



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

CUP

F2602000340001

CIG

652449686B



GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA
ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE
DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850

PROGETTO DEFINITIVO

C-ASSE STRADALE PRINCIPALE

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

Relazione

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

CONCORRENTE:



PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.



Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

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

RESPONSABILE ELABORATO
Ing. Paolo Cucino

INDICE

| | | | | | |
|-------|--|----|-------|---|----|
| 1 | PREMESSA..... | 3 | 4.2.3 | Uso del suolo..... | 36 |
| 1.1 | Metodologia di analisi..... | 3 | 4.3 | Potenziali interferenze indotte dall'opera per la componente suolo e sottosuolo..... | 37 |
| 1.2 | Criteri di analisi e verifica degli impatti..... | 3 | 5 | VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA..... | 38 |
| 2 | ATMOSFERA..... | 5 | 5.1 | Descrizione dello stato della componente..... | 38 |
| 2.1 | Descrizione delle sostanze inquinanti..... | 5 | 5.1.1 | Inquadramento bioclimatico dell'area..... | 38 |
| 2.1.1 | Monossido di carbonio..... | 5 | 5.1.2 | Serie di vegetazione del PFAR – vegetazione potenziale..... | 38 |
| 2.1.2 | I composti organici volatili (VOC)..... | 6 | 5.2 | Vegetazione reale interessata dal progetto..... | 39 |
| 2.1.3 | Il particolato atmosferico (PTS, PM ₁₀ , PM _{2.5})..... | 6 | 5.2.1 | Naturalità e sensibilità della vegetazione..... | 41 |
| 2.1.4 | Ossidi di azoto..... | 7 | 5.3 | Caratterizzazione della fauna locale..... | 41 |
| 2.1.5 | Ozono..... | 7 | 5.4 | Individuazione degli ecosistemi presenti lungo l'infrastruttura..... | 45 |
| 2.1.6 | Biossido di zolfo..... | 8 | 5.5 | Individuazione delle aree sensibili..... | 46 |
| 2.1.7 | Composti del piombo..... | 9 | 5.6 | Potenziali interferenze indotte dall'opera per la componente Vegetazione, flora e fauna - Ecosistemi..... | 46 |
| 2.2 | Quadro normativo di riferimento..... | 9 | 6 | SALUTE PUBBLICA..... | 49 |
| 2.2.1 | Le Direttive europee di settore..... | 9 | 6.1 | Premessa..... | 49 |
| 2.2.2 | Riferimenti normativi nazionali..... | 9 | 6.2 | I fattori di rischio..... | 49 |
| 2.3 | Descrizione dello stato della componente..... | 11 | 6.2.1 | Gli inquinanti atmosferici..... | 49 |
| 2.3.1 | Analisi meteorologica..... | 11 | 6.2.2 | Il rumore..... | 49 |
| 2.3.2 | Lo stato della qualità dell'aria sul territorio di interesse..... | 17 | 6.3 | Considerazioni sugli effetti degli inquinanti atmosferici e del rumore..... | 49 |
| 2.4 | Potenziali interferenze indotte dall'opera..... | 19 | 6.3.1 | Qualità dell'aria..... | 49 |
| 2.4.1 | Il modello di emissione..... | 19 | 6.3.2 | Rumore..... | 50 |
| 2.4.2 | Il modello di dispersione degli inquinanti..... | 24 | 7 | RUMORE..... | 51 |
| 2.4.3 | Conclusioni..... | 25 | 7.1 | Descrizione dello stato della componente..... | 51 |
| 3 | AMBIENTE IDRICO..... | 27 | 7.2 | Riferimenti legislativi..... | 51 |
| 3.1 | Descrizione dello stato della componente..... | 27 | 7.2.1 | Legge 447 del 26/10/95..... | 51 |
| 3.1.1 | Idrografia superficiale e corpi idrici attraversati..... | 27 | 7.2.2 | Il D.P.C.M. 14/11/97..... | 51 |
| 3.1.2 | Aree a rischio di piena..... | 27 | 7.2.3 | D.P.R. 30 Marzo 2004 n. 142..... | 52 |
| 3.1.3 | Acque ed aree protette della Sardegna..... | 29 | 7.2.4 | DPR 18/11/98 - Regolamento attuativo rumore ferroviario..... | 54 |
| 3.1.4 | Qualità delle acque superficiali..... | 29 | 7.2.5 | D.M.A. 29 Novembre 2000 n. 142 (GU n.285 del 06-12-2000)..... | 54 |
| 3.1.5 | Potenziali interferenze indotte dall'opera sulla componente ambiente idrico..... | 31 | 7.2.6 | Normative Regionali..... | 55 |
| 4 | SUOLO E SOTTOSUOLO..... | 33 | 7.2.7 | Monitoraggio..... | 55 |
| 4.1 | Descrizione dello stato della componente..... | 33 | 7.2.8 | Metodologia adottata..... | 55 |
| 4.1.1 | Inquadramento geologico dell'area vasta..... | 33 | 7.3 | Analisi previsionale..... | 57 |
| 4.2 | Inquadramento idrogeologico..... | 34 | 7.3.1 | Scelta del modello di simulazione..... | 57 |
| 4.2.1 | Individuazione zone geologicamente e idrogeologicamente sensibili..... | 35 | 7.3.2 | Dati di input del modello..... | 57 |
| 4.2.2 | Sismicità..... | 35 | 7.3.3 | Input e taratura del modello di simulazione..... | 58 |
| | | | 7.4 | Metodo di dimensionamento degli interventi di mitigazione..... | 60 |
| | | | 7.4.1 | La mitigazione degli impatti prodotti..... | 60 |
| | | | 7.4.2 | Dimensionamento di massima degli interventi di mitigazione..... | 60 |

| | | |
|--------|--|----|
| 7.5 | Considerazioni sul clima acustico | 62 |
| 7.6 | Monitoraggio post opera | 62 |
| 8 | VIBRAZIONI | 63 |
| 9 | PAESAGGIO | 64 |
| 9.1 | Premessa | 64 |
| 9.2 | Descrizione dello stato della componente | 64 |
| 9.2.1 | Inquadramento generale del contesto paesaggistico | 64 |
| 9.2.2 | Vincoli paesaggistici e tutele | 67 |
| 9.2.3 | Caratteri paesaggistici dell'area di intervento | 68 |
| 9.2.4 | Condizioni percettive | 70 |
| 9.3 | Potenziali interferenze indotte dall'opera | 73 |
| 10 | QUADRO DI SINTESI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE | 75 |
| 10.1 | Metodologia | 75 |
| 10.2 | Azioni di progetto e fattori di pressione ambientale | 75 |
| 10.2.1 | Azioni di progetto | 75 |
| 10.2.2 | Definizione dei fattori di pressione e degli impatti | 75 |
| 10.2.3 | Valutazione dei livelli di impatto | 77 |
| 10.3 | Raccolta sintetica delle potenziali interferenze | 78 |
| 10.3.1 | Fase di costruzione | 78 |
| 10.3.2 | Fase di esercizio | 81 |
| 10.4 | Conclusioni | 86 |
| 11 | BIBLIOGRAFIA | 88 |

ELENCO ELABORATI DI RIFERIMENTO

| QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE | | |
|--|-------------------------------------|----------|
| Relazione | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-RE-01-C | - |
| Atmosfera: concentrazioni NO2 - stato attuale | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-01-B | 1:10.000 |
| Atmosfera: concentrazioni NO2 - post operam | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-02-B | 1:10.000 |
| Atmosfera: concentrazioni PM10 - stato attuale | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-03-B | 1:10.000 |
| Atmosfera: concentrazioni PM10 - post operam | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-04-B | 1:10.000 |
| Carta geologica e geomorfologia | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-05-B | 1:10.000 |
| Carta idrogeologica e del reticolo idrografico | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-06-B | 1:10.000 |
| Carta dell'uso del suolo | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-07-B | 1:10.000 |
| Carta della vegetazione | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-08-B | 1:10.000 |
| Carta degli ecosistemi e della fauna | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-09-B | 1:10.000 |
| Rumore: Zonizzazione acustica Tav 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-10-B | 1:5.000 |
| Rumore: Zonizzazione acustica Tav 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-11-B | 1:5.000 |
| Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione Tav. 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-12-C | 1:5.000 |
| Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-13-C | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico stato attuale - diurno Tav. 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-14-B | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico stato attuale - diurno Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-15-B | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico stato attuale - notturno Tav 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-16-B | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico stato attuale - notturno Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-17-B | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam - diurno Tav. 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-26-A | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam - diurno Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-27-A | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam - notturno Tav. 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-28-A | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam - notturno Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-29-A | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam con interventi di mitigazione - diurno Tav. 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-18-B | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam con interventi di mitigazione - diurno Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-19-B | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam con interventi di mitigazione - notturno Tav. 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-20-B | 1:5.000 |
| Rumore: clima acustico post operam con interventi di mitigazione - notturno Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-21-B | 1:5.000 |
| Rumore e vibrazioni - Fase di cantiere Tav. 1/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-22-C | 1:5.000 |
| Rumore e vibrazioni - Fase di cantiere Tav. 2/2 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-23-B | 1:5.000 |
| Carta del paesaggio | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-24-B | 1:10.000 |
| Carta della percezione visiva | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-25-B | 1:10.000 |
| Documentazione fotografica (tav. 1/2) | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-SC-01-B | varie |
| Documentazione fotografica (tav. 2/2) | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-SC-02-B | varie |
| Fotosimulazione: svincolo SS131 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-SC-03-B | - |
| Fotosimulazione: svincolo Baracca Manna | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-SC-04-B | - |
| Fotosimulazione: svincolo Monserrato | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-SC-05-B | - |
| Fotosimulazione: svincolo SS.125 | DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-SC-06-B | - |

1 PREMESSA

1.1 Metodologia di analisi

Il Quadro di Riferimento Ambientale, oltre a fornire il quadro esaustivo dello stato ante operam del sistema ambientale interessato, ha tra i suoi compiti principali la determinazione del livello d'impatto indotto dall'opera proposta.

Il primo passo procedurale del SIA è stato quello di definire le caratteristiche del sistema ambientale nel quale l'opera proposta si va ad inserire. Viene definito l'ambito territoriale di riferimento all'interno del quale si presume che il progetto possa determinare significativi effetti, sia a livello diretto sia a livello indiretto. All'ambito territoriale si correlano i sistemi ambientali, il cui peso viene determinato in funzione delle caratteristiche e peculiarità del contesto in cui si interviene, con riferimento alle componenti fisiche, naturalistiche ed antropiche del sistema generale.

Le componenti ambientali sono distinte nel modo seguente:

- Atmosfera;
- Ambiente Idrico;
- Suolo e sottosuolo;
- Vegetazione, flora e fauna;
- Ecosistemi;
- Salute Pubblica;
- Rumore;
- Vibrazioni;
- Paesaggio.

L'analisi svolta sulle componenti è condotta in riferimento a due principali fattori:

- il grado di importanza della singola componente e dei parametri ambientali, valutato rispetto alle peculiarità del sistema ambientale nella sua globalità;
- la tipologia di intervento proposta che nel caso in esame si riferisce alla realizzazione di un nuovo tracciato.

Le indagini condotte sulle singole componenti sono rivolte a determinarne il loro stato nella situazione ante operam, in corso d'opera (aspetto che viene trattato nello specifico nel quadro di riferimento progettuale) ed, infine, nella situazione post operam. La trattazione delle componenti è affrontata in relazione alle caratteristiche del contesto ed al "peso" relativo di ciascuna rispetto al sistema ambientale considerato nella totalità.

La definizione dello stato ante operam è supportato da indagini sviluppate in sito appositamente per il S.I.A. in oggetto ed indagini sviluppate per il progetto ed acquisite dal S.I.A. stesso.

Le indagini sviluppate in situ concernono:

- la campagna di misure fonometriche;
- la conoscenza diretta dei siti al fine di determinare le condizioni di percezione e le presenze vegetazionali.

A supporto delle determinazioni ante operam e post operam vengono poste delle attività di simulazione e verifica sintetizzabili in:

- applicazione di modellistica per le componenti rumore ed atmosfera per il confronto con i livelli di compatibilità stabilita dalla normativa vigente nonché definizione e verifica degli interventi di mitigazione acustica;
- fotoinserimenti in tratti significativi del progetto al fine di testimoniare il grado di inserimento paesaggistico – ambientale delle opere previste.

1.2 Criteri di analisi e verifica degli impatti

La procedura di analisi e valutazione degli impatti per ciascuna componente ambientale, condotta nel corso della redazione del SIA, è la seguente:

1. Analisi dello stato attuale della componente o fattore ambientale;
2. Determinazione dei potenziali impatti (modificazione dello stato di qualità della componente) indotti, in fase di costruzione e di esercizio, dalle opere di prevista realizzazione;
3. Determinazione delle situazioni in cui le condizioni di impatto previste richiedono l'attuazione di interventi di mitigazione tali da ricondurre lo stato di qualità della componente entro la soglia di compatibilità ambientale.

Le attività di cui ai punti 1 e 2 sono esplicitate nel presente Quadro di riferimento, eccezion fatta per la determinazione degli impatti in fase di cantiere sviluppati nel Quadro di riferimento progettuale, mentre per le attività di cui al punto 3 si rimanda al Quadro di riferimento progettuale.

In relazione alla natura dell'opera in progetto sono stati individuati gli aspetti relativi alle diverse componenti e ai fattori ambientali potenzialmente interessati dalla realizzazione delle opere in progetto:

COMPONENTE ATMOSFERA

Sollevamento di polveri in fase di cantiere

Emissioni inquinanti in fase di cantiere e di esercizio

COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI

Interferenza/Alterazione con il deflusso delle acque di ruscellamento

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

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

Alterazione dell'assetto idraulico del corso d'acqua attraversato

Interferenza con le aree sondabili

Immissione di carichi inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale

Immissione di scarichi inquinanti dovuti a sversamenti accidentali

COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

Sottocomponente SUOLO

Sottrazione/Occupazione di suolo

Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo

Inquinamento del suolo

Smaltimento e stoccaggio materiali e rifiuti

Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali

Sottocomponente SOTTOSUOLO ed ACQUE SOTTERRANEE

Potenziali criticità dovute alle proprietà geotecniche dei terreni interessati dai lavori

Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico di superfici inquinate e per sversamenti accidentali

Interferenze con la circolazione idrica sotterranea che comportano variazioni del regime delle acque sotterranee

Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali

Interferenza con le acque sotterranee
Inquinamento delle falde acquifere

COMPONENTE VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI

Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere
Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale
Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico
Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna
Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso
Frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate temporaneamente dai cantieri

COMPONENTE RUMORE E VIBRAZIONI

Incremento inquinamento acustico in fase di cantiere e di esercizio
potenziali effetti indotte dalle vibrazioni in corso d'opera.

COMPONENTE PAESAGGIO

Introduzione di elementi estranei al paesaggio d'appartenenza
Frammentazione del sistema unitario d'appartenenza
Alterazione del quadro paesaggistico da punti di vista privilegiati
Intrusione visiva alle brevi e medie distanze
Alterazione delle quinte sceniche naturali
Alterazione della morfologia naturale e della compagine vegetale con sostanziale modifica dello stato plano-altimetrico dei terreni e delle coperture vegetali
Inserimento di elementi di artificializzazione/barriere artificiali
Inserimento di elementi di degrado/inquinanti/disturbo di ricettori antropici o naturali
Alterazione dell'assetto insediativo storico ovvero sul sistema dei centri urbani e/o sul sistema del patrimonio storico-testimoniale
Interferenza con beni storico-culturali e loro contesti.

2 ATMOSFERA

2.1 Descrizione delle sostanze inquinanti

Le condizioni che determinano l'inquinamento atmosferico variano, sia in funzione della qualità e della intensità delle sorgenti emissive, sia per le diverse condizioni geografiche e meteorologiche che influenzano la dispersione degli inquinanti. La situazione meteorologica è determinante per l'accumulo o la dispersione. Infatti, le situazioni più critiche si determinano quando l'altezza dello strato di inversione termica (la temperatura decresce con l'altitudine fino ad un punto, detto punto di inversione, quindi cresce nuovamente) diminuisce e si ha calma di vento. In queste condizioni le dispersioni verticale e orizzontale sono entrambe minime e gli inquinanti possono raggiungere e superare le concentrazioni di soglia. Fattori geografici, quali ad esempio la presenza di monti intorno alla città, possono influire anch'essi sulla dispersione degli inquinanti. Fenomeni di abbassamento dello strato di inversione sono frequenti in ogni stagione ed una variazione di altezza si verifica anche con ritmo circadiano (abbassamento serale). Nel presente paragrafo sono illustrate le caratteristiche delle principali sostanze inquinanti.

2.1.1 Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. Il CO è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3). Si forma durante la combustione delle sostanze organiche, quando questa è incompleta per difetto di ossigeno. La quantità maggiore di questa specie è prodotta dagli autoveicoli e dall'industria (impianti siderurgici e raffinerie di petrolio). I motori Diesel, funzionando con maggiori quantità di aria, garantiscono una combustione più completa ed emettono minori quantità di CO rispetto ai motori a benzina (in compenso emettono più materiale particolato). Negli ultimi anni la quantità di CO emessa dagli scarichi degli autoveicoli è diminuita per il miglioramento dell'efficienza dei motori, per il controllo obbligatorio delle emissioni e per il crescente utilizzo delle marmitte catalitiche. Le emissioni naturali del monossido di carbonio comprendono l'ossidazione del metano e degli altri idrocarburi naturalmente emessi nell'atmosfera, l'emissione diretta dalle piante e l'attività microbica degli oceani. Le emissioni naturali e quelle antropiche di questa specie sono globalmente dello stesso ordine di grandezza.

Il ruolo del monossido di carbonio nella chimica troposferica delle aree industrializzate è di trascurabile importanza, data la scarsa reattività di questa molecola. Il tempo medio di residenza del CO in atmosfera è di circa quattro mesi, e, quindi, questa specie può essere utilizzata come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo.

La presenza di monossido di carbonio nell'aria in corrispondenza di una strada è infatti notevolmente correlata al flusso di traffico relativo. Nella figura 1 si evidenzia come l'andamento delle concentrazioni di CO misurato nei pressi della sezione di una strada durante l'arco giornaliero è generalmente molto simile a quello dei flussi veicolari che la percorrono.

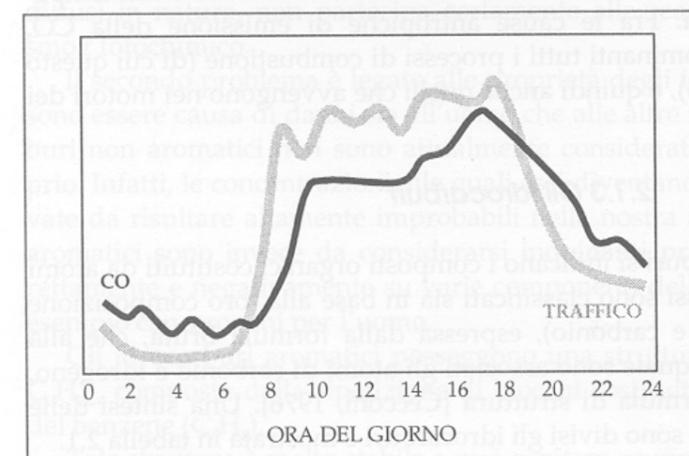


Figura 1 - Confronto tra l'andamento della CO e del traffico durante la giornata

Oltre a questo, il 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, come illustrato nella figura seguente.

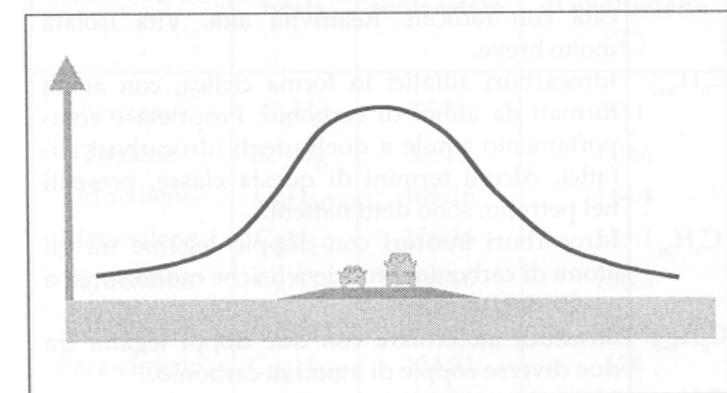


Figura 2 - Concentrazione della CO nell'intorno della sezione stradale

La presenza di monossido di carbonio nelle aree inquinate mostra anche una pronunciata variabilità in funzione delle condizioni atmosferiche ed è in particolare notevolmente influenzata dalla presenza del vento che tende a ridurre l'entità. A ragioni meteorologiche è riconducibile la variabilità stagionale del CO, caratterizzato da massimi nei periodi invernali e minimi nei periodi estivi.

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. La sua pericolosità è dovuta alla formazione con l'emoglobina del sangue di un composto fisiologicamente inattivo, la carbossiemoglobina, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti: i primi sintomi dell'avvelenamento sono cefalea e vertigine. La morte sopravviene pertanto per asfissia. L'affinità del CO per l'emoglobina è di circa oltre 200 volte superiore a quella dell'ossigeno. A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa; a concentrazioni maggiori può

provocare esiti letali. L'effetto del CO risulta maggiore in altitudine, per la ridotta percentuale di ossigeno nell'aria. In presenza di 1000 ppm si sopravvive circa 90 minuti. A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. Quando nell'aria la concentrazione di CO è di 12-31 ppm si arriva al 2-5% di carbossiemoglobina e si manifestano i primi segni con aumento delle pulsazioni cardiache, aumento della frequenza respiratoria e disturbi psicomotori (nei guidatori di auto si allungano in modo pericoloso i tempi di reazione). A 100 ppm di esposizione per diverse ore (come nel caso di lunghe soste in gallerie stradali) compaiono vertigini, cefalea e senso generale di spossatezza, che possono essere seguiti da collasso. L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.

2.1.2 I composti organici volatili (VOC)

Con la denominazione di Composti Organici Volatili (VOC) viene indicato l'insieme di sostanze, in forma liquida o gassosa, con un punto di ebollizione che va da un limite inferiore di 50-100°C ad un limite superiore di 240-260°C. Il termine "volatile" indica, infatti, proprio la capacità di queste sostanze chimiche ad evaporare facilmente a temperatura ambiente.

I composti che rientrano in questa categoria sono più di 300 ed includono gruppi che possiedono comportamenti chimici e fisici diversi. Si classificano come VOC, infatti, sia gli idrocarburi contenenti carbonio ed idrogeno come unici elementi (alcheni e composti aromatici), sia composti contenenti ossigeno, cloro o altri elementi tra il carbonio e l'idrogeno, come aldeidi, eteri, alcool, esteri, clorofluorocarburi (CFC) ed idroclorofluorocarburi (HCFC).

I VOC possono essere prodotti da diverse sorgenti, che possono essere antropiche o biogeniche. Tra quelli emessi da fonti antropiche rientrano benzene, toluene, metano, etano, ecc., prodotti principalmente dal traffico veicolare, mentre quelli di origine naturale, che comprendono principalmente terpeni (α -pinene, β -pinene, limonene, sabinene, ecc.) ed isoprene, vengono emessi come gas da fiori, semi, frutti e vegetali.

I composti organici volatili, in relazione ai loro possibili effetti sulla salute e sull'ambiente, sono classificati secondo il seguente schema:

- VOC-OX: VOC caratterizzati da alto potenziale di produzione di ozono; essi contribuiscono inoltre al fenomeno della deposizione acida (principalmente alcani, alcheni, areni e xileni).
- VOC – TOX: VOC direttamente tossici per l'uomo, gli animali e le piante (principalmente solventi clorinati, di olefine, nitrobenzene e composti alogenati del benzene).
- VOC-STRAT: VOC caratterizzati da alto potenziale di riduzione dell'ozono stratosferico (essenzialmente clorofluorocarburi indicati come CFC).
- VOC-CLIM: VOC capaci di assorbire la radiazione infrarossa e, per questo, responsabili dell'effetto serra (principalmente CFC11 e 12 e CH4).

composti organici volatili presenti nelle aree urbane sono legati alle emissioni di prodotti incombusti provenienti dal traffico veicolare e dal riscaldamento domestico e all'evaporazione dei carburanti durante le operazioni di rifornimento nelle stazioni di servizio o dai carburatori degli autoveicoli stessi. Negli ultimi anni l'uso sempre più frequente di benzine con basso tenore di piombo ha aumentato la frazione aromatica dal 30% al 45% in peso. Le emissioni di benzene e toluene sono inferiori nelle macchine con marmitte catalitiche: l'impiego di motori dotati di questo sistema riduce di circa sette volte le emissioni. Fonti secondarie, ma non trascurabili, sono le emissioni dirette di solventi usati in attività di lavaggi a secco, di sgrassatura e di tinteggiatura. Tra i VOC antropogenici, il Benzene è il composto con i maggiori rischi per la salute dell'uomo. Il benzene è un

idrocarburo aromatico, cioè un composto di carbonio e idrogeno con una struttura planare ad anello esagonale di formula bruta C_6H_6 . E' presente nei greggi di petrolio ed in molti combustibili e carburanti il cui impiego è il principale responsabile della presenza di benzene nell'atmosfera. In realtà non è un additivo delle benzine e la quantità contenuta naturalmente nel greggio contribuisce poco alle concentrazioni nel prodotto finito. Sono i precursori, naftenici ed aromatici, presenti in quantità variabili nei diversi greggi, ad originare il 70-80% del benzene presente nelle benzine.

Altre fonti del benzene atmosferico sono le emissioni delle industrie di produzione, che però contribuiscono complessivamente in minima parte ed hanno interesse in tal senso solo a livello locale, e quelle naturali, praticamente circoscrivibili agli incendi di boschi.

Il benzene è una molecola chimicamente molto stabile. Nell'acqua e nel suolo si degrada ad opera di agenti biologici; nell'aria viene lentamente aggredito solo ad opera dei radicali OH ed in minor misura (a causa della sua debolissima concentrazione) dal radicale Cl.

La degradazione nell'aria è perciò lenta e la vita media della molecola è dell'ordine di alcuni giorni. Per tale motivo il benzene può dare luogo a fenomeni di accumulo a livello di microscala, quando l'aria è stagnante, ed a fenomeni di trasporto con valori significativi nel raggio di qualche decina di chilometri dalle aree urbane che costituiscono i principali centri di emissione.

Gli effetti dell'esposizione cronica al benzene sono noti già dalla fine dell'800 quando in Svezia si ebbero le prime segnalazioni di casi di "benzoismo cronico" in operai addetti alla produzione di copertoni per ruote di bicicletta. In Italia il problema è esploso negli anni '60 dopo numerosi casi di leucemia verificatisi nei laboratori calzaturieri. Più recentemente, alla fine degli anni '80, si è manifestato, soprattutto nei ricercatori ma anche nell'opinione pubblica, un rinnovato interesse per il benzene, conseguentemente alla diffusione di questa sostanza in tutti gli ambienti di vita. Il benzene infatti, è ora considerato un elemento potenziale di rischio per la popolazione in generale e non solo per alcune categorie di soggetti esposti.

L'effetto più noto dell'esposizione cronica del benzene è quello sul sistema emopoietico: date le correlazioni tra benzene e leucemia, l'International Agency for Research on Cancer (IARC) ed altri diversi enti (ACGIH, OSHA, NIOSH, etc.) lo hanno catalogato nella classe A1, ovvero come cancerogeno certo per l'uomo. Per questo motivo sono stati individuati i "valori soglia", ora largamente diffusi per calcolare il rischio relativo all'uso di farmaci o all'influenza dei contaminanti o degli eventi ambientali sugli organismi umani. Al di sotto della soglia si ritiene che il rischio non sussista; qualora la si superi si deve intervenire per evitarlo. La via principale di assorbimento è quella inalatoria: quella orale e dermica sono trascurabili in termini di assorbimento giornaliero. Nell'uomo è dimostrato un assorbimento polmonare di circa il 50% per esposizioni continuative a concentrazioni di 160-320 mg/m³: la ritenzione è stimata intorno al 30% del contenuto dell'aria assorbita. Il benzene, essendo una molecola lipofila a basso peso molecolare, una volta assorbito, attraversa con facilità le barriere fisiologiche e tende ad accumularsi nei tessuti in funzione del loro contenuto lipidico. Circa il 16-50% della dose assorbita viene eliminata per via respiratoria, mentre una piccola quantità (0,07-0,2%) è rimossa attraverso l'urina in forma non modificata. La quota residua viene metabolizzata a livello del fegato. A causa del benzene, pertanto, si possono avere degli effetti nocivi acuti come la depressione, l'aritmia o l'asfissia, oppure effetti cronici quali ematotossicità (anemia, granulocitemia, leucemia); immunotossicità (aumento IgM e diminuzione IgG e IgA nel siero); neurotossicità (cefalea, anoressia) o cancerogenicità (leucemie).

2.1.3 Il particolato atmosferico (PTS, PM₁₀, PM_{2,5})

Con il termine polveri atmosferiche, o materiale particolato, si intende l'insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria per tempi più o meno lunghi. Le caratteristiche dimensionali, morfologiche e chimiche delle particelle possono variare anche sensibilmente in funzione delle sorgenti e dei fenomeni di trasporto

e trasformazione. Hanno dimensioni comprese tra $0,005\mu\text{m}$ e $50-150\mu\text{m}$ ed una composizione costituita da una miscela di elementi quali: carbonio (organico ed elementare), fibre tessili naturali ed artificiali, silice, metalli (ferro, rame, piombo, nichel, cadmio), nitrati, solfati, composti organici (idrocarburi, acidi organici, I.P.A.), materiale inerte (frammenti di suolo, spore, pollini), ecc.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera sono definite con vari termini, tra i quali i più usati sono: PTS (Polveri Totali Sospese) o TSP (Total Suspended Particles) o PM (Particulate Matter).

Il particolato atmosferico è un inquinante che ha origine sia per emissione diretta (particelle primarie) che per reazioni chimico-fisiche in atmosfera da precursori gassosi, quali ossidi di azoto e di zolfo, ammoniacca, composti organici (particelle secondarie). Alcune particelle sono di dimensioni tali da essere visibili, come la fuliggine o il fumo, altre possono essere viste solo al microscopio ottico o elettronico. Le sorgenti del particolato atmosferico possono essere antropiche e naturali. Le più importanti fonti antropiche sono: traffico veicolare (processi di combustione di benzina e gasolio, degrado pneumatici e marmitte, abrasione dell'asfalto, logorio freni, movimentazione del materiale depositato al suolo), combustione di combustibili fossili (centrali termoelettriche, riscaldamento civile), legno, rifiuti, processi industriali (cementifici, fonderie, miniere), combustione di residui agricoli, cave e miniere a cielo aperto. Le fonti naturali, invece, sono sostanzialmente: aerosol marino, erosione del suolo e delle rocce ed in generale materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), aerosol biogenico (spore, polline e frammenti vegetali), virus, batteri, incendi boschivi, emissioni vulcaniche.

Esistono differenti metodi di classificazione del particolato atmosferico. Quello più usato prevede la suddivisione delle polveri in "classi" in funzione della dimensione delle particelle (misurata in micrometri, μm) e la quantificazione della loro presenza in aria in termini di concentrazione (espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sulla base delle dimensioni, si possono distinguere le seguenti categorie: il particolato grossolano con diametro superiore a $10\mu\text{m}$; il particolato fine con diametro inferiore a $10\mu\text{m}$ (PM_{10}); il particolato finissimo con diametro inferiore a $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$), che costituisce circa il 60% del PM_{10} ; ed il particolato ultrafine con diametro inferiore ad $1\mu\text{m}$ (PM_1).

Scendendo ancora di diametro, all'interno del particolato ultrafine ricadono le cosiddette nanopolveri, che sono polveri con un diametro compreso fra 2 e 100nm .

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle con diametro superiore ai $10\mu\text{m}$ si fermano nelle prime vie respiratorie (cavità nasali, faringe e laringe) generando vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola, mentre le particelle con diametro inferiore a $10\mu\text{m}$ penetrano nel sistema respiratorio a varie profondità fino a raggiungere gli alveoli polmonari e possono trascorrere lunghi periodi di tempo prima che vengano rimosse, per questo sono le più pericolose. Queste polveri aggravano le malattie respiratorie croniche come l'asma, la bronchite e l'enfisema, ma anche le malattie cardio-circolatorie. Le persone più vulnerabili sono gli anziani, gli asmatici, i bambini e chi svolge un'intensa attività fisica all'aperto, sia di tipo lavorativo che sportivo.

2.1.4 Ossidi di azoto

Con la terminologia "ossidi di azoto", dal punto di vista chimico, si intende la serie di composti binari fra azoto e ossigeno nei vari stati di ossidazione. Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria, si fa quasi esclusivamente riferimento al termine generico NO_x che identifica la somma delle due specie chimiche monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO_2). Questi due ossidi sono raggruppati insieme poiché la maggior parte del

biossido presente in atmosfera proviene dalla rapida conversione del monossido e, per tale motivo, tutte le emissioni di NO_x vengono espresse e convertite in equivalenti di biossido di azoto.

Le più grandi quantità di ossidi di azoto vengono emesse da sorgenti antropiche come il traffico veicolare, le fonti energetiche, le fonti industriali, commerciali e residenziali che comunque si basano su processi di combustione. Gli ossidi di azoto possono anche essere emessi da processi naturali come fulmini, incendi, emissioni vulcaniche, attività batteriche del suolo, l'irradiazione solare diurna e l'iniezione verticale dalla stratosfera.

Il monossido di azoto è un gas incolore ed inodore che si forma in tutti i processi di combustione che avvengono in aria e ad elevata temperatura ($> 1210\text{ }^\circ\text{C}$) per reazione diretta tra azoto (N_2) e ossigeno (O_2). La tossicità del monossido di azoto è limitata e per tale motivo le norme vigenti non pongono per esso limiti di concentrazione nell'aria.

Nei processi di combustione si forma anche una piccola parte di biossido di azoto (circa il 5%). Il biossido di azoto è un gas tossico di colore rosso-bruno, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Questo ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto da parte di ossidanti quali ozono (O_3) e perossiradicali (HO_2 e RO_2). Il ben noto colore rosso-marrone delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto al biossido di azoto per la sua capacità di assorbire la luce visibile a lunghezze d'onda minori di 430 nm .

Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

I maggiori fenomeni di inquinamento da ossidi di azoto si verificano d'inverno, in coincidenza con giornate fredde e stabilità atmosferica che favoriscono l'accumulo di questi inquinanti ed in particolare nelle ore in cui il traffico raggiunge i massimi livelli.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute, il biossido d'azoto è circa quattro volte più tossico del monossido d'azoto. L' NO_2 è un gas irritante per gli occhi e per le mucose nasali e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Come il monossido di carbonio (CO) anche l' NO_2 , introdotto nell'organismo attraverso il processo respiratorio alveolare, si combina con l'emoglobina, modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche dando luogo a formazione di metaemoglobina. Questa ultima molecola non è più in grado di trasportare l'ossigeno (ruolo che è proprio dell'emoglobina).

2.1.5 Ozono

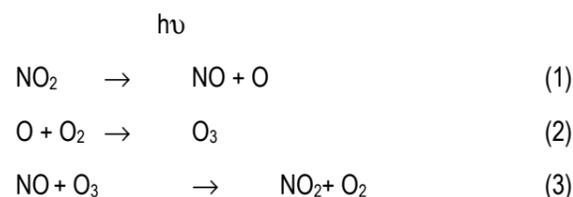
L'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e di colore blu, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo. Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera (la fascia dell'atmosfera che va dai 10 ai 50 km di altezza) dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari. La quantità di ozono presente nella stratosfera viene mantenuta costante, se non intervengono altri fattori, mediante un equilibrio dinamico tra la reazione di formazione e quella di fotolisi. La formazione predomina ad un'altitudine superiore ai 30 km, dove la radiazione UV avente lunghezza d'onda inferiore ai 242 nm dissocia l'ossigeno molecolare, largamente presente, in ossigeno atomico; questo si combina rapidamente con un'altra molecola di ossigeno a formare la molecola triatomica dell'ozono. L'effetto netto della reazione è la conversione di tre molecole di ossigeno in due molecole di ozono. L'ozono così formato assorbe a sua volta la radiazione solare di lunghezza d'onda compresa tra i 240 e 320 nm , subendo fotolisi e dando luogo ad una molecola ed un atomo di ossigeno. Questo assorbimento della

radiazione solare nella stratosfera costituisce l'importante effetto di schermare la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta.

L'ozono troposferico è presente esclusivamente per il ridotto scambio atmosferico fra troposfera e stratosfera e per la formazione di ozono a partire da inquinanti atmosferici primari. Infatti, per effetto della circolazione atmosferica, l'ozono viene in piccola parte trasportato anche negli strati più bassi dell'atmosfera (troposfera che va dai 0 a 10 km di altezza), nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali.

Nella troposfera in genere l'ozono è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario ed è, in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura. Infatti, l'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili. Infatti, nella troposfera la sorgente principale di ozono è rappresentata dall'ossigeno atomico proveniente dalla fotolisi del biossido di azoto.



La produzione di ozono da parte dell'uomo è, quindi, indiretta dato che questo gas si origina a partire da molti inquinanti primari. Per estensione si può, quindi, affermare che le principali sorgenti antropiche risultano essere quelle che liberano gli inquinanti precursori e cioè il traffico veicolare, i processi di combustione, l'evaporazione dei carburanti, i solventi. Di conseguenza, è da sottolineare che la concentrazione dell'ozono troposferico varia a seconda della zona geografica considerata, dell'ora, del periodo dell'anno, delle condizioni climatiche, della direzione e velocità del vento, del grado di inquinamento primario.

L'evoluzione giornaliera in aree ad elevato traffico stradale delle concentrazioni di ozono e delle specie chimiche coinvolte nella sua formazione è mostrata nella figura sottostante.

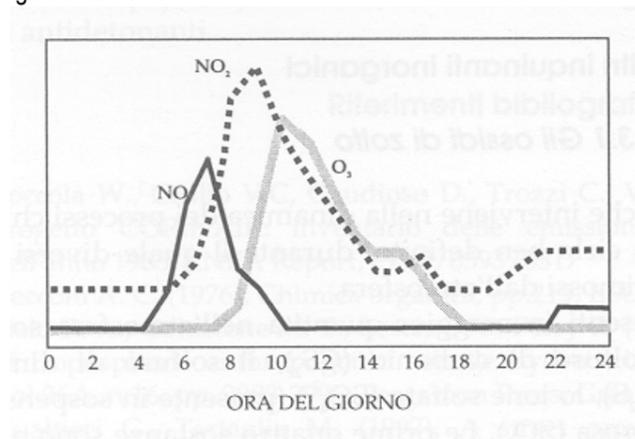


Figura 3 - Evoluzione delle concentrazioni delle specie chimiche in funzione del traffico

Nelle prime ore della giornata si ha il massimo di concentrazione di NO prodotto dalla punta mattutina di traffico. NO viene convertito in NO₂ in un periodo di qualche ora; mentre la formazione di O₃ inizia soltanto quando il processo di formazione di NO₂

si avvicina a completamento. A questo punto la concentrazione di ozono cresce molto rapidamente nel tempo raggiungendo il suo massimo in tarda mattinata o nel primo pomeriggio e cominciando poi a diminuire.

A causa del fatto che la reazione (3) ostacola la coesistenza di grandi concentrazioni di NO e O₃, le concentrazioni di ozono tendono ad essere basse in presenza di sorgenti di emissione di monossido di azoto. Questa è la ragione per cui l'entità di ozono è solitamente bassa nei pressi di forti flussi di traffico anche se può essere notevole nelle immediate vicinanze.

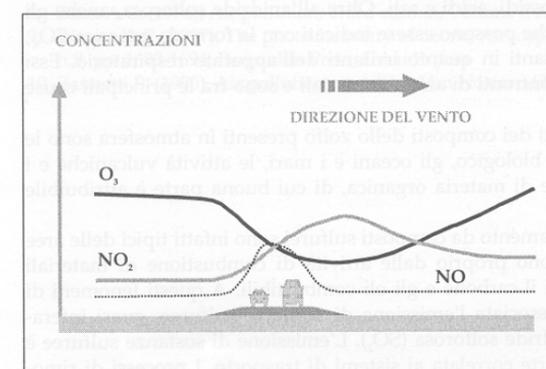


Figura 4 - Andamento qualitativo delle concentrazioni di NO, NO₂ e O₃ in una sezione stradale

La molecola dell'ozono è estremamente reattiva, in grado di ossidare numerosi componenti cellulari, fra i quali aminoacidi, proteine e lipidi. A concentrazioni di ozono pari a 0,1 ppm si manifestano effetti di irritazione agli occhi ed alla gola per la sua azione nei confronti delle mucose. Concentrazioni più elevate causano irritazioni all'apparato respiratorio, tosse ed un senso di oppressione al torace che rende difficoltosa la respirazione. I soggetti più sensibili, come gli asmatici e gli anziani possono essere soggetti ad attacchi di asma anche a basse concentrazioni. Alla concentrazione di 1 ppm provoca mal di testa e a 1,7 ppm può produrre edema polmonare.

2.1.6 Biossido di zolfo

L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse. Rappresenta l'inquinante atmosferico per eccellenza essendo il più diffuso, uno dei più aggressivi e pericolosi e di gran lunga quello più studiato ed emesso in maggior quantità dalle sorgenti antropiche.

Il biossido di zolfo si forma per reazione tra lo zolfo contenuto in alcuni combustibili fossili e l'ossigeno atmosferico. L'emissione del biossido di zolfo deriva dal riscaldamento domestico, dai motori alimentati a gasolio o diesel, dagli impianti per la produzione di energia, ed in generale dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (carbone, gasolio, olio combustibile) contenenti piccole percentuali di zolfo. Rilevanti sono anche le emissioni nei processi di produzione dell'acido solforico, nella lavorazione di molte materie plastiche, nella desolforazione dei gas naturali, nell'arrostimento delle piriti, nell'incenerimento dei rifiuti; l'apporto inquinante dato dalle emissioni dei mezzi di trasporto appare invece trascurabile. Infatti, le emissioni di biossido di zolfo sono sensibilmente diminuite fin dagli anni '80, grazie alla legislazione che impone sempre più bassi tenori di zolfo nei combustibili e alla penetrazione del gas naturale, che di zolfo è praticamente privo. Ciò ha ridotto sensibilmente le emissioni di SO₂ dalle piccole e medie fonti di emissione (inclusi i trasporti), per cui la principale fonte di emissione sono attualmente i grandi

impianti di combustione (centrali termoelettriche non alimentate con metano e altri impianti). Le emissioni naturali di biossido di zolfo sono principalmente dovute alle attività vulcaniche.

Una volta emesso in atmosfera, l'SO₂ si ossida ad acido solforico e solfati, formando un aerosol spesso associato con altri inquinanti in particelle solide o liquide, ed è all'origine del fenomeno di inquinamento transfrontaliero noto con il nome di precipitazioni acide. Infatti, il biossido di zolfo permane in atmosfera per 1-4 giorni.

Per l'elevata solubilità in acqua il biossido di zolfo viene facilmente assorbito dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio. L'alta reattività lo rende un composto estremamente irritante. E' stato comunque notato un effetto irritante sinergico con le polveri sospese per la capacità che queste hanno di veicolare gli inquinanti nelle zone più profonde dell'apparato respiratorio. A basse concentrazioni gli effetti del biossido di zolfo sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti e ad irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose.

2.1.7 Composti del piombo

Il piombo è un metallo pesante dagli effetti tossici per l'uomo. La principale causa della presenza di composti del piombo nell'atmosfera è di tipo antropico e deriva dalla combustione, nei mezzi di trasporto, di benzine contenenti alcuni composti del piombo con funzioni antidetonanti.

2.2 Quadro normativo di riferimento

2.2.1 Le Direttive europee di settore

Fino all'11.06.2010, il principale riferimento europeo in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente è stato costituito dalla Direttiva europea 96/62/CE ovvero Direttiva Quadro sulla qualità dell'aria ambiente. Essa fissava i principi generali, ripresi a livello nazionale dal D. Lgs n. 351 del 4 Agosto 1999, relativi ai seguenti adempimenti:

- la valutazione della qualità dell'aria ambiente e la zonizzazione del territorio degli Stati membri;
- l'adozione delle misure da adottare in relazione ai regimi di concentrazione valutati sull'intero territorio di ogni Stato membro;
- l'informazione da fornire al pubblico.

