione del progetto, sono state previste le seguenti aree di cantiere distribuite lungo il tracciato in modo organico:

- un Cantiere Base a servizio dell'intero intervento posizionato in modo baricentrico al tracciato (identificati con sigla CB);
- cinque Cantieri Operativi in prossimità delle opere d'arte da realizzare (identificati con sigla CO);
- un'area di Stoccaggio (identificata con sigla AS).

I dati principali delle singole aree sono sintetizzati nella tabella seguente:

Codice	Tipologia	Area (mq)
CB01	Cantiere Base	29.920
CO01	Cantiere Operativo (Attraversamento fascio tubiero)	30.783
CO02	Cantiere Operativo (Sottopasso Dorsale CASIC)	8.974
CO03	Cantiere Operativo (Deviazione Fosso IMBOI)	10.185
CO04	Cantiere Operativo (Svincolo Capoterra – CASIC)	6420 +6480
CO05	Cantiere Operativo (Scavalco fascio tubiero)	8.811
AS01	Area di Stoccaggio	25.350

Il Cantiere Base e l'adiacente Area di Stoccaggio AS01 mantengono la loro ubicazione per tutta la durata dei lavori, mentre i Cantieri Operativi essere dismessi appena vengono completate le opere di pertinenza (nel paragrafo successivo si riportano le caratteristiche delle singole aree).

La tempistica legata all'esecuzione dei lavori prevede in totale una durata complessiva di 840 giorni naturali e consecutivi, ovvero circa 32 mesi, suddivisi in una fase propedeutica e tre macro-fasi lavorative. Nel calcolo della durata delle attività, definita con riferimento ad una produttività di progetto ritenuta necessaria per la realizzazione dell'opera, si è tenuto conto della prevedibile incidenza dei giorni di andamento stagionale, nonché della chiusura dei cantieri per festività o ferie collettive degli addetti ai lavori.

Prima della esecuzione dei lavori è prevista una fase relativa alle Attività propedeutiche così costituita:

- Fase propedeutica – durata di 330 giorni, di cui:
 - 120 giorni per Espropri ed Bonifica ordigni bellici (prima della consegna

PROGETTAZIONE ATI:

Lavori);

- 240 giorni per la risoluzione delle interferenze (parzialmente in parallelo all'Esecuzione dei lavori).

I Lavori avranno la seguente cadenza temporale:

- Allestimento Cantieri Base- durata di 30 giorni (1 mese);
- FASE 1 - durata di 400 giorni (circa 13 mesi);
- FASE 2 – durata di 210 giorni (7 mesi);
- FASE 3 – durata di 200 giorni (circa 7 mesi).

Nella fase 3 sono compresi i tempi necessari alla dismissione dei cantieri e al ripristino dello stato dei luoghi.

In estrema sintesi le tre fasi prevedono le seguenti attività:

Fase 1:

- Realizzazione parziale dell'asse Principale AP.01 e AP.02 fino alla progr.7+150,00
- Demolizione rampa svincolo Capoterra esistente verso Est
- Realizzazione opera PT.01 - Ponte Scavalco Fascia Tubiera - da progr. 6+475,00 a progr. 6+545,00
- Realizzazione opera PT.03 - Cavalcavia Svincolo CAPOTERRA – CASIC
- Realizzazione opera PT.04 - Ponte Scavalco Canale IMBOI svincolo SV01 - Ramo A
- Realizzazione VS.01 - Strada Consortile
- Realizzazione della deviazione IN.02 - Canale Emboi
- Realizzazione opera GA.01 - Galleria Artificiale attraversamento fascia Tubiera - da progr. 8+336,00 a progr. 8+ 541,00
- Realizzazione VS.02 - Deviazione Strada Accesso dorsale Casic lato Ovest
- Realizzazione opera ST.01 - Sottovia deviazione strada di accesso dorsale CASIC
- Consolidamento del terreno OS.09 con Jet grouting da prog.10+050 a prog.10+302
- Realizzazione rilevato di precarico tratto OS.10 (fine lotto)
- Preparazione deviazione stradale VS.05 - Ricucitura viabilità ovest - su cui verrà trasferito il traffico dell'asse principale nella fase successiva, con allargamento della piattaforma stradale a 6,50 m.

Il traffico non subirà deviazioni, in quanto rimarrà percorribile l'attuale SS195.

Nella seconda fase verrà chiuso il traffico sull'attuale sede SS195. Attraverso questa chiusura sarà possibile eseguire le lavorazioni che interferiscono con il traffico in esercizio, il quale verrà deviato lungo le strade secondarie, SP 1 e strade comunali a servizi dell'agglomerato industriale, con una velocità massima consentita di 50 km/h.