La Direttiva Quadro demandava a Direttive successive, le cosiddette Direttive "figlie", la definizione di valori limite, valori bersaglio e obiettivi a lungo termine della qualità dell'aria, nonché di standard specifici per la protezione della vegetazione, per i seguenti inquinanti atmosferici: biossido di zolfo, biossido e ossidi di azoto, PM₁₀, piombo, ozono, benzene, monossido di carbonio, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), cadmio, arsenico, nichel e mercurio.

Di seguito si riporta l'elenco delle Direttive figlie derivate:

- I: 99/30/CE SO₂ NO_x PM₁₀ Pb
- II: 2000/69/CE Benzene, CO
- III: 2002/3/CE O₃
- IV: 2004/107/CE: IPA, cadmio; arsenico; nichel; mercurio

Il 21 maggio 2008 è stata emanata la Direttiva 2008/50/CE secondo la quale, ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, è particolarmente importante combattere alla fonte l'emissione di inquinanti, nonché individuare e attuare le più efficaci misure di riduzione delle emissioni a livello locale, nazionale e comunitario. È opportuno pertanto evitare, prevenire o ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici nocivi e definire adeguati obiettivi per la qualità dell'aria ambiente che tengano conto

Direttiva: la direttiva 96/62/CE del Consiglio del 27 settembre 1996 in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente e le direttive da essa derivate; la direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo; la direttiva 2000/69/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 novembre 2000 concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente, la direttiva 2002/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2002 relativa all'ozono nell'aria e la decisione 97/101/CE del Consiglio del 27 gennaio 1997 che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri devono essere modificate sostanzialmente per incorporarvi gli ultimi sviluppi in campo scientifico e sanitario e le esperienze più recenti degli Stati membri. A decorrere dall'11 giugno 2010, secondo quanto riportato all'articolo 31 della Direttiva 2008/50/CE, le Direttive 96/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE e 2002/3/CE sono state abrogate, "fatti salvi gli obblighi degli Stati membri riguardanti i termini per il recepimento o dall'applicazione delle suddette direttive". Riguardo alla Decisione 97/101/CE, invece, la direttiva si esprime nei seguenti termini: "la decisione 97/101/CE è abrogata con effetto dalla fine del secondo anno civile successivo all'entrata in vigore delle disposizioni di attuazione di cui all'articolo 28, paragrafo 2 della presente direttiva". Pertanto, attualmente la decisione 97/101/CE risulta abrogata. La direttiva 2004/107/CE, invece, è stata modificata dal Regolamento n. 219/2009 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2009 delle pertinenti norme, orientamenti e programmi dell'Organizzazione mondiale della sanità.

2.2.2 Riferimenti normativi nazionali

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria si è basata fino al 30 settembre 2010, data di pubblicazione del Decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuativo della Direttiva 2008/50/CE, sui seguenti riferimenti legislativi:

1. DPCM n. 30 del 28.3.1983: "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno".
2. DPR n. 203 del 24.5.1988: "Attuazione delle Direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotti dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della L. 183 del 16.4.1987".
3. DM Ambiente 6.05.1992: "Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio".
4. D.M.A. 12.11.1992: "Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria".
5. DM 15.04.1994: "Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del DPR 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del DM. 20 maggio 1991".
6. D.M.A. 25.11.1994: "Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994".
7. D.M. 21.04.1999, n.163: "Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione".
8. D.L. 4.08.1999, n.351: "Attuazione della direttiva CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente".

9. D.M. 2 aprile 2002, n.60: "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio".
10. D.M. 1 ottobre 2002, n.261: "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351".

Il Dlgs 13 agosto 2010, n. 155, recependo la Direttiva 2008/50/CE, riordina completamente la normativa in materia di gestione e tutela della qualità dell'aria abrogando i riferimenti legislativi precedentemente elencati.

Nella tabella seguente sono riportati per ogni inquinante i valori normati.

| valore limite | SO ₂ | | NO ₂ | | NOx | C ₆ H ₆ | Pb | CO | PM 10 | | PM 2,5 | O ₃ | As | Cd | Ni | BaP |
|---|---|--|--|----------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|--|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | periodo di mediazione | | periodo di mediazione | | periodo di mediazione | periodo di mediazione | periodo di mediazione | periodo di mediazione | periodo di mediazione | | periodo di mediazione |
| | 1 ora | 1 giorno | 1 ora | anno civile | | anno civile | anno civile | media massima giornaliera calcolata su 8 h | 1 giorno | anno civile | anno civile | | | | | |
| | 350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile | 125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile | 200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno | 40 µg/m ³ | | 5 µg/m ³ | 0.5 µg/m ³ | 10 mg/m ³ | 50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile | 40 µg/m ³ | 25 µg/m ³ | | | | | |
| livello critico per la protezione della vegetazione | anno civile | invernale (1° ottobre-21 marzo) | | | anno civile | | | | | | | | | | | |
| | 20 µg/m ³ | 20 µg/m ³ | | | 30 µg/m ³ | | | | | | | | | | | |
| soglia di allarme | 3 ore consecutive | | 3 ore consecutive | | | | | | | | | 1 ora | | | | |
| | 500 µg/m ³ | | 400 µg/m ³ | | | | | | | | | 240 µg/m ³ | | | | |
| soglia di informazione | | | | | | | | | | | | 1 ora | | | | |
| valore obiettivo | | | | | | | | | | | anno civile | 1 ora | anno civile | anno civile | anno civile | anno civile |
| | | | | | | | | | | | 25 µg/m ³ | 120 µg/m ³ | 6 ng/m ^{3*} | 5 ng/m ^{3*} | 20 ng/m ^{3*} | 1 ng/m ^{3*} |

* Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su anno civile.

Tabella 1 - Valori di concentrazione stabiliti dal dlgs.13 agosto 2010 n. 155

2.3 Descrizione dello stato della componente

2.3.1 Analisi meteorologica

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. Nel presente studio, l'analisi meteorologica viene effettuata:

- dapprima analizzando i dati CLINO (acronimo di CLimate NOrms) per il trentennio 1961-1990, elaborati dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare;
- quindi analizzando i dati dell'Atlante Climatico, elaborato dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, per il trentennio 1971 – 2000.

Tutto ciò consente di trarre conclusioni sulle caratteristiche fisico-meteorologiche medie diurne e notturne in tutte le stagioni.

2.3.1.1 Caratteristiche a scala sinottica e a mesoscala: loro interazione con la scala locale

A nostra conoscenza, le caratteristiche meteo-climatiche nella bassa Sardegna non sono state specificatamente analizzate in lavori scientifici. In alcuni articoli recenti, tuttavia, si è posta l'attenzione sui cambiamenti climatici degli ultimi decenni anche relativamente a tale area del nostro Paese, con particolare riferimento ai trend climatici di temperatura e precipitazione¹. In questo contesto, si inquadrerà il clima della bassa Sardegna nell'ambito della circolazione mediterranea e dei fenomeni ad essa correlati, come si evincono da analisi a più grande scala² e da considerazioni di climatologia a mesoscala e a carattere locale.

Come noto, i moti a grande scala, che coinvolgono spostamenti di masse d'aria di caratteristiche termodinamiche diverse su distanze di migliaia di km, sono i responsabili del ricambio completo di aria su vaste zone. La loro azione viene ovviamente influenzata dalla struttura del territorio a mesoscala (poche centinaia di km). I moti e i processi a queste scale spaziali rappresentano il termine forzante per i cambiamenti dell'aria su un determinato sito sulla scala temporale di alcuni giorni. Essi tuttavia interagiscono fortemente con altri moti e processi a scala locale (decine di km). Al limite, nel caso di condizioni pressoché stazionarie a grande scala, i moti e i processi a scala locale diventano dominanti per stabilire le caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera sul sito di interesse.

Ebbene, 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). Come già detto, questo fenomeno diventa statisticamente dominante nel periodo estivo.

Inoltre, un'analisi sinottica delle carte di pressione al suolo mediate sugli ultimi 20 anni³ (riportate nelle figure 5 e 6), mostra come in autunno e in inverno la configurazione barica media favorisca il provenire dei venti da est o est-sud-est sulla zona di interesse. Nelle altre stagioni le mappe analoghe (non riportate) mostrano un gradiente medio di pressione più lasco che non permette di individuare una direzione prevalente di origine sinottica.

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.

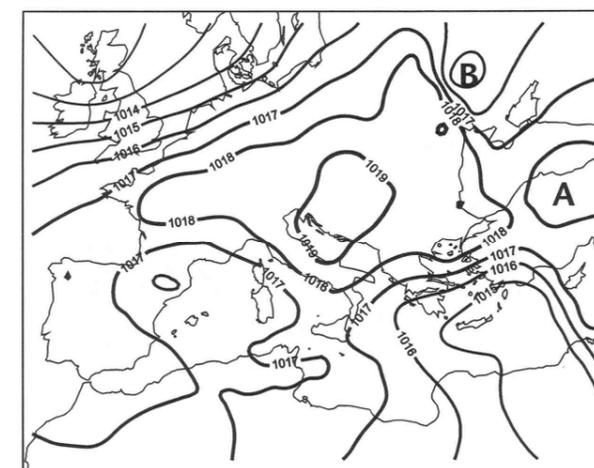


Figura 5 - Media della pressione atmosferica al livello del mare in autunno

¹ E. Piervitali, M. Colacino e M. Conte (2001), Signals of Climatic Change in the Central-Western Mediterranean Basin, Theor. Appl. Clim. 58, 211-219 e M. Brunetti, M. Colacino, M. Maugeri e T. Nanni (2001), Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996, Int. J. Clim. 21, 299-316.

² Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, Atlante climatico d'Italia (in stampa) e M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipierro (2001), Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio, Alpha Test edizioni.

³ M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipierro (2001), Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio, Alpha Test edizioni

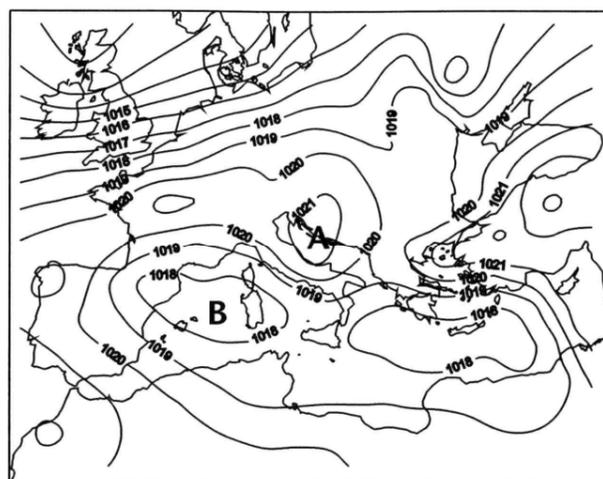


Figura 6– Media della pressione atmosferica al livello del mare in inverno

Da quanto sopra emerge che la bassa Sardegna è caratterizzata da condizioni meteorologiche e climatiche differenziate la cui ricorrenza scandisce i ritmi stagionali del clima: durante il semestre freddo è ricorrente una configurazione barica depressionaria al suolo centrata fra la Sardegna ed il Mar Adriatico e compresa tra l'anticiclone atlantico e l'anticiclone asiatico. Questa è la condizione tipica in cui le masse d'aria freddo-umida investono l'isola producendo effetti di vorticità, marcata ventosità, nuvolosità interna e precipitazioni a carattere di rovescio, alle quali seguono, dopo breve tempo, ampie schiarite.

Un altro ricorrente regime di depressione presenta formazioni cicloniche che si originano sull'Europa occidentale e che si spostano verso est, nord-est. Tali condizioni si presentano generalmente in autunno e in primavera con flusso di aria relativamente calda e umida dei quadranti sud-occidentali. L'impatto di tali masse d'aria con le coste occidentali e i rilievi montuosi dell'isola produce abbondante nuvolosità e precipitazioni intense e continue.

Nel semestre caldo, il Mediterraneo occidentale rimane sotto l'influenza dell'anticiclone delle Azzorre: in tali condizioni si ha notevole insolazione, scarsa nuvolosità e ventilazione debole a prevalente regime di brezza.

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. La Sardegna, posta circa a metà tra i due tipi climatici, presenta marcate variazioni stagionali sia per quanto riguarda le piogge che le temperature, senza tuttavia raggiungere valori estremi.

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. La distanza dal mare influisce anche sulla variabilità termica tra un giorno e l'altro, con differenze termiche minori, sia per le temperature minime che per le massime, nelle aree costiere.

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, con valori più elevati nelle aree montuose (area del Gennargentu), mentre la maggiore frequenza di eventi di precipitazione si riscontra nella porzione nord-occidentale dell'Isola. 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.

2.3.1.2 L'analisi dei dati CLINO per il trentennio 1961-1990

Si riportano di seguito i dati CLINO (acronimo di CLimate NORMals), rilevati nella stazione 560 di Cagliari Elmas nel trentennio 1961-1990.

| mese | Tx1d | Tx2d | Tx3d | Tx-m | Tn1d | Tn2d | Tn3d | Tn-m | Tx>S | Tn<I | OT>S | OT<I |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| gennaio | 14,2 | 14,0 | 14,5 | 14,2 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 5,7 | 0,0 | 28,2 | 0,0 | 11,0 |
| febbraio | 14,7 | 14,5 | 14,9 | 14,7 | 6,2 | 6,1 | 6,3 | 6,2 | 0,0 | 24,7 | 0,0 | 10,0 |
| marzo | 15,2 | 16,1 | 16,9 | 16,1 | 6,3 | 7,2 | 8,1 | 7,2 | 0,0 | 25,5 | 0,0 | 7,4 |
| aprile | 17,9 | 18,1 | 19,1 | 18,4 | 8,6 | 9,2 | 9,6 | 9,1 | 0,0 | 18,7 | 0,0 | 3,7 |
| maggio | 20,7 | 22,2 | 23,8 | 22,3 | 11,0 | 12,3 | 13,3 | 12,3 | 0,2 | 7,3 | 0,0 | 0,6 |
| giugno | 24,9 | 26,7 | 28,2 | 26,6 | 14,7 | 16,1 | 17,3 | 16,1 | 4,0 | 0,5 | 0,3 | 0,0 |
| luglio | 29,0 | 29,7 | 30,2 | 29,6 | 18,3 | 18,6 | 19,0 | 18,6 | 12,8 | 0,0 | 1,8 | 0,0 |
| agosto | 30,3 | 30,2 | 28,9 | 29,8 | 19,5 | 19,3 | 18,5 | 19,1 | 14,0 | 0,0 | 1,8 | 0,0 |
| settembre | 28,1 | 26,9 | 25,8 | 26,9 | 17,8 | 16,8 | 16,2 | 17,0 | 4,1 | 0,1 | 0,3 | 0,0 |
| ottobre | 24,5 | 23,1 | 21,0 | 22,8 | 15,2 | 14,2 | 11,9 | 13,7 | 0,1 | 4,9 | 0,0 | 0,5 |
| novembre | 19,9 | 18,2 | 16,5 | 18,2 | 10,9 | 9,8 | 7,8 | 9,5 | 0,0 | 17,2 | 0,0 | 3,9 |
| dicembre | 15,5 | 15,2 | 14,7 | 15,1 | 7,2 | 7,0 | 6,3 | 6,8 | 0,0 | 25,9 | 0,0 | 8,9 |

Tabella 2 - Dati CLINO per la stazione Cagliari Elmas (1)

Dove:

- Tx1d = media della temperatura massima della prima decade [°C]
- Tx2d = media della temperatura massima della seconda decade [°C]
- Tx3d = media della temperatura massima della terza decade [°C]
- Tx-m = media della temperatura massima dell'intero mese [°C]
- Tn1d = media della temperatura minima della prima decade [°C]
- Tn2d = media della temperatura minima della seconda decade [°C]
- Tn3d = media della temperatura minima della terza decade [°C]
- Tn-m = media della temperatura minima dell'intero mese [°C]
- Tx>S = numero medio di giorni al mese con temperatura massima pari o superiore a 30°C
- Tn<I = numero medio di giorni al mese con temperatura minima pari o inferiore a 10°C
- OT>S = numero medio di ore al giorno con temperatura pari o superiore a 30°C
- OT<I = numero medio di ore al giorno con temperatura pari o inferiore a 10°C

| mese | UR% | Rtot | R>R1 | R>R2 | Rmin | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Rmax | Sol | Rdz |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| gennaio | 79 | 45,8 | 7,9 | 1,1 | 2,3 | 10,5 | 30,2 | 50,9 | 72,9 | 122,5 | 4,4 | 742 |
| febbraio | 77 | 57,1 | 7,6 | 1,5 | 3,8 | 28,3 | 37,8 | 54,7 | 87,7 | 168,8 | 4,8 | 1015 |
| marzo | 75 | 44,1 | 7,1 | 1,2 | 1,6 | 18,3 | 26,7 | 44,7 | 63,3 | 162,9 | 6 | 1494 |
| aprile | 73 | 37,1 | 5,9 | 0,9 | 3,3 | 12,7 | 24,1 | 38,6 | 50 | 111,1 | 7,1 | 1903 |
| maggio | 71 | 23,9 | 3,6 | 0,7 | 0,4 | 7,4 | 14,5 | 18,4 | 41,3 | 106,2 | 8,7 | 2355 |
| giugno | 67 | 9,2 | 1,6 | 0,2 | 0,1 | 1 | 4,1 | 7,1 | 16,4 | 40,4 | 9,6 | 2588 |
| luglio | 65 | 3,2 | 0,5 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,7 | 3,8 | 27,9 | 10,8 | 2709 |
| agosto | 65 | 8,5 | 1,2 | 0,2 | 0 | 0,1 | 0,6 | 2,1 | 12,6 | 78 | 10 | 2392 |
| settembre | 71 | 30,6 | 3,8 | 0,8 | 0,2 | 2,7 | 12,6 | 26,2 | 58,5 | 98 | 8,2 | 1852 |
| ottobre | 77 | 55,6 | 6,3 | 1,7 | 4 | 16,7 | 34,7 | 56,1 | 79,6 | 169,7 | 6,4 | 1299 |
| novembre | 79 | 56 | 8,3 | 1,4 | 1,2 | 24,7 | 33,9 | 61,7 | 79,7 | 138,3 | 4,9 | 840 |
| dicembre | 80 | 55,3 | 8,4 | 1,4 | 6,8 | 24,1 | 33,4 | 48,3 | 94,3 | 158,7 | 4,1 | 644 |

Tabella 3 - Dati CLINO per la stazione Cagliari Elmas (2)

Dove:

- UR% = media dell'umidità relativa [%]
- Rtot = media della quantità di precipitazione cumulata mensile [mm]
- R>R1 = numero medio di giorni al mese con precipitazione pari o superiore a 1 mm
- R>R2 = numero medio di giorni al mese con precipitazione pari o superiore a 10 mm
- Rmin = minimo della precipitazione cumulata mensile [mm]
- Q1 = primo quintile della precipitazione cumulata mensile [mm]
- Q2 = secondo quintile della precipitazione cumulata mensile [mm]
- Q3 = terzo quintile della precipitazione cumulata mensile [mm]
- Q4 = quarto quintile della precipitazione cumulata mensile [mm]
- Rmax = massimo della precipitazione cumulata mensile [mm]
- Sol = media della durata giornaliera del soleggiamento [ore]
- Rdz = media della radiazione globale [10-2 MJ/m2]

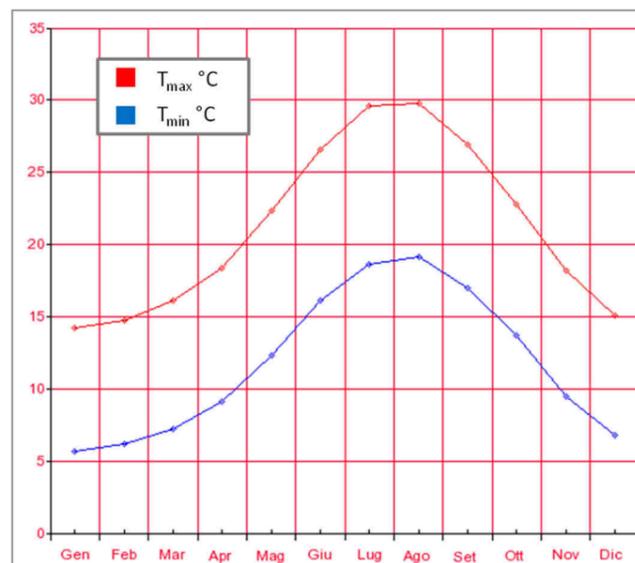


Figura 7 - CLINO Cagliari Elmas 1961-1990 – range temperature medie

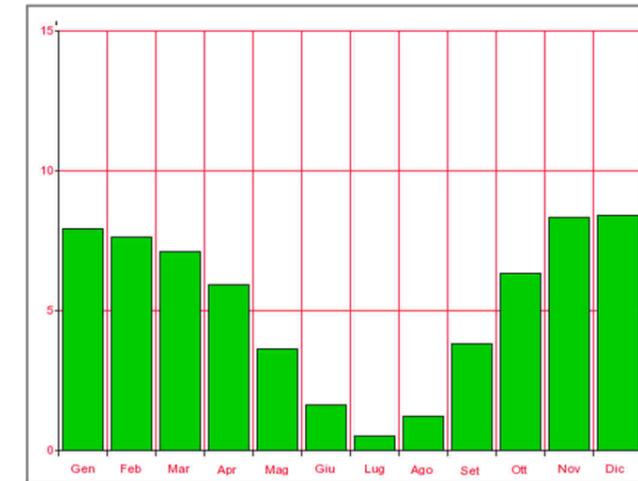


Figura 8 - CLINO Cagliari Elmas 1961-1990 – media dei giorni con precipitazione >= 1 mm

2.3.1.3 L'analisi dei dati dell'Atlante Climatico per il trentennio 1971 – 2000

Si riportano di seguito i dati dell'Atlante Climatico per il trentennio 1971 – 2000, sempre registrati nella stazione 560 di Cagliari Elmas, relativamente alle precipitazioni.

| mese | RTot | RQ0 | RQ1 | RQ2 | RQ3 | RQ4 | RQ5 | Rx12a | Rx12b | Rx24 | An Rx24 |
|-----------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| gennaio | 49,7 | 2,2 | 12,9 | 26,7 | 44,5 | 70,5 | 334,9 | 41,2 | 27,2 | 41,2 | 1988 |
| febbraio | 53,3 | 2,6 | 11 | 33,1 | 52 | 88,8 | 180,9 | 41 | 94,8 | 109,6 | 1974 |
| marzo | 40,4 | 0,1 | 18 | 28,3 | 42,4 | 56,8 | 157,6 | 42,6 | 56,6 | 79,2 | 1985 |
| aprile | 39,7 | 3,3 | 14,5 | 32,5 | 38,3 | 51,7 | 111,1 | 34 | 20,4 | 34,1 | 1978 |
| maggio | 26,1 | 0,4 | 8,5 | 15,9 | 24,8 | 41,6 | 102,8 | 44 | 24,4 | 51 | 1972 |
| giugno | 11,9 | 0,1 | 2,2 | 4 | 7,4 | 17 | 69,2 | 16,8 | 41 | 41,1 | 1996 |
| luglio | 4,1 | 0 | 0,1 | 0,6 | 2,9 | 9,8 | 27 | 11,8 | 22 | 22 | 1976 |
| agosto | 7,5 | 0 | 0,1 | 0,8 | 5 | 15,5 | 32,5 | 13,8 | 23,2 | 23,3 | 1995 |
| settembre | 34,9 | 0,4 | 5,9 | 25,5 | 35,5 | 59,5 | 98 | 30,6 | 78,2 | 78,4 | 1971 |
| ottobre | 52,6 | 3,9 | 21,3 | 31,9 | 51,2 | 85,5 | 164,2 | 77,6 | 33,8 | 80,6 | 1982 |
| novembre | 58,4 | 1,2 | 21,4 | 33,9 | 57,8 | 80,4 | 195 | 101,4 | 35 | 101,4 | 1993 |
| dicembre | 48,9 | 6,4 | 22,2 | 38,2 | 43,9 | 69,4 | 117,7 | 31,6 | 42,6 | 49,6 | 1996 |

Tabella 4 - Dati dell'Atlante Climatico sulle precipitazioni per la stazione Cagliari Elmas (1)

Dove:

- Rtot = precipitazione totale media mensile [mm]
- RQ0 = minimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni [mm]
- RQ1 = primo quintile della distribuzione delle precipitazioni [mm]
- RQ2 = secondo quintile della distribuzione delle precipitazioni [mm]
- RQ3 = terzo quintile della distribuzione delle precipitazioni [mm]
- RQ4 = quarto quintile della distribuzione delle precipitazioni [mm]
- RQ5 = massimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni [mm]
- Rx12a = precipitazione massima fra le ore 00 e le 12 (ora UTC) [mm]
- Rx12b = precipitazione massima fra le ore 12 e le 24 (ora UTC) [mm]
- Rx24 = precipitazione massima in 24 ore [mm]
- An Rx24 = anno in cui si è verificata Rx24.

| me | NgR>1 | NgR>5 | NgR>10 | NgR>50 | Ng fog | Ux% | Un% | Ng h6 Nuv≤4 | Ng h6 Nuv>4 | Ng h18 Nuv≤4 | Ng h18 Nuv>4 |
|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|-----|-------------|-------------|--------------|--------------|
| gennaio | 6,8 | 2,6 | 1,1 | 0,1 | 2,9 | 96 | 62 | 16,8 | 13,7 | 15,1 | 15,4 |
| febbraio | 6,8 | 2,6 | 1,1 | 0,1 | 2,7 | 96 | 56 | 14 | 13,8 | 12,3 | 15,5 |
| marzo | 6,8 | 2,4 | 1,1 | 0,1 | 2,3 | 96 | 52 | 15,2 | 15,3 | 13,2 | 17,2 |
| aprile | 7 | 2,6 | 0,8 | 0 | 1,2 | 95 | 49 | 14,4 | 16,1 | 13 | 17,5 |
| maggio | 4,4 | 1,6 | 0,7 | 0 | 2,1 | 95 | 47 | 17,5 | 12,9 | 15,8 | 14,6 |
| giugno | 2,1 | 0,6 | 0,3 | 0 | 0,4 | 94 | 40 | 21,5 | 7,9 | 20,7 | 8,7 |
| luglio | 0,8 | 0,3 | 0,1 | 0 | 0,7 | 93 | 37 | 26,4 | 4,1 | 26,4 | 4,1 |
| agosto | 1,3 | 0,5 | 0,2 | 0 | 0,3 | 92 | 39 | 26,3 | 5,1 | 25,7 | 5,7 |
| settembre | 4,3 | 2 | 1 | 0,1 | 0,5 | 94 | 46 | 20,4 | 10,2 | 19,2 | 11,3 |
| ottobre | 6,5 | 3,3 | 1,7 | 0,1 | 1,7 | 96 | 55 | 16,6 | 14,9 | 16,4 | 15,1 |
| novembre | 7,4 | 4 | 1,5 | 0,1 | 1,9 | 96 | 61 | 15,5 | 15 | 16 | 14,4 |
| dicembre | 7,4 | 3,2 | 1,3 | 0 | 3,4 | 96 | 64 | 17,9 | 13,6 | 16,6 | 15 |

Tabella 5 - Dati dell'Atlante Climatico sulle precipitazioni per la stazione Cagliari Elmas (2)

Dove:

- Ng R>1 = numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 1 mm
- Ng R>5 = numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 5 mm
- Ng R>10 = numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 10 mm
- Ng R>50 = numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 50 mm
- Ng fog = numero medio di giorni al mese con nebbia
- Ux% = media mensile dell'umidità percentuale massima [%]
- Un% = media mensile dell'umidità percentuale minima [%]
- Ng h6 Nuv≤4 = numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa ≤ 4/8 alle ore 6
- Ng h6 Nuv>4 = numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa > 4/8 alle ore 6
- Ng h18 Nuv≤4 = numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa ≤ 4/8 alle ore 18
- Ng h18 Nuv>4 = numero medio di giorni al mese con copertura nuvolosa > 4/8 alle ore 18

Si riportano anche i dati dell'Atlante Climatico relativi alle temperature.

| me | Tm | Tx 1d | Tx 2d | Tx 3d | Txm | Tn 1d | Tn 2d | Tn 3d | Tnm | TxP85-15 | TnP85-15 |
|-----------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|----------|----------|
| gennaio | 9,9 | 14 | 14,2 | 14,5 | 14,3 | 5,3 | 5,2 | 5,8 | 5,5 | 4,2 | 7,4 |
| febbraio | 10,3 | 14,8 | 14,6 | 14,9 | 14,8 | 6 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 4,8 | 7 |
| marzo | 11,8 | 15,6 | 16,6 | 17,4 | 16,5 | 6,3 | 7,1 | 7,7 | 7,1 | 5,2 | 6,6 |
| aprile | 13,7 | 18,3 | 18,1 | 19,4 | 18,6 | 8,5 | 8,5 | 9,7 | 8,9 | 5,4 | 6,4 |
| maggio | 17,7 | 21,2 | 22,8 | 24,5 | 22,9 | 10,9 | 12,6 | 13,7 | 12,4 | 6,2 | 6,2 |
| giugno | 21,7 | 26 | 27,2 | 28,5 | 27,3 | 15,3 | 16,1 | 17,2 | 16,2 | 5,8 | 5,2 |
| luglio | 24,7 | 29,6 | 30,5 | 31 | 30,4 | 18,4 | 18,9 | 19,4 | 18,9 | 5,8 | 4,8 |
| agosto | 25,2 | 31,3 | 31,2 | 29,9 | 30,8 | 19,9 | 19,8 | 19,1 | 19,6 | 5,4 | 4,8 |
| settembre | 22,3 | 28,7 | 27,5 | 26,1 | 27,4 | 17,9 | 17 | 16,4 | 17,1 | 5,6 | 5,8 |
| ottobre | 18,4 | 24,6 | 23,2 | 21,6 | 23,1 | 15 | 14,2 | 12 | 13,7 | 5,4 | 6,8 |
| novembre | 13,8 | 20,1 | 18,3 | 16,4 | 18,3 | 10,6 | 9,6 | 7,8 | 9,3 | 5,8 | 7 |
| dicembre | 11 | 15,7 | 15,6 | 14,8 | 15,4 | 7,1 | 6,6 | 6,1 | 6,6 | 4,8 | 7,2 |

Tabella 6 - Dati dell'Atlante Climatico sulle temperature per la stazione Cagliari Elmas (1)

Dove:

- Tm = temperatura media (max + min)/2 [°C]
- Tx 1d = temperatura massima media della prima decade [°C]
- Tx 2d = temperatura massima media della seconda decade [°C]
- Tx 3d = temperatura massima media della terza decade [°C]
- Txm = temperatura massima media mensile [°C]
- Tn 1d = temperatura minima media della prima decade [°C]
- Tn 2d = temperatura minima media della seconda decade [°C]
- Tn 3d = temperatura minima media della terza decade [°C]
- Tnm = temperatura minima media mensile [°C]
- TxP85-15 = differenza tra 85° e 15° percentile della distribuzione delle temp. massime [°C]
- TnP85-15 = differenza tra 85° e 15° percentile della distribuzione delle temp. minime [°C]

| me | NgTn≤0 | NgTn≤-5 | NgTx≥25 | NgTx≥30 | GrGi>0 | GrGi>5 | GrGi_18 | Txx | An Txx | Tnn | An Tnn |
|-----------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|------|--------|------|--------|
| gennaio | 1,8 | 0 | 0 | 0 | 307 | 151 | 254 | 20,2 | 1979 | -4,8 | 1981 |
| febbraio | 0,8 | 0 | 0 | 0 | 292 | 150 | 218 | 21,6 | 1978 | -3 | 1999 |
| marzo | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 368 | 212 | 193 | 24,5 | 1989 | -2,2 | 1998 |
| aprile | 0,1 | 0 | 0,4 | 0 | 411 | 262 | 128 | 26,6 | 1985 | -0,4 | 1995 |
| maggio | 0 | 0 | 7,8 | 0 | 549 | 394 | 37 | 34,4 | 1997 | 4,8 | 1987 |
| giugno | 0 | 0 | 24,1 | 5,3 | 645 | 497 | 1 | 38,6 | 1982 | 8,8 | 1986 |
| luglio | 0 | 0 | 30,2 | 16,5 | 764 | 609 | 0 | 43,6 | 1983 | 12,2 | 1991 |
| agosto | 0 | 0 | 30,5 | 19,2 | 779 | 624 | 0 | 41,4 | 1999 | 12,6 | 1981 |
| settembre | 0 | 0 | 24,9 | 5,1 | 672 | 521 | 1 | 35 | 1987 | 9,6 | 1984 |
| ottobre | 0 | 0 | 8,3 | 0 | 570 | 415 | 28 | 31,8 | 1999 | 5 | 1974 |
| novembre | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 | 415 | 265 | 128 | 25,2 | 1987 | -2 | 1998 |
| dicembre | 0,8 | 0 | 0 | 0 | 332 | 180 | 213 | 23,2 | 1989 | -3,4 | 1996 |

Tabella 7 - Dati dell'Atlante Climatico sulle temperature per la stazione Cagliari Elmas (2)

Dove:

- NgTn≤0 = n° di giorni con temperatura minima ≤ 0°C
- NgTn≤-5 = n° di giorni con temperatura minima ≤ -5°C
- NgTn≥25 = n° di giorni con temperatura massima ≥ 25°C
- NgTn≥30 = n° di giorni con temperatura massima ≥ 30°C
- GrGi>0 = gradi-giorno (somme (Tm-0) solo se (Tm-0)>0°) [°C]
- GrGi>5 = gradi-giorno (somme (Tm-5) solo se (Tm-5)>0°) [°C]
- GrGi_18 = gradi-giorno (somme (18-Tm) solo se (18-Tm)>0°) [°C]
- Txx = temperatura massima assoluta [°C]
- An Txx = anno in cui si è verificata Txx
- Tnn = temperatura minima assoluta [°C]
- An Tnn = anno in cui si è verificata Tnn

Di seguito sono riportati i diagrammi di vento ordinati per stagione.

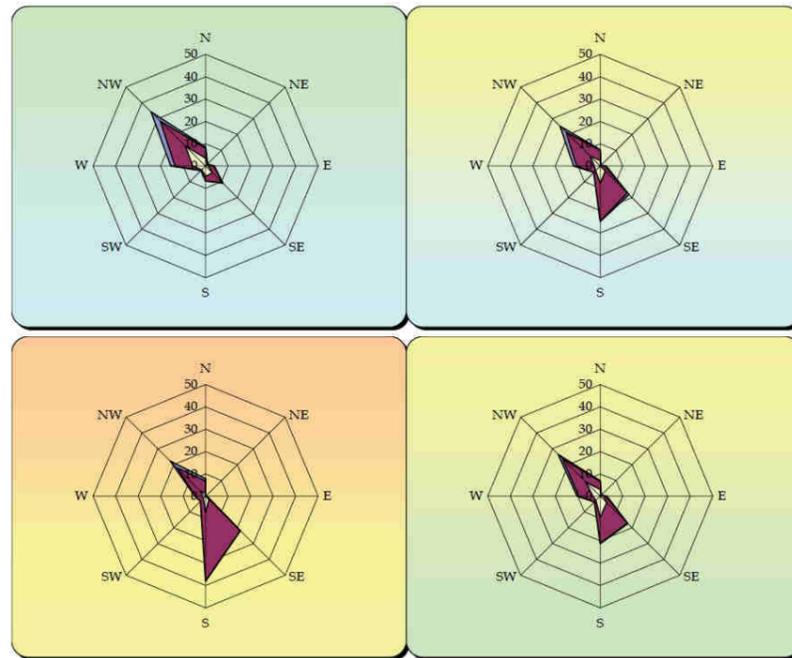


Figura 9 - Rose dei venti stagionali alle ore 00:00

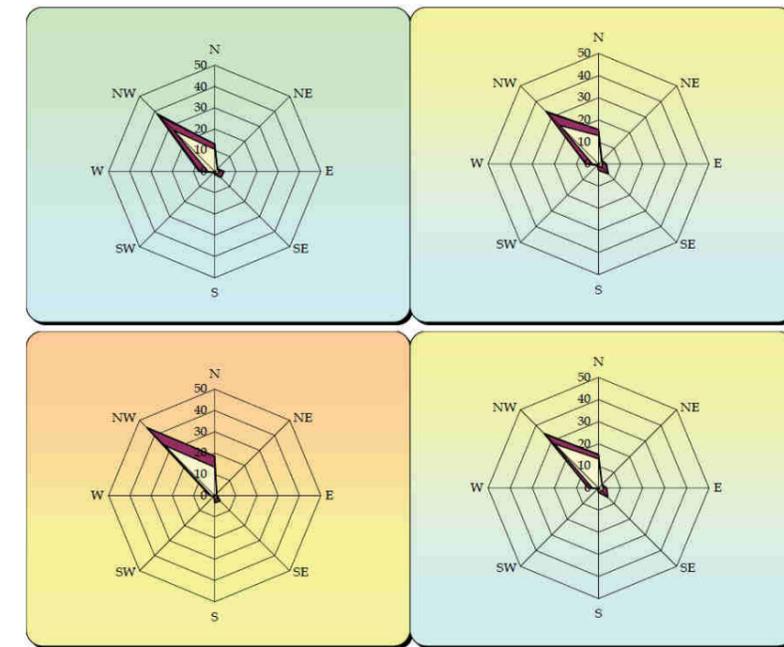


Figura 10 - Rose dei venti stagionali alle ore 06:00

| | |
|--|--|
| <p>INVERNO % calme di vento = 30</p> | <p>PRIMAVERA % calme di vento = 27</p> |
| <p>ESTATE % calme di vento = 22</p> | <p>AUTUNNO % calme di vento = 32</p> |

Tabella 8 - Frequenza delle calme di vento alle ore 00:00

| | |
|--|--|
| <p>INVERNO % calme di vento = 29</p> | <p>PRIMAVERA % calme di vento = 29</p> |
| <p>ESTATE % calme di vento = 24</p> | <p>AUTUNNO % calme di vento = 31</p> |

Tabella 9 - Frequenza delle calme di vento alle ore 06:00

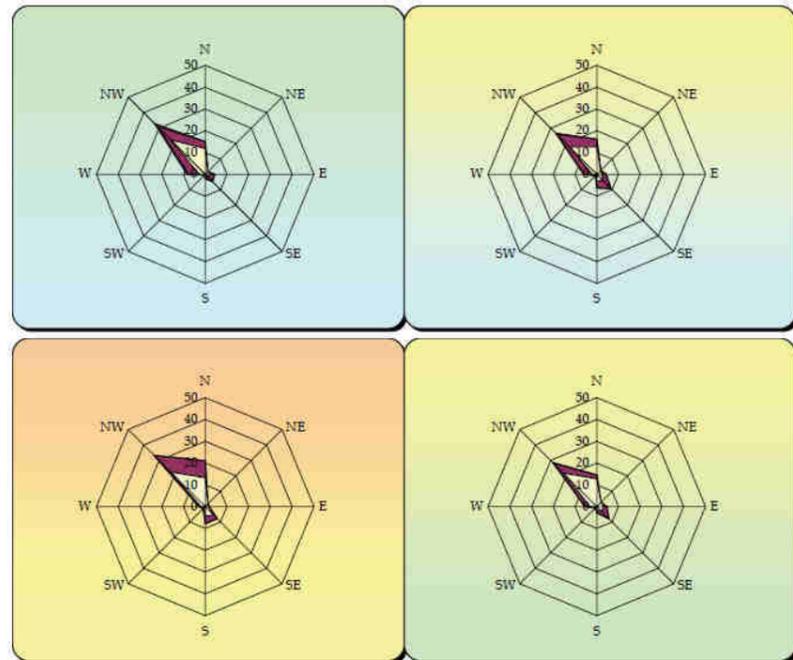


Figura 11 - Rose dei venti stagionali alle ore 12:00

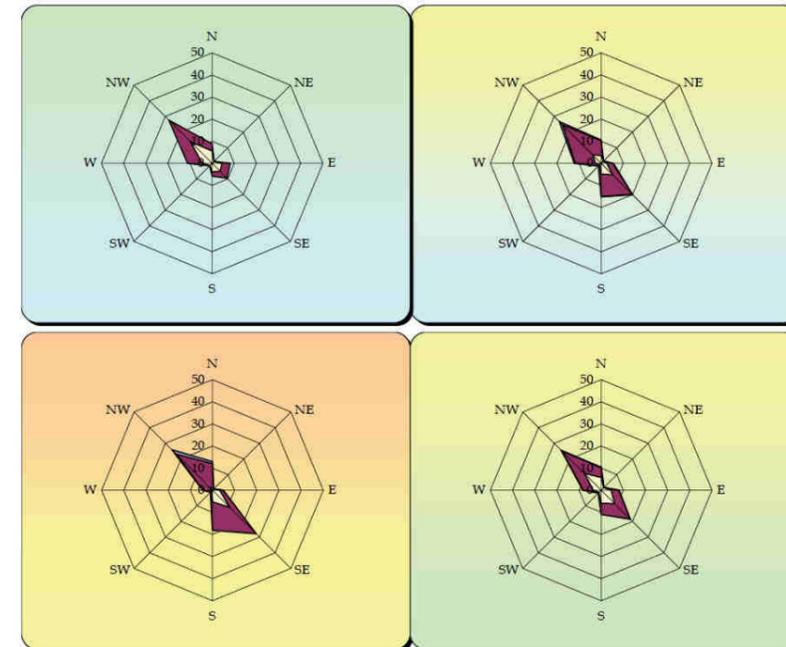


Figura 12 - Rose dei venti stagionali alle ore 18:00

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| INVERNO % calme di vento = 16 | PRIMAVERA % calme di vento = 5 |
| ESTATE % calme di vento = 1 | AUTUNNO % calme di vento = 10 |

Tabella 10 - Frequenza delle calme di vento alle ore 12:00

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| INVERNO % calme di vento = 22 | PRIMAVERA % calme di vento = 6 |
| ESTATE % calme di vento = 4 | AUTUNNO % calme di vento = 14 |

Tabella 11 - Frequenza delle calme di vento alle ore 18:00

2.3.1.4 Conclusioni

Per quanto detto, risulta chiaro che la climatologia diffusiva della regione di interesse si distacchi nettamente dalle caratteristiche riscontrabili in zone ad alta stabilità dei bassi strati come la Pianura Padana. Ad esempio, l'informazione più evidente che si evince è 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", come la Pianura Padana, dove la stabilità notturna appare ben più forte in tutte le stagioni. D'altro canto la regione ha un tipico carattere mediterraneo, in cui la fisica dei bassi strati dell'atmosfera non è particolarmente favorevole a fenomeni di inquinamento primario dovuti a grande stabilità, ma soltanto a rari fenomeni estivi di calma di vento, alta pressione e stabilità in quota che possono favorire eventi acuti di inquinamento fotochimico.

Tenendo conto della sua localizzazione, si può senz'altro affermare che, pur trovandosi a latitudini inferiori dove le perturbazioni sinottiche arrivano meno di frequente, la circolazione orizzontale sulla zona di interesse è meno statica rispetto a quella della Pianura Padana, che, a causa della protezione della catena alpina, risente di frequenti fenomeni di calma di vento e subsidenza. Ciò è vero sia nel semestre freddo sia in quello caldo, anche a causa della mitigazione locale del mare e del fenomeno della brezza. Questo fa già capire come gli episodi acuti di inquinamento primario siano statisticamente meno gravi e frequenti su questa area, rispetto, ad esempio, all'area milanese, molto studiata dal punto di vista di questo fenomeno. Un altro fattore cui bisogna accennare è il valore elevato di soleggiamento e radiazione globale rilevato mediamente nell'area della bassa Sardegna in tutti i periodi dell'anno (ovviamente con un picco in estate), che rende più intensa la produzione di inquinanti secondari di origine fotochimica.

Tutto questo fa capire come, 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:

- 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.