Fase 2:

- Completamento dell'asse Principale AP.01
- Inizio della realizzazione dell'AP.03 - Asse Principale - da progr. 8+075,00 a progr. 8+336,00 e dell'AP.04 - Asse Principale - da progr. 8+541,00 a progr. 10+302,00;
- Completamento dello svincolo SV.02 Capoterra Est- Casic;
- Realizzazione dello svincolo SV.01 Capoterra Ovest Casic;
- Realizzazione opera PT.05 - Ponte Scavalco Canale IMBOI svincolo SV01 - Ramo B
- Realizzazione opera PT.06- Ponte Scavalco Canale IMBOI svincolo SV01- Asse Cavalcavia
- Completamento della VS.01 strada Consortile

In questa fase si prevede la chiusura del traffico sulla sede attuale della SS195. Il traffico verrà deviato su strade secondarie, sulla SP 1 e strade comunali a servizi dell'agglomerato industriale, con una velocità massima consentita di 50 km/h.

PROGETTAZIONE ATI:

Nella terza fase verrà ultimato l'asse principale, verranno realizzate le opere di finitura non eseguite nelle due fasi precedenti (stesa usura, segnaletica, posa barriere di sicurezza ecc.) e completate le opere di mitigazione e dismesse le aree di cantiere.

Fase 3:

- Completamento dell'asse principale AP.02 [da km 6+545 a km 8+030], AP.03 [da km 8+075 a km 8+336] e AP.04 [da km 8+541 a km 10+302] e del raccordo con la viabilità esistente AP.05 - Rammaglio NORD - e svincolo esistente
- Opere di finitura
- Completamento delle opere di mitigazione ambientale
- Dismissione delle aree di cantiere e ripristino stato dei luoghi
- Esecuzione del Campo Fotovoltaico

In questa fase si prevede l'apertura al traffico della strada consortile VS.01, dello svincolo SV.02 Capoterra Est- Casic e dello svincolo SV.01 Capoterra Ovest- Casic.

Alla fine dei lavori è prevista una ulteriore fase di dismissione dei cantieri e di ripristino stato dei luoghi della durata di 30 giorni

Si evidenzia che il Monitoraggio Ambientale in corso d'opera sarà realizzato in parallelo alla esecuzione dei lavori, e avrà quindi una durata di 840 giorni (circa 32 mesi).

Per il dettaglio di tempi e fasi, si rimanda all'elaborato specifico:

T00CA00CANCR01: CRONOPROGRAMMA LAVORI.

14.1. LE AREE DI CANTIERE

Presso le aree destinate ai siti di cantiere, nonché delle relative piste di accesso, sarà effettuata un'adeguata preparazione con le seguenti modalità:

- scotico del terreno vegetale, con relativa rimozione e accatastamento in siti idonei a ciò destinati (il terreno scotico dovrà essere conservato secondo modalità agronomiche specifiche);
- stesa di tessuto non tessuto (TNT);
- formazioni di piazzali con materiali inerti ed eventuale trattamento o pavimentazione delle zone maggiormente soggette a traffico;
- delimitazione dell'area con idonea recinzione e cancelli di ingresso;
- predisposizione degli allacciamenti alle reti dei pubblici servizi;
- realizzazione delle reti di distribuzione interna al campo (energia elettrica, rete di terra e di difesa dalle scariche atmosferiche, impianto di illuminazione esterna, reti acqua potabile ed industriale, fognature, telefoni, gas, ecc.) e dei relativi impianti;
- costruzione dei basamenti per gli impianti ed i baraccamenti.

Al termine dei lavori, i prefabbricati e le installazioni verranno rimossi e si procederà al ripristino dei siti. La sistemazione degli stessi sarà concordata con gli enti interessati e comunque, in assenza di richieste specifiche, si provvederà al ripristino delle condizioni ante operam.