2.3.2 Lo stato della qualità dell'aria sul territorio di interesse

Si riassumono dapprima i contenuti principali della "Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Sardegna" relativa all'anno 2014 (l'ultima disponibile) redatta da ARPAS e Assessorato della difesa dell'ambiente.

Il quadro conoscitivo dello stato della qualità dell'aria ambiente del 2014 in regione Sardegna si basa sulle misurazioni ottenute dalle stazioni della rete regionale di rilevamento gestite dall'ARPAS.

Il riferimento normativo per la valutazione e la discussione sono i valori limite fissati dalla Direttiva europea 2008/50/CE e recepiti in Italia con il D.Lgs. 155/2010 modificato con il Decreto legislativo 24 dicembre 2012 n° 250: Modifiche e integrazioni al 155/2010.

La struttura delle Rete Regionale è stata modificata negli anni per rispondere ai requisiti indicati nelle nuove leggi in materia, fino a giungere alla struttura attiva nel 2014 che ha compreso 42 stazioni.

Tale struttura è funzione della specifica zonizzazione della Regione in aree omogenee in termini di tipologia di pressioni antropiche sull'aria ambiente. In particolare, sono stati individuati alcuni ambiti urbani e industriali localizzati sulla costa, mentre il resto della Regione costituisce un'unica grande zona rurale, stante il suo scarso livello di emissioni.

Si riporta la zonizzazione della Sardegna.

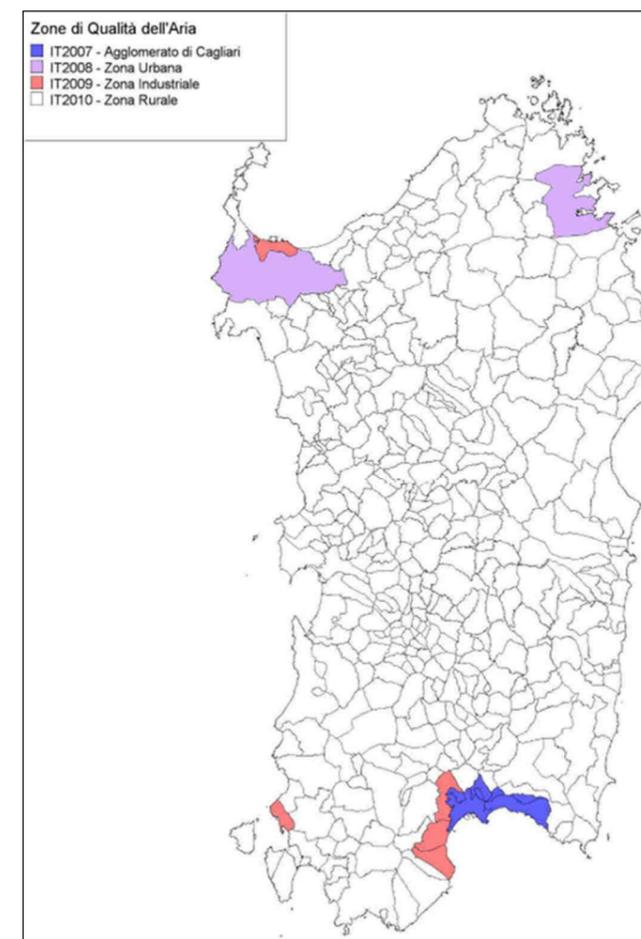


Figura 13 - Zonizzazione secondo la "Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria in Sardegna"

L'area di studio ricade ai margini dell'agglomerato di Cagliari, formato da una serie di Comuni (Cagliari, Quartu Sant'Elena, Quartucciu, Selargius, Monserrato ed Elmas) correlati sul piano demografico e dei servizi, in continuità territoriale tra loro e caratterizzati dalle stesse sorgenti dominanti di emissione.

Per quel che riguarda l'agglomerato di Cagliari, l'assetto definitivo della rete di monitoraggio regionale individua un totale di 3 stazioni di misura:

- la stazione di traffico di Cagliari, Via Cadello (CENCA1);
- la stazione di fondo di Monserrato, Via Sant'Angelo (CENMO1);

- la stazione di fondo di Quartu Sant'Elena, Via Perdalonga (CENQU1).

Di queste, quella localizzata più in prossimità della SS554 è la stazione di Monserrato, posta nelle vicinanze dello svincolo con la SS387; tuttavia, le stazioni di misura regionali sono per definizione rappresentative dell'intera zona in cui si trovano, dunque saranno tenuti in considerazione anche i dati derivanti da quelle di Quartu Sant'Elena e di Cagliari.

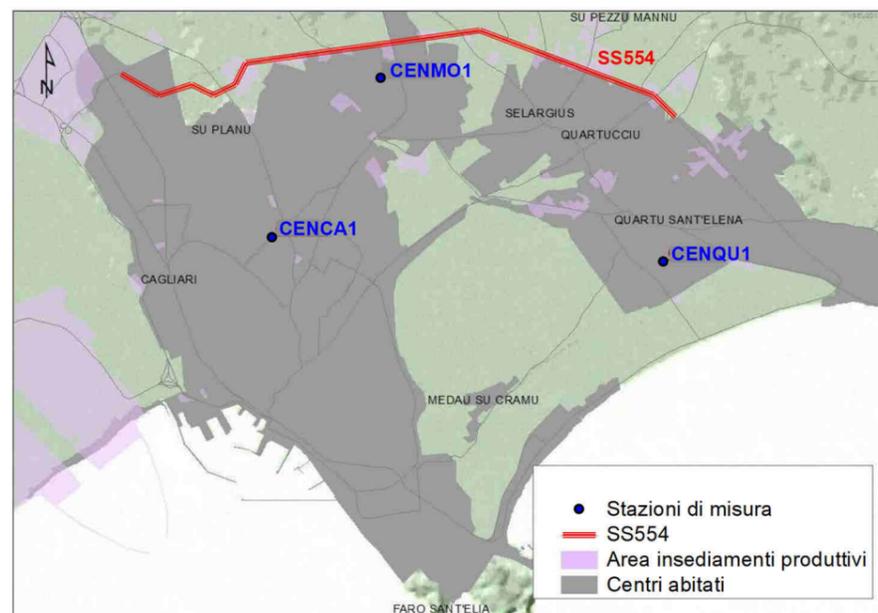


Figura 14 - Localizzazione delle stazioni di misura facenti parte della rete regionale

Come già detto, i dati più recenti a disposizione fanno riferimento all'anno 2014, nel quale la rete dell'agglomerato ha presentato complessivamente un funzionamento regolare nel 94% dei casi.

Per quel che riguarda il biossido di azoto (NO₂), le medie annue sono comprese tra i 16 µg/m³ misurati dalla CENQU1 e i 32 µg/m³ della CENCA1. I massimi valori orari, invece, oscillano tra 106 µg/m³ (CENMO1) e 138 µg/m³ (CENCA1).

In entrambi i casi, i valori sono coerenti con quelli degli anni precedenti, evidenziando un trend di leggero miglioramento, e rientrano nei limiti di normativa.

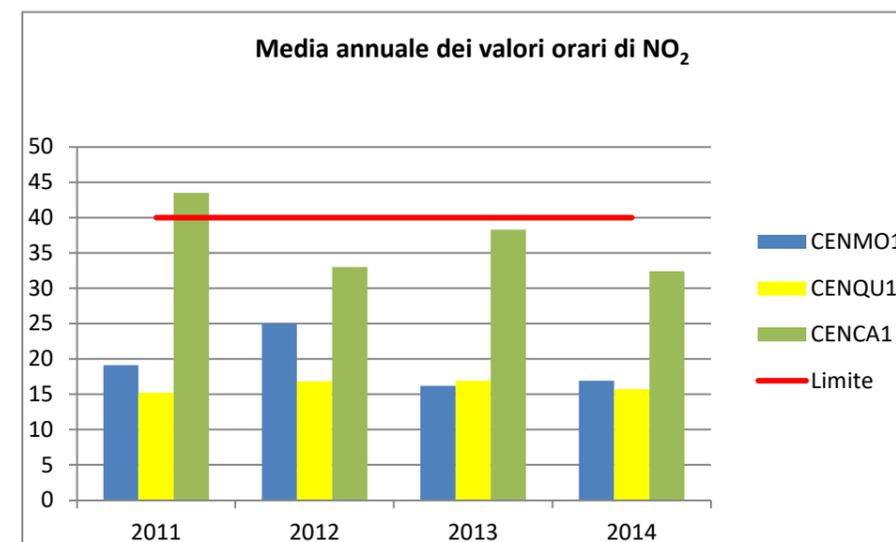


Figura 15 - Media annuale dei valori orari di NO₂ nelle 3 stazioni di misura

Più interessante e critica è la situazione del PM₁₀, poiché si registra una violazione del numero massimo di superamenti ammissibili sulla media giornaliera in due stazioni (40 superamenti sia per la CENCA1 che per la CENMO1), con valori che arrivano ai 274 µg/m³ misurati dalla CENQU1.

Tuttavia, tale valore è stato registrato in coincidenza con un fenomeno eccezionale di trasporto di polveri sahariane, che ha riguardato svariati giorni, i cui dati risultano dunque invalidati. Complessivamente, senza considerare tali giorni i superamenti certificati divengono 34 per entrambe le stazioni, rientrando perciò nei limiti di legge.

Si riporta un quadro complessivo dei superamenti, comprensivo dei dati non certificati, per evidenziarne l'andamento mensile.

| Conteggio mensile dei superamenti di PM10 | CENCA1 | CENMO1 | CENQU1 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Gennaio | 12 | 17 | 13 |
| Febbraio | 4 | 8 | 5 |
| Marzo | 4 | 2 | 0 |
| Aprile | 1 | 0 | 0 |
| Maggio | 2 | 1 | 1 |
| Giugno | 0 | 0 | 0 |
| Luglio | 0 | 0 | 0 |
| Agosto | 0 | 0 | 0 |
| Settembre | 2 | 2 | 3 |
| Ottobre | 1 | 1 | 2 |
| Novembre | 7 | 3 | 3 |
| Dicembre | 7 | 6 | 6 |
| Totale superamenti | 40 | 40 | 33 |

Tabella 12 - Superamenti della media giornaliera di PM10 nelle 3 stazioni di misura

Si noti come la presenza di PM₁₀ sia fortemente concentrata nei mesi invernali, quando l'accensione dei riscaldamenti si combina con la presenza di condizioni meteorologiche sfavorevoli.

Complessivamente, la media annuale dei valori medi giornalieri di PM₁₀ rientra nei limiti di normativa e risulta sostanzialmente invariata rispetto agli anni precedenti per ognuna delle stazioni di misura.

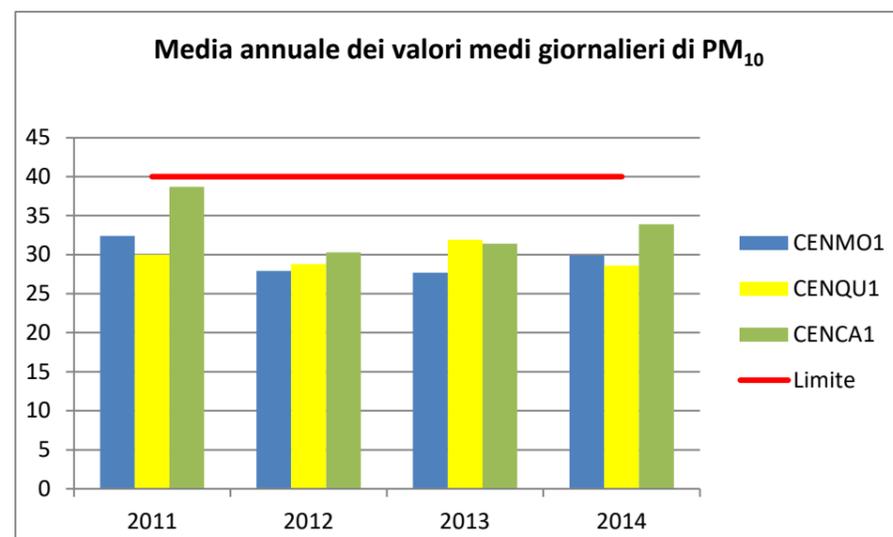


Figura 16 - media annuale dei valori medi giornalieri di PM10 nelle 3 stazioni di misura

Per quel che riguarda l'O₃, la media mobile su 8 ore varia tra i 114 e i 141 µg/m³ misurati rispettivamente nelle stazioni CENMO1 e CENQU1. Il massimo valore orario è pari a 163 µg/m³ (CENQU1) e rientra sia nella soglia di allarme (240 µg/m³), sia nella soglia di informazione (180 µg/m³), ma non rispetta il valore obiettivo.

2.4 Potenziali interferenze indotte dall'opera

Il primo passo è stato la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria a partire dai risultati emersi dallo studio di traffico. La metodologia seguita nella valutazione ha previsto l'applicazione di opportuni modelli, di cui più avanti si descrivono le specifiche, focalizzando l'attenzione sul processo emissivo e diffusivo della fonte stradale, relativamente allo scenario attuale e a quello progettuale 2025.

Si specifica che le simulazioni sono state condotte sulla rete oggetto dello studio trasportistico, relativamente ai seguenti composti per quanto riguarda le stime delle emissioni in atmosfera: CO, NO₂, C₆H₆, PM₁₀ e PM_{2.5}. Il processo di dispersione degli inquinanti è stato, invece, limitato a PM₁₀ e NO₂.

I principali risultati sono forniti in tabelle o su tavole che riportano una sintesi dei risultati dei modelli di emissione e dispersione e le concentrazioni attese nello scenario di progetto per i principali inquinanti.

2.4.1 Il modello di emissione

Le simulazioni del processo emissivo sono state eseguite considerando specifiche ipotesi sulle velocità di marcia e sui cicli di guida, sul parco veicolare transitante e sui fattori di emissione per i differenti inquinanti e per le singole classi veicolari del parco. Le emissioni sono state calcolate separatamente per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri e i veicoli pesanti.

Le simulazioni sono state eseguite relativamente ai 2 scenari seguenti:

1. attuale;
2. progettuale al 2025.

Le ipotesi sul parco veicolare

Per il parco veicolare è stata utilizzata la composizione del parco circolante sulla base dei dati ACI 2014 (i più aggiornati) per lo scenario attuale. Le percentuali di presenza nel parco delle differenti classi veicolari sono state quindi corrette secondo la metodologia ISPRA, pesando la numerosità di ogni classe di veicoli sulla base delle rispettive percorrenze effettive, così come desunte dalla stessa banca dati ISPRA.

Per lo scenario futuro (2025) è stato tenuto in considerazione il rinnovo spontaneo del parco. Le ipotesi alla base di rinnovo hanno riguardato il solo standard emissivo (e cioè l'anzianità del parco), senza fare alcuna ipotesi sull'alimentazione e sulla cilindrata. La distribuzione del parco per alimentazione e cilindrata è stata, cioè, mantenuta costante e pari a quella del 2014. Il rinnovo per standard emissivo, invece, è stato effettuato mantenendo costante negli anni l'anzianità del parco, facendo in modo, cioè, che al 2025 la percentuale di presenza nel parco dei veicoli per anzianità rimanga costante e pari a quella del 2014. Il rinnovo è stato effettuato sulla base dell'evoluzione delle normative sulle immatricolazioni, in maniera separata per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri (LDV) e i veicoli pesanti.

Come parco ACI al 2014 (alla base di tutte le proiezioni) si è fatto riferimento al parco circolante nella Provincia di Cagliari per la stima delle emissioni relative sia alla SS554 sia alla restante viabilità.

Si riportano nei grafici seguenti le distribuzioni dei parchi utilizzate per la simulazione dei processi emissivi.

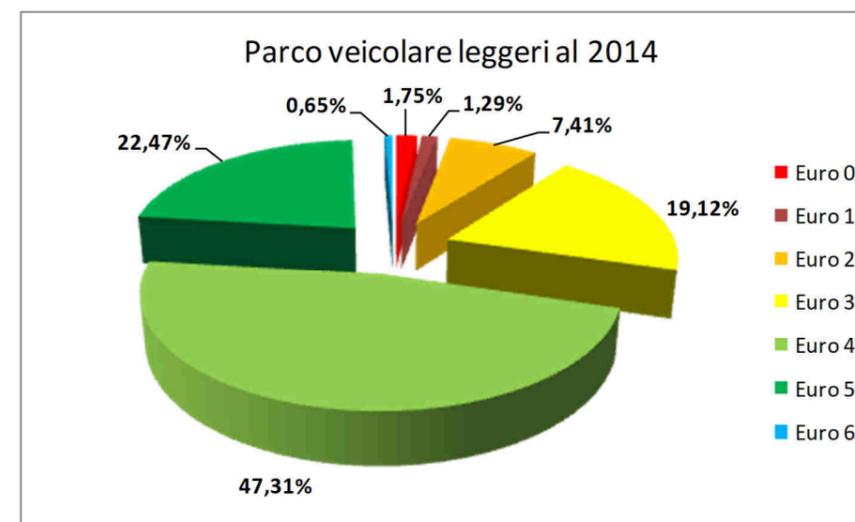


Figura 17 - Distribuzione del parco per standard emissivo - veicoli leggeri (2014)

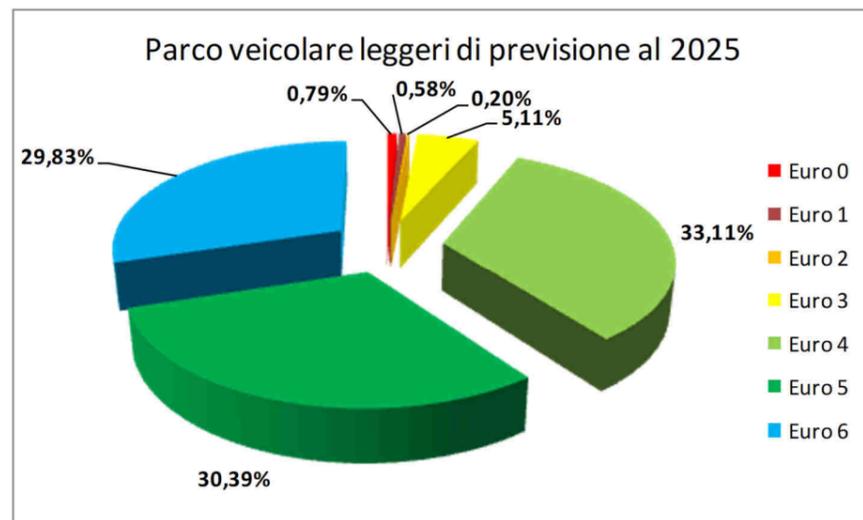


Figura 18 - Distribuzione del parco per standard emissivo - veicoli leggeri (2025)

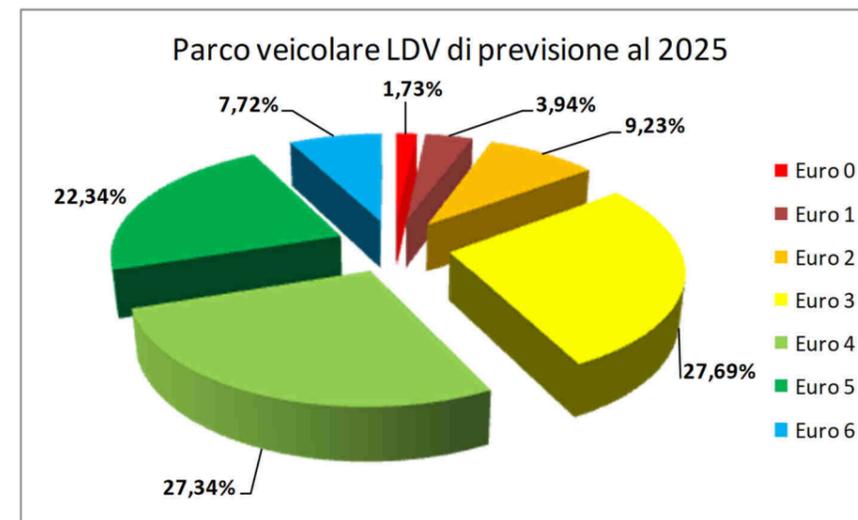


Figura 20 - Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV (2025)

Nel rinnovo del parco dei veicoli leggeri si è tenuto conto della forte presenza di veicoli con standard emissivi obsoleti, in particolare gli Euro 0, che allo stato attuale costituiscono circa il 10% del parco ACI nella Provincia di Cagliari (anche se i km che ognuno di essi percorre sono assai ridotti). Tale componente è stata proiettata allo stato futuro immaginando un trend di decrescita percentuale proporzionale a quello osservato negli anni precedenti al 2014.

I veicoli Euro 5 risultano comunque in aumento rispetto al 2014 (ultimo anno in cui sono in vendita): ciò è giustificabile con l'acquisto di autovetture usate da altre Province o addirittura dall'estero, coerentemente con l'aumento di veicoli Euro 4 registrato tra il 2008 (ultimo anno in cui erano in vendita) e il 2014.

Anche per i veicoli commerciali leggeri vale quanto detto per le autovetture. In particolare si noti come il rinnovo del parco sia sensibilmente inferiore, coerentemente con la situazione attuale (al 2014) che vede ancora una larga parte del parco composta da mezzi con standard emissivi obsoleti. L'adozione di veicoli Euro 6 risulta infatti piuttosto limitata.

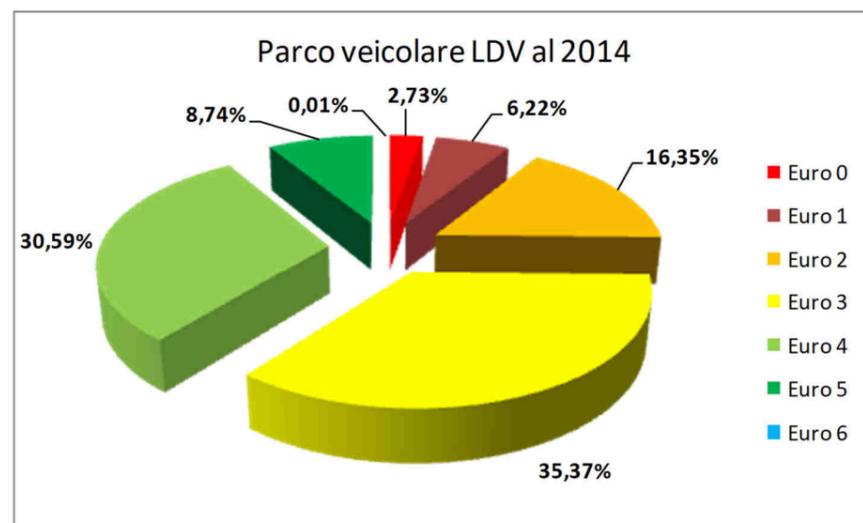


Figura 19 - Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV (2014)

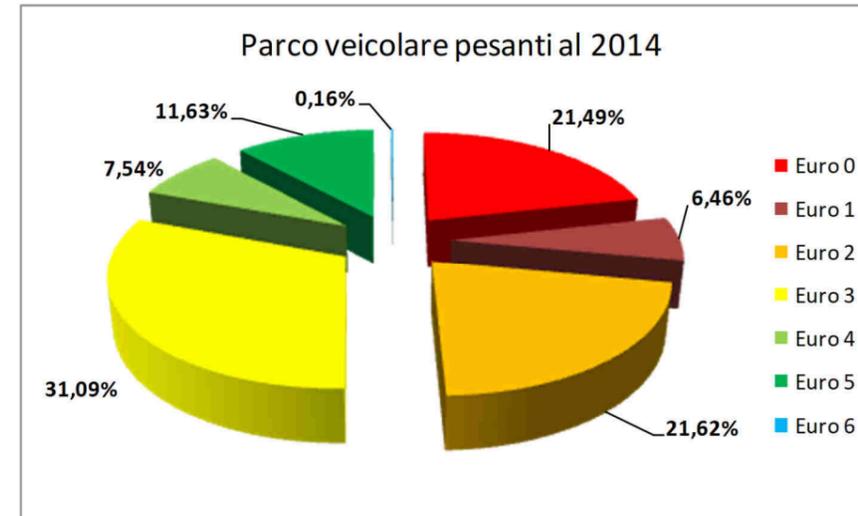


Figura 21 - Distribuzione del parco per standard emissivo - veicoli pesanti (2014)

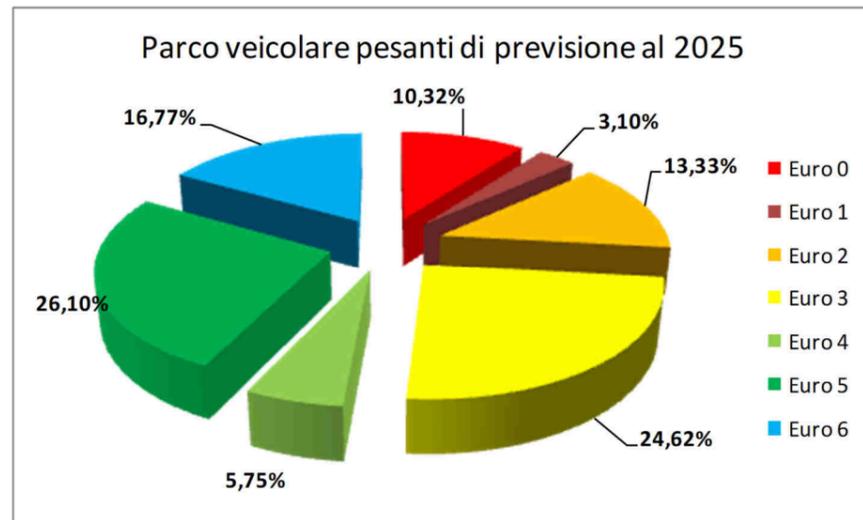


Figura 22 - Distribuzione del parco per standard emissivo - veicoli pesanti (2025)

Per quel che riguarda i mezzi pesanti, si osservi come il parco attuale sia suddiviso in percentuali molto più paragonabili tra loro, rispetto ai veicoli leggeri. Ciò è un chiaro indice di una forte resistenza al rinnovo del parco, che da dati ACI risulta composto per metà da veicoli Euro 0, i quali in questo caso presentano anche un numero di km percorsi piuttosto elevato.

Tale resistenza si ritrova anche nel parco di previsione, che continua a presentare una suddivisione molto eterogenea.

Le differenti distribuzioni di classi veicolari sono riportate nelle tabelle seguenti.

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|----------------------|--------------------------------|--------|--------|
| Gasoline <0,8 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline <0,8 l | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline <0,8 l | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline <0,8 l | PC Euro 6c - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PRE ECE | 1,15% | 0,52% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | ECE 15/00-01 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | ECE 15/02 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | ECE 15/03 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | ECE 15/04 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | Improved Conventional | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | Open Loop | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PC Euro 1 - 91/441/EEC | 0,75% | 0,34% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PC Euro 2 - 94/12/EEC | 4,44% | 0,12% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 5,03% | 1,35% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 15,50% | 10,82% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 6,52% | 8,82% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,49% | 22,73% |
| Gasoline 0,8 - 1,4 l | PC Euro 6c - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PRE ECE | 0,24% | 0,11% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | ECE 15/00-01 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | ECE 15/02 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | ECE 15/03 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | ECE 15/04 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | Improved Conventional | 0,00% | 0,00% |

Tabella 13 - Distribuzione dei veicoli leggeri (1)

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|----------------------|--------------------------------|--------|-------|
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | Open Loop | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 1 - 91/441/EEC | 0,22% | 0,10% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 2 - 94/12/EEC | 0,76% | 0,02% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 0,94% | 0,25% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 1,51% | 1,05% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 0,40% | 0,54% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,02% | 0,96% |
| Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 6c - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline >2,0 l | PRE ECE | 0,03% | 0,01% |
| Gasoline >2,0 l | ECE 15/00-01 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline >2,0 l | ECE 15/02 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline >2,0 l | ECE 15/03 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline >2,0 l | ECE 15/04 | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline >2,0 l | PC Euro 1 - 91/441/EEC | 0,01% | 0,01% |
| Gasoline >2,0 l | PC Euro 2 - 94/12/EEC | 0,04% | 0,00% |
| Gasoline >2,0 l | PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 0,09% | 0,02% |
| Gasoline >2,0 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,21% | 0,14% |
| Gasoline >2,0 l | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 0,04% | 0,06% |
| Gasoline >2,0 l | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,13% |
| Gasoline >2,0 l | PC Euro 6c - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Diesel <1,4 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 11,68% | 8,15% |
| Diesel <1,4 l | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 4,03% | 5,45% |
| Diesel <1,4 l | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Diesel <1,4 l | PC Euro 6c - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |

Tabella 14 - Distribuzione dei veicoli leggeri (2)

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|--------------------|--------------------------------|--------|--------|
| Diesel 1,4 - 2,0 l | Conventional | 0,15% | 0,07% |
| Diesel 1,4 - 2,0 l | PC Euro 1 - 91/441/EEC | 0,13% | 0,06% |
| Diesel 1,4 - 2,0 l | PC Euro 2 - 94/12/EEC | 1,28% | 0,03% |
| Diesel 1,4 - 2,0 l | PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 11,04% | 2,95% |
| Diesel 1,4 - 2,0 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 14,10% | 9,84% |
| Diesel 1,4 - 2,0 l | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 9,91% | 13,41% |
| Diesel 1,4 - 2,0 l | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,06% | 2,75% |
| Diesel 1,4 - 2,0 l | PC Euro 6c - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| Diesel >2,0 l | Conventional | 0,10% | 0,04% |
| Diesel >2,0 l | PC Euro 1 - 91/441/EEC | 0,10% | 0,05% |
| Diesel >2,0 l | PC Euro 2 - 94/12/EEC | 0,56% | 0,01% |
| Diesel >2,0 l | PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 1,69% | 0,45% |
| Diesel >2,0 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 2,14% | 1,49% |
| Diesel >2,0 l | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 0,94% | 1,27% |
| Diesel >2,0 l | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,06% | 2,56% |
| Diesel >2,0 l | PC Euro 6c - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| LPG | Conventional | 0,09% | 0,04% |
| LPG | PC Euro 1 - 91/441/EEC | 0,08% | 0,03% |
| LPG | PC Euro 2 - 94/12/EEC | 0,33% | 0,01% |
| LPG | PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 0,32% | 0,09% |
| LPG | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 2,09% | 1,46% |
| LPG | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 0,61% | 0,83% |
| LPG | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,02% | 0,71% |
| E85 | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,00% | 0,00% |

Tabella 15 - Distribuzione dei veicoli leggeri (3)

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|-----------------------------|--------------------------------|-------|-------|
| E85 | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| E85 | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| CNG | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,00% | 0,00% |
| CNG | PC Euro 5 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| CNG | PC Euro 6 - EC 715/2007 | 0,00% | 0,00% |
| 2-Stroke | Conventional | 0,00% | 0,00% |
| Hybrid Gasoline <1,4 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,02% | 0,07% |
| Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,07% | 0,09% |
| Hybrid Gasoline >2,0 l | PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,00% | 0,00% |

Tabella 16 - Distribuzione dei veicoli leggeri (4)

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|----------------|--------------------------------|--------|--------|
| Gasoline <3,5t | Conventional | 0,16% | 0,10% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 1 - 93/59/EEC | 0,27% | 0,17% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 2 - 96/69/EEC | 0,99% | 0,56% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 0,77% | 0,60% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 0,82% | 0,74% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 5 - 2008 Standards | 0,11% | 0,28% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 6 | 0,00% | 2,73% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 6c | 0,00% | 0,00% |
| Diesel <3,5 t | Conventional | 2,57% | 1,63% |
| Diesel <3,5 t | LD Euro 1 - 93/59/EEC | 5,95% | 3,77% |
| Diesel <3,5 t | LD Euro 2 - 96/69/EEC | 15,36% | 8,67% |
| Diesel <3,5 t | LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000 | 34,61% | 27,09% |
| Diesel <3,5 t | LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005 | 29,76% | 26,61% |
| Diesel <3,5 t | LD Euro 5 - 2008 Standards | 8,63% | 22,05% |
| Diesel <3,5 t | LD Euro 6 | 0,00% | 4,99% |
| Diesel <3,5 t | LD Euro 6c | 0,00% | 0,00% |
| Gasoline <3,5t | Conventional | 0,16% | 0,10% |
| Gasoline <3,5t | LD Euro 1 - 93/59/EEC | 0,27% | 0,17% |

Tabella 17 - Distribuzione degli LDV

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|------------------|----------------------------------|-------|-------|
| Gasoline >3,5 t | Conventional | 0,01% | 0,00% |
| Rigid <=7,5 t | Conventional | 6,65% | 3,19% |
| Rigid <=7,5 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 1,77% | 0,85% |
| Rigid <=7,5 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 5,46% | 3,37% |
| Rigid <=7,5 t | HD Euro III - 2000 Standards | 8,37% | 6,63% |
| Rigid <=7,5 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 3,14% | 2,39% |
| Rigid <=7,5 t | HD Euro V - 2008 Standards | 2,34% | 5,26% |
| Rigid <=7,5 t | HD Euro VI | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 7,5 - 12 t | Conventional | 6,16% | 2,96% |
| Rigid 7,5 - 12 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 1,39% | 0,67% |
| Rigid 7,5 - 12 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 3,45% | 2,13% |
| Rigid 7,5 - 12 t | HD Euro III - 2000 Standards | 5,53% | 4,38% |
| Rigid 7,5 - 12 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 1,38% | 1,05% |
| Rigid 7,5 - 12 t | HD Euro V - 2008 Standards | 2,75% | 6,17% |
| Rigid 7,5 - 12 t | HD Euro VI | 0,08% | 7,80% |
| Rigid 12 - 14 t | Conventional | 1,23% | 0,59% |
| Rigid 12 - 14 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 0,22% | 0,11% |
| Rigid 12 - 14 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 0,42% | 0,26% |
| Rigid 12 - 14 t | HD Euro III - 2000 Standards | 0,79% | 0,63% |
| Rigid 12 - 14 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 0,10% | 0,07% |
| Rigid 12 - 14 t | HD Euro V - 2008 Standards | 0,23% | 0,53% |
| Rigid 12 - 14 t | HD Euro VI | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 14 - 20 t | Conventional | 2,22% | 1,07% |
| Rigid 14 - 20 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 1,12% | 0,54% |

Tabella 18 - Distribuzione dei veicoli pesanti (1)

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|-----------------|----------------------------------|-------|-------|
| Rigid 14 - 20 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 3,39% | 2,09% |
| Rigid 14 - 20 t | HD Euro III - 2000 Standards | 4,54% | 3,60% |
| Rigid 14 - 20 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 1,16% | 0,89% |
| Rigid 14 - 20 t | HD Euro V - 2008 Standards | 2,57% | 5,78% |
| Rigid 14 - 20 t | HD Euro VI | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 20 - 26 t | Conventional | 5,11% | 2,45% |
| Rigid 20 - 26 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 1,73% | 0,83% |
| Rigid 20 - 26 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 6,26% | 3,86% |
| Rigid 20 - 26 t | HD Euro III - 2000 Standards | 6,31% | 5,00% |
| Rigid 20 - 26 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 0,95% | 0,73% |
| Rigid 20 - 26 t | HD Euro V - 2008 Standards | 2,59% | 5,81% |
| Rigid 20 - 26 t | HD Euro VI | 0,09% | 8,97% |
| Rigid 26 - 28 t | Conventional | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 26 - 28 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 26 - 28 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 26 - 28 t | HD Euro III - 2000 Standards | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 26 - 28 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 26 - 28 t | HD Euro V - 2008 Standards | 0,04% | 0,08% |
| Rigid 26 - 28 t | HD Euro VI | 0,00% | 0,00% |
| Rigid 28 - 32 t | Conventional | 0,03% | 0,01% |
| Rigid 28 - 32 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 0,19% | 0,09% |
| Rigid 28 - 32 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 2,59% | 1,60% |
| Rigid 28 - 32 t | HD Euro III - 2000 Standards | 5,43% | 4,30% |
| Rigid 28 - 32 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 0,74% | 0,56% |

Tabella 19 - Distribuzione dei veicoli pesanti (2)

| Sottosettore | Tecnologia | 2014 | 2025 |
|-----------------|----------------------------------|-------|-------|
| Rigid 28 - 32 t | HD Euro V - 2008 Standards | 1,07% | 2,39% |
| Rigid 28 - 32 t | HD Euro VI | 0,00% | 0,00% |
| Rigid >32 t | Conventional | 0,08% | 0,04% |
| Rigid >32 t | HD Euro I - 91/542/EEC Stage I | 0,04% | 0,02% |
| Rigid >32 t | HD Euro II - 91/542/EEC Stage II | 0,06% | 0,03% |
| Rigid >32 t | HD Euro III - 2000 Standards | 0,11% | 0,09% |
| Rigid >32 t | HD Euro IV - 2005 Standards | 0,07% | 0,06% |
| Rigid >32 t | HD Euro V - 2008 Standards | 0,04% | 0,09% |
| Rigid >32 t | HD Euro VI | 0,00% | 0,00% |

Tabella 20 - Distribuzione dei veicoli pesanti (3)

Le ipotesi sui Fattori di emissione

Per le simulazioni sono stati utilizzati i fattori di emissione presenti nel software COPERT IV versione 11.3.

Ai fini della stima delle emissioni mediante l'uso della metodologia COPERT IV sono state definite le specifiche dei combustibili, mediante opportuna modifica dei valori di "default". A tale scopo è stata effettuata un'indagine documentale finalizzata a valutare sia le quote mercato dei carburanti (TOTAL, Eni, Esso, Erg, Q8, Tamoil, ...) sia le diverse tipologie di combustibili vendute. Dall'indagine condotta è emerso che non vi sono sostanziali differenze tra le caratteristiche tecniche dichiarate per i carburanti in commercio.

Nella tabella 19 si riportano i valori di default di COPERT IV, i valori stabiliti dalla direttiva europea in vigore riguardante le specifiche dei carburanti gasolio e benzina, i valori dichiarati nelle schede tecniche dei prodotti venduti e, infine, i valori utilizzati per le simulazioni:

| | Density (kg/m3) | PCA (%v/v) | CN | T95 (°C) | Sulfur (mg/kg) |
|--------------------------------------|-----------------|------------|--------|----------|----------------|
| COPERT default | 835 | 5 | 53 | 320 | 0 |
| Limite normativa | Max 845 | Max 11 | Min 51 | Max 360 | Max 10 |
| Caratteristiche gasolio in commercio | 820 - 845 | 8 | 51 | 360 | 10 |
| Valori utilizzati | 845 | 8 | 51 | 360 | 10 |

Tabella 21 - Caratteristiche gasolio⁴

| | E 100 (%v/v) | E 150 (%v/v) | Aromatics (%v/v) | Olefins (%v/v) | Benzene (%v/v) | Sulfur (mg/kg) |
|--------------------------------------|--------------|--------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| COPERT default | 52 | 86 | 33 | 10 | 0.8 | 0 |
| Limite normativa | min 46 | min 75 | max 35 | max 18 | max 1 | max 10 |
| Caratteristiche benzina in commercio | 46 - 71 | 75 | 35 | 18 | 1 | 10 |
| Valori utilizzati | 46 | 75 | 35 | 18 | 1.0 | 10 |

Tabella 22 - Caratteristiche benzina⁵

⁴ In tabella sono riportati: la densità del gasolio (Density, espressa in kg/m³), il contenuto di Idrocarburi Policiclici Aromatici sul volume (PCA), il numero di cetano (CN), temperatura di distillazione in °C del 95% del volume (T95) e il contenuto di zolfo in peso (Sulfur).

⁵ In tabella sono riportati: la percentuale in volume di liquido evaporato alla temperatura di 100 °C (E100 (% v/v) - i limiti devono cadere entro un intervallo definito, che dipende dalle stagioni, si hanno valori minori in estate e maggiori in inverno; la percentuale in volume di liquido

Per i valori dei rapporti H:C e C:O, infine, sono stati adottati i seguenti valori, rappresentativi del mercato Italiano: 1,86 per H:C e 0,005 per C:O. Il contenuto dei metalli pesanti, non essendo questi oggetto di calcolo ai fini del presente studio, non è stato modificato.

La rete simulata

Le simulazioni modellistiche, del processo emissivo prima e di quello dispersivo poi, sono state condotte sulla rete oggetto dello studio trasportistico, applicando opportuni fattori moltiplicativi (ricavati a partire dai coefficienti giornalieri di traffico dello studio trasportistico) per tenere conto delle variazioni dei flussi nell'arco delle 24 ore. È stato simulato per ogni scenario un elevato numero di archi (come riassunto nella Tabella 40) e le relative percorrenze, distinte tra veicoli leggeri, commerciali e pesanti.

| Scenari | Numero archi |
|----------|--------------|
| attuale | 869 |
| PRG 2025 | 1166 |

Tabella 23 - Numero di archi simulati per ogni scenario

I flussi sono stati quindi distribuiti sulle differenti classi veicolari: 81 classi per i veicoli passeggeri leggeri, 16 classi per i veicoli commerciali leggeri e 57 classi per i veicoli pesanti.

Per ognuna delle suddette 154 classi, come già specificato, i fattori di emissione non sono costanti ma variano in funzione della velocità. Per ogni arco della rete sono stati utilizzati i fattori di emissione relativi alla velocità propria dell'arco.

Si riassumono di seguito i dati di traffico nei 2 scenari simulati, utili per la successiva corretta valutazione dei bilanci emissivi:

- attuale;
- scenario progettuale al 2025.

| | Estensione della rete [km] | di cui con flussi nulli [km] | Rete caricata [km] |
|------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|
| Attuale | 98,6 | 27,5 | 71,1 |
| Progettuale 2025 | 125,1 | 28,4 | 96,7 |

Tabella 24 - Estensione della rete nei 3 scenari

Si osservi che l'estensione della parte di rete con flussi diversi da "zero" varia tra i differenti scenari, passando da 71,1 a 96,7 km.

| Variazione delle percorrenze | | |
|------------------------------|---------------------|---------|
| autovetture | commerciali leggeri | pesanti |
| 18,7% | 18,7% | 14,8% |

Tabella 25 - Variazione percentuale delle percorrenze rispetto allo scenario attuale

Si evidenzia un incremento delle percorrenze nello scenario progettuale 2025 rispetto alla situazione attuale per tutte e 3 le categorie di veicoli: leggeri, commerciali leggeri e pesanti.

evaporato alla temperatura di 150 °C (E150 (% v/v); il contenuto di Idrocarburi Policiclici Aromatici sul volume (Aromatics %v/v), il contenuto di Olefine sul volume (Olefins %v/v), il contenuto di Benzene sul volume (Benzene %v/v) e il contenuto di zolfo in peso (Sulfur).

2.4.1.1 Il bilancio emissivo

I risultati delle stime sono riassunti nella tabella 24, che riporta le emissioni complessive stimate per l'intero anno solare per i 2 scenari simulati.

| | NO2 | PM10 | PM2.5 | CO | C6H6 |
|------------------|-------|------|-------|-------|-------|
| Attuale | 201,6 | 12,6 | 10,2 | 336,8 | 524,7 |
| Progettuale 2025 | 176,0 | 10,3 | 8,2 | 206,3 | 235,8 |

Tabella 26 - Emissioni complessive [t/anno]

2.4.2 Il modello di dispersione degli inquinanti

Per stimare le ricadute al suolo e le concentrazioni attese, sono state condotte simulazioni di dispersione in atmosfera, relativamente ai 2 scenari:

1. attuale;
2. progettuale al 2025.

Per la simulazione dei processi di dispersione è stato utilizzato il modello ADMS Roads® - Modello di diffusione gaussiana multisorgente in versione per Windows®, realizzato dal CERC (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd.). Quale modello gaussiano multisorgente, ADMS Roads® consente di effettuare simulazioni in versione "short-term" e in versione "long-term".

Per ADMS Roads® la struttura dello strato rimescolato è definita mediante parametri fisici misurabili che permettono una più realistica rappresentazione delle caratteristiche che influiscono sulla dispersione degli inquinanti e sulla concentrazione al suolo. Il 'boundary layer', secondo tale approccio, è caratterizzato dall'altezza h e dalla lunghezza di Monin-Obukhov L_{MO} e non più unicamente mediante le classe di instabilità di Pasquill-Gifford. La lunghezza di Monin-Obukhov è definita dalla seguente espressione:

$$k g r_{\theta} / (\rho c_p T_0)$$

dove

u_0 = velocità di frizione,

k = costante di Von Barman, uguale a 0,4,

F_{ϕ} = flusso di calore in superficie,

ρ = densità dell'aria,

c_p = calore specifico dell'aria,

T_0 = temperatura della superficie.