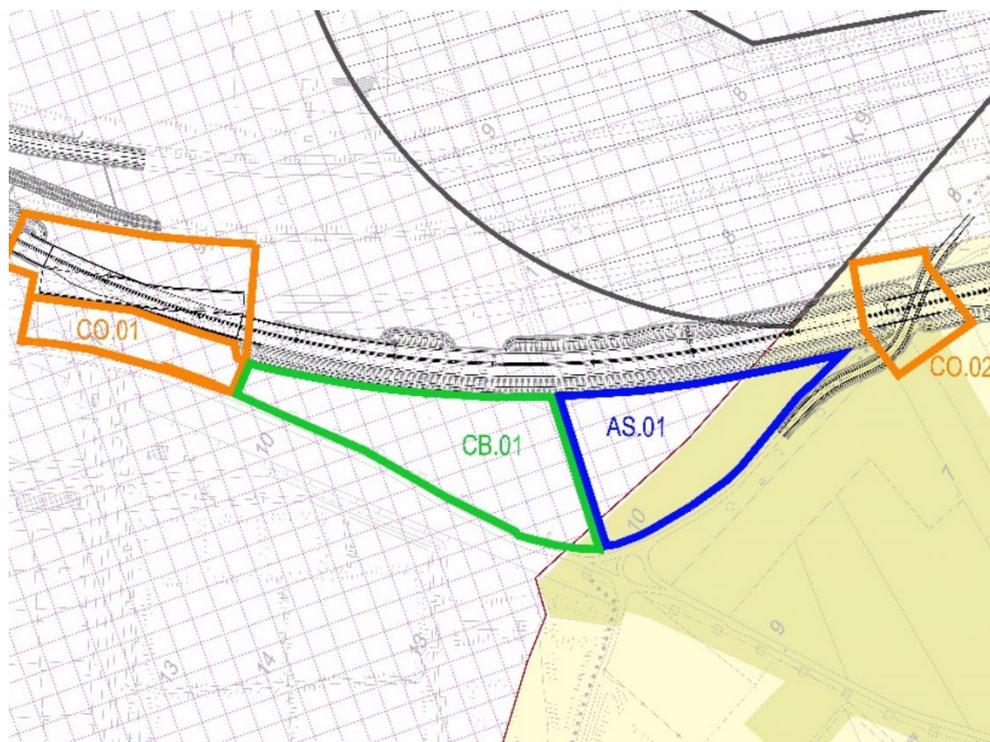
Di seguito si riporta la descrizione delle diverse aree di cantiere, delle specifiche funzionalità e dotazioni.

14.1.1. CANTIERE BASE

L'area individuata per il cantiere principale "Cantiere Base" è tale da risultare funzionale sia in relazione alle fasi di lavoro sia per minimizzare gli effetti della cantierizzazione sulle zone circostanti. E' localizzato tra la fascia tubiera e la viabilità locale ed occupa una superficie di circa 31.480 mq, in un'area D1 di PRG - *GRANDI AREE INDUSTRIALI – AREE COMPRESSE NEL PIANO REGOLATORE CACIP.*

Il cantiere non interferisce con nessun vincolo di tipo storico-culturale, ambientale o paesaggistico.

PROGETTAZIONE ATI:



**ZONA D - AREE INDUSTRIALI, ARTIGIANALI,
COMMERCIALI E DI DEPOSITO**

 D1 - GRANDI AREE INDUSTRIALI – AREE COMPRESSE NEL PIANO REGOLATORE CACIP

ZONA E - USI AGRICOLI

-  E1 - AREE CARATTERIZZATE DA UNA PRODUZIONE AGRICOLA TIPICA E SPECIALIZZATA
-  E2 - AREE DI PRIMARIA IMPORTANZA PER LA FUNZIONE AGRICOLA PRODUTTIVA
-  E5 - AREE AGRICOLE MARGINALI PER ATTIVITÀ AGRICOLA

ZONA G - SERVIZI GENERALI, PUBBLICI E PRIVATI

 G4 - AREE PER INFRASTRUTTURE TECNOLOGICHE E IMPIANTI DI SMALTIMENTO E TRATTAMENTO RIFIUTI

AREE DI RISPETTO

-  AREE DI RISPETTO PAESAGGISTICA
-  FASCIA INFRASTRUTTURE

Figura 14.1: Aree di cantiere su PRG

Caratteristiche e dotazioni

Il lay-out base del cantiere base prevede una serie di installazioni fisse ed attrezzature, ossia box-containers di tipo prefabbricato con pannellature sia in legno che metalliche componibili o, in alcuni casi, con struttura portante modulare (box singoli o accostabili), da adibire ad uffici per la Direzione Lavori, servizi igienico-sanitari e infermeria; tali basamenti, saranno costituiti da pareti impermeabili, adeguatamente areati, illuminati ed eventualmente riscaldati e/o condizionati, con un'installazione tale da evitare il ristagno di acqua sotto le basi. Nell'area adibita alle lavorazioni presente all'interno

PROGETTAZIONE ATI:

del cantiere base, sarà allestito un deposito attrezzi (box prefabbricati in lamiera metallica per il ricovero delle attrezzature di cantiere di piccole e medie dimensioni).

Gli edifici dovranno essere dotati di impianto antincendio, consistente in estintori a polvere e manichette complete di lancia, alloggiati in cassette metalliche con vetro a rompere. Nel caso in cui non vi sia la possibilità di allaccio alla rete fognaria pubblica per lo scarico delle acque nere, il Cantiere Base sarà dotato di impianto per il trattamento delle acque reflue nere. E' inoltre prevista la realizzazione di reti di raccolta delle acque meteoriche e di scolo per i piazzali e la viabilità interna.

Inoltre, all' interno dell'area del cantiere principale si installeranno: cisterne per garantire il rifornimento carburante, serbatoi per rifornimento idrico, mini box per l'alloggiamento dei quadri elettrici.

Il cantiere verrà opportunamente recintato e la recinzione dell'area di cantiere e delle aree operative circostanti sarà costituita da elementi prefabbricati in c.a.v. sormontati da pannelli in lamiera metallica con caratteristiche di fono assorbimento e di altezza non inferiore ai 2,00 m. Inoltre, sarà dotata di segnalazione luminosa notturna mediante lanterne rosse. Sugli accessi saranno esposti i cartelli di divieto, pericolo e prescrizioni, in conformità al D.Lgs. n. 81/08 e il cartello d'identificazione di cantiere, conforme alla circolare del ministero dei lavori pubblici n. 1729 del 01/06/1990.

All'interno del cantiere sono previste apposite aree per lo stoccaggio di materiale:

- **Stoccaggio dei materiali inquinanti:** Le sostanze inquinanti saranno depositate in sicurezza, in apposita area all'uopo allestita, in ottemperanza a quanto prescritto dalle norme ambientali statali e regionali e verranno impermeabilizzate in maniera tale da evitare contatti diretti con il suolo e da essere meno soggette a dilavamento dalle acque piovane.
- **Stoccaggio dei materiali di cantiere:** Le aree di stoccaggio dei materiali previste nell'organizzazione del cantiere saranno ben delimitate e segnalate, dotate di apposito spazio per il carico e lo scarico dei materiali stessi e garantendo allo stesso tempo apposito spazio di manovra dei mezzi di trasporto. Infatti, la collocazione dell'area di deposito sarà scelta in modo tale da non intralciare i movimenti ed il lavoro delle maestranze. Inoltre, i materiali e le attrezzature saranno sempre stoccati su superfici piane ed asciutte. Si avrà cura di non fare pile troppo alte e di disporre i materiali e le attrezzature in modo da evitare che possano cadere su chi li movimentata o vi passa vicino. Il materiale infiammabile ed esplosivo eventualmente presente sarà custodito in baraccamenti posti a distanza di sicurezza dalle altre attrezzature di cantiere e dotati di idonei mezzi di estinzione di incendi. La movimentazione manuale sarà prevista solo nelle modalità previste dal D.Lgs 81/08 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

All'interno del Cantiere Base sono previsti i seguenti apprestamenti:

- **Mensa:** la mensa sarà formata da elementi prefabbricati monoblocco per uso cucina e mensa, muniti di idonea attrezzatura, dotazioni di cucina (cottura, frigoriferi, stoviglie, ecc.) e arredi del refettorio. Saranno provvisti di allacciamento alla rete elettrica, alla rete idrica e alla fognatura.
- **Dormitori, spogliatoi, locale ricovero/riposo e guardiania:** questi locali saranno costituiti da elementi prefabbricati monoblocco.
- **Servizi igienici,** Per i servizi igienici sono stimate anche la manutenzione e la pulizia per garantirne la salubrità a tutela della salute dei lavoratori.
- **Impianto di riscaldamento:** Le baracche saranno poi munite di riscaldamento.
- **Impianto di produzione di acqua calda sanitaria:** Sarà installata una centrale di riscaldamento autonoma a gas liquido per produzione di acqua calda per l'intero cantiere.

PROGETTAZIONE ATI:

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

- Impianto di terra, composto di tutti gli elementi necessari a realizzare la fondamentale protezione contro i contatti indiretti (Norme CEI 64-8 VII Edizione) e cioè dispersori, collettore di terra, conduttori di protezione, nonché i collegamenti equipotenziali principali e supplementari;
- Impianto contro le scariche atmosferiche per le strutture metalliche dei baraccamenti in funzione della dimensione (impianti per i dormitori, per locale ricreativo/riposo, per l'infermeria e per la mensa) e delle opere provvisoriale, i recipienti e gli apparecchi metallici di notevoli dimensioni situati all'aperto;
- Impianto di illuminazione di emergenza costituito da plafoniera di emergenza, costruita in materiale plastico autoestinguente, completa di tubo fluorescente, della batteria tampone, del pittogramma e degli accessori di fissaggio (stimato per i dormitori, per il locale ricreativo/riposo, per l'infermeria, in funzione della dimensione dei locali);
- Estintori, collocati in maniera tale che la distanza massima da percorrere per raggiungere il più vicino non superi i 20m;
- Segnaletica suddivisa tra: segnaletica di divieto (che vieta un comportamento che potrebbe far correre o causare un pericolo); segnaletica di avvertimento (che avverte di un rischio o pericolo); segnaletica di salvataggio (che fornisce indicazioni relative alle uscite di sicurezza e ai mezzi di soccorso e di salvataggio); segnaletica d'informazione (che fornisce indicazioni diverse da quelle specificate nelle tipologie precedenti);
- Locale adibito ad infermeria;
- Delimitazione dei percorsi pedonali nel cantiere in new jersey in plastica riempiti ad acqua o sabbia.