2.4.2.1 Specifiche del modello di dispersione

Per tutti gli archi della rete simulati dal modello di emissione è stato disperso in versione "short-term" e "long-term" il carico emissivo medio stimato dal modello di emissione.

Il modello è stato impostato per effettuare l'elaborazione sull'intera area comprendente la rete simulata ed è stata così calcolata la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo di NO2 e PM10.

Per il calcolo del valore orario di NO2 e della media giornaliera di PM10 le simulazioni sono state eseguite nelle seguenti condizioni meteorologiche critiche:

- condizioni meteorologiche per il calcolo del valore orario di NO2
Classe di stabilità: G+H (atmosfera molto stabile)
Altezza dello strato rimescolato pari a 100 metri
Direzione del vento: 308° (la più frequente in tutte le stagioni)
Calma di vento
- condizioni meteorologiche per il calcolo della media giornaliera di PM10

| Ora | Velocità (m/s) | Direzione (°) | Altezza strato rimescolato (m) | 1/LMO |
|-----|----------------|---------------|--------------------------------|--------|
| 0 | 0,8 | 30 | 50 | 0,103 |
| 1 | 0,76 | 19 | 63 | 0,556 |
| 2 | 1 | 306 | 51 | 1,429 |
| 3 | 0,76 | 335 | 54 | 0,357 |
| 4 | 0,76 | 128 | 54 | 1,250 |
| 5 | 0,76 | 108 | 71 | 2,500 |
| 6 | 1 | 69 | 41 | -0,625 |
| 7 | 0,76 | 316 | 230 | -0,357 |
| 8 | 1,3 | 295 | 441 | -0,169 |
| 9 | 1,2 | 311 | 579 | -0,238 |
| 10 | 1,7 | 336 | 1876 | -0,063 |
| 11 | 4,1 | 336 | 1385 | -0,026 |
| 12 | 2,8 | 335 | 2022 | -0,038 |
| 13 | 1,6 | 352 | 2231 | -0,078 |
| 14 | 2,1 | 337 | 2204 | -0,047 |
| 15 | 2 | 334 | 2200 | -0,024 |
| 16 | 0,76 | 319 | 1575 | 0,015 |
| 17 | 2,3 | 307 | 248 | 0,020 |
| 18 | 1,9 | 320 | 177 | 0,020 |
| 19 | 1,5 | 298 | 124 | 0,041 |
| 20 | 1,4 | 312 | 126 | 0,063 |
| 21 | 1,2 | 329 | 98 | 0,097 |
| 22 | 1 | 312 | 86 | 0,125 |
| 23 | 0,8 | 295 | 63 | 0,077 |

Tabella 27 - Condizioni meteorologiche giornaliere

In figura 23 si riporta la relativa rosa dei venti:

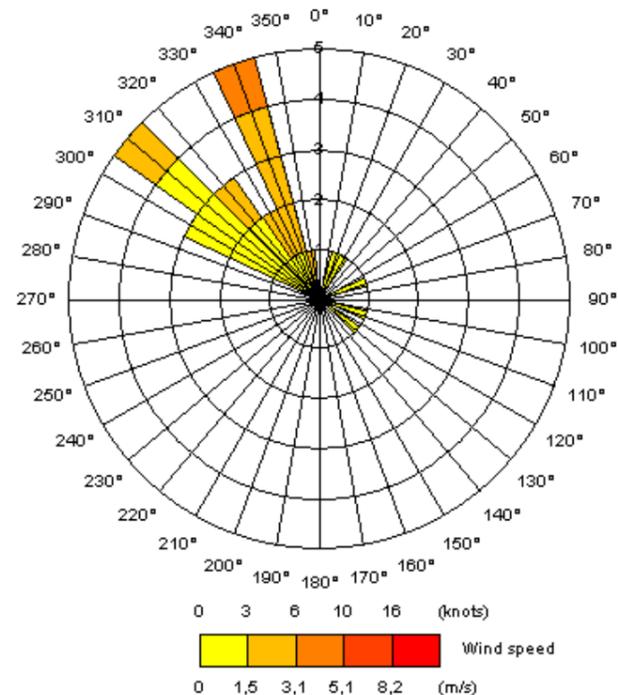


Figura 23 - Rosa dei venti utilizzata nelle simulazioni giornaliere

Le concentrazioni al suolo degli inquinanti sono state calcolate in riferimento al solo contributo della fonte stradale costituita dalla rete simulata.

Come anticipato, l'area di studio ricade ai margini dell'agglomerato di Cagliari. Per i valori di fondo si è fatto riferimento alla stazione di fondo di Monserrato, Via Sant'Angelo (CENMO1), l'unica a trovarsi fisicamente in prossimità della SS554, posta nelle vicinanze dello svincolo con la SS387.

I dati più recenti (anno 2014), indicano che:

- ✓ per quel che riguarda il biossido di azoto (NO₂), la media annua è pari a 17 µg/m³ mentre il massimo valore orario è di 106 µg/m³ (entrambi rientrano nei limiti di normativa);
- ✓ per quel che riguarda il PM₁₀, si registrano 40 superamenti del limite giornaliero (con un valore massimo di 213 µg/m³, registrato tuttavia in coincidenza con un fenomeno eccezionale di trasporto di polveri sahariane che ha riguardato una settimana circa, pertanto si è preso a riferimento il 98° percentile pari a 76,5 µg/m³), mentre la media annuale, pari a 30 µg/m³, rientra nei limiti di normativa.

I risultati del modello di dispersione

I risultati delle elaborazioni sono forniti nei seguenti elaborati cartografici:

- Atmosfera: concentrazioni PM10 - stato attuale (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-03-A),
- Atmosfera: concentrazioni PM10 - post operam (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-04-A),
- Atmosfera: concentrazioni NO₂ - stato attuale (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-01-A),
- Atmosfera: concentrazioni NO₂ - post operam (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-02-A),

che rappresentano la media giornaliera di PM10 e la media oraria dell'NO₂, espresse in µg/m³. Per quel che concerne l'NO₂, si specifica che è stato considerato l'intero contributo degli NO_x emessi dalla fonte stradale. E' questo un approccio conservativo; infatti, i valori di NO₂ saranno ovviamente minori, essendo l'NO₂ solo un'aliquota degli NO_x totali emessi (tale aliquota cresce all'aumentare della distanza dalla carreggiata). Dalle mappe emerge chiaramente la struttura del gradiente spaziale reso evidente dalle curve di isoconcentrazione. I risultati sono riassunti nella seguente tabella, che riporta le concentrazioni in 14 siti posti in prossimità del tracciato della SS554, in modo da avere dei dati per ognuno dei Comuni attraversati.

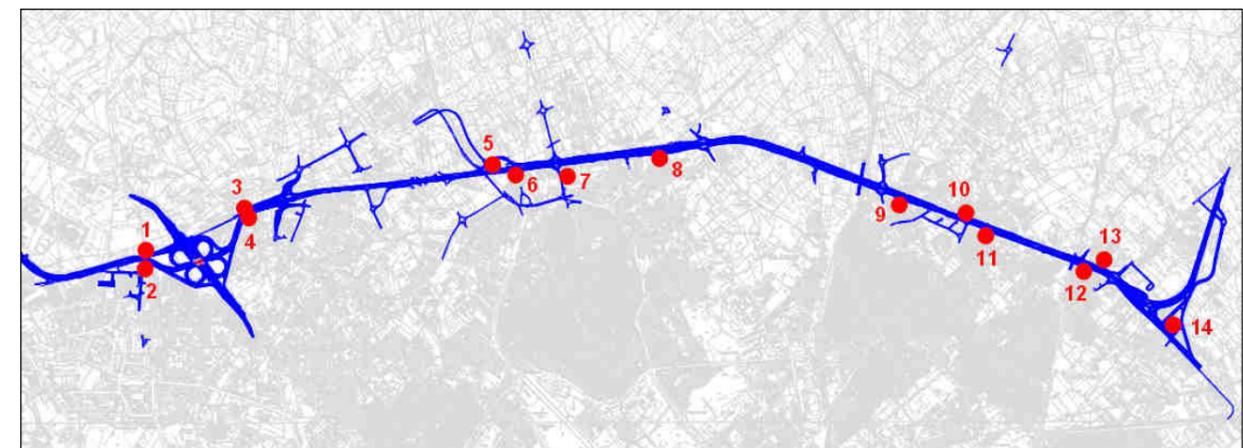


Figura 24 - Localizzazione dei siti di lettura delle concentrazioni

Si riportano in tabella le medie orarie per l'NO₂ e le medie giornaliere per il PM10.

| Sito | Comune | Coordinate | PM ₁₀ (attuale) | NO ₂ (attuale) | PM ₁₀ (futuro) | NO ₂ (futuro) |
|------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | Selargius Ovest | 508861, 4345712 | 1,67 | 61,41 | 1,16 | 23,09 |
| 2 | Selargius Ovest | 508856, 4345568 | 3,98 | 261,73 | 1,86 | 73,32 |
| 3 | Selargius Ovest | 509608, 4346019 | 1,92 | 59,82 | 1,63 | 35,38 |
| 4 | Selargius Ovest | 509640, 4345947 | 6,43 | 375,85 | 3,34 | 69,21 |
| 5 | Monserrato | 511484, 4346346 | 1,83 | 79,23 | 2,31 | 65,35 |
| 6 | Monserrato | 511656, 4346267 | 3,97 | 298,01 | 3,02 | 79,24 |
| 7 | Monserrato | 512050, 4346258 | 3,91 | 313,48 | 1,86 | 74,73 |
| 8 | Selargius Est | 512746, 4346391 | 2,88 | 251,98 | 1,78 | 65,04 |
| 9 | Selargius Est | 514557, 4346043 | 2,61 | 247,87 | 1,67 | 61,11 |
| 10 | Selargius Est | 515061, 4345984 | 3,47 | 297,71 | 1,98 | 71,42 |
| 11 | Selargius Est | 515208, 4345814 | 3,02 | 284,36 | 1,61 | 61,08 |
| 12 | Quartucciu | 515951, 4345550 | 3,05 | 263,59 | 1,62 | 57,56 |
| 13 | Quartucciu | 516106, 4345635 | 1,74 | 141,92 | 1,52 | 28,75 |
| 14 | Quartucciu | 516629, 4345151 | 3,61 | 234,08 | 1,58 | 34,76 |

Tabella 28 - Concentrazioni medie giornaliera (PM10) e oraria (NO₂) nei due scenari

2.4.3 Conclusioni

Per quel che riguarda il bilancio emissivo, per lo scenario progettuale al 2025 ci si attende una riduzione rispetto allo stato attuale per ognuno degli inquinanti considerati: in particolare, si stimano delle riduzioni comprese tra il 12,70% (per l'NO₂) e il 55,06% (per il C₆H₆). Il PM10 registra una riduzione del 17,95%.

Per ciò che concerne invece le concentrazioni al suolo, assumendo quale valore di fondo per l'NO₂ 106 µg/m³ (registrato nel 2014 nella stazione di fondo CENMO1 di Monserrato in Via Sant'Angelo, la più prossima alla SS554), emerge che le concentrazioni orarie massime nello scenario attuale sono pari a circa 3,5 volte (355%) il valore di fondo (nel sito 4), mentre nello scenario progettuale al 2025 si raggiunge al massimo il 75% (nel sito 6) del valore di fondo.

Tra lo scenario progettuale al 2025 e lo scenario attuale si stima per l'NO₂ una riduzione delle concentrazioni massime orarie compresa tra il 18% nel sito 5 e l'85% nel sito 14.

A livello annuale, facendo sempre riferimento alla stazione di fondo CENMO1, la media di 17 µg/m³ delle concentrazioni di NO₂ registrate nel 2014 è pari al 16% del valore massimo orario. Si può pertanto dedurre per estrapolazione che la concentrazione media annuale dovuta alla fonte emissiva simulata sia pari al massimo a circa 60 µg/m³ (nel sito 4) nello scenario attuale e pari a 13 µg/m³ (nel sito 4) nello scenario progettuale al 2025.

Pertanto, sia il valore massimo orario atteso, sia la media annuale attesa nello scenario progettuale rientrano nei limiti di normativa, contrariamente a quanto accade allo stato attuale.

Per quel che riguarda invece il PM₁₀, il valore di fondo (registrato nel 2014 sempre nella stazione di fondo CENMO1) è pari a 76,5 µg/m³, rispetto al quale le concentrazioni massime giornaliere attese dovute alla fonte stradale risultano pari al massimo all'8,41% allo stato attuale (nel sito 4) e al 4,37% nello scenario progettuale (sempre nel sito 4).

Per il PM₁₀, nel passaggio dallo scenario attuale a quello progettuale al 2025, si stima una riduzione delle concentrazioni compresa tra il 13% del sito 13 e il 56% del sito 14. Fa eccezione il sito 5, che viene a trovarsi in corrispondenza di un nuovo svincolo, nel quale si registra un aumento delle concentrazioni pari al 26%.

A livello annuale, facendo sempre riferimento alla stazione di fondo CENMO1, la media di 30 µg/m³ delle concentrazioni di PM₁₀ registrate nel 2014 è pari al 39% della media giornaliera. Si può pertanto dedurre per estrapolazione che la concentrazione media annuale sia pari al massimo a circa 33 µg/m³ (nel sito 4) nello scenario attuale e a 31 µg/m³ (nel sito 4) nello scenario progettuale al 2025, valori che rientrano entrambi nei limiti della normativa.

3 AMBIENTE IDRICO

L'analisi dei corpi idrici superficiali per stabilire la compatibilità ambientale delle variazioni quantitative e delle modificazioni fisiche, chimiche e biologiche eventualmente indotte dall'intervento, consiste nel rilevamento della presenza e nella misura della qualità e, ove possibile, della quantità delle acque presenti nell'area in studio.

Vengono presi in considerazione i fenomeni legati all'acqua che scorre (fiumi, canali, laghi) e si raccoglie sul suolo, e gli interscambi che essa ha con gli altri elementi naturali ed antropici che costituiscono l'ambiente.

3.1 Descrizione dello stato della componente

I dati utilizzati sono stati desunti da una serie di pubblicazioni edite dalla Regione Autonoma della Sardegna tra cui il *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*, il *Piano di gestione del Distretto Idrografico della Sardegna* e gli *Studi per il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Sub bacino 07 Flumendosa-Campidano-Cixerri*, oltre altre pubblicazioni riportate nel capitolo "Bibliografia".

Il territorio della Regione Sardegna, come detto nella *Relazione generale del PAI*, è stato suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali è caratterizzato in grandi linee da una certa omogeneità geomorfologica, geografica e idrologica. L'area interessata dall'infrastruttura stradale è compresa nel Sub bacino n°7 "Flumendosa - Campidano - Cixerri".

Il Sub-Bacino si estende per 5.960 Km², pari al 24,8% del territorio regionale; quest'area, la più antropizzata della Sardegna, comprende un certo numero di bacini idrografici di cui quelli di maggior estensione sono costituiti dal Flumendosa, dal Flumini Mannu, dal Cixerri, dal Picocca e dal Corr'e Pruna; numerosi bacini minori risultano compresi tra questi e la costa.

Nella redazione del presente studio si è tenuto conto oltre che dei risultati contenuti nel *Progetto Stradale Preliminare* e nella *Relazione di Prefattibilità Ambientale* presentati dall'Anas nel dicembre 2015, anche dello stato di fatto e delle condizioni che si avranno dopo la realizzazione delle opere previste in progetto, con l'obiettivo di non gravare ulteriori aree di territorio di pericolosità idrogeologica, sia a monte sia a valle dell'area di intervento.

3.1.1 Idrografia superficiale e corpi idrici attraversati

In generale nel territorio attraversato dalla SS 554 i corsi d'acqua hanno caratteristiche di canali a regime torrentizio, le cui portate sono state fortemente modificate rispetto alle condizioni naturali non solo per gli interventi realizzati sui principali corsi d'acqua, ma anche per le modificazioni che i bacini scolanti, generalmente a debole pendenza, hanno subito negli ultimi anni per la progressiva urbanizzazione del territorio.

Tale situazione e il regime di portate dei corsi d'acqua fanno sì che lungo tutto il tratto interessato dal progetto siano state identificate numerose aree a pericolo di esondazione, non soltanto dal PAI e dagli studi effettuati per la redazione degli strumenti urbanistici del territorio, ma anche dalle modellazioni effettuate per la redazione del progetto.

Il progetto interessa il territorio dei comuni di Cagliari, Selargius, Monserrato, Quartucciu e Quartu Sant'Elena. Nella figura seguente sono riportati i corsi d'acqua che interferiscono con la struttura stradale.

Sono state inoltre individuate delle aree scolanti che, pur in assenza di un compluvio ben identificato, in occasione di eventi meteorici, convogliano consistenti quantità d'acqua e i cui punti di recapito si trovano al di là della sede stradale della SS 554.



Figura 25 - Reticolo idrografico. I corsi d'acqua presenti sono: 1 Rio Fangario/Canale San Lorenzo; 2 Riu Saliu; 3 Rio San Giovanni/Riu de Selargius; 4 Riu de is Cungiaus/Riu Paiolu.

3.1.2 Aree a rischio di piena

Il bacino, drenato dai numerosi rii e compluvi che interferiscono con la SS 554, comprende le seguenti aree:

- bacino del Rio Fangario;
- aree drenanti nella zona Is Corrias – Terr'e e Teula;
- bacino del Rio Saliu;
- bacino del Rio Mortu;
- aree tributarie della depressione di Paluna – S. Lussoriu;
- bacino del Rio S. Giovanni – Riu Selargius;
- bacino del Rio Is Cungiaus.

Alcune di queste aree sono state individuate, nell'ambito della redazione del PAI, come aree a rischio con i seguenti criteri:

- individuazione dei tronchi critici del reticolo idrografico;
- analisi idrologica e idraulica per ciascun tronco critico;
- delimitazione delle aree inondabili di ciascun tronco critico e loro intersezione con elementi a rischio.



Figura 26 - Aree a rischio di piena individuate nel PAI Sardegna. (Fonte: Sardegna Geoportale, Sardegna Mappe PAI)

Nel PAI le aree inondabili sono state suddivise in:

- aree con probabilità molto alta di inondazione, se allagabili con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni (identificate con il codice H4);
- aree ad alta probabilità d'inondazione, se allagabili con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 100 anni (identificate con il codice H3);
- aree a moderata probabilità d'inondazione, se allagabili con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 200 anni (identificate con il codice H2);
- aree a bassa probabilità d'inondazione, se allagabili con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 500 anni (identificate con il codice H1).

Le aree a Rischio Idraulico sono state quindi ricavate dalla sovrapposizione delle aree allagabili con gli elementi a rischio.

Nelle figure seguenti sono riportate le aree con rischio di piena per alcune delle interferenze sopra indicate.



Figura 27 - Aree a rischio di piena nel bacino del Rio Fangario e dell'area Is Corrias. (Fonte: Sardegna Geoportale, Sardegna Mappe PAI).



Figura 28 - A sinistra area a rischio di piena nel bacino del Rio Saliu e del Rio Mortu; a destra le aree di pericolo di piena individuate, a norma dell'art. 8, c.2, delle Norme di attuazione del PAI, negli strumenti urbanistici comunali. (Fonte: Sardegna Geoportale, Sardegna Mappe PAI).

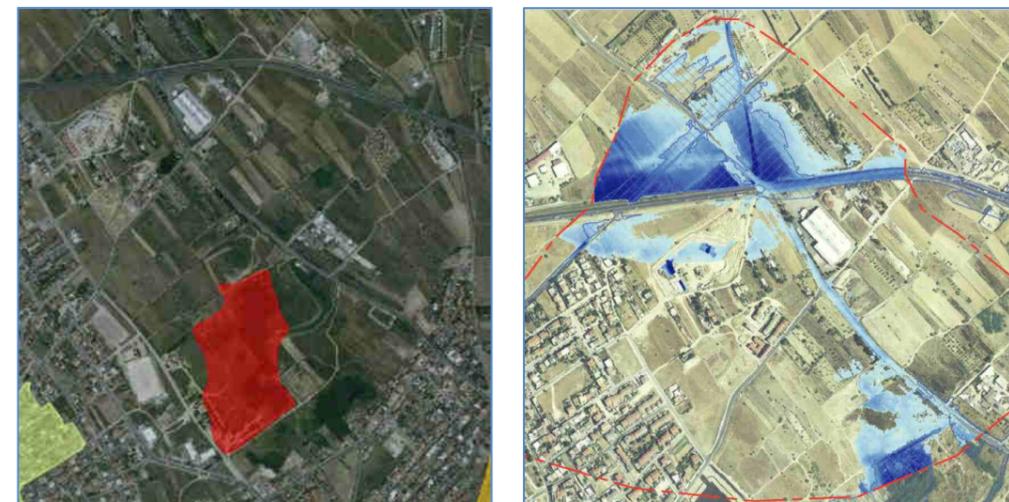


Figura 29 - A sinistra area a rischio di piena nel bacino del Rio Lussorriu, dalle tavole del PAI (Fonte: Sardegna Geoportale, Sardegna Mappe PAI); a destra pericolo di piena dalle tavole di progetto (Fonte: Nuova SS 554 Cagliariana - Proposte migliorative).



Figura 30 - Aree a rischio di piena: a sinistra nel bacino del Rio San Giovanni o Riu Selargius, a destra nel bacino del Riu de is Cungiaus o Riu Paiolu. (Fonte: Sardegna Geoportale, Sardegna Mappa PAI).

3.1.3 Acque ed aree protette della Sardegna

Tra i corsi d'acqua interferiti dalla struttura stradale ne sono presenti alcuni compresi negli elenchi delle Acque Pubbliche della Sardegna, catalogati con provvedimento n° 1992/0122 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale in data 24 novembre 1922, che si elencano di seguito:

| | |
|---|--|
| Canale San Lorenzo | Si trova nell'area del Rio Fangario/bacino is Corrias; sfocia nello Stagno di Cagliari che è un'area protetta in quanto <i>Zona di Protezione Speciale (ZPS)</i> ai sensi della Direttiva n. 409 del 1979 ("Uccelli selvatici") dell'Unione europea, <i>Zona umida di importanza internazionale</i> ai sensi della Convenzione di Ramsar e infine è inserito nella <i>rete ecologica Natura 2000</i> . Sfocia, prima della bonifica, nello Stagno di Terramaini, attualmente termina nel Canale artificiale, dallo stesso nome, realizzato negli anni '20 in occasione del prosciugamento dello stagno naturale che occupava l'area dell'attuale Parco, per permettere il deflusso verso il mare delle acque di gran parte del bacino metropolitano. |
| Riu Saliu | Sfociano entrambi nello Stagno di Molentargius che è classificato <i>Sito di Importanza Comunitaria (SIC)</i> ai sensi della direttiva dell'Unione europea n. 43 del 1992 (cosiddetta direttiva Habitat), <i>Zona di Protezione Speciale (ZPS)</i> ai sensi della direttiva dell'Unione europea n. 409 del 1979 (cosiddetta direttiva Uccelli, abrogata e sostituita dalla direttiva n. 147 del 2009) e <i>Zona umida di importanza internazionale</i> ai sensi della convenzione di Ramsar. |
| Rio San Giovanni o Riu Selargius Riu de is Cungiaus o Riu Paiolu | |

3.1.4 Qualità delle acque superficiali

Sullo stato di qualità delle acque nell'area vasta dell'intervento sono disponibili i dati relativi ai monitoraggi effettuati per la stesura del Piano di Tutela delle acque (DGR n° 14/16 del 4 aprile 2006).

In tale pubblicazione è presente un quadro complessivo sulla qualità delle acque superficiali nell'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O.) Flumini Mannu – Cixerri, in cui ricade l'area di intervento.

Le fonti di inquinamento prese in considerazione sono:

- *centri di pericolo di carattere puntuale*: i più importanti sono gli insediamenti industriali di Cagliari – Elmas, Cagliari – Macchiareddu, di Sarroch, di Iglesias, di Villacidro. L'Area di Sviluppo Industriale (ASI) di Cagliari – Elmas occupa una superficie totale pari a 231,3 ettari, con un grado di utilizzazione dell'area del 96%. Le attività prevalenti sono: Costruzioni (15%), Commercio, manutenzione e riparazione di autoveicoli e motocicli; vendita al dettaglio di carburante per autotrazione (14%), Commercio all'ingrosso e intermediari del commercio, autoveicoli e motocicli esclusi (14%);
- *carico civile potenziale*: è stato calcolato per ogni insediamento abitativo previsto dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque (PRRA), tenendo conto delle modifiche apportate dal Programma Stralcio ex art. 141, comma 4, della Legge n. 388/2000 e dal Piano d'Ambito. I carichi prodotti da ciascun insediamento sono stati valutati in termini di produzione annuale di BOD5, COD, azoto (N) e fosforo (P);
- *carichi di origine industriale*: i comuni che generano un carico potenziale maggiore sono nell'ordine Cagliari, Quartu S. Elena, Selargius, Assemmini, Elmas, Villasor, Sestu, Villacidro, Dolianova, Sanluri, Iglesias, Uta;
- *carichi di origine agricola*;
- *carichi di origine zootecnica*.

Poiché le stazioni di monitoraggio erano localizzate sull'asta del I ordine per corsi d'acqua il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 200 km² e del II ordine per corsi d'acqua il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 400 km², per le aste idriche interferite dal progetto non sono presenti dati.

Di seguito si riportano i dati relativi solamente alle stazioni di monitoraggio del bacino del Flumini Mannu, che è quello che interessa l'area di progetto. Le stazioni sono le seguenti: 000100303 "Stazione di Sarcidano (Isili)", 00010801 "Terramaini (Furtei)" e 00010802 "Cuccuru Biagio (Uta)".

I risultati del monitoraggio evidenziano un progressivo peggioramento dello stato ecologico nel corso del Flumini Mannu a partire dalla sezione di monte dove il giudizio è "Buono" sino ad arrivare in prossimità dello Stagno di Santa Gilla, dove il giudizio è "Scadente".

| Id Bacino | Nome bacino | Id Corpo Idrico | Nome corpo idrico | Id Stazione | Data Inizio Campion. | Data Fine Campion. | LIM | IBE | SECA | Giudizio 152 |
|-----------|---------------|-----------------|-------------------|-------------|----------------------|--------------------|-----|-----|------|--------------|
| 0001 | Flumini Mannu | CS0001 | Flumini Mannu | 00010303 | 01/02/2002 | 01/03/2004 | 2 | 2 | 2 | BUONO |
| | | | | 00010801 | 01/02/2002 | 01/03/2004 | 4 | 4 | 4 | SCADENTE |
| | | | | 00010802 | 01/02/2002 | 01/03/2004 | 3 | 3 | 3 | SUFFICIENTE |

Tabella 29 - U.I.O. del Flumini Mannu – Qualità dei corsi d'acqua (Fonte: Piano di Tutela delle acque. Regione Autonoma della Sardegna)

Per la valutazione dello stato qualitativo dei corsi d'acqua sono stati utilizzati i seguenti indici:

LIM= livello di inquinamento dei corsi d'acqua espresso dai Macrodescrittori sulla base delle misurazioni di ossigeno disciolto, BOD₅, COD, azoto ammoniacale, azoto nitrico, fosforo ed Escherichia coli.

IBE= Indice biotico esteso verifica la qualità di ecosistemi in acque correnti sulla base di cambiamenti nelle comunità di macroinvertebrati.

SECA= Stato ecologico dei corsi d'acqua è un indicatore sintetico delle alterazioni in atto sugli ecosistemi dei corsi d'acqua. Dallo studio "Caratterizzazione dei corpi idrici della Sardegna Relazione generale" del 2009 (DM Ambiente n° 131 del 16 giugno 2008) predisposto dalla Regione Autonoma della Sardegna si apprende che la Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ha programmato ed eseguito campagne di monitoraggio delle acque superficiali di 724 corpi idrici fluviali e tra questi sono stati individuati quelli ricadenti nelle cinque categorie seguenti:

- 1) Acque a specifica destinazione funzionale, non conformi agli specifici obiettivi di qualità;
- 2) Aree sensibili (art. 91 DLgs 152/06 - Direttiva 91/271/CEE);
- 3) Corpi idrici ubicati in zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e da fitosanitari;
- 4) Corpi idrici ubicati in aree contaminate (siti di bonifica);
- 5) Corpi idrici che, sulla base delle caratteristiche di qualità emerse da monitoraggi pregressi presentano indici di qualità e parametri correlati alla attività antropica che incide sul corpo idrico, per i quali risulta improbabile il raggiungimento degli obiettivi di qualità entro il 2015.

In particolare sono stati classificati come "a rischio" i corpi idrici ricadenti in zone vulnerabili da nitrati e i corpi idrici per i quali, sulla base del monitoraggio pregresso, risulta improbabile il raggiungimento degli obiettivi di qualità entro il 2015.

In attuazione del criterio di prima identificazione sopra esposto sono stati classificati come "a rischio", i corpi idrici:

- ricadenti in Zone Vulnerabili da Nitrati (ZVN di Arborea18);
- che in base ai monitoraggi pregressi ricadono nelle classi 4 e 5 dello stato ecologico ai sensi del DLgs.152/99;
- che in base ai monitoraggi pregressi hanno manifestato uno stato chimico scadente ai sensi del DLgs. 152/06 tab.1/A;
- monitorati come acque a specifica destinazione funzionale (acque destinate all'uso idropotabile) e non conformi agli specifici obiettivi di qualità.

Sono stati classificati come "probabilmente a rischio" i corpi idrici:

- che in base ai monitoraggi pregressi ricadono in classe 3 dello stato ecologico,

Infine sono stati classificati come corpi idrici "non a rischio" quelli che in base ai monitoraggi pregressi ricadono in "classe 2" o in "classe 1" dello stato ecologico. Va segnalato che nessuno dei corpi idrici fluviali monitorati ricade nella "classe 1" per lo stato ecologico.

Il risultato di questa preliminare analisi ha portato ad identificare:

- 20 Corpi idrici "a rischio";
- 24 Corpi idrici "probabilmente a rischio";
- 17 Corpi idrici "non a rischio".

I corsi d'acqua che interferiscono con l'asse stradale in progetto non sono compresi tra quelli monitorati e riportati in tabella nella citata relazione, ma nella tavola finale sono comunque rappresentati in quanto per quei corsi d'acqua per cui non è stato possibile effettuare la prima identificazione del rischio (corpi idrici non monitorati) si è fatto riferimento all'analisi delle pressioni, esercitate dalle attività antropiche ricadenti all'interno di ciascun bacino idrografico che influenzano, o possono influenzare, lo stato qualitativo delle risorse idriche.

Negli Allegati A e B alla citata relazione sono riportati i dati relativi al Riu di San Giovanni ed al Riu de is Cungiaus e anche allo Stagno di Molentargius ed alle Saline di Stato di Cagliari.

La situazione è quella riassunta nella tabella e figura seguenti.

| Denominazione | Ordine fluviale | Lunghezza m | Caratterizzazione del rischio | Pressioni totali |
|---------------------|-----------------|-------------|-------------------------------|--------------------------|
| Riu di San Giovanni | I Ordine | 10.357 | A RISCHIO | pressioni diffuse urbane |
| Riu de is Cungiaus | I Ordine | 14.395 | A RISCHIO | pressioni diffuse urbane |

| Denominazione | Superficie km ² | Caratterizzazione del rischio | Pressioni totali |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|---|
| Stagno di Molentargius | 5,56 | A RISCHIO | impianti di trattamento delle acque reflue urbane pressioni diffuse urbane aree sensibili |
| Saline di Stato di Cagliari | 4,65 | A RISCHIO | pressioni diffuse agricole pressioni diffuse industriali pressioni diffuse urbane |

Tabella 30 - Corpi idrici fluviali e delle acque di transizione: tipizzazione, caratterizzazione del rischio e analisi delle pressioni. (Fonte: Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione delle siccità. Caratterizzazione dei corpi idrici della Sardegna Relazione generale - Regione Autonoma della Sardegna 2009)

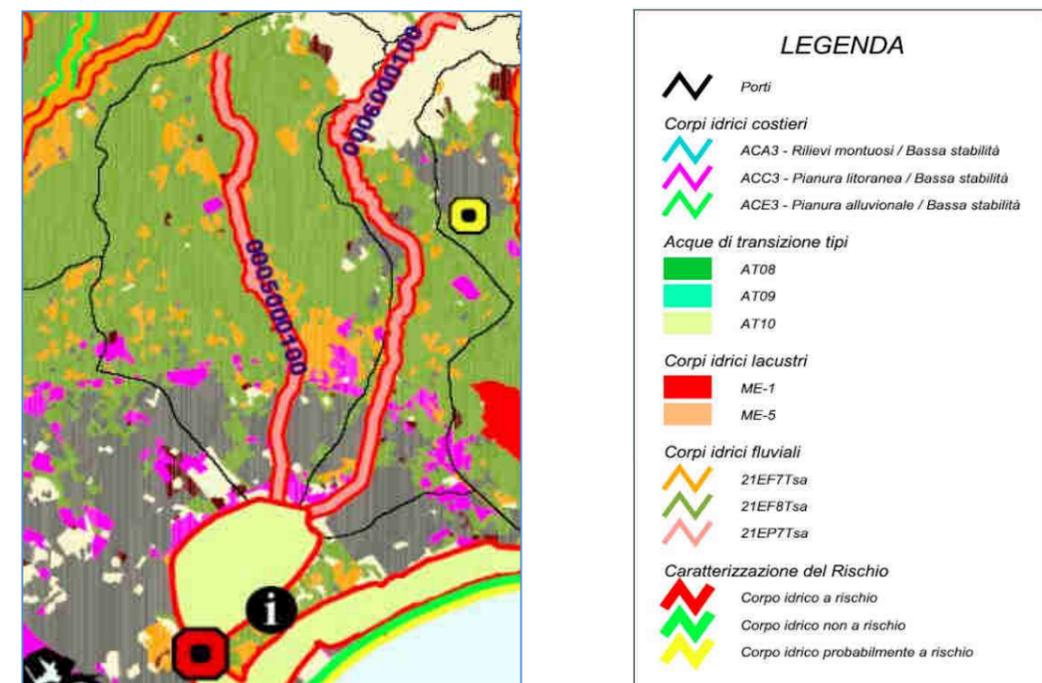


Figura 31 - Stralcio della tavola dei Corpi idrici del bacino di Cagliari. Sono segnalati "a rischio" il Rio San Giovanni, il Riu de Is Cungiaus, lo Stagno di Molentargius e le Saline di Stato di Cagliari. (Fonte: Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione delle siccità. Caratterizzazione dei corpi idrici della Sardegna Relazione generale - Allegato B - Regione Autonoma della Sardegna 2009)

3.1.5 Potenziali interferenze indotte dall'opera sulla componente ambiente idrico

Lungo l'area in esame sono stati individuati i recettori prima descritti, che corrispondono a corpi idrici o zone di particolare vulnerabilità nei confronti degli effetti prodotti dall'interferenza con l'infrastruttura in progetto.

Nell'area sono state segnalate le aree a rischio di esondazione così come riportate nella cartografia allegata al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dove le aree a rischio sono state distinte in:

- Ri1: area esondabile con rischio basso.
- Ri2: area esondabile con rischio medio.
- Ri3: area esondabile con rischio elevato.
- Ri4: area esondabile con rischio molto elevato.

L'intervento di adeguamento ha inizio al km 1+500 dell'attuale SS 554, in prossimità dello svincolo con la SS 131 vicino alla zona industriale di Casic e termina circa al km 10+600 con lo svincolo esistente sulla SS 125 nelle vicinanze della zona industriale di Quartucciu.

Gli impatti potenziali dell'opera sull'ambiente idrico sono essenzialmente legati a:

1. alterazione del deflusso delle acque di ruscellamento;
2. alterazione dell'assetto idraulico del corso d'acqua attraversato;
3. interferenze con aree sondabili;
4. inquinamento delle acque superficiali per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali.

Alterazione del deflusso delle acque di ruscellamento

La realizzazione del raddoppio della sede stradale, delle rampe e della viabilità di collegamento previsti comporta l'impermeabilizzazione di aree più o meno vaste che in caso di eventi meteorici possono causare:

- interruzione del deflusso delle acque di ruscellamento a causa della realizzazione di aree di servizio, piazzole, rampe d'accesso e viabilità locale;
- aumento delle quantità di acque che ruscellano verso i corpi idrici naturali con concentrazione del deflusso.

La realizzazione di nuovi tratti di viabilità di raccordo, della nuova sede stradale, dei piazzali adibiti a pedaggio ed a stazione di servizio, interessa sicuramente aree in cui il deflusso superficiale è di tipo non organizzato (acque di ruscellamento); l'effetto generato da tali opere nei confronti dell'ambiente idrico superficiale si esplica nella parziale interruzione dello scorrimento delle acque verso valle e nel richiamo idrico verso la sede autostradale.

Alterazione dell'assetto idraulico del corso d'acqua attraversato

Le interferenze che attualmente l'opera provoca sul deflusso delle acque superficiali rappresentano certamente uno degli aspetti più significativi del progetto in oggetto. A tale riguardo occorre sottolineare come tali interferenze non siano dovute alla sola presenza dell'infrastruttura e alle caratteristiche e dimensioni delle opere di attraversamento, ma anche ad una generale insufficienza delle reti di drenaggio delle aree attraversate, modificate negli ultimi decenni da interventi antropici di vario genere.

Le interferenze quantitative che la realizzazione di una strada può produrre sulle acque superficiali sono:

- modifica delle condizioni di deflusso dei corsi d'acqua a causa della realizzazione di viadotti ed opere in alveo;
- riduzione della portata dei corsi d'acqua come conseguenza dall'approvvigionamento di acqua per le attività industriali nelle aree di cantiere;
- incremento della portata dei corsi dell'acqua a causa dello smaltimento delle acque industriali e/o nere depurate e dall'immissione delle acque meteoriche raccolte nelle aree di cantiere e sulla piattaforma stradale.

Le tipologie che impattano con i corsi d'acqua sono il viadotto, il ponte ed il tombino ed incrociandole opportunamente con le sensibilità dei recettori si ottiene la scala di gravità che prevede appunto tre livelli:

1. *attraversamento di fossi minori con tombino*: possono trovare, in occasione di portate eccezionali, un ostacolo dovuto alla sezione troppo limitata, e in considerazione del possibile ridotto carico di detriti di grandi dimensioni è valutabile come interferenza di bassa entità;
2. *attraversamento di canale/torrente con ponte*: se ha i manufatti delle spalle realizzati in aderenza alle rive e quindi "costringe" il corso d'acqua in una sezione chiusa senza possibilità di aumentare gli spazi per lo scorrimento in occasione di aumenti di portata, provoca un'alterazione di gravità media al deflusso delle acque;
3. *attraversamento di fiume con viadotto*, con i piloni che poggiano all'interno del letto di piena (area golenale) e non ricadono direttamente nell'alveo di magra; essi costituiscono comunque un ostacolo in occasione dell'arrivo delle acque nell'area golenale in coincidenza delle portate di piena provocate da eventi meteorici straordinari con l'aggravante della presenza di detriti di dimensioni rilevanti che possono favorire la creazione di sbarramenti artificiali in corrispondenza dei piloni ingenerando un disturbo di valore alto.

Lungo tutto il tracciato vengono attraversati alcuni corsi d'acqua per i quali devono essere tutelati i naturali equilibri idraulici e idromorfologici evitando che si abbiano modifiche nella geometria dei loro alvei, nella portata delle acque che vi defluiscono o nella conducibilità idraulica dei loro depositi.

Esaminando il tracciato le interferenze maggiormente impattanti si localizzano in corrispondenza delle seguenti progressive:

- alla progressiva 1+150 si intercetta il canale in terra che convoglia le acque del bacino Is Corrias verso il Rio Fangario;
- alla progressiva 5+415 si supera il corso del Riu Saliu con un ponte;
- per l'area di Su Goddu sono presenti vari punti di interferenza con fossi di raccolta acque che sono risolti in progetto con questi interventi: alla progressiva 7+369 con 8 tombini scatolari di dimensione 2,00x1,50; alla progressiva 7+639 con 3 tombini scatolari di dimensione 2,00x1,50; alla progressiva 8+021 con un tombino scatolare di dimensioni 2,00x2,00 m; alla progressiva 8+188 con un tombino scatolare 2,00x2,00 m;
- alla progressiva 8+350 un viadotto di 352 m di lunghezza scavalca il Riu Selargius (in questo tratto trasformato in canale) e la viabilità cittadina;
- alla progressiva 9+210 un viadotto di 288 m di lunghezza scavalca la viabilità del centro di Selargius con i relativi fossi di raccolta delle acque;
- alla progressiva 10+060 il Riu de Is Cungiaus è scavalcato da un ponte di 6,00 m di lunghezza;
- alla progressiva 10+356 nella viabilità di raccordo è previsto un tombino scatolare con dimensioni 3,00x1,50 m;
- alla progressiva 10+490 nella viabilità di raccordo è previsto un tombino scatolare con dimensioni 3,00x1,50 m;
- alla progressiva 10+766 sul raccordo con la SS 125 è previsto un tombino scatolare con dimensioni 3,00x1,50 m;
- alla progressiva 0+975 della SS 125 è presente un tombino scatolare con dimensioni 4,00x2,00 m che permette ai fossi di raccolta delle acque di superare lo sbarramento dei rilevati.

Interferenze con aree esondabili

Per la realizzazione di manufatti all'interno dell'area esondabile si è tenuto conto delle tipologie costruttive e della sensibilità dell'area da cui, una volta sommersa in occasione di una piena eccezionale, le acque devono poter defluire con la massima rapidità.

Come visto precedentemente, sono segnalate varie aree con rischio di piena per le quali non solo occorre non peggiorare le condizioni di deflusso ma è opportuno inserire migliorie che diminuiscano dimensioni e durata degli allagamenti.

Esaminando il tracciato le interferenze maggiormente impattanti si localizzano in corrispondenza delle seguenti progressive:

- le linee scolanti del bacino Is Corrias sottopassano la strada alla progressiva 1+635 con un tombino scatolare con dimensioni 12,00x3,50 m; alla progressiva 3+620 con un tombino scatolare con dimensioni 5,00x3,50 m; alla progressiva 3+900 con un tombino scatolare con dimensioni 4,00x3,00 m;
- alla progressiva 5+956 le linee di deflusso dell'area esondabile del Riu Mortu sottopassano la sede stradale con un tombino scatolare a doppia canna con dimensioni 4,00x2,00 m;
- alla progressiva 7+100 due tombini scatoari con dimensioni 4,00x2,50 permettono il passaggio delle acque scolanti dal bacino esondabile di San Lussoriu.

Inoltre sono presenti aree esondabili in corrispondenza del Riu Saliu, del Rio San Giovanni/Riu Selargius e del Riu de Is Cugiaus, le cui interferenze sono state già segnalate anche nel paragrafo precedente.

Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali

Questo rischio deriva direttamente dalla superficie della strada e delle aree di sosta e di servizio. L'ampliamento della sede stradale aumenta la superficie impermeabilizzata con conseguente aumento della quantità di acqua raccolta in occasione delle prime piogge; il prevedibile aumento di traffico derivante dall'ampliamento, fa aumentare il rischio di sversamenti accidentali che possono verificarsi nella sede stradale o nelle aree di servizio.

I recettori maggiormente sensibili sono il Riu di San Giovanni, i Riu de is Cungiaus, lo Stagno di Molentargius e le Saline di Stato di Cagliari che hanno già un livello di inquinamento definito "a rischio".

4 SUOLO E SOTTOSUOLO

Questa componente tratta di due elementi che hanno una fitta serie di interazioni e cioè del suolo di cui si definiscono gli aspetti pedologici e morfologici e del sottosuolo di cui si descrivono e definiscono sia le caratteristiche geologiche e geotecniche delle rocce che costituiscono il substrato del suolo sia le proprietà delle acque sotterranee immagazzinate nelle rocce del sottosuolo con particolare riguardo ai loro movimenti da e verso la superficie.

4.1 Descrizione dello stato della componente

4.1.1 Inquadramento geologico dell'area vasta

L'area del progetto, come si evince dalla figura seguente, si inserisce in un ambito territoriale che, dal punto di vista morfologico, vede l'alternarsi di aree pianeggianti e subpianeggianti con i sistemi morfologici costieri.



Figura 32 - Stralcio della Carta geografica della Sardegna: l'area di Cagliari con evidenziati i rilievi. (Fonte: Sardegna Topographic Map. www.arcgis.com).

L'area di Cagliari è caratterizzata dalla presenza importante di depositi olocenici, in particolare da un complesso di depositi di origine alluvionale e costiera, intercalati tra loro a formare strutture molto articolate, a testimonianza di un'intensa attività fluviale recente.

Per quanto riguarda l'area di intervento, dall'analisi della "Carta Geologica" (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-05-A) allegata allo studio, emerge che le formazioni di base sono costituite dalle coperture oligomioceniche delle Arenarie di Pirri e delle Marne di Gesturi, sulle quali poggiano le formazioni oloceniche dei depositi alluvionali terrazzati delle coltri eluvio-colluviali, sulle quali si sviluppa la maggior parte del tracciato.

La porzione iniziale del tracciato, in corrispondenza dell'accesso all'area urbana di "Sa Planu", corre tra affioramenti delle Arenarie di Pirri, affioramenti che tuttavia intercetta solo nella tratta tra la progressiva 2+00 ed il complesso della Motorizzazione Civile. Si

tratta di arenarie, arenarie marnose e/o siltose e siltiti grigio-verdastre, calcareniti giallastre; sabbie biancastre, lenti di conglomerati a clasti di metamorfiti e di granitoidi paleozoici. La formazione risale all'Oligo-miocene (Serravalliano).

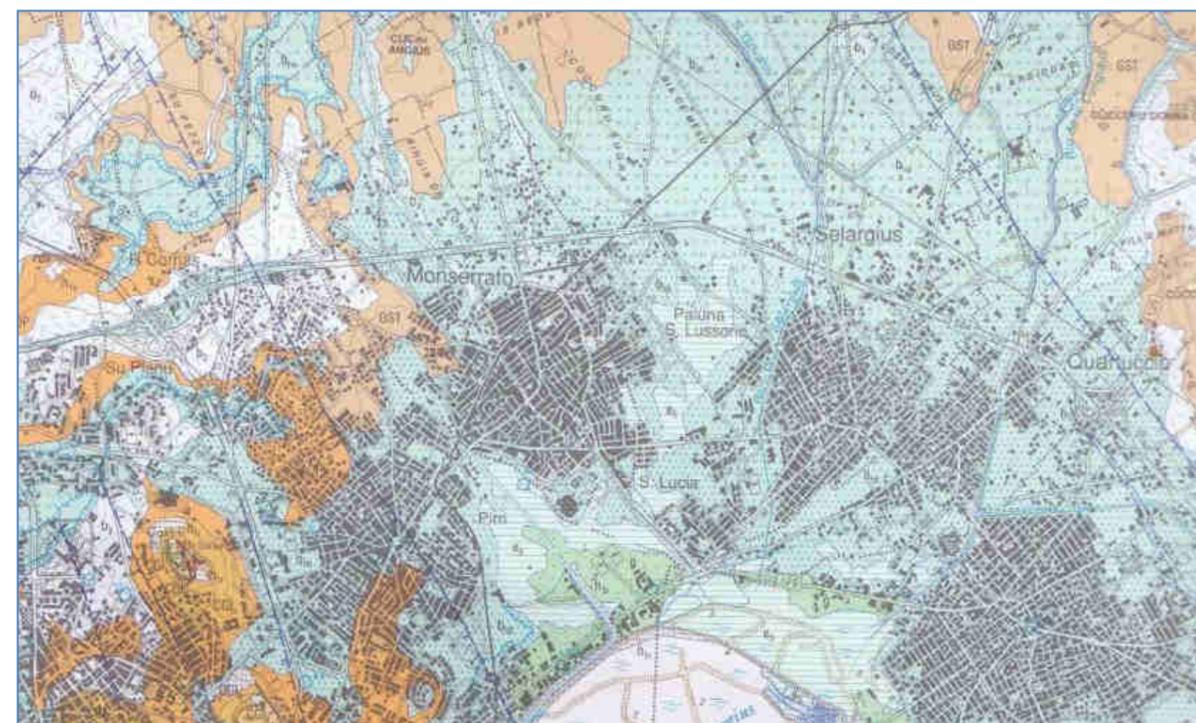


Figura 33 - Stralcio del Foglio 557 della Carta geologica d'Italia Scala 1:50.000.

All'interno della formazione le arenarie sono distribuite in banchi ben cementati, di spessore ridotto (variabile dal decimetro al metro), alternate a sabbie poco coerenti, disposte in strati di spessore estremamente variabile (decimetrici nella parte basale della successione, aumentano di dimensioni verso il tetto della formazione, raggiungendo spessori plurimetrici).

Nell'area collinare tra il km 7 della SS 130 e la località Is Corrias, la successione è rappresentata da "un'alternanza di sabbie siltose finissime, con plaghe arenacee irregolari di colore grigio e arenarie a componente carbonatica, organizzate in livelli spessi tra 10 e 70 cm, per uno spessore massimo non superiore ai 12 metri.

Sempre nella stessa località si riscontrano intercalazioni di conglomerati a prevalenti ciottoli metamorfici paleozoiche, originatesi nell'ambito di facies fluvio-deltizie o per occasionali trasporti in massa.

Le Arenarie di Pirri testimoniano una fase di attività tettonica importante, con una regressione della fase di sedimentazione; il contatto della base con le Argille di Fangario (località S. Lorenzo) indica il cambiamento di facies dagli ambienti pelagici a quelli litorali.

Una piccola porzione del tracciato in prossimità della progressiva 5+00 della SS 554, nonché un'area al termine dello svincolo con la SS 125 "Quartucciu Nord" sono interessati dalle Marne di Gesturi, una formazione molto potente di marne arenacee e siltitiche giallastre, con intercalazioni di arenarie e calcareniti. La formazione risale all'Oligo-miocene (Burdigaliano sup. - Langhiano medio).

La formazione che interessa il tracciato appartiene alla facies marnoso-arenacea, nella quale le intercalazioni di arenarie, da medie a grossolane, caratterizzano soprattutto la porzione basale e sommitale. Le marne invece, secondo le note alla Carta geologica, sono "da gialle a grigie a verdastre, con marcata fissilità nei termini più siltitici e fratturazione pseudo-concoide ("a

saponetta”) in quelli più argillosi. Laminazioni piano-parallele e rare ondulazioni sono associate ad evidenti alternanze tessiturali. Sulle superfici di strato talora si osservano minerali micacei sub millimetrici. Il cemento è carbonatico.”

La porzione basale delle Marne di Gesturi poggia sulle Arenarie di Serralonga, che non affiorano nell’area interessata, mentre la porzione sommitale presenta contatti diretti con le Arenarie di Pirri; quest’ultimo contatto è affiorante nei pressi della porzione iniziale del tracciato, tra la località Is Corrias e l’abitato di Monserrato.

La maggior parte del tracciato è impostato su depositi alluvionali terrazzati, formazioni alluvionali con prevalenza di ghiaie grossolane, con lenti e livelli di sabbia e ghiaie fini, a stratificazione incrociata (unità b_{na}) o con sabbie prevalenti (unità b_{nb}). In base alle note alla Carta geologica tali depositi “sono posti ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati, o su depositi alluvionali terrazzati, ed in genere non interessati dalle dinamiche in atto. Lo spessore di questi depositi è, nella maggior parte dei casi, difficilmente valutabile, ma in alcune sezioni o lungo scarpate di erosione fluviale associate alle dinamiche attuali, si possono superare i 9 m (località Separassiu). Tratti limitati di questa unità possono essere interessati da dinamiche alluvionali durante eventi idrometeorici eccezionali.”

La porzione occidentale del tracciato, tra le progressive 2+00 e 3+00, e la tratta nei pressi della progressiva 5+00 intercettano invece le coltri eluvio-colluviali, formazioni di origine gravitativa, costituite da detriti grossolani immersi in una matrice fine, sabbioso-siltosa, presente in percentuali variabili, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti ed arricchiti in frazione organica. In base alle note alla Carta geologica “la elevata presenza della frazione organica suggerisce una loro derivazione dall’erosione del suolo durante l’Olocene e successivo mescolamento a sedimenti provenienti per degradazione fisica direttamente dal substrato.”

Gli strati sono di spessore ridotto (qualche metro), ma risultano molto diffusi ai piedi dei versanti e sulle testate delle vallecole, a causa della natura pelitico-arenacea del substrato terziario. Spesso tali sedimenti rendono difficile il riconoscimento del substrato, pur essendo di esiguo spessore.

Localmente si rinvencono suoli ad accumulo di carbonato di calcio in noduli, croste e lenti più o meno induriti, la cui genesi è legata a condizioni climatiche caratterizzate da una scarsa copertura vegetale forestale, simile a quella attuale, ed un marcato contrasto stagionale.

In corrispondenza dei corsi d’acqua Riu de Cungianus, Riu Saliu, Riu di S. Giovanni e quello proveniente dallo Staini di S. Lorenzo, nonché ad est dell’intersezione con la S.S. 387 “del Gerrei”, si riscontra la presenza di depositi alluvionali olocenici, formazioni molto frequenti, che caratterizzano la maggior parte dei numerosi corsi d’acqua del foglio 557 di Cagliari. I depositi che interessano il tracciato sono costituiti da ghiaie da medie a molto grossolane prevalenti, con lenti e sottili livelli di sabbie (b_a), o sabbie prevalenti (b_b). Il tracciato non intercetta le formazioni con limi ed argille prevalenti (b_c), che caratterizzano invece l’area di Stani di S. Lorenzo.

Questi depositi sono attribuibili agli eventi idrometeorici attuali o verificatisi in un passato recente; si segnala tuttavia che i corsi d’acqua provenienti dai versanti locali presentano generalmente carattere effimero, con un regime fortemente discontinuo, variabile in base alla stagione, e presentano limitati affioramenti, pertanto spesso non risultano cartografabili. Per questi motivi molte di tali aree sono state interessate da urbanizzazioni recenti, pertanto risultano ad elevata pericolosità da esondazione, anche se solo per eventi idrometeorici eccezionali.

In base alle note alla Carta geologica “lo spessore di questi depositi è molto variabile e localmente supera i 5 m.” Infine, si segnala che la Carta geologica classifica le porzioni di terreno utilizzate per gli svincoli con la S.S. 131 (località Masseria Fulio) e la S.S. 125 (Quartucciu) come terreno di riporto al fine edilizio (h_{1r}).

4.2 Inquadramento idrogeologico

L’idrografia dell’area, come illustrato precedentemente comprende i corsi d’acqua del Rio Fangario/Canale San Lorenzo, Rio Cungiaus, Rio S. Giovanni (o Rio di Selargius) e Rio Saliu, a carattere torrentizio.

Le caratteristiche idrogeologiche dell’area di intervento sono riassunte nella Carta idrogeologica di cui si propone uno stralcio nella figura seguente che riporta anche il reticolo idrografico.

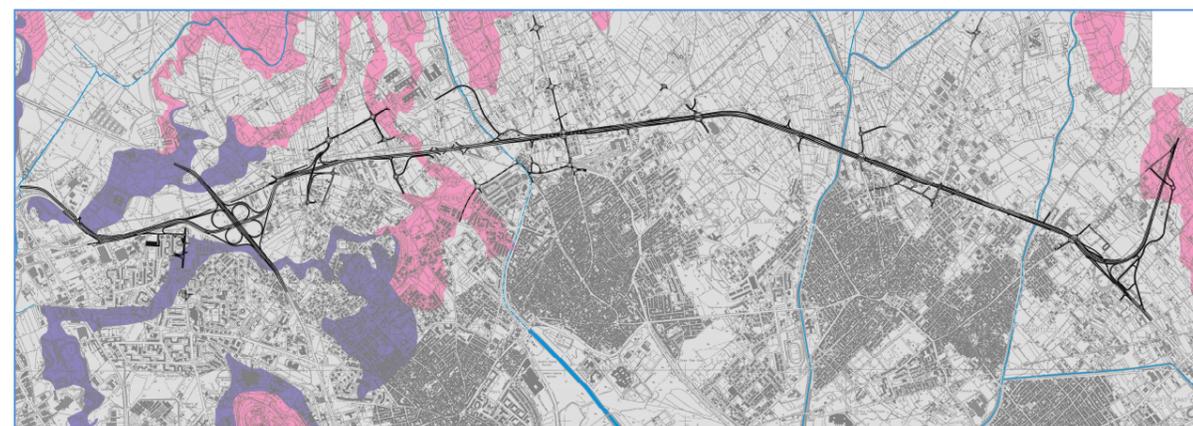


Figura 34 - Stralcio della Carta Idrogeologica. In grigio: depositi alluvionali con permeabilità da medio-bassa a medio-alta; in rosa: calcari, calcareniti e marne con permeabilità medio-alta; in viola: arenarie, calcareniti, marne e argille con permeabilità medio-bassa.

La falda freatica nell’area a nord di Quartu S.E. ha come acquifero la parte sommitale della successione arenaceo-marnosa miocenica e parte della copertura alluvionale quaternaria sovrastante.

La falda ha potenzialità ridotta, con uno strato saturo potente mediamente 2 metri e con elevati tenori di salinità, con residuo fisso intorno a 5 g/l. Una zona di alimentazione è localizzata lungo gli alvei dei corsi di Rio Cungiaus e Rio S. Giovanni.

La falda nei pressi di Quartucciu e Selargius ha come acquifero le sabbie conglomeratiche del Quaternario marino, che presentano una buona permeabilità: la falda è potente circa 5 metri, e permette di avere migliori portate nei pozzi. La soggiacenza è compresa tra 2 e 10 m; i gradienti idraulici rilevati vanno dallo 0,38 al 3%.

Nei pressi del Golfo di Quartu la falda freatica ha come acquifero le alluvioni quaternarie, con un deflusso orientato N-S ed un gradiente idraulico elevato ($1 \div 3\%$); la soggiacenza della falda, come nel caso precedente, è compresa tra 2 e 10 m. Il livello freatico tuttavia è andato via via abbassandosi nelle aree costiere, con fenomeni di ingressione di acqua salata nei pozzi prossimi alla linea di costa, a causa della forte urbanizzazione recente.

L’entroterra cagliaritano ha come acquifero principale le litologie sabbioso-arenacee ascrivibili alle Arenarie di Pirri, delimitate a letto dal substrato impermeabile delle Argille di Fangario ad ovest e dalle Marne di Gesturi a nord ed a est. Nelle Arenarie di Pirri, generalmente incoerenti e con facies basali grossolane, possono presentare strati localmente più costipati e intercalazioni argillose, che influiscono sul grado di permeabilità e sulla soggiacenza della falda, con locali caratteristiche di salienza. In queste aree sono quindi presenti sistemi di acquiferi confinati, dovuti al contatto con strati impermeabili e livelli cementati, soprattutto al tetto dell’acquifero.

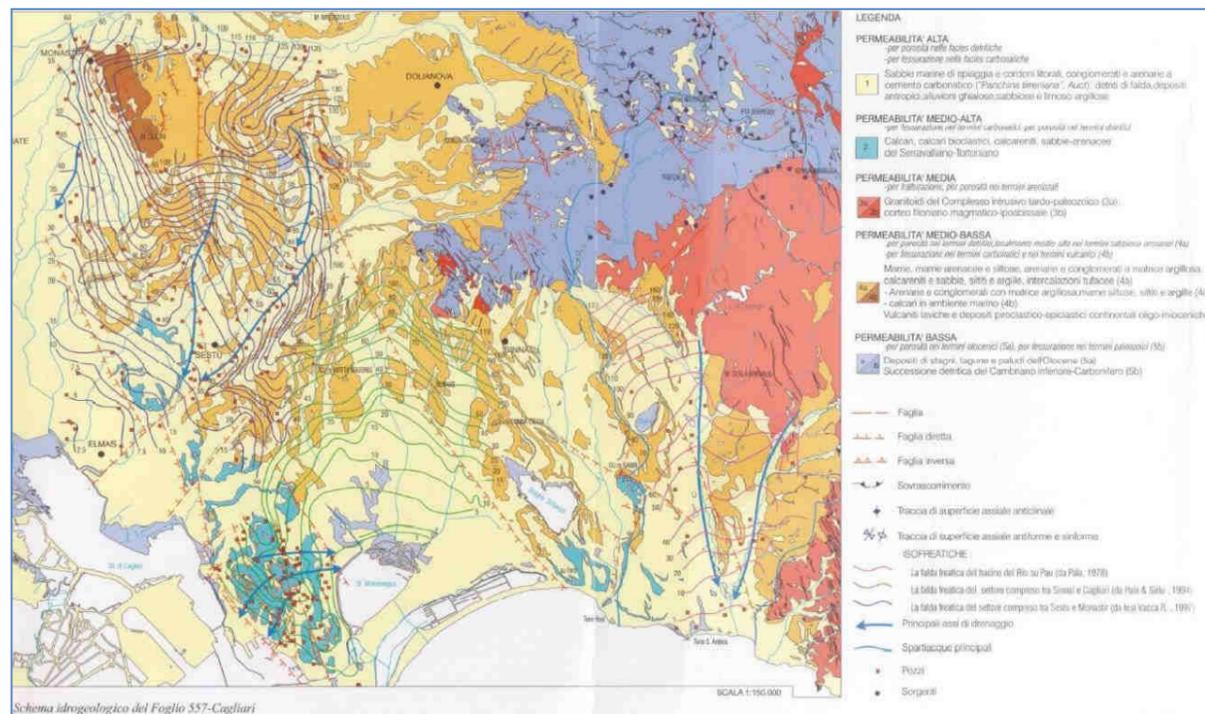


Figura 35 - Stralcio dello schema idrogeologico del Foglio 557 Cagliari. (Fonte: A. Gamba - Progetto di una rete di percorsi ciclabili. Relazione Geologica. - Parco Naturale Regionale Molentargius Saline. 2011)

Dall'analisi dello schema idrogeologico del foglio di Cagliari (Figura 35) emerge la collocazione dell'opera in un'area caratterizzata da permeabilità alta, principalmente per l'elevata porosità delle facies detritiche. Solo la piccola area a nord dell'abitato di Monserrato, in prossimità del km 5 della S.S. 554, presenta una permeabilità medio-bassa in corrispondenza dell'affioramento le Marne di Gesturi. Lo schema idrogeologico non mostra la presenza di pozzi o sorgenti nell'area di indagine.

4.2.1 Individuazione zone geologicamente e idrogeologicamente sensibili

Come emerge dai paragrafi precedenti, l'opera risulta quindi localizzata prevalentemente su depositi alluvionali quaternari, impostati su arenarie (Arenarie di Pirri) e marne (Marne di Gesturi) oligomioceniche.

La presenza delle arenarie di Pirri determina una elevata permeabilità, con elevata possibilità di infiltrazione delle acque, testimoniata anche dal reticolo idrografico che tende ad infiltrarsi nella copertura alluvionale. Per questi motivi, la principale sensibilità della componente è costituita dalla possibilità di infiltrazioni nei suoli e quindi nella falda di acque inquinate, per dilavamento delle superfici impermeabilizzate dei cantieri e della superficie stradale ad opera delle acque meteoriche.

Data la presenza diffusa delle formazioni delle Arenarie di Pirri e quindi la notevole permeabilità dei terreni sui quali è impostata la maggior parte del tracciato, la sensibilità per queste aree può essere classificata come "alta".

4.2.2 Sismicità

4.2.2.1 Normativa sismica

Il territorio nazionale era classificato, fino al 2003, in tre categorie sismiche a rischio decrescente dalla 1 alla 3. Partendo dall'elaborazione dei dati raccolti negli anni circa la pericolosità sismica del territorio, dati ottenuti analizzando la probabilità che un dato territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo, sono stati determinati nuovi criteri di valutazione che sono stati pubblicati nell'OPCM n° 3274 del 20 marzo 2003, (G. U. n° 105 dell'8 maggio 2003) in cui sono codificati i criteri per la nuova classificazione del territorio nazionale.

L'OPCM definisce i principi generali sulla base dei quali le Regioni hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone a pericolosità sismica decrescente come riportato nella Tabella 5.1

| | |
|--------|--|
| Zona 1 | È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti |
| Zona 2 | In questa zona possono verificarsi forti terremoti |
| Zona 3 | In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari |
| Zona 4 | È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari |

Tabella 31 - Pericolosità delle 4 zone sismiche - OPCM 3274/03

A ciascuna zona è stato attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia come da tabella seguente.

| Zona sismica | Accelerazione massima su roccia |
|--------------|---------------------------------|
| 1 | 0,35 g |
| 2 | 0,25 g |
| 3 | 0,15 g |
| 4 | 0,05 g |

Tabella 32 - Accelerazioni massime su roccia per le 4 zone sismiche - OPCM 3274/03

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 che ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

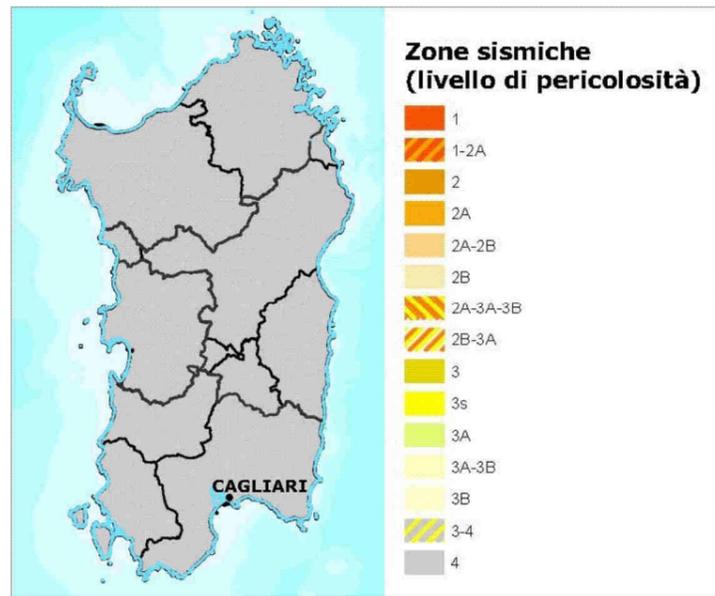


Figura 36 - Classificazione sismica della Regione Sardegna. Fonte: Dipartimento di Protezione civile. Ufficio rischio sismico e vulcanico. Classificazione sismica al 2005

La suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06) è riportata nella tabella seguente.

| 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 | $a_g \leq 0.05$ |

Tabella 33 - Accelerazioni di picco per le 4 zone sismiche - OPCM 3519/06. La a_g riportata in tabella è l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in un intervallo di tempo di 50 anni.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (DM del 14 gennaio 2008) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle NTC del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

4.2.2.2 Sismicità storica

L'area in studio, così come tutta la Sardegna, è stata oggetto, in tempi storici, di pochi eventi sismici, di intensità generalmente molto ridotta. In particolare, come si osserva dalla immagine seguente, la massima intensità sismica registrata nel territorio sardo dall'anno 1000 ad oggi risulta inferiore al 6° Mercalli.

Dall'analisi dei dati di sismicità storica presenti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani sul sito dell'INGV (CPTI04 del maggio 2004), si rileva che, dal 217 a.C. al 2006, si sono verificati solo quattro eventi sismici di intensità compresa tra 4.72 e 4.84 Richter le cui caratteristiche sono sintetizzate nella tabella:

| Anno | Me | Gi | Or | Mi | Se | AE | Rt | Np | Imx | Io | Mw | Lat | Lon |
|------|----|----|----|----|----|------------------|-------|----|-----|----|------|--------|--------|
| 1838 | 2 | 2 | 22 | 30 | | S. Antonio | POS85 | | | 60 | 4,72 | 41,000 | 9,250 |
| 1948 | 11 | 13 | 9 | 52 | 12 | Mar di Sardegna | DOM | 19 | 60 | 60 | 4,81 | 41,067 | 8,683 |
| 1970 | 06 | 18 | 09 | 03 | 00 | Mar di Sardegna | ISC | | | | 4,83 | 40,950 | 7,420 |
| 2000 | 04 | 26 | 13 | 37 | 47 | Tirreno Centrale | ISC | | | | 4,84 | 40,955 | 10,097 |

Tabella 34 - Dati dei terremoti avvenuti nell'ambito della regione Sardegna. Fonte: A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini and M. Stucchi (eds.), 2011. CPTI11, the 2011 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI11>

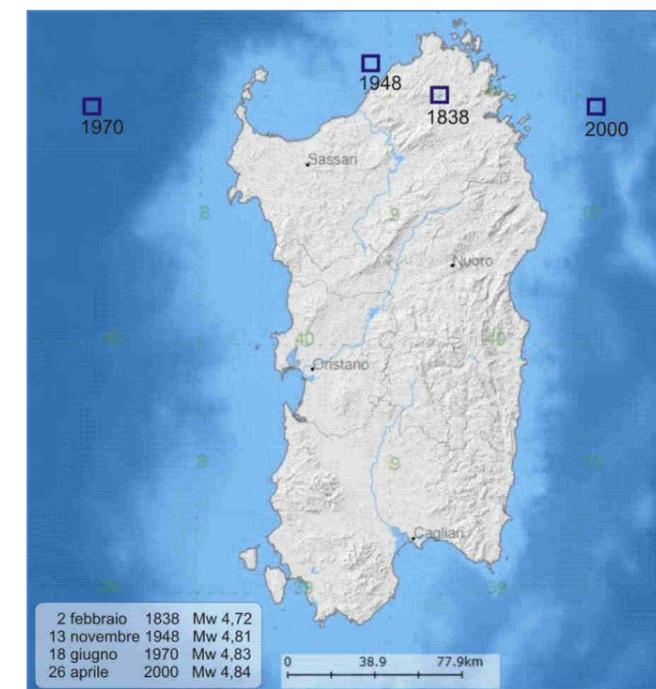


Figura 37 - Localizzazione dei sismi avvenuti nell'ambito della Regione Sardegna. Fonte: A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini and M. Stucchi (eds.), 2011. CPTI11, the 2011 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI11>

4.2.3 Uso del suolo

La Carta dell'uso del suolo – Corine Land Cover ad un livello di dettaglio di IV livello (2008) della Regione Sardegna, riportata anche nell'elaborato "Carta dell'uso del suolo" (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-07-A) allegato allo Studio, ha consentito di

individuare le percentuali di utilizzo dello stesso rispetto alle *Superfici artificiali* (residenziale compatto, residenziale rado, residenziale nucleiforme, Cimiteri fabbricati rurali, insediamenti industriali e artigianali, reti stradali, reti ferroviarie, impianti di concentrazione e smistamento merci, depositi di rottami, cantieri) ed alle *Superfici agricole utilizzate* (Seminativi, prati artificiali, vigneti, frutteti, oliveti, culture temporanee, sistemi culturali e particellari complessi).

Questo confronto mette in evidenza che nell'area studiata, per una fascia di 500 m avente come asse l'infrastruttura stradale in studio, le *Superfici artificiali* rappresentano il 42,46% del territorio, mentre il restante 57,54% è rappresentato dalle tipologie afferenti alla categoria *Superfici agricole utilizzate*.

4.3 Potenziali interferenze indotte dall'opera per la componente suolo e sottosuolo

Dalle analisi condotte sulla componente suolo e sottosuolo emerge che i potenziali fattori di impatto ambientale causati dall'opera su questa componente afferiscono a:

- sottrazione/occupazione di suolo
- compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo
- inquinamento del suolo
- criticità connesse alle proprietà geotecniche dei terreni;
- inquinamento del sottosuolo
- interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei;
- inquinamento delle acque sotterranee.

In fase di esercizio gli impatti sono circoscritti ai due seguenti:

- *sottrazione di suolo*. La sottrazione definitiva di suoli potenzialmente produttivi con buone caratteristiche pedologiche deriva dall'ampliamento dell'infrastruttura stradale in progetto, comprese le aree di servizio, le rampe e la viabilità di raccordo;
- *inquinamento del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee* deriva dai rilasci delle acque di prima pioggia e dagli sversamenti accidentali sulla sede stradale e nelle aree di servizio, oltre che dalle sostanze depositate direttamente dall'atmosfera come ad esempio quelle derivanti dal traffico automobilistico.
- *interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei*. Le modifiche intervengono quando nella realizzazione dei lavori la profondità delle operazioni di scavo interferisce con gli acquiferi modificando le vie di flusso con possibile allontanamento delle acque o ostacolo alla ricarica della falda.

5 VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA

5.1 Descrizione dello stato della componente

5.1.1 Inquadramento bioclimatico dell'area

Le caratteristiche climatiche condizionano fortemente le comunità vegetali presenti, le quali spesso presentano adattamenti fisiologici per affrontare il fattore di maggiore stress, che nell'ambiente mediterraneo è costituito dal pronunciato periodo di aridità estiva.

La Regione Sardegna infatti è espressione tipica del bioclimate mediterraneo, un clima temperato-caldo, con aspetti subtropicali, caratterizzato da inverni miti ed estati calde ed aride. In particolare il territorio regionale ricade nei macrobioclimi mediterraneo e temperato sub mediterraneo, quest'ultimo limitato alle aree montane più elevate dell'entroterra. Il macrobioclimate mediterraneo include il bioclimate mediterraneo pluvistagionale oceanico, tipico della maggior parte delle aree costiere, compresa quella in esame, ed il bioclimate xerico oceanico, limitato alle aree costiere del Sulcis.

Nel primo tipo, nel quale ricade l'area di indagine, in base al PFAR sono presenti termotipi variabili dal termomediterraneo inferiore al supramediterraneo superiore, ed ombrotipi compresi tra il secco inferiore e l'umido superiore. In particolare, il bioclimate nel quale ricade l'opera è classificato come termomediterraneo superiore, mentre l'ombrotipo varia dal secco inferiore al subumido inferiore.

5.1.2 Serie di vegetazione del PFAR – vegetazione potenziale

Un inquadramento generale della vegetazione e della flora dell'area di progetto si può ricavare dal Piano Forestale Ambientale Regionale (PFAR, 2007) e in particolare dai seguenti allegati ed elaborati grafici di cui al Piano medesimo:

- Allegato I - Schede descrittive di distretto – Distretto 20 – Campidano;
- Allegato II - Descrizione delle Serie di Vegetazione;
- Tavola 3 - Carta delle Serie di Vegetazione – Distretto 20 – Campidano.

Questi elaborati forniscono infatti la descrizione e la cartografia delle serie di vegetazione presenti nell'area di progetto, consentendo di identificare anche quelle interessate dalla realizzazione delle opere. Le serie di vegetazione esprimono una potenzialità di sviluppo delle serie vegetazionali spontanee del comprensorio, laddove la vegetazione reale è mantenuta dai fattori di pressione antropica del territorio.

Nell'area vasta interessata dal progetto sono state identificate le seguenti serie di vegetazione, cartografate nella figura seguente:

SA3: Serie sarda termo mediterranea del ginepro turbinato;

- SA 10: Serie sarda termo mediterranea dell'olivastro;
- SA 29: Geosigmeto alofilo sardo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere.

E' possibile verificare che, in termini di vegetazione potenziale, le opere di progetto interessano l'area di pertinenza della categoria SA10 "Serie sarda, termomediterranea dell'olivastro (*Asparagus albi - Oleetum sylvestris*). Diversamente la categoria SA3 "Serie sarda, termomediterranea del ginepro turbinato (*Oleo - Juniperetum turbinatae*)" e la categoria SA29 "Geosigmeto alofilo sardo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere (*Ruppiaetea, Thero-Suaedetea, Saginetea maritima, Salicorniometea fruticosae, Juncetea maritimi, Phragmito-Magnocaricetea*)" non sono direttamente interessati dalle opere.

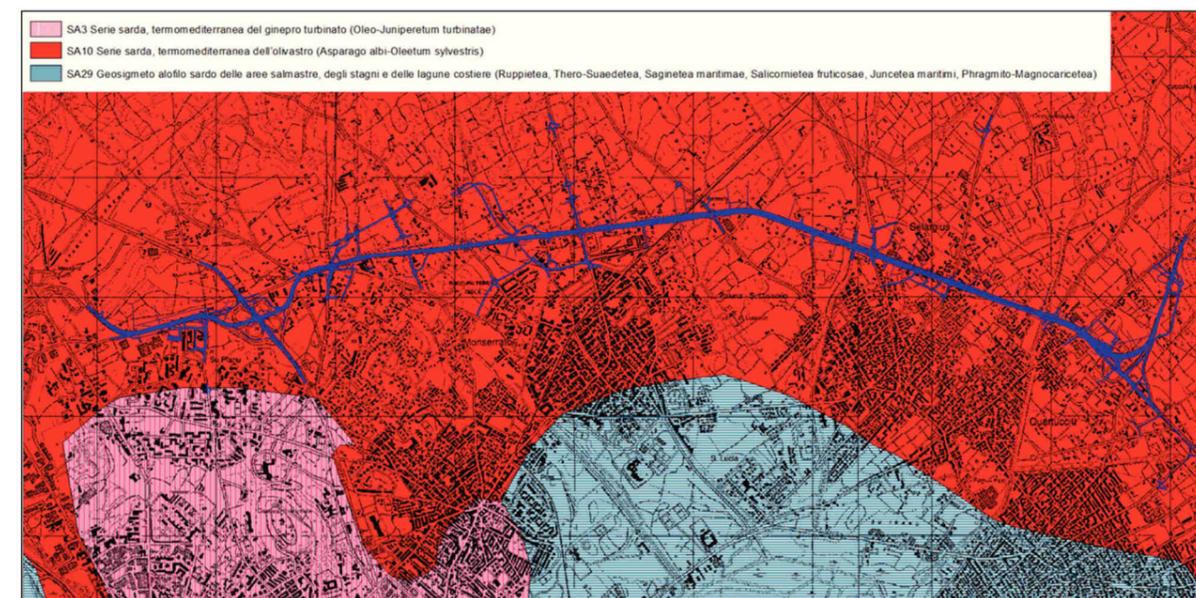


Figura 38 - Stralcio della Carta delle Serie di vegetazione individuate dal PFAR per l'area di progetto: è possibile verificare che, in termini di vegetazione potenziale, le opere di progetto interessano l'area di pertinenza della categoria SA10 "Serie sarda, termomediterranea dell'olivastro (*Asparagus albi-Oleetum sylvestris*).

Di seguito si riporta la descrizione della Serie sarda, termomediterranea dell'olivastro (*Asparagus albi-Oleetum sylvestris*).

| |
|---|
| <p>Serie sarda, termomediterranea dell'olivastro (<i>Asparagus albi-Oleetum sylvestris</i>).</p> |
| <p>Distribuzione prevalente distretti 1-3: costa di Trinità d'Agultu, distretto 2: Isola dell'Asinara, Nurra interna (M.te Agnese, Surigheddu), Logudoro; distretto 6: fascia costiera tra Alghero e Bosa, Capo Marargiu, Planargia; distretto 6: Montiferru; distretto 13: altipiano di Paulilatino, Media Valle del Tirso; distretti 8-11: costa ed entroterra di Cala Fuili e Osalla, costa ed entroterra di Dorgali; distretto 18: costa ed entroterra di Girasole, Baunei, Santa Maria Navarrese; distretto 20: Campidano tra Decimomannu e Quartu; distretto 25: Capo Altano, Capo Teulada, Punta Zavorra e Monte Arrubiu.</p> |
| <p>Fisionomia, struttura e caratterizzazione floristica dello stadio maturo microboschi climatofili ed edafoxerofili a dominanza di <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i> e <i>Pistacia lentiscus</i>. Rappresentano gli aspetti più xerofili degli oleeti sardi, caratterizzati da un corteggio floristico termofilo al quale partecipano <i>Euphorbia dendroides</i>, <i>Asparagus albus</i> e <i>Chamaerops humilis</i>. Nello strato erbaceo sono frequenti <i>Arisarum vulgare</i> e <i>Umbilicus rupestris</i>.</p> |
| <p>Caratterizzazione litomorfológica e climatica la serie è presente lungo la fascia costiera sarda fino a 200-300 m di altitudine, e penetra in aree pianeggianti interne come la bassa e media valle del fiume Tirso. È indifferente edafica dato che si trova su substrati trachitici e andesitici oligo- miocenici e basaltici plio-pleistocenici, calcari mesozoici e miocenici, marne, arenarie, scisti paleozoici, graniti, alluvioni antiche e recenti. È limitata al piano bioclimatico termomediterraneo superiore, con ombrotipi dal secco inferiore al subumido inferiore.</p> |
| <p>Stadi della serie Le formazioni di sostituzione sono rappresentate da arbusteti a dominanza di <i>Pistacia lentiscus</i>, <i>Chamaerops humilis</i> e <i>Calicotome villosa</i> (associazione <i>Pistacio-Chamaeropetum humilis</i> subass. <i>calicotometosum villosae</i>), da garighe delle classi <i>Cisto-Lavanduletea</i> e <i>Rosmarinetea</i>, da praterie perenni a <i>Dactylis hispanica</i> e <i>Brachypodium retusum</i> (ordine <i>Brachypodio ramosi-Dactyletaliahispanicae</i>) e da formazioni terofitiche a <i>Stipa capensis</i>, a <i>Trifolium scabrum</i> o a <i>Sedum caeruleum</i> (classe <i>Tuberarietea guttatae</i>).</p> |

Serie minori accessorie

a questa serie si collega quella mesomediterranea dell'*Asparagoacutifolii-Oleo sylvestris*, che compare come edafo-xerofila in molte zone della Sardegna centro-settentrionale, in ambiti di ridotte dimensioni.

Fonte: PFAR, allegato II - Descrizione delle Serie di Vegetazione.

Per un inquadramento generale dell'area vasta in cui si inserisce il progetto si riportano nella Tabella seguente gli habitat di interesse comunitario presenti nei due Siti Natura 2000 che interessano il sistema delle Zone Umide dello Stagno e delle Saline di Molentargius, e nella Tabella successiva gli habitat che interessano il sistema delle zone umide dello Stagno di Cagliari, delle Saline di Macchiareddu e della Laguna di Santa Gilla.

| Codice | Nome | Copertura (ha) | |
|--------|--|----------------|--------|
| | | SIC | ZPS |
| 1150* | Lagune costiere | 466,0 | 412,0 |
| 1310 | Vegetazione annua pioniera di <i>Salicornia</i> e altre delle zone fangose e sabbiose | 0,0077 | 0,0705 |
| 1410 | Pascoli inondatai mediterranei (<i>Juncetalia maritimi</i>) | 22,74 | 19,04 |
| 1420 | Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo atlantici (<i>Sarcocorneteafruticosi</i>) | 22,81 | 19,04 |
| 1430 | Praterie e fruticeti alonitrofilii (<i>Pegano-Salsoletea</i>) | 12,75 | 26,14 |
| 1510* | Steppe salate | 7,58 | 6,35 |
| 2110 | Dune embrionali mobili | 12,75 | 13,07 |
| 3150 | Laghi eutrofici naturali con vegetazione del tipo <i>Magnopotamion</i> o <i>Hydrocharition</i> | 12,75 | 0 |
| 5330 | Arbusteti termo-mediterranei e pre-desertici | 3,41 | 0 |
| 6220* | Percorsici sub steppici di graminacee e piante annue del Thero-Brachypodietea | 1,14 | 0 |
| 9540 | Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici | 0,38 | 0 |

Fonte: Formulario Standard SIC "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022) e ZPS "Saline di Molentargius" (ITB044002)

| Codice | Nome | Copertura (ha) | |
|--------|---|----------------|---------|
| | | SIC | ZPS |
| 1110 | Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina | 134,67 | 0 |
| 1120* | Praterie di Posidonia (<i>Posidonion oceanicae</i>) | 358,98 | 0 |
| 1150* | Lagune costiere | 1.249,3 | 1.223,0 |
| 1210 | Vegetazione annua delle linee di deposito marine | 59,83 | 0 |
| 1310 | Vegetazione annua pioniera di <i>Salicornia</i> e altre delle zone fangose e sabbiose | 88,0 | 62,8 |
| 1410 | Pascoli inondatai mediterranei (<i>Juncetalia maritimi</i>) | 48,42 | 0,87 |
| 1420 | Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo atlantici (<i>Sarcocorneteafruticosi</i>) | 478,64 | 262,92 |
| 1430 | Praterie e fruticeti alonitrofilii (<i>Pegano-Salsoletea</i>) | 119,66 | 1,12 |
| 1510* | Steppe salate | 1,0 | 37,56 |
| 2110 | Dune embrionali mobili | 1,66 | 0 |
| 2240 | Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua | 239,32 | 0 |
| 92DO | Gallerie e forteti ripari meridionali (<i>Nerio-Tamaricetea</i> e <i>Securinegion tinctoriae</i>) | 59,83 | 0 |

Fonte: Formulario Standard SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" (ITB040023) e ZPS "Stagno di Cagliari" (ITB044003)

Tabella 35 - Habitat di interesse comunitario presenti nel SIC "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022) e nella ZPS "Saline di Molentargius" (ITB044002)

5.2 Vegetazione reale interessata dal progetto

La serie di vegetazione SA 10 - Serie sarda, termomediterranea dell'olivastro (*Asparago albi-Oleatum sylvestris*) sopra descritta rappresenta la vegetazione potenziale delle aree direttamente interessate dal progetto, da prendere come riferimento per la valutazione della naturalità delle formazioni presenti nelle aree interessate dalle opere.

In base alla Carta della Natura della Sardegna (scala 1:50.000)

Per la definizione della vegetazione reale, attualmente presente nel corridoio interessata dal progetto è stata analizzata in primo luogo la Carta della Natura della Sardegna (2010, scala 1:50.000), integrata mediante fotointerpretazione per circa 44,5 ha non coperti in Comune di Selargius.

La vegetazione reale, per una fascia di larghezza 250 m su entrambi i lati delle infrastrutture interessate dal progetto, è costituita dalle seguenti tipologie fisionomiche.

Dai dati riportati nella tabella precedente emergerebbero le seguenti informazioni sintetiche:

- l'estensione estremamente limitata all'interno del corridoio delle opere in progetto della vegetazione naturale. Questa infatti interessa complessivamente appena 90 ha circa, pari al 20% della superficie totale interessata dalla presenza di vegetazione di totale naturale e seminaturale, che per il restante 80% è invece costituita per la maggior parte da Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi e in minor misura da Oliveti e Vigneti;
- l'estrema frammentazione della vegetazione naturale e l'estensione molto limitata dei singoli poligoni, costretti tra aree agricole e urbanizzate.

In base alla Carta della Vegetazione (1:10.000) derivata dalla Carta della Natura della Sardegna (scala 1:50.000)

La Carta della Vegetazione della Carta della Natura della Sardegna, è stata realizzata in scala 1:50.000. E' stata quindi necessario, sulla base della Carta della Natura, integrata con foto interpretazione, redigere la Carta della Vegetazione (1:10.000), intendendo con essa la descrizione dei tipi fisionomici della vegetazione reale. La Carta della vegetazione (elaborato DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-08-A) alla scala 1:10.000 è stata redatta utilizzando come base la Carta di uso del suolo Corine Land Cover al IV livello e andando ad attribuire alle diverse tipologie di uso del suolo la classificazione Corine Biotopes utilizzata dalla Carta della Natura. I casi dubbi sono stati verificati mediante foto interpretazione.

Sono state quindi verificate nuovamente la tipologie fisionomiche vegetazionali presenti entro una fascia di 250 m su ogni lato delle infrastrutture oggetto di interventi. L'elaborazione è stata effettuata attraverso strumenti GIS Desktop, ottenendo una più esatta descrizione delle tipologie vegetazionali collocate in posizione prossimale rispetto alle opere in esame.

Il risultato delle analisi, in base ad uno studio della vegetazione reale spinto ad una scala 1:10.000, riporta risultati diversi con una migliore individuazione delle tipologie interessate. In particolare non risultano presenti appezzamenti a macchia mediterranea (con particolare riferimento al matorral di ginepri ed alla macchia bassa a olivastro e lentisco).

Ad una analisi ulteriore, basata sull'effettivo contatto tra le tipologie fisionomiche e le infrastrutture esistenti interessate dalle opere di in esame, si osserva come la tipologia "*Pratelli silicico mediterranei*" non si collocano a ridosso dell'attuale sedime viario oggetto del progetto di ampliamento. Di conseguenza, per questa tipologie, caratterizzata da una più elevato livello di qualità/sensibilità, in base alla Carta della Vegetazione redatta in scala 1:10.000, non è attesa una interferenza significativa a carattere diretto.