PROGETTAZIONE ATI:

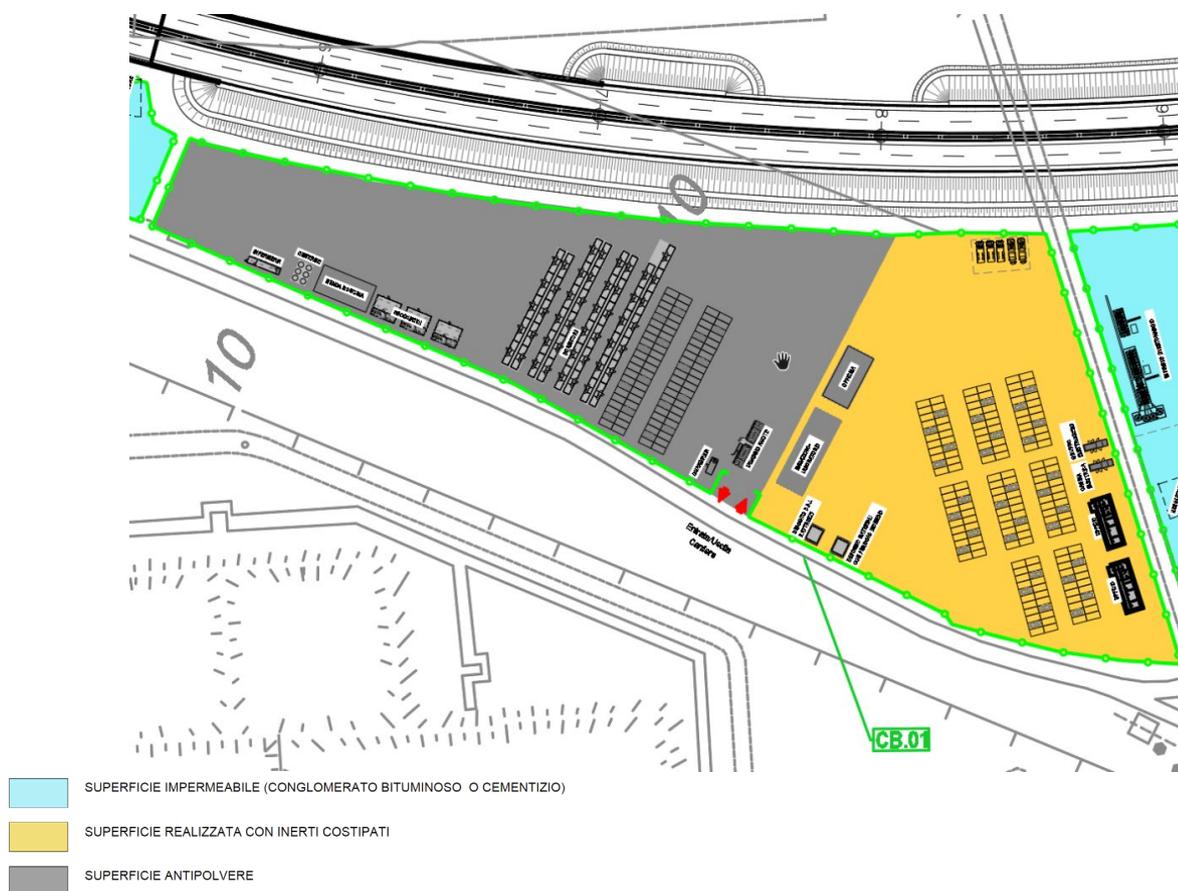


Figura 14.2: Cantiere Base - layout

14.1.2. CANTIERI OPERATIVI

Lungo l'intervento sono previsti cinque Cantieri Operativi in prossimità delle opere d'arte da realizzare, rispettivamente:

- CO01 Cantiere Operativo: Attraversamento fascio tubiero;
- CO02 Cantiere Operativo: Sottopasso Dorsale CASIC;
- CO03 Cantiere Operativo: Deviazione Fosso IMBOI;
- CO04 Cantiere Operativo: Svincolo Capoterra – CASIC;
- CO05 Cantiere Operativo: Scavalco fascio tubiero.