E' doveroso comunque sottolineare i limiti dell'elaborazione effettuata e dell'affidabilità dei contenuti di questa carta, tenendo presenti le seguenti considerazioni:

- in prossimità delle infrastrutture stradali oggetto di adeguamento, come verificato durante i sopralluoghi di campo, la vegetazione naturale risulta particolarmente degradata, tanto da non poter essere spesso considerata ascrivibile alle Categorie Corine Biotopes, pur conservandosi alcuni elementi costitutivi di tipologie non individuate (ad esempio singoli arbusti di olivastro o lentisco);
- alla luce della precedente considerazione, e per l'impossibilità di distinguerla mediante foto interpretazione, è possibile che le superfici risultate ascrivibili alla tipologia *Pratelli silicicoli mediterranei*, corrispondano in realtà alla tipologia Praterelli aridi del

Mediterraneo, comprendente per definizione tipologie di vegetazione mediterranea postcolturale (di conseguenza la distinzione tra le due tipologie è da considerarsi solo indicativa);

- l'estensione delle aree interessate dalle opere per le categorie Praterelli aridi del Mediterraneo e Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi vanno considerate particolarmente indicative perché dai sopralluoghi di campo è risultato che le colture di tipo estensivo sono in stato di abbandono particolarmente nelle immediate vicinanze delle infrastrutture stradali, dove in generale la vegetazione risulta particolarmente degradata dai fenomeni di degrado in atto.

Si riporta comunque di seguito la descrizione delle tipologie vegetazionali risultate presenti, ricavata utilizzando parte delle schede descrittive riportate nel Manuale ISPRA Gli habitat in Carta della Natura - Schede descrittive degli habitat per la cartografia alla scala 1:50.000 (2009).

34.81 Prati mediterranei subnitrofilii (Incl. vegetazione mediterranea e submediterranea postcolturale)(Praterelli aridi del Mediterraneo)

Sintassonomia

Brometalia rubenti-tectori, Stellarietea mediae

Descrizione

Si tratta di formazioni subantropiche a terofite mediterranee che formano stadi pionierispesso molto estesi su suoli ricchi in nutrienti influenzati da passate pratiche colturali o pascolo intensivo. Sono ricche in specie dei generi *Bromus*, *Triticum sp.pl.* e *Vulpia sp.pl.* Si tratta di formazioni ruderali più che di prati pascoli.

Specie guida

Avena sterilis, Bromus diandrus, Bromus madritensis, Bromus rigidus, Dasypyrum villosum, Dittrichia viscosa, Galactites tomentosa, Echium plantagineum, Echium italicum, Lolium rigidum, Medicago rigidula, Phalaris brachystachys, Piptatherum miliaceum subsp. miliaceum, Raphanus raphanister, Rapistrum rugosum, Trifolium nigrescens, Trifolium resupinatum, Triticum ovatum, Vulpia ciliata, Vicia hybrida, Vulpia ligustica, Vulpia membranacea.

Regione Biogeografica

Mediterranea

Piano altitudinale

Costiero, Planiziale, Collinare

Distribuzione

Lazio, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria, Sardegna, Sicilia

35.3 Praterelli silicicoli mediterranei (prioritario)

Sintassonomia

Tuberarietalia guttatae

Descrizione

Si tratta di praterelli effimeri acidofili e di suoli poveri, dominati da specie annuali acido invernale- primaverile. Sono ben diffusi nei territori mediterranei su suoli a forte disseccamento estivo, di tipo sabbioso e argilloso.

Specie guida

Aira caryophylla subsp. caryophylla, Aira cupaniana, Aira elegantissima, Cerastium pumilum, Corynephorus divaricatus, Hymenocarpus circinnatus, Moenchia erecta, Filago gallica, Ornithopus compressus, Ornithopus perpusillus, Ornithopus pinnatus, Paronychia echinulata, Rumex bucephalophorus, Teesdalia coronopifolia, Tillaea muscosa, Tolpis umbellata, Trifolium arvense, Trifolium glomeratum, Trisetaria michelii, Tuberaria guttata, Vulpia bromoides, Vulpia myuros, Vulpia geniculata, Vulpia muralis

Regione Biogeografica

Mediterranea

Piano altitudinale

Costiero, Planiziale, Collinare

Distribuzione

Lazio, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria, Sardegna, Sicilia

82.3 Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi

Sintassonomia

Stellarietea mediae

Descrizione

Si tratta di aree agricole tradizionali con sistemi di seminativo occupati specialmenteda cereali autunno-vernini a basso impatto e quindi con una flora compagna spesso a rischio. Si possono riferire qui anche i sistemi molto frammentati con piccoli lembi disiepi, boschetti, prati stabili etc. (si veda un confronto con la struttura a campi chiusi del 84.4).

Specie guida

I mosaici colturali possono includere vegetazione delle siepi (soprattutto 31.8A e 31.844 in ambito temperato, 32.3 e 32.4 in ambito mediterraneo), flora dei coltivi (vedi 82.1), postcolturale (38.1 e 34.81) e delle praterie secondarie (34.5, 34.6, 34.323, 34.326, 34.332).

Regione Biogeografica

Mediterranea, Continentale

Piano altitudinale

Planiziale, Collinare, Montano

Distribuzione

Intero territorio, anche se maggiormente diffusa nell'Italia peninsulare con estensioni nelle zone prealpine e nelle valli alpine.

83.11 Oliveti

Sintassonomia

Stellarietea mediae

Descrizione

Si tratta di uno dei sistemi colturali più diffuso dell'area mediterranea. Talvolta è rappresentato da oliveti secolari su substrato roccioso, di elevato valore paesaggistico, altre volte da impianti in filari a conduzione intensiva. A volte lo strato erbaceo può essere mantenuto come pascolo semiarido ed allora può risultare difficile da discriminare rispetto alla vegetazione delle colture abbandonate.

Specie guida

Per la loro ampia diffusione e le varie modalità di gestione la flora degli oliveti è quanto mai varia.

Regione Biogeografica

Mediterranea

Piano altitudinale

Planiziale, Collinare

Distribuzione

Italia peninsulare e isole

83.21 Vigneti

Sintassonomia

Stellarietea mediae

Descrizione

Sono incluse tutte le situazioni dominate dalla coltura della vite, da quelle più intensive (83.212) ai lembi di viticoltura tradizionale (83.211).

Specie guida

I vigneti, in quanto distribuiti su tutto il territorio nazionale, presentano una flora quanto mai varia dipendente, inoltre, dalle numerose tipologie di gestione.

Regione Biogeografica

Mediterranea, Continentale, Alpina

Piano altitudinale

Planiziale, Collinare, Montano

Distribuzione

Intero territorio nazionale

5.2.1 Naturalità e sensibilità della vegetazione

La Sensibilità Ecologica di una formazione vegetazionale esprime la predisposizione di un habitat a subire un danno o un'alterazione a causa di diversi fattori, che generalmente vengono identificati nei seguenti:

- inclusione nella lista degli habitat di tipo prioritario (Dir. 92/43/CEE);
- presenza potenziale di vertebrati a rischio;
- presenza potenziale di flora a rischio;
- distanza dal biotopo più vicino appartenente allo stesso tipo di habitat ;
- ampiezza del biotopo;
- rarità del biotopo.

Nell'ambito del quadro sopra delineato è quindi evidente che nell'area vasta interessata dal progetto le formazioni vegetazionali maggiormente sensibili, sono quelle afferenti alle zone umide costiere, ovvero ambiti non direttamente interessati dalle azioni di progetto. Le forme di impatto che possono portare all'alterazione di queste tipologie di vegetazione sono di carattere indiretto, ovvero eventualmente legate soprattutto a variazioni dei regimi idrici del bacino scolante e/o degradazione della qualità delle acque. I *Pratelli silicicoli mediterranei* (35.3) presentano una qualità elevata in quanto prioritaria livello comunitario, tuttavia, come già precedente osservato, presentano una estensione molto ridotta nel corridoio di progetto e non sono direttamente interferito dalle azioni di progetto (vedere Carta della Vegetazione).

Di più bassa sensibilità ecologica possono essere invece considerate le tipologie di vegetazione delle superfici definibili come agricole o ex agricole, tra le quali *Vigneti*, degli *Oliveti* e delle *Colture di tipo estensivo* e sistemi agricoli complessi (82.3) anche se comprendenti colture di pregio e di valore paesaggistico. Tali superfici, insieme alle aree urbanizzate, costituiscono la larga maggioranza delle superfici interessate dal progetto in esame.

In generale quindi la sensibilità delle formazioni vegetazionali presenti nel corridoio di attraversamento può considerarsi bassa, anche se è opportuno garantirne la conservazione, e possibilmente il recupero, per il mantenimento di una naturalità diffusa del territorio.

Come si evince dalla Carta della Vegetazione, non sono interessati dall'opera in esame appezzamenti di dimensioni significative di macchia mediterranea a Olivastro e Lentisco (formazione di riferimento per le fasi climatiche della Serie dell'olivastro).

5.3 Caratterizzazione della fauna locale

Per la valutazione dell'interesse faunistico delle aree interessate dal progetto si è tenuto conto sia della fauna presente nell'area vasta in cui questo si inserisce, sia dell'idoneità faunistica delle aree direttamente interessate dalle opere. Con riferimento al primo aspetto occorre tenere conto che l'opera, pur interessando in gran parte territori aventi caratteristiche tipiche degli ambienti periurbani parzialmente degradati, è localizzata ad una distanza non elevata da due aree di grande interesse faunistico, costituite dai due complessi di zone umide dello Stagno di Molentargius e dello Stagno di Cagliari-Santa Gilla.

In particolare la fascia interessata dalle azioni di progetto:

- nel tratto iniziale ha una prossimità verso i siti SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" (ITB04023) e la ZPS "Stagno di Cagliari" (ITB044003), dai quali dista 1,5 - 2 km;
- nel tratto terminale ha una distanza di 2 km ca. dal perimetro della Zona di Protezione Speciale (ZPS) "Saline di Molentargius" (ITB044002) a cui si sovrappone parzialmente anche il sito di Importanza Comunitaria (SIC) "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022).

Tuttavia è importante sottolineare preliminarmente che comunque anche nei tratti in cui l'opera si avvicina di più ai siti, essa è separata da questi da aree di scarsa idoneità faunistica, ovvero aree diffusamente urbanizzate. Di conseguenza l'opera, che già di per se non costituisce una nuova realizzazione viaria, ma un adeguamento, è separata dalle aree a più elevata sensibilità faunistica da aree urbanizzate, già inadeguate a garantire una adeguata continuità faunistica ed ecologica. Per un inquadramento della fauna locale si è fatto quindi riferimento a quanto contenuto nelle sezioni 3.2 e 3.3 riferite alle specie presenti nei Formulari Standard dei quattro Siti Natura 2000 sopra citati, i cui contenuti riguardo alla fauna sono quasi coincidenti. Va comunque considerato che l'importanza faunistica del complesso di Zone Umide dello Stagno di Molentargius e dello Stagno di Cagliari-Santa Gilla a livello regionale, e la presenza del Parco Regionale fanno sì che per l'area siano disponibili dati dettagliati, riportati nei Formulari Standard, in cui sono elencate anche le specie delle aree marginali dei due siti, non caratterizzate da habitat tipicamente umidi, ma anche di tipo agricolo e parzialmente urbanizzato, similari a quelli interessati direttamente dall'opera. Pertanto i dati faunistici contenuti nei quattro Formulari Standard possono essere considerati del tutto rappresentativi per un inquadramento faunistico dell'area di progetto e possono fornire informazioni utili per la caratterizzazione della fauna potenzialmente presente nelle aree di intervento. Anche qui va tuttavia precisato che le opere di progetto sono previste a ridosso di viabilità esistente, quindi i fattori disturbo, che agiscono ed insistono sulle fasce circostanti le frustature, già definiscono ambiti con una presenza di fauna più ridotta in termini di ricchezza e di abbondanza. Si presenta di seguito una descrizione della fauna dell'area vasta, intendendo con essa un ambito vasto che comprende le zone umide costiere; sono riportate notazioni in merito alla potenziale presenza nell'area di progetto e/o ad eventuali interferenze di carattere indiretto.

Pesci

Nell'area vasta di progetto è segnalata, sia per il complesso delle zone umide di Molentargius che per lo Stagno di Cagliari - Santa Gilla, una sola specie di Pesci di interesse conservazionistico, inserita nell'elenco di cui all'Allegato II della Direttiva Habitat (92/43/CEE). Si tratta del Nono (*Aphanius fasciatus*, Codice 1152) piccolo pesce d'acqua salmastra appartenente alla famiglia *Cyprinodontidae* (ordine *Cyprinodontiformes*) di cui è l'unica specie autoctona italiana. Vive in acque di scarsa profondità ferme o a corrente lenta, come lagune e stagni, pozze di barena e canali ricchi di vegetazione. Resiste a notevoli variazioni di salinità ed, in condizioni di forte evaporazione, sopravvive in acque con concentrazioni saline quattro volte superiori a quelle di mare. Anche se spesso risale fiumi ed canali connessi con stagni e lagune, spingendosi in acqua dolce a notevole distanza dalle foci, per il regime torrentizio dei canali interessati dall'opera se ne può escludere ragionevolmente la presenza nelle aree direttamente interessate dalle opere.

Anfibi

Nell'area di progetto non sono presenti specie di anfibi elencate nell'Allegato II della Direttiva Habitat (92/43/CEE), ma vengono segnalate le altre specie di anfibi presenti nell'area di progetto. La scarsità di pozze d'acqua e aree umide integre anche di piccole dimensioni e la sostanziale aridità del territorio portano a considerare il corridoio di progetto come scarsamente idoneo alle specie e a ritenere la presenza di queste specie come eventuale e localizzata.

Anfibi corridoio di progetto (presenza potenziale - Allegati IV Dir. "Habitat" o taxa in Formulario di Siti N2000 di area vasta)

| Codice | Nome scientifico | Nome italiano |
|--------|---------------------|------------------|
| 1201 | <i>Bufo viridis</i> | Rospo smeraldino |
| 1204 | <i>Hyla sarda</i> | Raganella sarda |

Fonte: Formulari Standard SIC "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022) (agg. 2013), ZPS "Saline di Molentargius" (ITB044002) (agg. 2012), SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" (ITB040023) (agg. 2013) e ZPS "Stagno di Cagliari" (ITB044003) (agg.2014)

Rettili

Nell'area di progetto sono potenzialmente presenti le seguenti specie di rettili.

Rettili corridoio di progetto (presenza potenziale- Allegati II e IV Dir. "Habitat" o taxa in Formulario di Siti N2000 di area vasta)

| Codice | Nome scientifico | Nome italiano |
|--------|-------------------------|-----------------------|
| 1220 | <i>Emys orbicularis</i> | Testuggine palustre |
| 1219 | <i>Testudo graeca</i> | Testuggine greca |
| 1217 | <i>Testudo hermanni</i> | Testuggine di Hermann |

| Codice | Nome scientifico | Nome italiano |
|--------|-------------------------------|----------------------------------|
| 2437 | <i>Chalcides chalcides</i> | Luscengola |
| 1274 | <i>Chalcides ocellatus</i> | Gongilo |
| 2382 | <i>Hemidactylus turcicus</i> | Geco verrucoso |
| 5668 | <i>Hemorrhois hippocrepis</i> | Colubro ferro di cavallo |
| 5670 | <i>Hierophis viridiflavus</i> | Biacco |
| 2467 | <i>Natrix maura</i> | Natrice viperina |
| 1250 | <i>Podarcis sicula</i> | Lucertola campestre |
| 1246 | <i>Podarcis tiliguerta</i> | Lucertola tirrenica o tiliguerta |
| 2386 | <i>Tarentola mauritanica</i> | Geco comune |

Fonte: Formulari Standard SIC "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022) (agg. 2013), ZPS "Saline di Molentargius" (ITB044002) (agg. 2012), SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" (ITB040023) (agg. 2013) e ZPS "Stagno di Cagliari" (ITB044003)(agg.2014)

Le tre specie più importanti sono la Testuggine palustre, strettamente legata agli ambienti palustri integri e con buona qualità delle acque, e le due specie di testuggini terrestri presenti in Sardegna, tipiche degli ambienti di gariga e macchia mediterranea, che si incontrano però anche negli incolti e nelle aree agricole.

Mentre l'assenza di stagni perenne non consente di escludere la presenza nelle aree di intervento della Testuggine palustre, in quanto la specie è presente anche in corsi d'acqua planiziari, che utilizza anche per spostamenti legati a fenomeni di dispersione ed erratismo. Meno probabile, ma comunque potenzialmente possibile, la presenza nelle aree agricole presenti nelle aree di intervento delle due testuggini terrestri. Certamente presenti le specie meno esigenti tra le altre presenti, quali Biacco e la Lucertola campestre.

Mammiferi

Nei Standard analizzati è segnalata la presenza di specie di mammiferi di interesse conservazionistico. L'area presenta idoneità per la presenza di specie adattabili ed in grado di vivere in aree fortemente atrofizzate, prima fra tutte la Volpe, *Vulpes vulpes*.

Uccelli

Gli uccelli rappresentano certamente la classe faunistica di maggior interesse nell'area di progetto che, come detto, lambisce per il tratto terminale il sistema delle zone umide dello Stagno di Molentargius ed è collocata, seppure in un territorio a forte antropizzazione, tra questo e l'altro sistema di zone umide dell'area cagliaritano, quello dello Stagno di Cagliari, che formano nel complesso una delle zone umide più importanti del Bacino del Mediterraneo. Questi due importanti sistemi di zone umide, per la presenza degli stessi habitat, ospitano grosso modo le stesse specie di uccelli, come certificato dai dati riportati nei Formulari Standard dei 4 siti Natura 2000 che li interessano. Una caratterizzazione dell'avifauna dell'area vasta interessata dal progetto si può quindi ottenere dagli elenchi riportati nei Formulari Standard dei Siti Natura 2000 che tutelano lo Stagno di Molentargius e lo Stagno di Cagliari - Santa Gilla, riportati nelle tabelle seguenti.

Avifauna area vasta (Allegato I Dir. "Uccelli")

| Cod. | Nome scientifico | Nome italiano | Staz. | | Nidif. | | Migr. | | Svernam. | |
|------|--|------------------------|---------|---------|---------------|----------------|-------|----------|-------------|---------------|
| | | | Mol. | Cagl. | Mol. | Cagl. | Mol. | Cagl. | Mol. | Cagl. |
| A293 | <i>Acrocephalus melanopogon</i> | Forapaglie castagnolo | | | | | P | P | P | P |
| A229 | <i>Alcedo atthis</i> | Martin pescatore | | | | | C | C | P | P |
| A111 | <i>Alectoris barbara</i> | Pernice sarda | | R | | | | | | |
| A255 | <i>Anthus campestris</i> | Calandro | | | | | P | P | | |
| A029 | <i>Ardea purpurea</i> | Airone rosso | | | 2-5 c | min 8 c | P | P | | min 1 |
| A024 | <i>Ardeola ralloides</i> | Sgarza ciuffetto | | | 2-15 c | max 1 c | P | P | R | min 1 |
| A222 | <i>Asio flammeus</i> | Gufo di palude | | | | | P | P | R | P |
| A060 | <i>Aythya nyroca</i> | Moretta tabaccata | | | | | P | P | max 23 i | max 1 i |
| A021 | <i>Botaurus stellaris</i> | Tarabuso | | | | | R | | R | |
| A133 | <i>Burhinus oedicnemus</i> | Occhione comune | | | | 5-7 c | | P | | max 75 i |
| A243 | <i>Calandrella brachydactyla</i> | Calandrella | | | | | | P | | |
| A224 | <i>Caprimulgus europaeus</i> | Succiacapre | | | | | | P | | |
| A138 | <i>Charadrius alexandrinus</i> | Fratino | | | P | 51-63 c | P | P | max 47 i | 62-474 i |
| A196 | <i>Chlidonias hybridus</i> | Mignattino piombato | | | | | P | P | | |
| A197 | <i>Chlidonias niger</i> | Mignattino | | | | | P | P | | |
| A031 | <i>Ciconia ciconia</i> | Cicogna bianca | | | | | | P | | |
| A030 | <i>Ciconia nigra</i> | Cicogna nera | | | | | | P | | |
| A081 | <i>Circus aeruginosus</i> | Falco di palude | | | | max 1 c | P | P | 18-23 i | 17-29 i |
| A082 | <i>Circus cyaneus</i> | Albanella reale | | | | | | P | | max 1 i |
| A084 | <i>Circus pygargus</i> | Albanella minore | | | | | | P | | |
| A027 | <i>Egretta alba</i> | Airone bianco maggiore | | | | | P | P | 1-8 i | 44-133 i |
| A026 | <i>Egretta garzetta</i> | Garzetta | | | 20-100 c | 10-15 c | P | P | 20-44 i | 86-379 i |
| A098 | <i>Falco columbarius</i> | Smeriglio | | | | | | P | | P |
| A103 | <i>Falco peregrinus</i> | Falco pellegrino | | | | | P | P | P | |
| A321 | <i>Ficedula albicollis</i> | Balia dal collare | | | | | | P | | |
| A189 | <i>Gelochelidon nilotica</i> | Sterna zampenere | | | 20-69 c | | P | P | | |
| A135 | <i>Glareola pranticola</i> | Canastera común | | | | | | P | | |
| A127 | <i>Grus grus</i> | Gru cenerina | | | | | | R | | max 1 i |
| A092 | <i>Hierantus pennatus</i> | Aquila minore | | | | | | R | | R |
| A131 | <i>Himantopus himantopus</i> | Cavaliere d'Italia | | | 57-105 c | 17-25 c | P | P | 30-117 i | 1-19 i |
| A022 | <i>Ixobrychus minutus</i> | Tarabusino | | | 2-4 c | P | P | P | max 3 i | |
| A338 | <i>Lanius collurio</i> | Averla piccola | | | | | | P | | |
| A181 | <i>Larus audouinii</i> | Gabbiano corso | | | | | P | P | max 17 i | max 5 i |
| A180 | <i>Larus genei</i> | Gabbiano roseo | | | 1.520-2.460 c | | P | C | 6-216 i | 729-1.978 i |
| A176 | <i>Larus melanocephalus</i> | Gabbiano corallino | | | | | | R | | max 1 i |
| A177 | <i>Larus minutus</i> | Gabbianello | | | | | | R | | |
| A157 | <i>Limosa lapponica</i> | Pittima minore | | | | | | min 30 i | | max 4 i |
| A272 | <i>Luscinia svecica</i> | Pettazzurro | | | | | P | P | P | |
| A073 | <i>Milvus migrans</i> | Nibbio bruno | | | | | | R | | |
| A023 | <i>Nycticorax nycticorax</i> | Nitticora | | | 1-10 c | min 8 c | P | P | P | |
| A094 | <i>Pandion haliaetus</i> | Falco pescatore | | | | | P | P | P | 6-9 i |
| A392 | <i>Phalacrocorax aristotelis desmarestii</i> | Marangone dal ciuffo | | | | | | P | | max 5 i |
| A151 | <i>Philomachus pugnax</i> | Combattente | | | | | P | C | | 1-49 i |
| A035 | <i>Phoenicopus ruber</i> | Fenicottero | | | max. 4.600 c | 1.400-14.000 c | P | C | 800-2.965 i | 3.570-6.484 i |
| A034 | <i>Platalea leucorodia</i> | Spatola | | | | | P | P | max 18 i | 104-163 i |
| A032 | <i>Plegadis falcinellus</i> | Mignattaio | | | | | P | R | P | M |
| A140 | <i>Pluvialis apricaria</i> | Piviere dorato | | | | | | R | | R |
| A124 | <i>Porphyrio porphyrio</i> | Pollo sultano | 50-70 c | 11-16 c | | | | | | |
| A132 | <i>Recurvirostra avosetta</i> | Avocetta | | | 70-105 c | 18-19 c | P | P | 2-46 i | 266-639 i |
| A195 | <i>Sterna albifrons</i> | Fratello | | | 30-211 c | 225-269 c | P | P | | |
| A190 | <i>Sterna caspia</i> | Sterna maggiore | | | | | | R | | M |
| A193 | <i>Sterna hirundo</i> | Sterna comune | | | 175-314 c | 163-185 c | P | P | | |
| A191 | <i>Sterna sandvicensis</i> | Beccapesci | | | | | P | P | 2-37 i | 12-56 i |
| A301 | <i>Sylvia sarda</i> | Magnanina sarda | | | | | P | P | | |
| A302 | <i>Sylvia undata</i> | Magnanina | | | P | | P | P | P | |
| A166 | <i>Tringa glareola</i> | Piro-piro boschereccio | | | | | | P | | max 1 i |

Legenda: Mol. = SIC/ZPS Zone umide di Molentargius; Cagl. = SIC/ZPS Stagno di Cagliari-Santa Gilla; c = coppie; i = individui; C = comune; R = rara; M = molto rara; P = presente.

Fonte: Formulare Standard SIC "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022) (agg. 2013), ZPS "Saline di Molentargius" (ITB044002) (agg. 2012), SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" (ITB040023) (agg. 2013) e ZPS "Stagno di Cagliari" (ITB044003)(agg.2014)

Avifauna area vasta (altri taxa in Formulario di Siti N2000 di area vasta)

| Codice | Nome scientifico | Nome italiano | Abbondanza | | Popolazione | | Nidificazione | |
|--------|-----------------------------------|------------------------|------------|-------|-------------|-------------|---------------|---------|
| | | | Mol. | Cagl. | Mol. | Cagl. | Mol. | Cagl. |
| A086 | <i>Accipter nisus</i> | Sparviero euroasiatico | | R | | | | |
| A298 | <i>Acrocephalus arundinaceus</i> | Cannareccione | P | P | | | | |
| A295 | <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> | Forapaglie | P | P | | | | |
| A297 | <i>Acrocephalus scirpaceus</i> | Cannaiola | P | P | | | | |
| A168 | <i>Actitis hypoleucos</i> | Piro-piro piccolo | P | P | max 8 i | 9-18 i | | |
| A247 | <i>Alauda arvensis</i> | Allodola | P | C | | | | |
| A054 | <i>Anas acuta</i> | Codone | P | P | max 5 i | 101-261 i | | |
| A056 | <i>Anas clypeata</i> | Mestolone | P | P | 962-1.573 i | 173-1.414 i | max 1 c | |
| A052 | <i>Anas crecca</i> | Alzavola | P | P | 140-453 i | 385-1.367 i | | |
| A050 | <i>Anas penelope</i> | Fischione | P | P | max 20 i | 836-2.270 i | | |
| A053 | <i>Anas platyrhynchos</i> | Germano reale | P | P | 55-173 i | 362-1.170 i | 18-42 c | 26-44 c |
| A051 | <i>Anas strepera</i> | Canapiglia | P | P | 14-38 i | 38-93 i | max 2 c | |
| A055 | <i>Anas querquedula</i> | Marzaiola | | P | | | | |
| A043 | <i>Anser anser</i> | Oca selvatica | R | P | | max 10 i | | |
| A258 | <i>Anthus cervinus</i> | Pispola golarossa | | P | | | | |
| A257 | <i>Anthus pratensis</i> | Pispola | P | C | | | | |
| A259 | <i>Anthus spinoletta</i> | Spioncello | P | P | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|-------------------------------|-----------------------|---|---|-----------|---------------|-----------|-----------|
| A226 | <i>Apus apus</i> | Rondone | P | P | | | | |
| A227 | <i>Apus pallidus</i> | Rondone pallido | | R | | | | |
| A028 | <i>Ardea cinerea</i> | Airone cenerino | P | P | 45-204 i | 129-171 i | | |
| A169 | <i>Arenaria interpres</i> | Voltapietre | | P | | 7-135 i | | |
| A218 | <i>Athene noctua</i> | Civetta | P | P | | | | |
| A059 | <i>Aythya ferina</i> | Moriglione | P | P | 160-535 i | 45-409 i | 60-91 c | 1 c |
| A061 | <i>Aythya fuligula</i> | Moretta | P | P | 44-159 i | 3-25 i | | |
| A025 | <i>Bubulcus ibis</i> | Airone guardabuoi | P | P | 1-30 i | 4-286 i | 5-90 c | 72-80 c |
| A087 | <i>Buteo buteo</i> | Poiana | P | P | | | | |
| A144 | <i>Calidris alba</i> | Piovanello tridattilo | P | P | max 1 i | 16-57 i | | |
| A149 | <i>Calidris alpina</i> | Piovanello pancianera | P | P | max 33 i | 2.694-3.914 i | | |
| A143 | <i>Calidris canutus</i> | Piovanello maggiore | P | P | | 2-10 i | | |
| A147 | <i>Calidris ferruginea</i> | Piovanello | P | C | | | | |
| A145 | <i>Calidris minuta</i> | Gambecchio | P | P | 96-450 i | 470-836 i | | |
| A146 | <i>Calidris temminckii</i> | Gambecchio nano | P | M | | | | |
| A366 | <i>Carduelis cannabina</i> | Fanello | P | C | | | | |
| A364 | <i>Carduelis carduelis</i> | Cardellino | P | C | | | | |
| A365 | <i>Carduelis spinus</i> | Lucherino | P | P | | | | |
| A288 | <i>Cettia cetti</i> | Usignolo di fiume | P | P | | | | |
| A136 | <i>Charadrius dubius</i> | Corriere piccolo | P | P | max 1 i | | 1-3 c | 4-8 c |
| A137 | <i>Charadrius hiaticula</i> | Corriere grosso | P | P | | 38-75 i | 8-20 c | |
| A198 | <i>Chlidonias leucopterus</i> | Mignattino albianche | | P | | | | |
| A363 | <i>Chloris chloris</i> | Verdone | P | C | | | | |
| A289 | <i>Cisticola juncidis</i> | Beccamoschino | | C | | | | |
| A350 | <i>Corvus corax</i> | Corvo imperiale | P | P | | | | |
| A212 | <i>Cuculus canorus</i> | Cuculo | P | | | | | |
| A113 | <i>Coturnix coturnix</i> | Quaglia comune | | P | | | | |
| A036 | <i>Cygnus olor</i> | Cigno reale | | P | | max 1 i | | |
| A253 | <i>Delichon urbica</i> | Balestruccio | P | P | | | | |
| A383 | <i>Emberiza calandra</i> | Strillozzo | P | P | | | | |
| A381 | <i>Emberiza schoeniclus</i> | Migliarino di palude | P | P | | | | |
| A269 | <i>Erithacus rubecola</i> | Pettiroso | P | P | | | | |
| A096 | <i>Falco tinnunculus</i> | Gheppio | P | P | | | | |
| A322 | <i>Ficedula hypoleuca</i> | Balia nera | P | P | | | | |
| A359 | <i>Fringilla coelebs</i> | | | P | | | | |
| A125 | <i>Fulica atra</i> | Folaga | P | P | 199-583 i | 978-12.024 i | 42-95 c | 52-104 c |
| A153 | <i>Gallinago gallinago</i> | Beccaccino | P | P | max 13 i | 1-21 i | | |
| A123 | <i>Gallinula chloropus</i> | Gallinella d'acqua | P | P | 189-283 i | 59-163 i | 140-220 c | 131-234 c |
| A130 | <i>Haematopus ostralegus</i> | Beccaccia di mare | P | P | | max 1 i | | |
| A299 | <i>Hippolais icterina</i> | Canapino maggiore | | P | | | | |
| A252 | <i>Hirundo daurica</i> | Rondine rossiccia | R | | | | | |
| A251 | <i>Hirundo rustica</i> | Rondine | P | P | | | | |
| A233 | <i>Jynx torquilla</i> | Torcicollo | P | P | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|-------------------------------------|------------------------|---|---|-------------|---------------|---------|-----------|
| A341 | <i>Lanius senator</i> | Averla capriossa | P | P | | | | max 1 c |
| A459 | <i>Larus cachinnans</i> | Gabbiano del Caspio | P | | 62-393 i | 1.636-2.641 i | 1-7 c | 295-301 c |
| A182 | <i>Larus canus</i> | Gavina | | R | | | | |
| A183 | <i>Larus fuscus</i> | Zafferano | P | P | max 11 i | 4-42 i | | |
| A179 | <i>Larus ridibundus</i> | Gabbiano comune | P | P | 829-2.119 i | 873-1.622 i | | min 43 c |
| A156 | <i>Limosa limosa</i> | Pittima reale | P | P | | min 300 i | | |
| A292 | <i>Locustella luscinioides</i> | Salciaiola | P | | | | | |
| A271 | <i>Luscinia megarhynchos</i> | Usignolo | P | R | | | | |
| A152 | <i>Lymnocyptes minimus</i> | Frullino | P | P | | | | |
| A065 | <i>Melanitta nigra</i> | Orchetto marino | | M | | | | |
| A069 | <i>Merqus serrator</i> | Smergo minore | | P | | max 11 i | | |
| A230 | <i>Merops apiaster</i> | Gruccione | P | P | | | | |
| A262 | <i>Motacilla alba</i> | Ballerina bianca | P | P | | | | |
| A261 | <i>Motacilla cinerea</i> | Ballerina gialla | P | P | | | | |
| A260 | <i>Motacilla flava</i> | Cutrettola | P | P | | | | |
| A319 | <i>Muscicapa striata</i> | Pigliamosche | P | P | | | | |
| A058 | <i>Netta rufina</i> | Fistione turco | P | P | | | | max 1 c |
| A160 | <i>Numerius arquata</i> | Chiurlo | P | P | | 150-215 i | | |
| A158 | <i>Numerius phaeopus</i> | Chiurlo piccolo | P | P | | max 1 i | | |
| A278 | <i>Oenanthe hispanica</i> | Monachella | | P | | | | |
| A277 | <i>Oenanthe oenanthe</i> | Culbianco | P | R | | | | |
| A214 | <i>Otus scops</i> | Assiolo | | P | | | | |
| A329 | <i>Parus caeruleus</i> | Cinciarella | | P | | | | |
| A330 | <i>Parus major</i> | Cinciallegra | | P | | | | |
| A355 | <i>Passer hispaniolensis</i> | Passera sarda | P | P | | | | |
| A356 | <i>Passer montanus</i> | Passera mattugia | P | P | | | | |
| A391 | <i>Phalacrocorax carbo sinensis</i> | Cormorano | P | P | 68-839 i | 303-1.048 i | | |
| A273 | <i>Phoenicurus ochruros</i> | Codirosso spazzacamino | P | P | | | | |
| A274 | <i>Phoenicurus phoenicurus</i> | Codirosso | P | | | | | |
| A315 | <i>Phylloscopus collybita</i> | Lui piccolo | P | P | | | | |
| A316 | <i>Phylloscopus trochilus</i> | Lui grosso | P | P | | | | |
| A141 | <i>Pluvialis squatarola</i> | Pivieressa | P | P | max 1 i | 158-534 i | | |
| A005 | <i>Podiceps cristatus</i> | Svasso maggiore | P | P | | 174-279 i | max 2 c | |
| A008 | <i>Podiceps nigricollis</i> | Svasso piccolo | P | P | 7-130 i | 333-704 i | | |
| A266 | <i>Prunella modularis</i> | Passera scopaiola | P | P | | | | |
| A118 | <i>Rallus aquaticus</i> | Porciglione | P | P | 1-5 i | max 2 i | | 1-2 c |
| A318 | <i>Regulus ignicapillus</i> | Fiorrancino | P | | | | | |
| A317 | <i>Regulus regulus</i> | Regolo | P | | | | | |
| A336 | <i>Remiz pendulinus</i> | Pendolino | P | P | | | | |
| A249 | <i>Riparia riparia</i> | Topino | P | P | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|-------------------------------|-------------------------------|---|---|----------|-------------|--|---------|
| A275 | <i>Saxicola rubetra</i> | Stiaccino | P | P | | | | |
| A276 | <i>Saxicola torquatus</i> | Saltimpalo | P | P | | | | |
| A155 | <i>Scolopax rusticola</i> | Beccaccia | | R | | | | |
| A361 | <i>Serinus serinus</i> | Verzellino | P | P | | | | |
| A209 | <i>Streptopelia decaocto</i> | Tortora dal collare orientale | P | P | | | | |
| A210 | <i>Streptopelia turtur</i> | Tortora comune | | P | | | | |
| A352 | <i>Sturnus unicolor</i> | Storno nero | P | P | | | | |
| A311 | <i>Sylvia atricapilla</i> | Capinera | P | P | | | | |
| A310 | <i>Sylvia borin</i> | Beccafico | P | P | | | | |
| A304 | <i>Sylvia cantillans</i> | Sterpazzolina | P | P | | | | |
| A309 | <i>Sylvia communis</i> | | | P | | | | |
| A303 | <i>Sylvia conspicillata</i> | Sterpazzola di Sardegna | P | P | | | | |
| A305 | <i>Sylvia melanocephala</i> | Occhiocotto | P | P | | | | |
| A004 | <i>Tachybaptus ruficollis</i> | Tuffetto | P | P | 45-127 i | max 32-58 c | | |
| A228 | <i>Tachymarptis melba</i> | Rondone maggiore | P | P | | | | |
| A048 | <i>Tadorna tadorna</i> | Volpoca | P | P | 21-83 i | 361-596 i | | 2-5 c |
| A161 | <i>Tringa erythropus</i> | Totano moro | P | P | 2-8 i | 56-253 i | | |
| A164 | <i>Tringa nebularia</i> | Pantana | P | P | 2-9 i | 36-149 i | | |
| A165 | <i>Tringa ochropus</i> | Piro piro culbianco | P | P | max 2 i | max 1 i | | |
| A163 | <i>Tringa stagnatilis</i> | Albastrello | P | P | max 1 i | max 1 i | | |
| A162 | <i>Tringa totanus</i> | Pettegola | P | P | max 15 i | 383-1.055 i | | 10-12 c |
| A283 | <i>Turdus merula</i> | Merlo | P | P | | | | |
| A285 | <i>Turdus philomelos</i> | Tordo bottaccio | P | P | | | | |
| A213 | <i>Tyto alba</i> | Barbagianni | P | P | | | | |
| A232 | <i>Upupa epops</i> | Upupa | P | P | | | | |
| A142 | <i>Vanellus vanellus</i> | Pavoncella | P | P | 1-36 i | 360-1.964 i | | |

Legenda: Mol. = SIC/ZPS Zone umide di Molentargius; Cagl. = SIC/ZPS Stagno di Cagliari-Santa Gilla; c = coppie; i = individui; C = comune; R = rara; M = molto rara; P = presente.

Fonte: Formulare Standard SIC "Stagno di Molentargius e territori limitrofi" (ITB040022) (agg. 2013), ZPS "Saline di Molentargius" (ITB044002) (agg. 2012), SIC "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla" (ITB040023) (agg. 2013) e ZPS "Stagno di Cagliari" (ITB044003)(agg.2014).

Per quanto riguarda la caratterizzazione dell'avifauna delle aree direttamente interessate dalla opere è possibile estrapolare dagli elenchi riportati nelle tabelle precedenti le specie tipiche degli ambienti urbani e periurbani, caratterizzati dall'alternarsi di aree urbane e di aree agricole abbandonate e/o parzialmente utilizzate e delle aree agricole con presenza di piccoli nuclei di vegetazione spontanea di tipo mediterraneo. La sostanziale aridità del territorio del corridoio con assenza di significative aree umide e corsi d'acqua perenni e di apprezzabili estensioni di macchia mediterranea consentono di escludere ragionevolmente le specie tipiche di questi ambienti, portando alla definizione dell'elenco di seguito riportato.

Tuttavia l'elenco sotto riportato deve essere integrato con la categoria "Migratori" ed "Accidentali" che può includere, anche solo per brevi passaggi in sorvolo, la gran parte delle specie elencate per i siti N2000 e altri taxa non indicati.

Rettili corridoio di progetto

| Codice | Nome scientifico | Nome italiano |
|--------|----------------------------|-------------------|
| A247 | <i>Alauda arvensis</i> | Allodola |
| A257 | <i>Anthus pratensis</i> | Pispola |
| A226 | <i>Apus apus</i> | Rondone |
| A218 | <i>Athene noctua</i> | Civetta |
| A025 | <i>Bubulcus ibis</i> | Airone guardabuoi |
| A366 | <i>Carduelis cannabina</i> | Fanello |
| A364 | <i>Carduelis carduelis</i> | Cardellino |
| A363 | <i>Chloris chloris</i> | Verdone |
| A212 | <i>Cuculus canorus</i> | Cuculo |

| | | |
|------|--------------------------------|-------------------------------|
| A253 | <i>Delichon urbica</i> | Balestruccio |
| A383 | <i>Emberiza calandra</i> | Strillozzo |
| A269 | <i>Erithacus rubecola</i> | Pettiroso |
| A096 | <i>Falco tinnunculus</i> | Gheppio |
| A251 | <i>Hirundo rustica</i> | Rondine |
| A233 | <i>Jynx torquilla</i> | Torcicollo |
| A341 | <i>Lanius senator</i> | Averla capirossa |
| A271 | <i>Luscinia megarhynchos</i> | Usignolo |
| A230 | <i>Merops apiaster</i> | Gruccione |
| A262 | <i>Motacilla alba</i> | Ballerina bianca |
| A319 | <i>Muscicapa striata</i> | Pigliamosche |
| A277 | <i>Oenanthe oenanthe</i> | Culbianco |
| A355 | <i>Passer hispaniolensis</i> | Passera sarda |
| A356 | <i>Passer montanus</i> | Passera mattugia |
| A273 | <i>Phoenicurus ochruros</i> | Codiroso spazzacamino |
| A274 | <i>Phoenicurus phoenicurus</i> | Codiroso |
| A266 | <i>Prunella modularis</i> | Passera scopaiola |
| A275 | <i>Saxicola rubetra</i> | Stiaccino |
| A276 | <i>Saxicola torquatus</i> | Saltimpalo |
| A361 | <i>Serinus serinus</i> | Verzellino |
| A209 | <i>Streptopelia decaocto</i> | Tortora dal collare orientale |
| A352 | <i>Sturnus unicolor</i> | Storno nero |
| A311 | <i>Sylvia atricapilla</i> | Capinera |
| A310 | <i>Sylvia borin</i> | Beccafico |
| A305 | <i>Sylvia melanocephala</i> | Occhiocotto |
| A283 | <i>Turdus merula</i> | Merlo |
| A213 | <i>Tyto alba</i> | Barbagianni |
| A232 | <i>Upupa epops</i> | Upupa |

5.4 Individuazione degli ecosistemi presenti lungo l'infrastruttura

L'individuazione degli ecosistemi presenti nel territorio attraversato dall'infrastruttura è avvenuta attraverso l'interpretazione della carta di uso del suolo Corine Land Cover raggruppando le tipologie di uso del suolo presenti secondo le seguenti categorie:

- Superfici artificiali;
- Superfici agricole utilizzate: tutte le tipologie di aree agricole;

- Zone Umide: comprendente i sistemi dello Stagno e delle Saline di Molentargius e dello Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e Laguna di Santa Gilla (esterno al corridoio di progetto).

Questa scelta metodologica è dovuta al fatto che nel territorio in esame, e in particolare nel corridoio più direttamente interessato dalle opere, non sono presenti lembi di vegetazione naturale di estensioni tali da costituire ecosistemi distinti da quello agricolo, di cui in realtà quindi sono parte integrante occupando le aree marginali, incolte o inutilizzabili.

Tutto ciò ovviamente con eccezione per le aree umide afferenti ai due ambiti dello Stagno di Molentargius e dello Stagno di Santa Gilla, aventi estensione di migliaia di ettari, ma non collocati nel corridoio di intervento. La loro particolarità e del resto proprio quella di trovarsi, almeno per parte delle loro sponde, in ambiti con caratteristiche prettamente urbane.

Se ne ricava quindi che nell'area di progetto sono presenti i tre diversi ecosistemi elencati e rappresentati nell'elaborato grafico "Carta degli ecosistemi e della fauna" (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-09-A) che costituiscono di fatto anche aree faunistiche omogenee. Si riporta di seguito una descrizione delle componenti biotiche caratterizzanti i tre ecosistemi individuati.