Tutti i cantieri operativi rientrano in aree D1 di PRG - *GRANDI AREE INDUSTRIALI – AREE COMPRESSE NEL PIANO REGOLATORE CACIP*, tranne il CO02 che rientra in area E1 - *AREE CARATTERIZZATE DA UNA PRODUZIONE AGRICOLA TIPICA E SPECIALIZZATA*.

ELABORATI GENERALI – RELAZIONE TECNICA GENERALE

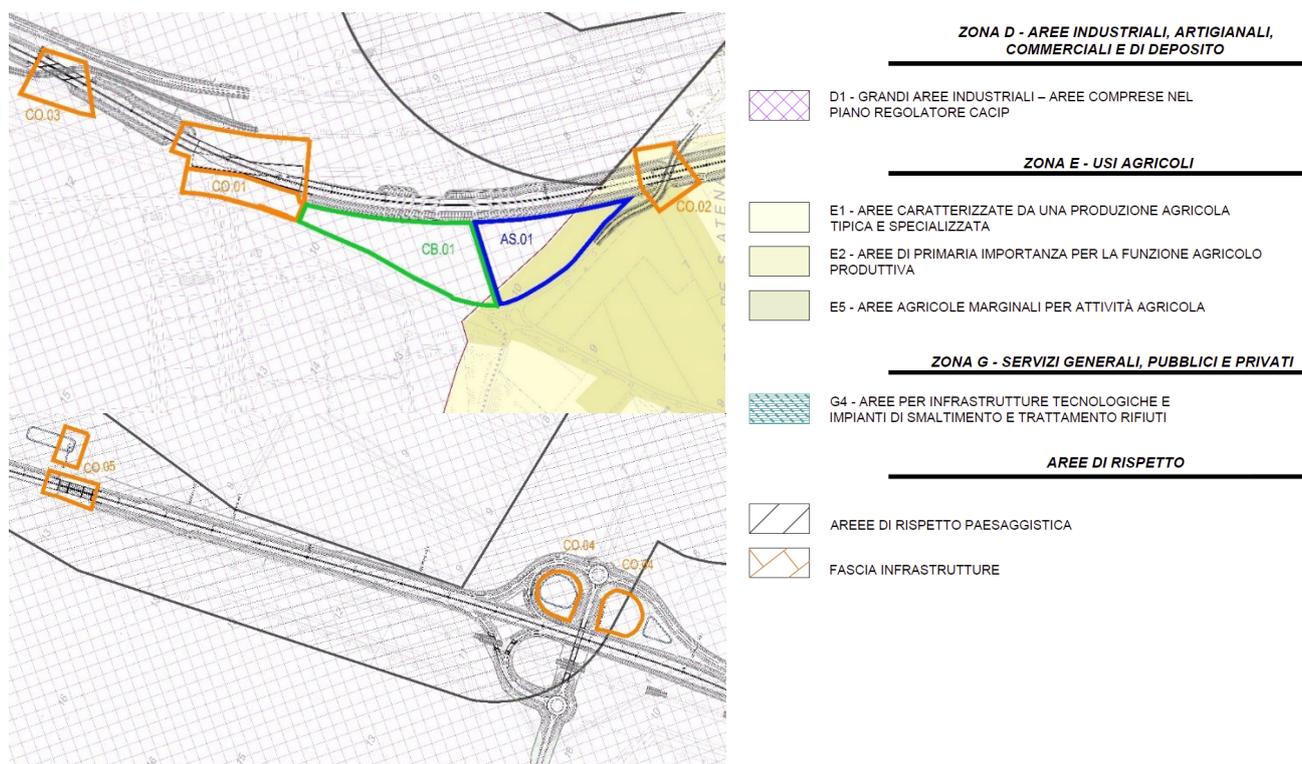


Figura 14.3: Aree di cantiere su PRG

I Cantieri Operativi hanno gli impianti ed i servizi strettamente legati all'esecuzione della specifica opera o lavorazioni da eseguire nella zona di pertinenza.