Ecosistema urbano

È quello maggiormente caratterizzante l'ambito di intervento, non solo nel corridoio attraversato dall'infrastruttura di progetto, ma anche nell'area vasta che lo comprende in cui assume la peculiarità di essere a ridosso di vasti complessi di zone umide. Nel territorio a Sud dell'infrastruttura occupa la quasi totalità del territorio, arrivando fino alle sponde delle zone umide di Molentargius e di Santa Gilla e il mare. In particolare, sul lato Sud le aree intensamente urbanizzate lambiscono praticamente senza soluzione di continuità l'infrastruttura per complessivi, con brevi tratti in cui sono presenti aree agricole soltanto nei Comuni di Selargius, Monserrato e, in misura decisamente minore, di Quartucciu.

Nelle aree prospicienti l'infrastruttura, l'ambiente è quello tipico delle aree di espansione urbana parzialmente degradate, in cui si riconoscono le tracce di un antico ordinamento agricolo, sostituite in maniera disordinata da un edificato di vario genere estremamente diversificato e disomogeneo, in generale privo di aree verdi e di arredi a verde, riscontrabili al più nelle pertinenze degli edifici.

Molte delle aree agricole a seminativo intercluse, soprattutto quelle attigue ad un'arteria a grande scorrimento qual'è la SS 554, sono per lo più abbandonate, mentre il fenomeno dell'abbandono è minore per quel che riguarda i frutteti e non ha interessato i vigneti presenti in Comune di Selargius. La diffusione di fenomeni di degrado tipici delle aree periurbane, quale l'apertura di piste carrabili e l'abbandono di rifiuti solidi urbani e di inerti, hanno certamente contribuito all'abbandono delle attività agricole.

I tre canali attraversati non presentano caratteristiche di naturalità significative. Alla luce di tale situazione e in relazione al fatto che la SS 554 costituisce già una barriera ecologica significativa, è ragionevole considerare l'intero territorio a Sud dell'infrastruttura appartenente all'ecosistema urbano, peraltro richiedente un rafforzamento del sistema del verde sia a fini di vivibilità, che di qualità del paesaggio e di rafforzamento della rete ecologica urbana. In tale ecosistema la vegetazione è costituita dal verde urbano, dal verde privato e, nelle aree agricole residue, da quella degli spazi rurali degradati. La fauna potenzialmente presente è quella tipica degli ambienti urbani interrotti da aree verdi.

Ecosistema agricolo

È costituito da un mosaico complesso delle tipologie di uso del suolo appartenenti alla *Categoria Superfici agricole utilizzate*, comprendenti diverse tipologie di seminativi, prati artificiali, colture orticole, vigneti, frutteti, oliveti, colture temporanee associate all'olivo, sistemi culturali e particellari complessi.

Questo ecosistema conserva la sua struttura e organizzazione originaria soprattutto nelle aree meno prossime alle aree urbanizzate e alle infrastrutture stradali, dove soprattutto le colture meno pregiate, ovvero i seminativi, sono state abbandonate nei terreni troppo frazionati, dove invece sono tutt'ora presenti piccoli frutteti e aree orticole utilizzate.

Al suo interno, anche se in maniera estremamente parcellizzata e, lungo le infrastrutture oggetto di adeguamento, spesso degradata, sono presenti nelle aree marginali, abbandonate e non utilizzabili lembi di vegetazione naturale, nonché nuclei di vegetazione con essenze alloctone a ridosso degli insediamenti agricoli.

Ecosistema delle Zone Umide (esterno al corridoio di progetto)

Comprende le zone umide dello Stagno e delle Saline di Molentargius, dello Stagno di Cagliari, delle Saline di Macchiareddu e della Laguna di Santa Gilla. Si tratta di un ecosistema di rilevanza internazionale, per la cui caratterizzazione biotica si rimanda a quanto esposto nei paragrafi precedenti.

Dei tre ecosistemi individuati è l'unico che non interessa direttamente la SS 554, il cui adeguamento potrebbe però creare impatti indiretti su di esso esclusivamente in relazione all'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee, peraltro in maniera non significativa laddove si considerino le modalità di ordinario esercizio e funzionalità dell'infrastruttura.

5.5 Individuazione delle aree sensibili

Nell'area vasta di progetto possono essere considerate aree sensibili quelle comprendenti le zone umide dello Stagno e delle Saline di Molentargius e del sistema Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e Laguna di Santa Gilla. La distanza da tali aree in cui si colloca l'opera e le caratteristiche del territorio interposto, sostanzialmente urbanizzato, permettono di considerare eventuali impatti indiretti del progetto su di esse del tutto trascurabili.

Nelle aree direttamente interessate dall'infrastruttura, si possono considerare quelle interessate da formazioni vegetazionali di prateria, anche se la loro sensibilità è modesta per lo stato di conservazione non soddisfacente in cui versano, e che ne determina anche una scarsa idoneità faunistica.

5.6 Potenziali interferenze indotte dall'opera per la componente Vegetazione, flora e fauna - Ecosistemi

Gli impatti dell'adeguamento di un'infrastruttura stradale esistente sulla componente biotica sono riconducibili alle attività di cantiere ed alla fase di esercizio, che comportano in generale, rispettivamente temporaneamente e permanentemente, la sottrazione e la frammentazione di habitat seminaturali nonché diverse forme di disturbo e di inquinamento che interessano habitat e specie faunistiche presenti nell'area.

Come sopra descritto, il progetto interessa aree di scarsa sensibilità per la componente floristico - vegetazionale e faunistica, e comporterà quindi limitata sottrazione di aree con presenza di vegetazione naturale e seminaturale dotate di potenziale idoneità faunistica, peraltro estremamente frammentate.

In generale quindi gli impatti potenziali sulla componente biotica avranno scarsa rilevanza ma potranno riguardare:

- A. sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere - comunque costituiti da ambiti trasformati, alterati e/o disturbati dall'infrastruttura esistente;
- B. modesto rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale;
- C. incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico;
- D. modesto incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna;
- E. aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso (comunque in ambito già caratterizzato da una intensa contaminazione ambientale da luce artificiale dispersa);
- F. modesto incremento della mortalità della fauna per collisione, con riferimento alla fauna ornitica (impatto già operante, eventualmente interessato da un incremento dovuto all'aumento del traffico e della velocità media o da cambiamenti di percorso eventualmente necessari in fase di costruzione).

A. Sottrazione permanente di habitat naturali e seminaturali

Una valutazione preliminare dell'impatto diretto sulla componente floristico-vegetazionale dell'opera è stata effettuata, seppure a livello di progettazione preliminare, verificando quali fossero le tipologie di vegetazione interessate dall'opera e per quali superfici. Questo studio è avvenuto sulla base della Carta della vegetazione: viene di seguito descritta una stima delle sottrazioni permanente di habitat seminaturali che verrà provocata dall'opera, ovvero di tutte le opere di adeguamento della SS 554 e dalle vasche di laminazione previste per contrastare il pericolo di alluvione. I risultati dell'elaborazione effettuata definisce effetti modesti sia in termini di quantità di superfici sottratte sia in termini di qualità naturalistica di tali superfici.

| Sottrazioni di superfici seminaturali determinate dall'opera | | | | | |
|--|--|--------------------|-----------------------|--|--|
| Cod. | Categoria carta natura | Adeguamento SS 554 | Vasche di laminazione | Superficie totale interessata dell'opera | % di superficie interessata dall'opera |
| 34.81 | Praterelli aridi del Mediterraneo | 15,19 | 1,47 | 16,66 | 21,82% |
| 82.3 | Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi | 17,99 | 5,87 | 23,86 | 31,25% |
| 83.21 | Vigneti | 0,47 | - | 0,47 | 0,62% |
| 86.1 | Citta', centri abitati | 34,71 | 0,65 | 35,36 | 46,32% |
| Totale complessivo | | 68,36 | 7,98 | 76,34 | 100,00% |

Come si vede le opere interesseranno direttamente e/o indirettamente soltanto una tipologia di vegetazione naturale, ovvero i Praterelli aridi del Mediterraneo, per complessivi 17 ha circa, oltre a circa 0,5 ha di Vigneti e 24 ha di Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi. Per il resto delle superfici sottratte si osserva che il livello di naturalità della vegetazione nei pressi delle

infrastrutture stradali oggetto di interventi è basso, anche per l'elevata parcellizzazione, tale da non renderla sempre riferibile alle Categorie Corine Biotopes: di conseguenza sono possibili elementi naturalistici di qualche pregio ma di carattere puntuale. Anche gli habitat di qualche pregio, quale i Praterelli aridi del Mediterraneo, presentano in realtà una sensibilità modesta sia in relazione alle caratteristiche floristiche che faunistiche. L'opera interesserà i Vigneti in misura molto contenuta e soltanto nel Comune di Selargius dove sono presenti due appezzamenti distinti a ridosso dell'infrastruttura esistente. La sottrazione di territorio ascrivibile alla categoria Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi sarà minore di quella stimata perché le colture sono risultate dai sopralluoghi di campo in stato di particolare abbandono nelle immediate vicinanze delle infrastrutture stradali.

In conclusione, alla luce delle considerazioni sopra esposte, si può affermare che l'opera non porterà ad una sottrazione permanente significativa di habitat naturali e seminaturali, mentre con opportuni interventi di mitigazione a verde si potrà contribuire, almeno lungo il percorso dell'infrastruttura, a favorire la ripresa di formazioni certamente importanti per la ricostituzione di una trama di vegetazione nel territorio e quindi a rafforzare la rete ecologica.

B. Modesto rafforzamento della frammentazione permanente degli habitat

Le infrastrutture lineari di trasporto possono costituire delle barriere che interrompono la continuità ecologica degli ecosistemi. Questa forma di impatto può assumere diversa intensità in relazione agli ambienti attraversati, alle specie da questi popolate e alle caratteristiche dell'infrastruttura. Pertanto le infrastrutture stradali oggetto di adeguamento già costituiscono di fatto delle barriere che interrompono la continuità ecologica del territorio. Inoltre queste attraversano in maggior misura aree urbanizzate e solo in minima parte aree con ambiti agricoli e seminaturali di scarsa naturalità e sensibilità. Si osserva ancora che il tracciato della SS 554 separa un'area sostanzialmente urbana (posta a Sud), da un'area con caratteristiche maggiormente agricole (posta a Nord), ma presenta un livello di urbanizzazione anche sul versante settentrionale tale da renderlo, insieme alle diverse diramazioni previste dal progetto, di fatto un'infrastruttura urbana.

A tale considerazione va aggiunto che l'analisi preliminare della fauna presente a livello locale ha portato ad identificare la presenza potenziale esclusivamente di uccelli, per i quali l'infrastruttura non costituisce una barriera anche grazie alle misure di mitigazione adottabili, con l'unica eccezione di due specie di testuggini terrestri e di un rettile tipiche degli ambienti marginali delle aree agricole, che sostanzialmente non vengono attraversati dalle opere.

Pertanto, visto che le opere di adeguamento non interromperanno la continuità di ambiti dotati di valenza naturalistica o funzionalità ecologica, si ritiene che questa forma di impatto provocata dall'infrastruttura può quindi essere considerata poco significativa e del tutto trascurabile.

C. Impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico

Come evidenziato nell'area di progetto le aree interessate dalla presenza di vegetazione naturale sono molto limitate e interessate da tipologie vegetazionali scarsamente sensibili. Quindi tenendo conto dello stato di inquinamento già esistente per la viabilità attuale e della durata limitata nel tempo dell'inquinamento atmosferico dovuto alla fase di costruzione e che le aree interessate più direttamente dai cantieri non sono occupate da vegetazione naturale, si ritiene che tali impatti non debbano essere considerati significativi. La valutazione dell'impatto sulla matrice aria è comunque valutato nel dettaglio nell'analisi della Componente Atmosfera.

D. Modesto incremento del disturbo acustico per la fauna

Per la valutazione dell'incremento della rumorosità dell'infrastruttura vedere la trattazione della Componente Rumore. Nelle aree attraversate è già operante un disturbo dovuto all'esercizio dell'opera viaria esistente. Si aggiungerà un disturbo da rumore nella fase di cantiere, comunque a carattere temporaneo, che potrà determinare un ampliamento non permanente della fascia

disturbata. Tale disturbo può essere considerato trascurabile in considerazione del fatto che le lavorazioni avverranno comunque in aree caratterizzate in gran parte dalla presenza preesistente di intenso traffico veicolare. Il disturbo da rumore sarà presente per l'erpetofauna può essere considerato trascurabile, non solo per il motivo già esposto, ma anche perché la presenza di specie faunistiche appartenenti alle Classi di anfibi e rettili nelle aree di intervento è da accertare. Si ritiene anche trascurabile l'aumento del disturbo dovuto all'aumento del traffico veicolare e/o all'aumento della velocità media.

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

E. Disturbo alla fauna per inquinamento luminoso

L'illuminazione notturna ha effetti negativi sulle specie animali che utilizzano la luce della luna e delle stelle per orientarsi negli spostamenti notturni e/o migratori. E' noto che tra i gruppi animali che subiscono maggiormente gli effetti dell'inquinamento luminoso ci sono i Lepidotteri, che vengono disorientati dalle luci artificiali degli agglomerati urbani ed attratti in ambienti per loro poco idonei. Analogamente anche le rotte migratorie dei piccoli passeriformi possono essere influenzate dalla presenza di potenti fonti luminose. Ovviamente, la capacità attrattiva delle lampade verso gli animali è funzione della percentuale di radiazione ultravioletta emessa. Ciò premesso appare evidente come questo impatto può potenzialmente considerarsi più significativo per il tratto terminale dell'infrastruttura, più vicino allo Stagno di Molentargius, anche se si deve tenere conto che il tracciato della SS 554 in tale tratto è comunque distante 1.500 m dalla zona umida e attraversa aree con insediamenti dotati di illuminazione notturna.

6 SALUTE PUBBLICA

6.1 Premessa

Gli effetti degli inquinanti sulla salute della popolazione esposta costituiscono un elemento di grande importanza nella valutazione dell'impatto ambientale di molte attività umane. Il presente documento analizza i possibili impatti sulla salute delle popolazioni coinvolte dal progetto del sistema autostradale A4-Biella-A26. Lo studio descrive il quadro dei possibili impatti sulla salute derivanti dai caratteristici inquinanti atmosferici correlati al traffico veicolare, prendendo in considerazione anche la componente rumore.

Il traffico veicolare è infatti tra le più importanti fonti di inquinamento dell'ambiente generale. Si riportano per completezza altre importanti fonti di inquinamento:

- 1) gli impianti di riscaldamento domestico e le centrali termoelettriche (per la produzione di anidride solforosa, ceneri e fuliggine);
- 2) gli impianti industriali, i cui prodotti inquinanti sono diversi a seconda del tipo di attività: si riscontrano in particolare l'anidride solforosa e le polveri costituite da ossidi di metalli diversi;
- 3) le attività agricole (a carattere tipicamente stagionale), che possono determinare un rischio per l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi;
- 4) i rifiuti solidi e liquidi urbani ed industriali.

Gli autoveicoli con motori a benzina e diesel producono in particolare monossido di carbonio, ossidi nitrosi e idrocarburi incombusti; le emissioni di gas di scarico degli autoveicoli costituiscono l'80% della frazione organica polinucleare delle polveri aerodisperse nelle maggiori concentrazioni urbane.

Altri inquinanti sono stati messi in relazione con il traffico veicolare, quali gli idrocarburi policiclici aromatici ed i metalli, ma le evidenze non sono ancora completamente definite.

Un altro agente da prendere in considerazione è il rumore.

6.2 I fattori di rischio

6.2.1 Gli inquinanti atmosferici

Per la descrizione degli inquinanti e dei loro effetti sulla salute umana si rimanda alla trattazione della componente atmosfera.

La stima di rischio adottata dalla Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) nel 2000 risulta di 6 casi su un milione, per ogni incremento nella concentrazione ambientale di benzene di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.2.2 Il rumore

Le principali fonti di inquinamento acustico urbano comprendono le sorgenti fisse (impianti o macchine utilizzati nell'attività edilizia o nei lavori stradali, attrezzature installate in uffici, centri commerciali e abitazioni, centri di ritrovo e sistemi di amplificazione, laboratori industriali e artigianali) e le sorgenti mobili (traffico autoveicolare o trasportistico in generale).

Gli effetti extra-uditivi del rumore includono insonnia, facile irritabilità, diminuzione della capacità di concentrazione sino a giungere a una sindrome ansioso-depressiva, aumento della pressione arteriosa, difficoltà digestiva, gastriti od ulcere, alterazioni tiroidee, disturbi mestruali ecc. Tali effetti sono molteplici in quanto la via cocleare è connessa direttamente col Sistema Nervoso Centrale ed è in grado di influenzare numerose funzioni dell'organismo.

Il rumore generato dal traffico stradale è in assoluto la maggior fonte di disturbo per la popolazione.

La maggior parte delle indagini epidemiologiche condotte ha sottolineato il fatto che nei paesi ad economia avanzata il rumore viene percepito come una delle maggiori cause di alterazione o disturbo della "qualità della vita". Un'indagine condotta in 80 diversi Paesi nel 1988, volta ad indagare la correlazione tra disturbo e rumore da traffico ha evidenziato che:

- sotto i 50 dB: non vi erano persone disturbate;
- sino a 60 dB: la percentuale è contenuta (< 20%);
- da 60 a 65 dB: la percentuale sale bruscamente dal 20% al 55%;
- oltre i 65 dB: la percentuale di persone disturbate cresce, ma con un andamento più graduale del precedente.

La letteratura scientifica riporta numerosi studi sugli effetti extrauditivi da rumore in particolare sulla qualità e durata del sonno. Tali effetti sono ben conosciuti e la relazione tra disturbi ed intensità/durata del rumore sono ben documentati. È stato dimostrato che in presenza di un rumore di fondo a partire da 45-50 dBA non solo tende ad aumentare il "tempo di addormentamento", ma che "la qualità del sonno" tende a peggiorare sia in termini di durata che di frequenza delle fasi di sonno profondo (fasi REM) anche in persone che asseriscono di essersi bene adattate al rumore ambientale.

6.3 Considerazioni sugli effetti degli inquinanti atmosferici e del rumore

Nelle note seguenti al fine di valutare il livello di coinvolgimento della popolazione nella realizzazione/esercizio dell'opera oggetto della presente analisi ambientale si riportano, per quanto concerne la qualità dell'aria ed il rumore, alcune considerazioni sui potenziali impatti attesi ed i relativi interventi di mitigazione. Tali considerazioni fanno riferimento a quanto dettagliatamente sviluppato per lo studio delle componenti Atmosfera e Rumore.

6.3.1 Qualità dell'aria

Per quel che riguarda il bilancio emissivo, per lo scenario progettuale al 2025 ci si attende una riduzione rispetto allo stato attuale per ognuno degli inquinanti considerati: in particolare, si stimano delle riduzioni comprese tra il 12,70% (per l'NO₂) e il 55,06% (per il C₆H₆). Il PM₁₀ registra una riduzione del 17,95%.

Per ciò che concerne invece le concentrazioni al suolo, assumendo quale valore di fondo per l'NO₂ $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (registrato nel 2014 nella stazione di fondo CENMO1 di Monserrato in Via Sant'Angelo, la più prossima alla SS554), emerge che le concentrazioni orarie massime nello scenario attuale sono pari a circa 3,5 volte (355%) il valore di fondo (nel sito 4), mentre nello scenario progettuale al 2025 si raggiunge al massimo il 75% (nel sito 6) del valore di fondo.

Tra lo scenario progettuale al 2025 e lo scenario attuale si stima per l'NO₂ una riduzione delle concentrazioni massime orarie compresa tra il 18% nel sito 5 e l'85% nel sito 14.

A livello annuale, facendo sempre riferimento alla stazione di fondo CENMO1, la media di $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ delle concentrazioni di NO₂ registrate nel 2014 è pari al 16% del valore massimo orario. Si può pertanto dedurre per estrapolazione che la concentrazione media annuale dovuta alla fonte emissiva simulata sia pari al massimo a circa $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel sito 4) nello scenario attuale e pari a $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nel sito 4) nello scenario progettuale al 2025.

Pertanto, sia il valore massimo orario atteso, sia la media annuale attesa nello scenario progettuale rientrano nei limiti di normativa, contrariamente a quanto accade allo stato attuale.

Per quel che riguarda invece il PM10, il valore di fondo (registrato nel 2014 sempre nella stazione di fondo CENMO1) è pari a 76,5 µg/m³, rispetto al quale le concentrazioni massime giornaliere attese dovute alla fonte stradale risultano pari al massimo all'8,41% allo stato attuale (nel sito 4) e al 4,37% nello scenario progettuale (sempre nel sito 4).

Per il PM10, nel passaggio dallo scenario attuale a quello progettuale al 2025, si stima una riduzione delle concentrazioni compresa tra il 13% del sito 13 e il 56% del sito 14. Fa eccezione il sito 5, che viene a trovarsi in corrispondenza di un nuovo svincolo, nel quale si registra un aumento delle concentrazioni pari al 26%.

A livello annuale, facendo sempre riferimento alla stazione di fondo CENMO1, la media di 30 µg/m³ delle concentrazioni di PM10 registrate nel 2014 è pari al 39% della media giornaliera. Si può pertanto dedurre per estrapolazione che la concentrazione media annuale sia pari al massimo a circa 33 µg/m³ (nel sito 4) nello scenario attuale e a 31 µg/m³ (nel sito 4) nello scenario progettuale al 2025, valori che rientrano entrambi nei limiti della normativa.

6.3.2 Rumore

In seguito allo studio acustico condotto è stato previsto il dimensionamento dei seguenti interventi di protezione acustica.

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

Sono, inoltre, previsti interventi diretti sui ricettori mediante l'installazione di finestre fonoisolanti previste a ventilazione naturale, con serramenti avente potere fonoisolante

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

| Comune | Cod. ricettore | Destinazione d'uso | n. piani fuori terra totali | Piani fuori terra da proteggere frontali | Piani fuori terra da proteggere laterali | Totale m ² finestre |
|-----------|----------------|--------------------|-----------------------------|--|--|--------------------------------|
| Cagliari | 092009FV00117 | Scuola | 3 | 3 | - | 108 |
| Cagliari | 092009FV00115 | Scuola | 4 | 4 | - | 54 |
| Selargius | 092068CE00030 | Residenza | 5 | 2-3-4-5 | 4-5 | 123 |
| Selargius | 092068CE00045 | Residenza | 5 | 5 | - | 4 |
| Selargius | 092009FV00048 | Residenza | 3 | 3 | - | 5 |
| Selargius | 092009FV00050 | Residenza | 2 | 2 | - | 9 |
| Selargius | 092009FV00084 | Residenza | 2 | 2 | - | 8 |
| Selargius | 092009FV00088 | Residenza | 2 | 2 | - | 19 |
| Selargius | 092009FV00091 | Residenza | 1 | 1 | - | 5 |
| Selargius | 092009FV00098 | Residenza | 2 | 2 | - | 12 |
| Selargius | 092009FV00108 | Residenza | 1 | 1 | - | 5 |
| Selargius | 092068FV00111 | Residenza | 3 | 2-3 | - | 30 |

7 RUMORE

7.1 Descrizione dello stato della componente

7.2 Riferimenti legislativi

In Italia da alcuni anni sono operanti specifici provvedimenti legislativi destinati ad affrontare il problema dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno.

Con il D.P.C.M. del 1 Marzo 1991 il Ministero dell'Ambiente, in virtù delle competenze generali in materia di inquinamento acustico assegnategli dalla Legge 249/1986, di concerto con il Ministero della Sanità, ha promulgato un decreto che disciplina i rumori e sottopone a controllo l'inquinamento acustico.

Verso la fine del 1995, dopo una lunga serie di emendamenti, è stata emanata la Legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico", un provvedimento di principi dalla solida architettura, sufficientemente stringato nell'articolato e chiaro nella mappa delle competenze che demanda a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri, sia delle norme tecniche. Il 14 novembre 1997, con pubblicazione sulla G.U. Serie Generale n.280 del 1/12/97 è stato emanato il D.P.C.M. "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", che sostituisce i limiti introdotti dal D.P.C.M. del 1 marzo 1991 con nuovi standard.

7.2.1 Legge 447 del 26/10/95

La Legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 254 del 30/10/1995, è una legge di principi e demanda perciò a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche.

Un aspetto innovativo della legge quadro è l'introduzione all'Art. 2, accanto ai valori limite, dei valori di attenzione e dei valori di qualità. Nell'Art 4 si indica che i comuni "procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle vigenti disposizioni per l'applicazione dei valori di qualità di cui all'Art. 2, comma 1, lettera h"; vale a dire: si procede alla zonizzazione acustica per individuare i livelli di rumore "da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge", valori che sono determinati in funzione della tipologia della sorgente, del periodo della giornata e della destinazione d'uso della zona da proteggere (Art. 2, comma 2). La legge stabilisce, inoltre, che le Regioni, entro un anno dalla entrata in vigore, devono definire i criteri di zonizzazione acustica del territorio comunale fissando il divieto di contatto diretto di aree, anche appartenenti a comuni confinanti, quando i valori di qualità si discostano in misura superiore a 5 dB(A). L'adozione della zonizzazione acustica è il primo passo concreto con il quale il Comune esprime le proprie scelte in relazione alla qualità acustica da preservare o da raggiungere nelle differenti porzioni del territorio comunale e altresì il momento che presuppone la tempestiva attivazione delle funzioni pianificatorie, di programmazione, di regolamentazione, autorizzatorie, ordinarie, sanzionatorie e di controllo nel campo del rumore indicate dalla Legge Quadro.

In relazione alle problematiche dell'inquinamento da rumore associate a infrastrutture ferroviarie e stradali, la Legge Quadro introduce due importanti considerazioni:

le infrastrutture di trasporto sono definite come sorgenti fisse (Art. 2, comma c);

alle infrastrutture di trasporto non è applicabile il limite differenziale introdotto dal D.P.C.M. 01/03/91 (art. 15, comma 1).

Ai sensi dell'art. 11, comma 1 della Legge n. 447 del 26/10/95, legge quadro sul rumore, l'inquinamento acustico avente origine dalle infrastrutture di trasporto è disciplinato da appositi regolamenti di esecuzione da emanarsi con decreto del Presidente della Repubblica, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri (D.P.R. 18/11/98 relativo al traffico ferroviario, D.P.R. 30/03/04 relativo al traffico stradale). L'art. 3, comma 2 e l'art. 4, comma 3, del D.P.C.M. del 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", che aggiorna i valori limite assoluti e differenziali di immissione introdotti dal D.P.C.M. 01/03/91, prevedono esplicitamente l'inapplicabilità dei suddetti limiti all'interno della fascia di pertinenza delle infrastrutture di trasporto, individuata dal relativo decreto attuativo (di ampiezza di 250 m dalla rotaia più esterna o dal ciglio stradale).

7.2.2 Il D.P.C.M. 14/11/97

Come già accennato nei paragrafi precedenti, tale decreto modifica i criteri di verifica introdotti dal D.P.C.M. 01/03/91. Pur lasciando inalterate la strumentazione e la metodologia di misura, il provvedimento determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori limite di attenzione ed i valori di qualità così come definiti dall'art. 2 della Legge n. 447/95. I valori limite di emissione, riportati nella tabella seguente, sono da applicarsi nelle immediate vicinanze delle sorgenti di rumore. Essi dipendono dalla zonizzazione acustica del territorio circostante e, sostanzialmente, corrispondono ai valori limite di immissione ridotti di 5 dB(A).

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno 6:00 ÷ 22:00 | Notte 22:00 ÷ 6:00 |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| I Aree protette | 45 | 35 |
| II Aree residenziali | 50 | 40 |
| III Aree miste | 55 | 45 |
| IV Aree di intensa attività umana | 60 | 50 |
| V Aree prevalentemente industriali | 65 | 55 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 65 | 65 |

Tabella 36 - Limiti di emissione di rumore (D.P.C.M. 14/11/97)

I valori limite di immissione negli ambienti esterni sono sostanzialmente quelli contenuti nel D.P.C.M. 01/03/91 relativi alla zonizzazione acustica del territorio e riportati nella tabella 37. I valori limite di attenzione si differenziano a seconda del tempo di riferimento. Se relativi ad un'ora essi sono pari a quelli riportati nella Tabella 37 aumentati di 10 dB(A) nel periodo diurno e 5 dB(A) nel periodo notturno. Se relativi ai tempi di riferimento essi corrispondono a quelli riportati nella tabella stessa. Essi sono riportati nella Tabella 38. I valori di qualità corrispondono ai valori di immissione ridotti di 3 dB(A) (ad eccezione delle zone esclusivamente industriali, dove permane un limite di 70 dB(A) in entrambi i periodi di riferimento). Sono riportati nella Tabella 39).

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno 6:00 ÷ 22:00 | Notte 22:00 ÷ 6:00 |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------|
| I Aree protette | 50 | 40 |
| II Aree residenziali | 55 | 45 |

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno 6:00 ÷ 22:00 | Notte 22:00 ÷ 6:00 |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| III Aree miste | 60 | 50 |
| IV Aree di intensa attività umana | 65 | 55 |
| V Aree prevalentemente industriali | 70 | 60 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 37 - Limiti di immissione di rumore per Comuni che adottano una zonizzazione acustica del territorio (D.P.C.M. 14/11/97)

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno 6:00 ÷ 22:00 | Notte 22:00 ÷ 6:00 |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| I Aree protette | 60 / 50 | 45 / 40 |
| II Aree residenziali | 65 / 55 | 50 / 45 |
| III Aree miste | 70 / 60 | 55 / 50 |
| IV Aree di intensa attività umana | 75 / 65 | 60 / 55 |
| V Aree prevalentemente industriali | 80 / 70 | 65 / 60 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 80 / 70 | 75 / 70 |

Tabella 38 - Valori limite di attenzione (D.P.C.M. 14/11/97)

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno 6:00 ÷ 22:00 | Notte 22:00 ÷ 6:00 |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| I Aree protette | 47 | 37 |
| II Aree residenziali | 52 | 42 |
| III Aree miste | 57 | 47 |
| IV Aree di intensa attività umana | 62 | 52 |
| V Aree prevalentemente industriali | 67 | 57 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 39 - Valori Limite di qualità (D.P.C.M. 14/11/97)

7.2.3 D.P.R. 30 Marzo 2004 n. 142

Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995 n. 447 in materia di inquinamento acustico derivante da traffico stradale.

Articolo 1 (definizioni)

1. Ai fini dell'applicazione del presente Decreto si definisce:

- infrastruttura viaria: l'insieme del corpo stradale, delle strutture e degli impianti necessari per garantire la funzionalità e la sicurezza della strada stessa;
- infrastruttura esistente: quella effettivamente in esercizio alla data di entrata in vigore del presente decreto;
- infrastruttura di nuova realizzazione: quella in fase di progettazione alla data di entrata in vigore del presente decreto;
- affiancamento di infrastrutture stradali di nuova realizzazione a infrastrutture stradali esistenti: realizzazione di infrastrutture parallele a quelle esistenti tra le quali non esistono aree intercluse non di pertinenza stradale;
- ampliamento in sede di infrastrutture in esercizio: la costruzione di una o più corsie di marcia in affiancamento a quelle esistenti, ove destinate al traffico veicolare;
- variante: costruzione di un nuovo tratto stradale in sostituzione di uno esistente, fuori sede, con uno sviluppo complessivo inferiore a 5 km per autostrade e strade extraurbane principali, 2 km per strade extraurbane secondarie e 1 km per le tratte autostradali di attraversamento urbano, le tangenziali e le strade urbane di scorrimento;
- ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al decreto legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti esterne a locali in cui si svolgono le attività produttive;
- ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, e/o ad attività lavorativa e/o ricreativa; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai Piani Regolatori Generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle nuove infrastrutture ovvero vigenti all'entrata in vigore del presente decreto per le infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede e alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti.

Articolo 2 (campo di applicazione)

Il presente decreto stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore prodotto nelle infrastrutture viarie di tipo:

- Autostrade;
- Strade extraurbane principali;
- Strade extraurbane secondarie;
- Strade urbane di scorrimento;
- Strade urbane di quartiere;
- Strade locali

così come definite nel decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285 e successive modificazioni.

2. Le disposizioni di cui al presente decreto si applicano:

- alle infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede e alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti;
- alle infrastrutture di nuova realizzazione.

Articolo 3 (Fascia di pertinenza)

Ai fini del rispetto dei valori limite di cui all'articolo 4, è fissata:

per ogni lato dell'infrastruttura viaria dell' articolo 2, comma 2, lettera a) una fascia territoriale di pertinenza, a partire dal ciglio dell'infrastruttura stessa, di ampiezza pari a m 250 per autostrade, strade extraurbane principali, strade extraurbane secondarie a

carreggiate separate. Tale fascia viene suddivisa in due parti: la prima, più vicina all'infrastruttura della larghezza di 100 m, denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di 150 m denominata fascia B.

Per ogni lato dell'infrastruttura viaria dell'articolo 2, comma 2, lettera b), è fissata una fascia territoriale di pertinenza, a partire dal ciglio dell'infrastruttura stessa, di ampiezza pari a m 250 per autostrade, strade extraurbane principali, strade extraurbane secondarie a carreggiate separate.

Articolo 4 (valori limite di immissione)

1. All'interno delle rispettive fasce di pertinenza, i valori limite di immissione dovuti all'esercizio delle infrastrutture viarie sono i seguenti:

a) per infrastrutture in esercizio o per il loro ampliamento in sede o per nuove infrastrutture in affiancamento a infrastrutture esistenti e alle loro varianti:

50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale solo il limite diurno;

70 dB(A) Leq per il periodo diurno e 60 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia A;

65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia B;

b) per infrastrutture di nuova costruzione:

50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale solo il limite diurno;

65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori;

2. I valori di cui al comma 1 sono misurati in conformità al disposto dell'allegato C, punto 2 del decreto 16 marzo 1998.

3. Qualora i valori di cui al comma 1 e, al di fuori della fascia di pertinenza, i valori stabiliti ai sensi della tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti, misurati al centro della stanza, a finestre chiuse, con il microfono posto all'altezza di 1,5 m dal pavimento:

35 dB(A), Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;

40 dB(A), Leq notturno per tutti gli altri ricettori;

45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

4. Gli interventi di cui al comma 3, verranno attuati secondo le direttive emanate con il decreto di cui all'articolo 10, comma 5, della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

5. Il rispetto dei limiti di cui al presente articolo, ha validità immediata per le infrastrutture di nuova realizzazione e per l'ampliamento e/o il potenziamento di quelle esistenti, tenendo anche conto delle indicazioni impartite con il decreto di cui all'articolo 3 comma 1 lettera f) della Legge 26 ottobre 1995 n.447. Per le infrastrutture esistenti, il rispetto dei limiti di cui al presente articolo è un obiettivo da conseguire mediante la attività di risanamento da attuare con le modalità indicate nel decreto previsto dall'articolo 10, comma 5 della Legge 26 ottobre 1995 n. 447.

Si riportano di seguito le tabelle 1 e 2 dell'allegato 1 del D.P.R. in oggetto, le quali fissano le fasce territoriali di pertinenza acustica per le strade esistenti e per quelle di nuova realizzazione, nonché definiscono i limiti di immissione dovuti all'esercizio delle infrastrutture viarie.

Tabella 1
(STRADE DI NUOVA REALIZZAZIONE)

| TIPO DI STRADA (secondo codice della strada) | SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (Secondo D.M. 5.11.01 - Norme funz. e geom. per la costruzione delle strade) | Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m) | Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo | | Altri ricettori | |
|---|---|--|--|----------------|-----------------|----------------|
| | | | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) |
| A - autostrada | | 250 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| B - extraurbana principale | | 250 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| C - extraurbana secondaria | C 1 | 250 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| | C 2 | 150 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| D - urbana di scorrimento | | 100 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| E - urbana di quartiere | | 30 | definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 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

Tabella 2
(STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI)
(ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti)

| TIPO DI STRADA (secondo codice della strada) | SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (Secondo norme CNR 1980 e direttive PUT) | Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m) | Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo | | Altri ricettori | |
|---|---|--|---|----------------|-----------------|----------------|
| | | | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) |
| A - autostrada | | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 150 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| B - extraurbana principale | | 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) | | | 85 | 55 |
| | Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie) | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 50 (fascia B) | | | 65 | 55 |

| TIPO DI STRADA (secondo codice della strada) | SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (Secondo norme CNR 1980 e direttive PUT) | Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m) | Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo | | Altri ricettori | |
|---|--|--|--|----------------|-----------------|----------------|
| | | | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) |
| D - urbana di scorrimento | Da (strade carreggiate separate interquartiere) | 100 | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | Db (Tutte le altre strade urbane di scorrimento) | 100 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| E - urbana di quartiere | | 30 | definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 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

7.2.4 DPR 18/11/98 - Regolamento attuativo rumore ferroviario

Il presente decreto stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture ferroviarie e delle linee metropolitane.

Le disposizioni di cui al presente decreto si applicano:

Alle infrastrutture esistenti, alle loro varianti ed alle nuove linee in affiancamento a linee esistenti,

Alle infrastrutture di nuova realizzazione

A partire dalla mezzera dei binari esterni e per ciascun lato, sono fissate fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture ferroviarie della larghezza di:

- m. 250 per le infrastrutture di cui all'art. 1, comma 2, lettera a) e per le infrastrutture di nuova realizzazione di cui all'art. 1, comma 2, lettera b) con velocità di progetto non superiore a 200 km/h. Tale fascia viene suddivisa in due parti, la prima, più vicina all'infrastruttura ferroviaria, della larghezza di 100 m, denominate fascia A, la seconda, più distante dall'infrastruttura ferroviaria, della larghezza di 150 m, denominata fascia B,
- m. 250 per le infrastrutture di cui all'art. 1, comma 2, lettera b), del presente decreto con velocità di progetto superiore a 200 km/h.

Infrastrutture ferroviarie esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h.

Per le infrastrutture ferroviarie esistenti, le loro varianti, le linee ferroviarie di nuova realizzazione in affiancamento a linee esistenti e le infrastrutture ferroviarie di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h, all'interno della fascia di cui all'art. 3, comma 1 lettera a) del presente decreto, i valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura ferroviaria sono i seguenti:

- 50 dB(A) Leq diurno, 40 dB(A) Leq notturno per scuole, ospedali, case di cura o case di riposo. Per le scuola vale il solo limite diurno
- 70 dB(A) Leq diurno, 60 dB(A) Leq notturno per gli altri ricettori all'interno della fascia A di cui al precedente articolo 3, comma 1, lettera a)
- 65 dB(A) Leq diurno, 55 dB(A) Leq notturno per gli altri ricettori all'interno della fascia B di cui al precedente art. 3, comma 1, lettera a).

Il rispetto dei valori di cui al comma 1 del presente articolo e al di fuori della fascia di pertinenza, il rispetto dei valori stabiliti nella tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, è verificato con misure sugli interi periodi di riferimento diurno e notturno, in facciata degli edifici ad 1m dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, ovvero in corrispondenza di altri ricettori.

Qualora i valori di cui al comma 1 del presente articolo e, al di fuori della fascia di pertinenza i valori stabiliti nella tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14 novembre 1997 non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, si evidenzia l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura, case di riposo

40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori

45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

Tali interventi verranno attuati sulla base della valutazione di una commissione istituita con Decreto del Ministro dell'Ambiente di concerto con i Ministri dei trasporti e della sanità che dovrà esprimersi di intesa con le Regioni e le Province Autonome interessate, entro 45 giorni dalla presentazione del progetto.

7.2.5 D.M.A. 29 Novembre 2000 n. 142 (GU n.285 del 06-12-2000)

"Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore".

Viene fissato il termine entro cui l'ente proprietario o gestore della infrastruttura stradale deve predisporre il piano di risanamento acustico; in cui siano specificati costi, priorità e modalità di intervento (barriere, pavimentazioni, eventuali interventi effettuati sui singoli ricettori ecc.), nonché tempistiche di attuazione. Le tempistiche sono differenziate a seconda che si tratti di infrastrutture esistenti (15 anni) o di infrastrutture nuove/ampliate/potenziante (all'atto dell'esecuzione delle opere);

- vengono fissati i criteri in base ai quali calcolare la priorità degli interventi, prendendo in considerazione il numero di ricettori esposti e la differenza fra livelli attuali di rumore e limiti ammissibili (allegato 1);

- vengono fissati i criteri di progettazione acustica degli interventi, individuando i requisiti dei modelli previsionali utilizzabili per la simulazione acustica ed il calcolo delle barriere e fornendo anche indicazioni sui criteri di progettazione strutturale (allegato 2);

- sono riportati i criteri per la qualificazione dei materiali e la conformità dei prodotti

- sono riportati i criteri per valutare la concorsualità di più sorgenti, in modo da garantire ai ricettori esposti il raggiungimento dei valori considerati come ammissibili, anche in presenza di più fonti di rumore (allegato 4).

7.2.6 Normative Regionali

- Legge regionale Sardegna 12/06/2006 n.9 "Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali";

con cui la Regione Sardegna disciplina il conferimento delle funzioni e dei compiti amministrativi agli enti locali in attuazione del decreto legislativo 17 aprile 2001, n. 234

2. Il conferimento è relativo ai seguenti settori organici di materie:

- a) sviluppo economico e attività produttive;
- b) territorio, ambiente e infrastrutture;
- c) servizi alla persona e alla comunità.

- Deliberazione della regione Sardegna n. 62/9 del 14.11.2008 "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale"

Riguardante la classificazione acustica del territorio comunale (Parte I) il risanamento del territorio comunale (Parte II), Regolamento acustico comunale (Parte III), Impatto acustico e clima acustico (Parte IV) Attività rumorose temporanee (Parte V), i requisiti passivi degli edifici (Parte VI), Determinazione e gestione del rumore ambientale D. Lgs. 194/05 (Parte VII) ed il tecnico competente in acustica (Parte VIII);

In particolare il punto 3 della Parte IV riguarda i contenuti che deve possedere la documentazione di impatto acustico .

I punti 2 e 3 della Parte V riguardano invece le domande di autorizzazione e autorizzazione in deroga per le attività rumorose temporanee

- Legge regionale 23/04/2015 n.8 "Norme per la semplificazione e il riordino di disposizioni in materia urbanistica e edilizia per il miglioramento del patrimonio edilizio";

- Deliberazione n.50/4 del 16.10.2015 "Disposizione in materia di requisiti acustici passivi degli edifici".

7.2.7 Monitoraggio

Si fa riferimento ad una campagna di indagini sperimentali presso due postazioni della durata di 24 ore in continuo effettuata in corrispondenza della SS554 illustrata in Allegato 1 al Quadro di riferimento Ambientale, elaborato Componente Rumore – Monitoraggio, cod. elaborato DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-RE-02-A.

Le metodologie di rilievo risultano idonee e documentare il clima acustico nelle 24 ore, e quindi di valutare il livello ambientale diurno (6:00 – 22:00) e notturno (22:00 – 6:00) da confrontare con i limiti di riferimento.

In tali punti è stata installata una postazione fonometrica e ne sono stati rilevati i parametri acustici descrittivi.

In contemporanea è stato effettuato il rilievo di traffico.

Le indagini fonometriche sono state finalizzate a diagnosticare il reale impatto dell'infrastruttura stradale in adeguamento, in postazioni prevalentemente esposte alle SS 554 e SS125 (infrastrutture stradale delle quali per l'appunto è previsto l'adeguamento), che definisce il clima acustico dell'area.

I rilievi acustici hanno una doppia finalità:

- taratura del modello previsionale;
- definizione dei livelli acustici ante operam.

Di seguito si riporta l'elenco dei punti di misura sopra menzionati

| Postazione | Durata | Strada | Ubicazione |
|-------------------|--------|--------|----------------------------------|
| 20 092109 PV1 014 | 24 ore | SS554 | SS554 Km 5+800 – Monserrato (CA) |
| 20 092105 PV1 022 | 24 ore | SS125 | SS125 Km 9+500 – Quartucciu (CA) |

Le schede di monitoraggio, riportanti lo stralcio planimetrico con l'indicazione della postazione di misura, la catena di misura, l'evoluzione temporale dei livelli acquisiti, i dati di traffico e la documentazione fotografica, sono riportate nell'elaborato Allegato 1 sopra menzionato.