Nei Cantieri Operativi sono previsti i seguenti apprestamenti:

- Fossa di raccolta e decantazione acque di lavorazione a tenuta compreso scavo volume indicativo 5 m³, per depurare le acque prima dello scarico;
- Bagno chimico portatile realizzato in materiale plastico antiurto, in numero di 2 per ciascuna area;
- Estintori collocati in maniera tale che la distanza massima da percorrere per raggiungere il più vicino non superi i 20m;
- Segnaletica suddivisa tra: segnaletica di divieto (che vieta un comportamento che potrebbe far correre o causare un pericolo); segnaletica di avvertimento (che avverte di un rischio o pericolo); segnaletica di salvataggio (che fornisce indicazioni relative alle uscite di sicurezza e ai mezzi di soccorso e di salvataggio); segnaletica d'informazione (che fornisce indicazioni diverse da quelle specificate nelle tipologie precedenti);
- Cassetta di pronto soccorso come da Dlgs 81/08 e smi, collocata in ciascuna baracca;
- Parapetti a protezione dalle cadute nel vuoto, per i bordi degli impalcati, i bordi delle demolizioni di impalcati, i casseri delle fondazioni, i bordi dei muri e le testate delle paratie);
- Motogeneratore elettrico di emergenza, per i fronti di scavo e le aree tecniche a servizio di demolizioni e realizzazioni di viadotti;
- Stazione automatica di lavaggio ruote, in corrispondenza dei punti di immissione dei mezzi sulla viabilità pubblica (dalle aree industriali e tecniche).

PROGETTAZIONE ATI:

14.1.3. AREE DI STOCCAGGIO

Lungo l'intervento è prevista un'area di stoccaggio terre, ubicata in corrispondenza del cantiere base presso un'area pianeggiante. Tale area rientra in aree D1 di PRG - *GRANDI AREE INDUSTRIALI – AREE COMPRESSE NEL PIANO REGOLATORE CACIP* e marginalmente interessa un'area E2 - *AREE DI PRIMARIA IMPORTANZA PER LA FUNZIONE AGRICOLO PRODUTTIVA* (si veda Figura 14.3).

Presso questa area è previsto:

- di accantonare i volumi di scavo, provenienti dalle attività, in attesa di essere reimpiegati ovvero allontanati dal cantiere;
- di stoccare materiale da costruzione in attesa della messa in opera (rilevati, misti granulari, collettori idraulici, tombini, etc);
- di accantonare i volumi di terreno vegetale, provenienti dalle attività di scotico e/o bonifica. Il terreno vegetale sarà comunque separato dallo stoccaggio del terreno di recupero, in quanto è destinato a ricostituire la coltre vegetale dei ripristini e dei rimodellamenti; ciò, allo scopo di non ridurre le proprietà vegetali di ricostituzione della vegetazione autoctona.

In condizioni climatiche particolari (forte vento), si dovrà far ricorso all'utilizzo di nebulizzatori per irrorare il materiale stoccato, al fine di non indurre dispersioni di polveri nell'ambiente.

Presso l'AS01 è prevista l'installazione di un impianto di frantumazione e vagliatura per la lavorazione degli inerti provenienti da scavo.

Nell'Area di Stoccaggio sono previsti i seguenti apprestamenti:

- Bagno chimico portatile realizzato in materiale plastico antiurto;
- Estintori collocati in maniera tale che la distanza massima da percorrere per raggiungere il più vicino non superi i 20;
- Segnaletica suddivisa tra: segnaletica di divieto (che vieta un comportamento che potrebbe far correre o causare un pericolo); segnaletica di avvertimento (che avverte di un rischio o pericolo); segnaletica di salvataggio (che fornisce indicazioni relative alle uscite di sicurezza e ai mezzi di soccorso e di salvataggio); segnaletica d'informazione (che fornisce indicazioni diverse da quelle specificate nelle tipologie precedenti);
- Cassetta di pronto soccorso.

15. IMPIANTI

Il progetto prevede la realizzazione degli impianti di illuminazione dello svincolo di Capoterra-Casic ed il completamento di quello dello svincolo del lotto adiacente a sud. Inoltre si prevede un impianto di illuminazione di servizio della galleria artificiale (Opera a Farfalla) ed alcuni impianti di segnaletica.

Tutti i corpi illuminanti previsti per l'impianto di illuminazione sono a Led, ad alta efficienza energetica, dotati di un sistema di telecomando ad onde radio.

15.1. IMPIANTI ILLUMINAZIONE SVINCOLI

La strada in progetto è una strada di tipo B (Strade extraurbane principali), per cui, in accordo con la norma UNI 11248 (2016) la categoria illuminotecnica di ingresso associata è la **M2** mentre la categoria illuminotecnica di progetto risulta essere la **M3**.

Al fine di garantire le prestazioni illuminotecniche l'impianto di illuminazione degli svincoli e delle rotonde, ricadenti nel tratto stradale oggetto del presente intervento, sarà come di seguito descritto costituito:

PROGETTAZIONE ATI:

- Pali di illuminazione troncoconico curvato a sezione circolare in acciaio con plinti prefabbricati in cls vibrato;
- Corpi illuminanti a Led;
- Apparat per la regolazione del flusso luminoso tramite onde radio.

15.2. IMPIANTI ILLUMINAZIONE GALLERIA ARTIFICIALE AL KM 8+350

Al fine di consentire un agevole ispezione e manutenzione del fascio tubiero transitante sotto la sede stradale, il presente progetto prevede una illuminazione di servizio della galleria artificiale presente al km 8+350.

L'illuminazione è stata dimensionata per garantire, nella zona in cui transita il fascio tubiero, un illuminamento medio superiore a 50 lux.

Per l'alimentazione elettrica è prevista una consegna dedicata in bassa tensione ed il quadro elettrico di alimentazione sarà posizionato, insieme agli apparati di trasmissione dati, all'interno di un armadio stradale in vetroresina posto nelle immediate vicinanze dell'imbocco della galleria.

I cavi di alimentazione saranno posti all'interno di tubazioni portacavi in acciaio staffate alla volta della galleria.

15.3. PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE

Il presente progetto prevede l'installazione di n.2 pannelli a messaggio variabile alfanumerici 3x15 con pittogramma full-color, installati su portali a bandiera lungo il tracciato principale, in corrispondenza delle seguenti progressive:

- PMV 1: carreggiata sud al km 5+850;
- PMV 2: carreggiata nord al km 9+775.

Ogni PMV sarà alimentato in bassa tensione da apposita consegna dell'Ente Erogatore; il quadro elettrico di alimentazione sarà posizionato, insieme agli apparati di trasmissione dati, all'interno di un armadio stradale in vetroresina posto nelle immediate vicinanze di ciascun PMV.

La trasmissione dati avverrà mediante l'installazione, per ciascuna postazione PMV; di un router di tipo industriale GPRS/UMTS/LTE con SIM dati dedicata.

15.1. IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il presente progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico sfruttando un'area avente una estensione utile pari a circa 11.500 mq già di proprietà di Anas.

Nell'area in questione si prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici disposti su file separate, al fine di produrre energia da fonte rinnovabile e tale impianto sarà collegato alla rete del distributore di energia elettrica mediante una connessione in media tensione.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato specifico T00SV00IMPRE01.

16. BONIFICA ORDIGNI BELLICI

La valutazione della necessità della Bonifica descritta è stata valutata ai sensi del D. Lgs. 81/2008 e ai sensi della Direttiva GEN-BST-001 Ed. Gennaio 2020 "Direttiva tecnica sulla Bonifica Bellica Sistemática Terrestre".

Con riferimento alle analisi effettuate, stante l'impossibilità di escludere completamente l'ipotesi di ritrovamento in analogia con la scelta di effettuare la Bonifica in aree limitrofe con i medesimi indici di rischio si ritiene necessaria l'effettuazione della bonifica con interessamento di tutta la superficie di occupazione dell'intervento e delle aree di cantierizzazione. La bonifica da ordigni bellici, ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa e deve essere eseguita secondo le prescrizioni del progetto e le eventuali prescrizioni della Direzione Genio Militare territorialmente competente.

In considerazione del tipo di mezzi che vengono impiegati per le lavorazioni e tenuto conto delle profondità di scavo, si ritiene di intervenire con le seguenti tecniche di bonifica:

- taglio della vegetazione erbacea ed arbustiva che dovesse ostacolare la corretta esecuzione della bonifica;
- bonifica superficiale (BST-S), da ordigni residuati bellici, fino a mt 1.00 di profondità dal piano campagna, delle aree interessate dai lavori di ogni tipo, comprese quelle di cantiere e di piste di servizio;
- bonifica profonda (BST-P), mirata ad individuare gli eventuali ordigni presenti nel volume di terreno interessato da scavi, o da altre azioni di natura invasiva come il movimento dei mezzi meccanici, che possono causare l'esplosione involontaria degli stessi, effettuata mediante trivellazioni spinte fino a mt 3.00/5.00/7.00 di profondità dal piano campagna (Direttiva GEN-BST-001 Ed. 2020), con garanzia di 1 mt. oltre tale profondità.

Le attività di bonifica degli ordigni bellici non sono attività in capo all'appaltatore, in quanto attività propedeutiche all'inizio dei lavori e a cura della stazione appaltante.

17. QUADRO ECONOMICO

Per quanto riguarda la parte economica si rimanda ai relativi elaborati di dettaglio; per la valutazione economica dell'intervento è stato utilizzato l'elenco prezzi ANAS 2023 rev1.