7.2.8 Metodologia adottata

Lo studio è stato effettuato facendo riferimento alla seguente metodologia:

individuazione dei ricettori sensibili all'interno della fascia impattata (circa 600 m) a cavallo della infrastruttura. Sono definiti ricettori sensibili tutti gli edifici la cui tipologia consenta la fruizione continuativa da parte di persone. Per i ricettori di classe I (cfr. Tab. 2 / DPCM 01/03/91 - Servizi sanitari, servizi per l'istruzione, case di riposo ecc.), l'analisi è stata estesa fino a circa 1000 m a cavallo dell'infrastruttura;

- introduzione dell'andamento plano-altimetrico del tracciato;
- definizione degli effetti ambientali causati dall'opera sugli elementi della componente ambientale in questione;
- quantificazione degli impatti;
- individuazione delle mitigazioni da utilizzare;
- dimensionamento degli interventi di mitigazione.

E' stato adottato, come indicatore, il livello equivalente continuo pesato "A" generato dalle infrastrutture viarie nei periodi di riferimento diurno, dalle ore 6.00 alle 22.00, e notturno, dalle ore 22.00 alle 6.00, rappresentativo di condizioni medie.

E' stato, inoltre, previsto di mitigare l'inquinamento acustico in tutti i ricettori che subiscono un impatto acustico maggiore dei limiti di normativa (decreto attuativo sul rumore di origine stradale D.P.R. 30 Marzo 2004).

Pertanto, nella tratta oggetto d'indagine, in cui è previsto l'adeguamento in sede dell'infrastruttura stradale esistente, sono stati considerati i limiti di:

- 50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale solo il limite diurno;
- 70 dB(A) Leq per il periodo diurno e 60 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia A (da 0 m a 100 m dal ciglio);
- 65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia B (da 100 m a 250 m dal ciglio).

Qualora tali valori e, al di fuori della fascia di pertinenza, i valori limite di immissione (vedi tab 1.5) del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti interni, a finestre chiuse:

- 35 dB(A), Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- 40 dB(A), Leq notturno per tutti gli altri ricettori;

- 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

È importante sottolineare che i suddetti valori valgono esclusivamente nel caso in cui la strada sia l'unica o la preponderante causa di inquinamento acustico. Nel caso in cui siano invece presenti altre sorgenti di rumore (ad esempio strade provinciali, linee ferroviarie, ecc), occorre valutare se sussistono le condizioni per cui si applica il criterio di concorsualità riportato nel D.M.A. 29/11/2000.

In questo caso i limiti ammissibili variano in funzione del numero di sorgenti presenti ed in ragione dell'inquinamento causato da ciascuna sorgente, ed occorre quindi procedere ad un'attenta revisione degli obiettivi da raggiungere.

Di seguito viene riportata la metodologia operativa per considerare la concorsualità di altre infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie sui limiti di fascia di pertinenza stradale.

La verifica di concorsualità come indicata dall'Allegato 4 DM 29.11.2000 "Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto" richiede in primo luogo l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. La verifica è di tipo geometrica e viene svolta considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali.

La concorsualità interessa il territorio ambito di sovrapposizione delle fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto principali oggetto dello studio.

FASE 1 – Identificazione di significatività della sorgente concorsuale

Se il ricettore è compreso all'interno di un'area di concorsualità, è in primo luogo necessario verificare la significatività della sorgente concorsuale. La sorgente concorsuale non è significativa, e può essere pertanto trascurata, se sussistono le seguenti due condizioni:

- i valori della rumorosità causata dalla sorgente secondaria sono inferiori al limite di soglia, LS, dato dalla relazione $LS = L_{zona} - 10 \log_{10}(n-1)$, dove n è il numero totale di sorgenti presenti;
- la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dB(A).

La significatività, al fine non introdurre ulteriori problematiche interpretative rispetto alle quali il quadro normativo attuale è carente, viene verificata nel periodo notturno, a meno degli edifici con condizioni di fruizione tipicamente diurna (edifici scolastici).

Operativamente i passi da seguire sono:

- definizione dei punti di verifica acustica considerando la sorgente principale (facciate più esposte);
- simulazione dei livelli sonori per lo scenario post operam, previa taratura del modello di calcolo, indotti dalla sorgente principale (SS554). Si esaminano i punti di calcolo del secondo piano fuori terra dei ricettori per gli edifici residenziali a 2 o più piani e al 1° piano fuori terra nel caso di edifici di 1 livello;
- previsione di impatto della sorgente concorsuale. Si terrà conto delle infrastrutture stradali primarie considerate nello studio del traffico e della linea ferroviaria. Anche per le infrastrutture stradali concorsuali verrà utilizzato il TGM relativo allo scenario post operam;
- associazione dei livelli di impatto delle sorgenti concorsuali al singolo punto di verifica acustica della sorgente principale;
- verifica di significatività della sorgente concorsuale in base alle condizioni a) e b).

Tale approccio viene applicato ai ricettori presenti all'interno delle aree di sovrapposizione delle fasce di pertinenza acustica delle infrastrutture considerate, come da specifiche della nota ISPRA del 12/05/2010 prot. N. 313/AMB AGF.

FASE 2 – Definizione dei limiti di soglia

Se la sorgente concorsuale è significativa, sia la sorgente principale sia quella concorsuale devono essere risanate nell'ambito delle rispettive attività di risanamento che andrebbero coordinate tra i soggetti coinvolti. I livelli di zona (limiti di fascia o limiti di classificazione acustica) non sono sufficienti a controllare la sovrapposizione degli effetti e devono essere definiti dei livelli di soglia.

In questo modo si vincolano le sorgenti sonore a rispettare limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo previsto per ogni singolo ricettore.

Alla fine della Fase 1 si perviene ad una scomposizione dei punti di verifica acustica, e quindi dei ricettori, in due insiemi caratterizzati da concorsualità significativa o non significativa.

Nel caso in cui la concorsualità non è significativa, si applica il limite di fascia della infrastruttura principale.

Nel caso in cui la concorsualità è significativa e il punto è contenuto ad esempio in due fasce di pertinenza uguali (A+A oppure B+B), considerando le sorgenti di rumore egualmente ponderate, il livello di soglia è calcolabile come da Allegato 4 DMA 29.11.2000:

$$LS = L_{zona} - 10 \log_{10}(n)$$

La riduzione dei limiti di fascia assume pertanto valore minimo di 3 dBA nel caso di una sorgente principale + una sorgente concorsuale. Nei casi di 2 e 3 sorgenti concorsuali oltre alla sorgente principale le riduzioni diventano:

5 db(A) nel caso le sorgenti concorsuali siano 3 (1 principale + 2 concorsuali);

6 db(A) nel caso le sorgenti in totale siano 4 (1 principali + 3 concorsuali).

Nel caso in cui la concorsualità è significativa e il punto è contenuto in due fasce di pertinenza diverse (A+B oppure B+A), si attua una riduzione paritetica dei limiti di zona e i limiti applicabili saranno ridotti di una quantità ΔLeq calcolata secondo il criterio di cui all'Allegato 4 del DM 29/11/2000:

$$LS = L_{zona} - 10 \log_{10}(n)$$

$$\text{dove } L_{zona} = \max(L1, L2)$$

con L1 ed L2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente.

Si è proceduto nella seguente maniera.

Si sono individuate per ciascun ricettore le infrastrutture di trasporto potenzialmente concorsuali (N).

Si è effettuata la verifica della condizione a) e b). Si sono quindi determinate, in corrispondenza dei ricettori interessati, le sorgenti concorsuali (differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria inferiore a 10 dB(A)) – condizione b).

Per i restanti ricettori, per potere escludere la significatività della concorsualità, si è verificata la condizione a) (livello della sorgente principale inferiore al limite di soglia), assumendo come limite di zona (Lz) quello relativo alla sorgente predominante, e calcolando il limite di soglia per le N sorgenti potenzialmente concorsuali.

Determinate le sorgenti concorsuali, si è calcolata la riduzione da applicare al limite di zona per il rumore indotto dalla sola infrastruttura stradale in adeguamento tramite la metodologia della fase 2, come riportato nell'Allegato 2 del Quadro di Riferimento Ambientale, elaborato Componente Rumore - Tabulati di calcolo, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-RE-03-B.

Il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione acustica è stato perseguito utilizzando in modo integrato le seguenti modalità di insonorizzazione:

- interventi sulla sorgente, tramite pavimentazioni drenanti – fonoassorbenti di tipo tradizionale, estese a tutta la tratta oggetto di ampliamento e tramite pavimentazione bassoemissiva nelle complanari di progetto, nelle rotonde di progetto e nelle rampe di svincolo, dirette e indirette;
- interventi sulle vie di propagazione, tramite barriere antirumore.
- interventi diretti sui ricettori, tramite doppi vetri/finestre antirumore/doppi infissi sui ricettori non protetti dagli interventi di tipo b.

Nel presente studio si sono considerate come sorgenti sonore primarie, oltre la nuova SS554, le seguenti infrastrutture:

S.S. 131 dir

S.P.93

S.P. 15

S.P. 8

Ferrovia Monserrato – Settimo San Paolo - Soleminis

7.3 Analisi previsionale

7.3.1 Scelta del modello di simulazione

L'impatto prodotto dalle infrastrutture di trasporto può essere valutato con l'ausilio di appositi modelli matematici di simulazione.

Un modello si basa sulla schematizzazione del fenomeno attraverso una serie di ipotesi semplificative che riconducono qualsiasi caso complesso alla somma di casi semplici e noti.

Per la previsione dell'impatto acustico prodotto dal traffico è stato utilizzato il modello di simulazione SoundPLAN rel. 7.1.

Tale modello è sviluppato dalla Braunstein & Berndt GmbH/Soundplan LLC sulla base di norme e standard definiti dalle ISO da altri standards utilizzati localmente.

Grazie alla sua versatilità e ampiezza del campo applicativo, è all'attualità il Software previsionale acustico più diffuso al mondo. In Italia è in uso a centri di ricerca, Università, Agenzie per l'Ambiente, ARPA, Comuni e decine di studi di consulenza

Il software SoundPLAN lavora in ambiente Windows 95/98/2000/NT/XP e consente la simulazione e previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale, da insediamenti industriali (sorgenti esterne ed interne) nonché il calcolo di barriere acustiche.

La peculiarità del modello SoundPLAN si basa sul metodo di calcolo per "raggi" (Ray Tracing). Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi.

Studiando il metodo con maggior dettaglio si vede che ad ogni raggio che parte dal ricettore viene associata un porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto della parte intercettata. Pertanto sorgenti lineari come strade e ferrovie vengono discretizzate in tanti singoli punti sorgente ciascuno dei quali fornisce un contributo. La somma dei contributi associati ai vari raggi va quindi a costituire il livello di rumore prodotto dall'intera sorgente sul ricettore.

Il modello è quindi in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale.

I contributi forniti dai diversi raggi vengono infatti evidenziati nei diagrammi di output ove la lunghezza dei raggi è proporzionale al contributo in rumore fornito da quella direzione.

Quando un raggio incontra una superficie riflettente come la facciata di un edificio, il modello calcola le riflessioni multiple. A tal proposito l'operatore può stabilire il numero massimo di riflessioni che deve essere calcolato ovvero la soglia di attenuazione al di sotto della quale il calcolo deve essere interrotto.

Questa metodologia di calcolo consente quindi una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera più che mai realistica e dettagliata.

Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e antropici specifici comportamenti acustici.

Il modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati o l'assorbimento dovuto alla presenza di aree boschive.

Il software non ha limiti nel numero di oggetti e sorgenti inseribili, né limiti sulla dimensione dell'area trattabile.

L'inserimento dei dati può avvenire tramite mouse/tavola digitalizzatrice o tramite importazione da files in diversi formati.

In particolare nel presente studio tra gli standard di calcolo implementati nel modello di calcolo è stato utilizzato quello indicato nell'allegato 2 del suddetto decreto e cioè il metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-2008 (STRACERTU-LCPC-CSTB) citato nell' "Arrêté du mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières – Journal Officiel du 10 mai 1995 article 6" e della norma francese XPS 31 133.

Per quanto concerne le emissioni sono state utilizzate quelle pubblicate nel 2008 (Guide de Bruite) già implementati nella versione 7.1 di SoundPLAN.

7.3.2 Dati di input del modello

Per l'elaborazione del DGM (Digital Ground Model) sono stati implementati nel modello i seguenti elementi:

- Punti quota
- Curve di livello
- Bordi della carreggiata stradale
- Sommità e base di rilevati e trincee

Per le facciate dei fabbricati è stato utilizzato un fattore di reflection loss pari a 2 dB(A) corrispondente a facciate con balconi.

Per quanto concerne la sorgente sono stati inseriti l'asse di mezzera e la larghezza delle carreggiate per l'individuazione delle linee di emissione.

Lo standard di calcolo utilizzato è quello di cui alle norme francesi NMPB-Routes-2008, mentre per l'assorbimento dell'aria la valutazione è stata effettuata secondo quanto previsto dalla ISO 9613.

I parametri di calcolo utilizzati sono i seguenti:

- Ordine delle riflessioni da considerare pari a 3
- Massimo raggio di ricerca pari a 1000 m
- Massima distanza per riflessione da ricettore pari a 200 m
- Massima distanza per riflessione da sorgente pari a 50 m

- condizioni meteo favorevoli alla propagazione del suono: 25% periodo diurno, 50% periodo notturno

Per la redazione delle mappe acustiche è stata considerata un'altezza di 4 m sul piano di campagna e una griglia di calcolo con passo 5 m.

L'applicazione del modello previsionale per il calcolo dei valori di emissione ha richiesto quindi l'acquisizione dei dati sulle caratteristiche dei flussi di traffico sul tronco stradale e delle relative velocità.

Tali dati sono quelli derivati dalle misure condotte in sede di campagna di monitoraggio (vedi paragrafo 2 Monitoraggio).

Per il calcolo delle emissioni sono stati utilizzati i dati di emissione del modello NMPB pubblicati nel 2008 (Guide de Bruite) già implementati nella versione 7.1 di soundPLAN.

Rispetto alla precedente versione del 1996, la nuova Guide de Bruite contiene nuovi spettri di emissione dei veicoli e presenta anche una variazione sostanziale dell'altezza della sorgente in quanto si è constatato una maggiore dominanza del rumore dovuto ai pneumatici rispetto al motore.

La versione 2008 contiene inoltre l'aggiornamento degli spettri relativi alle emissioni su pavimentazioni drenanti fonoassorbenti. Da evidenziare che ora gli spettri sono in terzi di ottava mentre nella precedente metodo erano in banda d'ottava. Tale aggiornamento ha consentito di evitare l'effettuazione di misure di caratterizzazione dell'emissione con misure in continuo di traffico e rumore.

I flussi veicolari sono stati inseriti come valori medi orari dei mezzi leggeri (autovetture, roulotte, furgoni, etc.) e di pesanti (autoarticolati, veicolo con massa superiore a 2,8 t).

7.3.3 Input e taratura del modello di simulazione

I dati sulla geometria dell'infrastruttura e sulla morfologia del sito e dei ricettori sono stati valutati sulla base della cartografia tridimensionale di progetto in scala 1:1.000.

Le altezze degli edifici si sono ricavate dalle poligonali cartografiche quote tetto. Il numero dei livelli degli edifici, così come la loro natura e destinazione d'uso, è stato segnalato a seguito dei sopralluoghi finalizzati al censimento dei ricettori.

Per la modellizzazione acustiche effettuate nel corso dello studio, si è schematizzata una barriera verticale fonoassorbente/fonoisolante in pannelli di metallo.

Il modello previsionale ha analizzato i seguenti scenari di traffico:

- Attuale,
- Progettuale (anno 2025).

Per i dati di traffico si fa riferimento allo studio trasportistico, per la distribuzione dei flussi nei periodi di riferimento diurno e notturno si è assunta quella riscontrata in sede di monitoraggio, durante le misure in continuo di 24 ore (vedi Allegato 1 al Quadro di riferimento Ambientale, elaborato Componente Rumore – Monitoraggio, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-RE-02-A).

Si riportano di seguito i flussi di traffico.

| Scenario Ante Operam | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tratta | | DIURNO | | NOTTURNO | |
| Progr. Iniziale da km | Progr. Finale a km | Leggeri (veh/ora) | Pesanti (veh/ora) | Leggeri (veh/ora) | Pesanti (veh/ora) |
| Inizio progetto | 3+610 | 3024 | 62 | 626 | 6 |
| 3+610 | 3+870 | 3103 | 198 | 650 | 27 |
| 3+870 | 4+920 | 2998 | 178 | 628 | 23 |
| 4+920 | 5+970 | 2268 | 135 | 475 | 18 |
| 5+970 | 7+110 | 1921 | 123 | 404 | 17 |
| 7+110 | 7+860 | 1755 | 136 | 368 | 20 |
| 7+860 | 9+010 | 1863 | 149 | 390 | 22 |
| 9+010 | 10+380 | 1737 | 91 | 364 | 11 |
| 10+380 | 10+600 | 1595 | 107 | 334 | 15 |
| 10+600 | 10+800 | 1253 | 52 | 262 | 50 |
| 10+800 | 11+100 | 719 | 26 | 115 | 4 |
| 11+100 | fine progetto | 708 | 21 | 148 | 1 |

| Scenario Post Operam | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tratta | | DIURNO | | NOTTURNO | |
| Progr. Iniziale da km | Progr. Finale a km | Leggeri (veh/ora) | Pesanti (veh/ora) | Leggeri (veh/ora) | Pesanti (veh/ora) |
| Inizio Progetto | 2+570 | 2976 | 177 | 623 | 23 |
| 2+570 | 2+780 | 3141 | 186 | 658 | 25 |
| 2+780 | 2+970 | 2696 | 175 | 565 | 24 |
| 2+970 | 3+170 | 3335 | 198 | 698 | 26 |
| 3+170 | 3+390 | 3176 | 196 | 665 | 26 |
| 3+390 | 3+700 | 3645 | 209 | 705 | 49 |
| 3+700 | 4+310 | 3202 | 165 | 670 | 20 |
| 4+310 | 4+660 | 3231 | 170 | 677 | 21 |
| 4+660 | 4+830 | 3278 | 165 | 686 | 20 |
| 4+830 | 4+960 | 3201 | 176 | 670 | 22 |
| 4+960 | 5+070 | 3603 | 198 | 754 | 25 |
| 5+070 | 5+180 | 3409 | 187 | 714 | 24 |
| 5+180 | 5+330 | 2824 | 180 | 591 | 25 |
| 5+330 | 5+490 | 3077 | 183 | 644 | 24 |
| 5+490 | 7+450 | 2824 | 180 | 591 | 25 |
| 7+450 | 8+090 | 1845 | 139 | 387 | 20 |
| 8+090 | 8+920 | 1928 | 141 | 404 | 20 |
| 8+920 | 9+610 | 1976 | 144 | 414 | 21 |
| 9+610 | 10+160 | 1845 | 139 | 347 | 20 |

| | | | | | |
|--------|---------------|------|-----|-----|----|
| 10+160 | 10+550 | 1081 | 108 | 227 | 17 |
| 10+550 | 10+630 | 558 | 30 | 89 | 4 |
| 10+630 | 11+420 | 619 | 31 | 99 | 4 |
| 11+420 | Fine progetto | 618 | 33 | 99 | 3 |

| Scenario Post Operam | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Complanari | DIURNO | | NOTTURNO | |
| | Leggeri (veh/ora) | Pesanti (veh/ora) | Leggeri (veh/ora) | Pesanti (veh/ora) |
| Nord da Sv. SP8 a Sv. Monserrato | 780 | 24 | 124 | 3 |
| Nord da Sv. Monserrato a Sv. Selargius Ov. | 109 | 17 | 65 | 2 |
| Nord da Sv. Selargius Ov. a Sv. Selargius C | 762 | 45 | 121 | 6 |
| Nord da Sv. Selargius C. a Sv. Selargius Est | 292 | 15 | 46 | 2 |
| Nord da Sv. Selargius Est a Sv. Quartucciu | 612 | 25 | 97 | 3 |
| Nord da Sv. Quartucciu a fine progetto | 1526 | 97 | 213 | 13 |
| Sud da Sv. SP8 a Sv. Monserrato | 264 | 5 | 42 | 1 |
| Sud da Sv. Monserrato a Sv. Selargius Ov. | 382 | 3 | 52 | 1 |
| Sud da Sv. Selargius Ov. a Sv. Selargius C | 555 | 29 | 82 | 4 |
| Sud da Sv. Selargius C. a Sv. Selargius Est | 256 | 5 | 41 | 1 |
| Sud da Sv. Selargius Est a Sv. Quartucciu | 343 | 14 | 55 | 2 |
| Sud da Sv. Quartucciu a fine progetto | 143 | 1 | 23 | 1 |

Per le velocità medie nello scenario ante sulla opera si è assunto:

da inizio progetto a inizio area svincolo 131 dir - 70 Km/h

per l'area dello svincolo SS131 dir 60km/h

da fine area svincolo SS131 a svincolo ss125:

per il periodo diurno - 70 km/h

per il periodo notturno - 90 km/h per i veicoli leggeri 70 km/h per i pesanti.

Sulla SS125 : 80 km/h per i veicoli leggeri 70 km/h per i pesanti.

Nello scenario post opera sulla infrastruttura principale si è assunto:

da inizio progetto a fine area svincolo 131 dir - 70 Km/h

da fine area svincolo 131 dir a fine progetto - 100 Km/h per i leggeri 70km/h per i pesanti

sul raccordo per la ss125 - 80 km/h per i leggeri 70 km/h per i pesanti

sulle complanari - 70 km/h per i leggeri 60 km/h per i pesanti

L' affidabilità delle tecniche previsionali utilizzate è stata verificata utilizzando i dati a disposizione ottenuti attraverso le misurazioni effettuate durante le sperimentazioni in campo.

Il confronto tra i dati misurati e l'output del modello sono riportati nella tabella seguente.

| Punto | Strada | Leq Diurno misurato dB(A) | Leq Diurno calcolato dB(A) | Δ Leq D dB(A) | Leq Notturno misurato dB(A) | Leq Notturno calcolato dB(A) | Δ Leq N dB(A) |
|-------------------|--------|------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 20 092109 PV1 014 | SS554 | 68,5 | 69,8 | +1,3 | 64,2 | 64,0 | -0,2 |
| 20 092105 PV1 022 | SS125 | 58,9 | 59,1 | +0,2 | 52,8 | 51,9 | -0,9 |

Gli scostamenti tra dati derivati dalle misure in campo e dati calcolati con l'ausilio del modello di simulazione risultano contenuti (con scarto quadratico medio pari a 0,8 dB(A)).

Sull'elaborato *Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione* (scala 1:5.000), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-12-13-B, oltre alla planimetria di progetto dell'infrastruttura, le fasce di pertinenza acustica delle varie infrastrutture viarie, l'ubicazione delle barriere antirumore e degli edifici per cui è prevista la sostituzione degli attuali serramenti con infissi fonoisolanti, è riportata graficamente la destinazione d'uso di ciascun edificio censito (edifici residenziali, scuole, industriali, etc.) e il relativo codice di riferimento.

Sugli elaborati *Rumore: clima acustico stato attuale* (diurno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-14-15-B e notturno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-16-17-B), *clima acustico post opera* (diurno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-26-27-A e notturno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-28-29-A), e *clima acustico post opera con interventi di mitigazione* (diurno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-18-19-B e notturno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-20-21-B), vengono invece riportate le mappe isofoniche per gli scenari considerati.

In Allegato 2 del Quadro Ambientale *Componente Rumore - Tabulati di calcolo*, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-RE-03-B, per ciascun ricettore simulato, sono riportate le caratteristiche del ricettore (quali il codice di riferimento, il piano abitativo), i rispettivi limiti di riferimento (determinati dalla fascia di appartenenza del ricettore o dalla sua classificazione come sensibile e dal numero di sorgenti significative), e i livelli sonori diurni e notturni stimati, per ciascuno scenario considerato.

Il codice riportato nel tabulato di calcolo è composto da 13 cifre: le prime 6 cifre indicano il codice ISTAT del comune di appartenenza (6 numeri), la settima e l'ottava indicano il codice della strada/intersezione tra due strade⁶, infine, gli ultimi 5 numeri individuano il codice progressivo del ricettore.

Il Codice dei Comuni (ISTAT 2008) è:

- per il Comune di Cagliari: 092009
- per il Comune di Quartu S. Elena: 092051
- per il Comune di Selargius: 092068
- per il Comune di Quartucciu: 092105

Il Codice delle strade/intersezioni è:

- per la strada SS131dir: CE
- per la strada SS387: EK
- per la strada SS554: FV

⁶ L'area di intersezione tra due strade è la superficie compresa tra le fasce di pertinenza acustica delle due infrastrutture

- per la strada SS125: BR
- per l'intersezione tra la SS387 e la SS554: Q9
- per l'intersezione tra la SS554 e la SS131dir: XD

Gli scenari sono:

- situazione attuale (anno 2016)
- scenario progettuale (anno 2025). Prevede la stesura di pavimentazione drenante fonoassorbente
- scenario post mitigazione (anno 2025). Prevede la stesura di pavimentazione drenante fonoassorbente e l'installazione di barriere antirumore.

7.4 Metodo di dimensionamento degli interventi di mitigazione

Una volta effettuata la taratura del modello si sono dimensionati gli interventi di mitigazione attraverso lo svolgimento delle seguenti fasi:

- attribuzione delle destinazioni d'uso e delle altezze degli edifici sulla base del censimento e delle poligonali quote tetto date dalla cartografia 3D;
- modellazione tridimensionale della geometria della linea, dei punti ricettori, degli ostacoli naturali/antropici alla propagazione del rumore;
- attribuzione dei livelli equivalenti massimi diurni/notturni da rispettare in corrispondenza di ciascun punto ricettore, previa verifica di concorsualità;
- attribuzione di un fattore di attenuazione acustica dei serramenti attuali dei ricettori;
- simulazione con il programma Soundplan dell'impatto acustico diurno e notturno in corrispondenza dei punti ricettori;
- calcolo dei livelli equivalenti di impatto in ambiente interno sulla base dell'attenuazione acustica dei serramenti attuali;
- verifica del rispetto dei livelli equivalenti massimi diurni/notturni in ambiente esterno ed eventualmente in ambiente interno;
- progetto di massima delle protezioni acustiche sulla infrastruttura stradale necessarie per il rispetto degli obiettivi di mitigazione;
- simulazione con il programma Soundplan dell'impatto acustico mitigato diurno e notturno in corrispondenza dei punti ricettori: l'operazione viene reiterata fino al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione;
- eventuale selezione dell'intervento diretto sul ricettore finalizzato al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione.

Il dimensionamento delle opere di mitigazione è stato effettuato con l'obiettivo di ricondurre i livelli di pressione sonora presso ciascun ricettore, entro i limiti predefiniti.

Come suggerito dal decreto sui piani di risanamento, si possono utilizzare interventi sulla sorgente (asfalti drenanti fonoassorbenti), lungo le vie di propagazione (barriere antirumore) e, nel caso di edifici singoli, o per i piani più alti di alcune abitazioni, anche interventi diretti sul ricettore (finestre antirumore).

Nel corso del presente studio si è applicato il criterio di proteggere i ricettori tramite installazione di barriere antirumore.

Per i ricettori presso cui rimangono impatti residui⁷ si sono garantiti i limiti interni con infissi fonoisolanti a valle di considerazioni di carattere tecnico-economico (come recita il decreto attuativo sul rumore di origine stradale D.P.R. 30 Marzo 2004).

Nelle simulazioni acustiche sono riportati come detto i livelli sonori presso tutti i ricettori, per ciascun piano e per ciascuno scenario considerato: mediante il numero identificativo dell'edificio è agevole rintracciarne l'ubicazione sulle tavole cartografiche.

7.4.1 La mitigazione degli impatti prodotti

Un metodo per ridurre il rumore indotto dal traffico stradale è quello di frapporre tra la fonte del rumore (in questo caso il corpo della infrastruttura) ed i ricettori un ostacolo efficace alla propagazione del suono. Tale ostacolo è costituito da una barriera con idonee caratteristiche di isolamento acustico, e dimensioni tali da produrre l'abbattimento di rumore necessario nell'area da proteggere.

La barriera costituisce un ostacolo alla propagazione dell'energia sonora emessa dal transito dei veicoli. Le onde vengono quasi totalmente riflesse verso la sorgente stessa. Una parte dell'energia sonora riesce però a "scavalcare" la barriera (energia diffratta) oppure ad attraversarla se l'isolamento del materiale non è adeguato (energia diretta).

L'aliquota dell'energia sonora che scavalca la barriera, o che passa ai lati della barriera stessa, è funzione della geometria (altezza, distanza dalla sorgente, distanza dal punto di ricezione, lunghezza e spessore della barriera) mentre è indipendente dalle caratteristiche acustiche di isolamento della barriera stessa.

Anche l'aliquota di energia sonora che attraversa la barriera e quella riflessa sono calcolabili, note le caratteristiche di isolamento acustico dei pannelli.

E' possibile individuare in commercio diversi tipi di barriere artificiali diversificate in base ai materiali utilizzati ed al comportamento acustico prevalente. Possono essere quindi individuati due tipi di pannelli:

- barriere fonoassorbenti
- barriere fonoisolanti

Con tali termini viene indicato il comportamento acustico "prevalente" del pannello perché la funzione di smorzamento e riflessione dell'onda sonora è contemporaneamente presente, anche se in rapporto diverso, in tutte le barriere artificiali.

Le barriere fonoisolanti sono quindi quelle il cui comportamento prevalente è quello di riflettere l'onda sonora incidente.

Le barriere fonoassorbenti riflettono invece solo una parte dell'onda sonora incidente mentre smorzano parte dell'energia.

Un metodo alternativo, o complementare, per ridurre il rumore indotto dal traffico stradale, se gli abbattimenti richiesti sono dell'ordine di 3 dB(A), è individuabile nell'utilizzo di pavimentazioni drenanti fonoassorbenti che attenuano il rumore di rotolamento.

Un ulteriore intervento, in corrispondenza di ricettori isolati o per i piani più alti di alcune abitazioni, consiste nell'intervento diretto sull'edificio, con sostituzione degli infissi esistenti con appositi infissi fonoisolanti. Tale soluzione, che scaturisce da valutazioni tecnico-economiche (come recita il decreto attuativo sul rumore di origine stradale D.P.R. 30 Marzo 2004), permette di garantire in tutti i casi una condizione di comfort acustico all'interno dei ricettori aventi un livello di rumore esterno in facciata superiore agli obiettivi adottati.

7.4.2 Dimensionamento di massima degli interventi di mitigazione

La presenza di un ostacolo limita e/o modifica la propagazione delle onde sonore producendo un'attenuazione dei livelli sonori funzione della posizione del punto ricettore e delle dimensioni dell'ostacolo rispetto alla lunghezza d'onda del suono emesso.

Al variare delle dimensioni si potrà infatti avere la riflessione o la rifrazione dell'onda. Ci si trova in presenza della riflessione quando la lunghezza d'onda è molto più piccola della minore dimensione dell'ostacolo. In questo caso è possibile applicare le note leggi che regolano la riflessione stessa, cioè il raggio riflesso si trova nello stesso piano del raggio incidente e l'angolo di

⁷ Edifici alti e plesso scolastico a ridosso dell'infrastruttura stradale. Edifici isolati in fascia B di pertinenza acustica stradale

riflessione è uguale all'angolo di incidenza. In questo caso quindi, idealmente, il suono non oltrepassa l'ostacolo e quindi l'attenuazione è totale.

Quando la lunghezza d'onda è comparabile con le dimensioni dell'ostacolo ci si troverà invece in presenza di rifrazione. In questo caso l'onda è in grado di superare l'ostacolo e dietro a quest'ultimo si viene a formare una zona d'ombra che dipende dalle dimensioni dell'ostacolo stesso.

L'effetto di uno schermo naturale (irregolarità del terreno) o artificiale (muri, filari di case e barriere all'uopo inserite) è quindi sempre limitato a causa della diffrazione, ed in special modo per i suoni a bassa frequenza (che spesso sono i più fastidiosi) e quindi con grandi lunghezze d'onda.

Per le modellizzazioni acustiche effettuate nel corso dello studio, si è assunta una barriera verticale fonoassorbente in pannelli in alluminio con elementi fonoisolanti per altezze maggiori di 3 metri.

Gli interventi sono riportati sull'elaborato Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione (scala 1:5.000), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-12-13-B e negli elaborati Rumore: clima acustico post operam con interventi di mitigazione (diurno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-18-19-B e notturno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-20-21-B) – scala 1:5.000 e sono riassunti nella tabella seguente.

Vengono riportate le seguenti informazioni:

- lotto;
- n. barriera
- carreggiata;
- l'ubicazione della barriera (progressive chilometriche);
- l'altezza (H) della barriera;
- la lunghezza (L) della barriera;
- la superficie della barriera.

Localizzazione barriere antirumore

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

Per quanto concerne invece la tipologia delle barriere antirumore:

- su muri, opere d'arte e su ciglio stradale dell'asse principale in caso di affiancamento di una complanare è stata prevista una barriera antirumore integrata con pannelli fonoassorbenti in alluminio e specchiature in materiale trasparente (PMMA) per altezze superiori a 3 m
- Su ciglio delle complanari o in tracciato stradale in trincea, è stata prevista una barriera antirumore con pannelli fonoassorbenti in alluminio e specchiature in PMMA per altezze superiori a 3 m
- Le barriere antirumore previste sono fonoassorbenti in alluminio per garantire la migliore efficacia acustica. I pannelli trasparenti favoriscono l'intrusione visiva per le barriere più alte.

In particolare devono essere opportunamente definite le proprietà fonoassorbenti della barriera, attenendosi alle seguenti norme di carattere generale. Il fonoassorbimento è l'attitudine dei materiali ad assorbire l'energia sonora su di essi incidente, trasformandola in altra forma di energia, non inquinante (calore, vibrazioni, etc).

L'adozione di materiali fonoassorbenti è utile per:

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

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

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

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

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

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

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

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

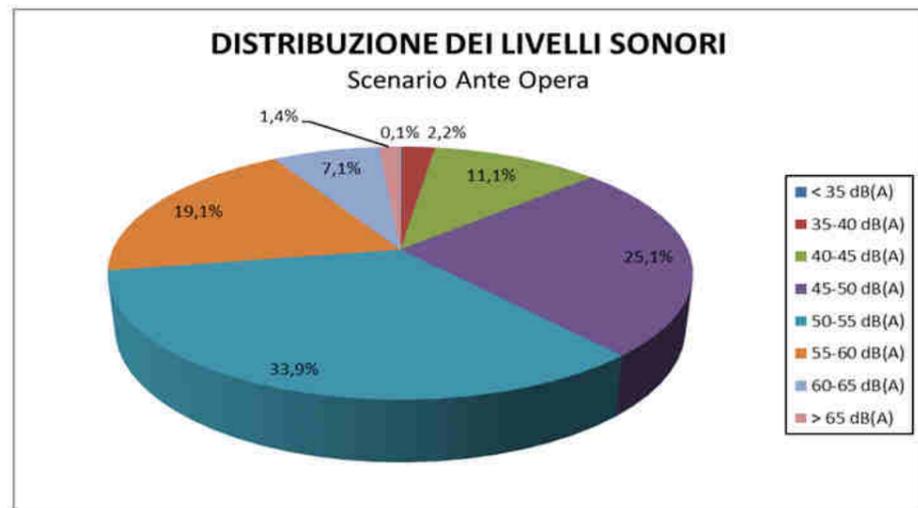
| Comune | Cod. ricettore | Destinazione d'uso | n. piani fuori terra totali | Piani fuori terra da proteggere frontali | Piani fuori terra da proteggere laterali | Totale m ² finestre |
|-----------|----------------|--------------------|-----------------------------|--|--|--------------------------------|
| Cagliari | 092009FV00117 | Scuola | 3 | 3 | - | 108 |
| Cagliari | 092009FV00115 | Scuola | 4 | 4 | - | 54 |
| Selargius | 092068CE00030 | Residenza | 5 | 2-3-4-5 | 4-5 | 123 |
| Selargius | 092068CE00045 | Residenza | 5 | 5 | - | 4 |
| Selargius | 092009FV00048 | Residenza | 3 | 3 | - | 5 |
| Selargius | 092009FV00050 | Residenza | 2 | 2 | - | 9 |
| Selargius | 092009FV00084 | Residenza | 2 | 2 | - | 8 |

| | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------|---|-----|---|----|
| Selargius | 092009FV00088 | Residenza | 2 | 2 | - | 19 |
| Selargius | 092009FV00091 | Residenza | 1 | 1 | - | 5 |
| Selargius | 092009FV00098 | Residenza | 2 | 2 | - | 12 |
| Selargius | 092009FV00108 | Residenza | 1 | 1 | - | 5 |
| Selargius | 092068FV00111 | Residenza | 3 | 2-3 | - | 30 |

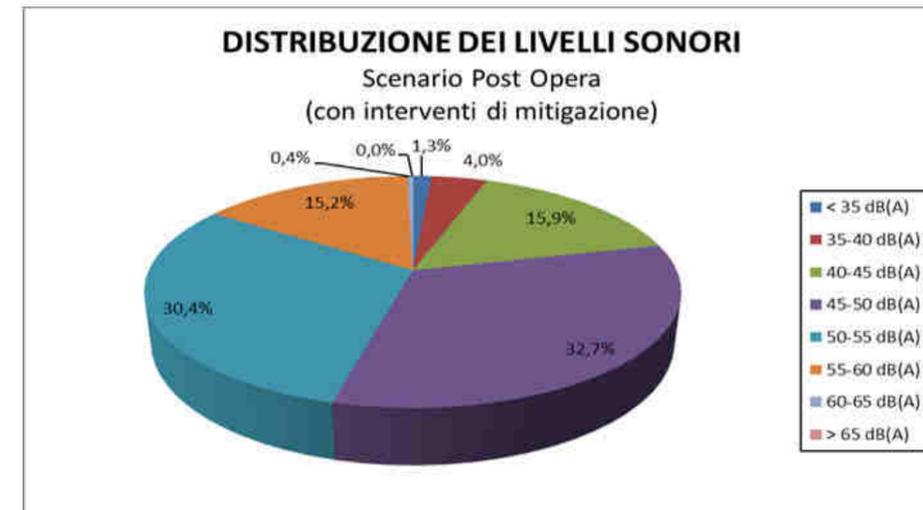
7.5 Considerazioni sul clima acustico

Si fa presente che il clima acustico dello scenario progettuale risulta significativamente migliorativo rispetto a quello relativo allo scenario attuale. Si riporta di seguito, a tale proposito, con l'ausilio di grafici che riassumono la distribuzione in percentuale dei livelli sonori di tutti i ricettori simulati (ciascun piano di ciascun edificio), il confronto dei livelli sonori simulati nel periodo notturno.

Scenario Ante Operam



Scenario Post Operam



Ciò è dovuto, oltre agli interventi mitigativi, barriere antirumore e pavimentazioni drenanti, al fatto che le modifiche progettuali di livelletta, per l'eliminazione delle intersezioni a raso, con realizzazione di viadotti e muri, fa sì che i ricettori a quota inferiore al piano stradale risultano protetti dal corpo stesso dell'infrastruttura viaria.

Le barriere predisposte permettono di mitigare sostanzialmente la totalità dei ricettori.

Per i ricettori nei quali permangono impatti residui si è provveduto alla verifica dei limiti interni e all'eventuale sostituzione degli infissi con finestre fonoisolanti.

7.6 Monitoraggio post opera

A maggior cautela, si è scelto di effettuare monitoraggi fonometrici, ad opera realizzata, in corrispondenza dei ricettori i cui livelli sonori stimati risultino prossimi ai valori limite di norma (meno di 2,0 dB(A)). In caso di riscontro di eccedenze dai limiti si provvederà alla messa in opera di ulteriori interventi mitigativi.

Di seguito è riportato l'elenco dei ricettori che dovranno essere coinvolti nell'attività di monitoraggio (in caso di ricettori vicini potrà essere effettuata una misura unica per gruppo di ricettori):

- 092009FV00002, 092009FV00051, 092009FV00053, 092009FV00057, 092009FV00071, 092009FV000104
- 092009Q900006, 092009Q900008
- 092068FV00001, 092068FV00003, 092068FV00010, 092068FV00014, 092068FV00017, 092068FV00048, 092068FV00050, 092068FV00051, 092068FV00090, 092068FV00098, 092068FV00099, 092068FV00108, 092068FV00125, 092068FV00126, 092068FV00148, 092068FV00205, 092068FV00209, 092068FV00214, 092068FV00216, 092068FV00224, 092068FV00230, 092068FV00236, 092068FV00242, 092068FV00245, 092068FV00258
- 092105FV00010, 092105FV00016, 092105FV00028

8 VIBRAZIONI

Non si determinano impatti indotti dal traffico gommato nel corso della fase di cantiere, pertanto lo studio della componente Vibrazioni è stato sviluppato solamente per la fase di cantiere; si rimanda per tale trattazione al Quadro di riferimento progettuale.

9 PAESAGGIO

9.1 Premessa

Lo studio ante operam della componente Paesaggio è stato svolto definendo 3 livelli di analisi, specificatamente riconducibili ai seguenti aspetti principali:

- inquadramento e caratterizzazione del contesto paesaggistico;
- analisi dei vincoli paesaggistici e delle tutele, intercettati dall'opera;
- caratterizzazione percettiva: strutture visive ed ambiti percettivi del paesaggio.

Al termine dell'analisi ante operam sono state analizzate le potenziali interferenze indotte dall'opera, funzionali all'individuazione dei possibili interventi di mitigazione. A corredo dello studio ante operam sono state predisposti gli elaborati cartografici denominati

- "Carta del paesaggio", (in scala 1:10.000).
- "Carta della percezione visiva", (in scala 1:10.000).

L'obiettivo principale dell'analisi è quello di comprendere i meccanismi di formazione e trasformazione della struttura territoriale e dei suoi caratteri tipo - morfologici e, nel contempo, di leggere le diverse preesistenze e persistenze, nel contesto di un quadro di interdipendenze morfologiche e funzionali.

Si è proceduto, pertanto, ad individuare l'insieme di segni ed elementi naturali e delle stratificazioni antropiche, armonicamente combinati tra loro, che consente di individuare i legami con lo spazio circostante; legami che garantiscono l'insorgere del senso d'appartenenza che assicura la permanenza e la conservazione di tali segni.

Tale dinamico sistema necessita però d'essere distinto ed interpretato secondo diversi tipi, riconducibili ad unità in grado di rappresentare e descrivere gli aspetti geografici del paesaggio nella loro espressione sia d'individualità territoriale che di iconemi, ossia unità elementari di percezione, come segno interno d'un sistema organico di segni, come parte che esprime il tutto o che lo esprime come funzione gerarchica primaria, sia perché elemento che meglio d'altri incarna il genius loci di un territorio sia perché riferimento visivo di forte carica semantica del rapporto culturale che una società stabilisce col proprio territorio (Turri, 1998).

La fase di caratterizzazione "paesaggistica" dell'ambito territoriale interessato dalla realizzazione dell'opera - verificata attraverso l'analisi di fotografie aeree e sopralluoghi, integrata con l'analisi del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e del Piano Territoriale della provincia (PTCP di Cagliari) - ha rappresentato il fondamentale strumento di conoscenza e di descrizione "aggregata" dei caratteri fisici, socio - culturali e paesistici dell'ambito esaminato. La necessità metodologica d'individuazione di questi elementi strutturali è essenzialmente finalizzata a rispondere a due tipi d'esigenze. La prima è di descrivere ed interpretare il paesaggio, inteso non come semplice sommatoria di elementi, ma come unità sistemica mutevole e dinamica, al fine di individuarne i caratteri e le valenze che possano evidenziare le potenzialità di trasformazione e di sviluppo. La seconda esigenza deriva dalla necessità di supportare ed organizzare il passaggio metodologico dalla lettura/interpretazione alla restituzione/trasmisione dei significati e dei valori del paesaggio in funzione degli obiettivi assunti per la salvaguardia e la tutela del contesto territoriale.

Per quanto più specificatamente riferito all'aspetto della percezione visiva, va evidenziato che in generale, la realizzazione di un'infrastruttura altera le caratteristiche del territorio attraversato, determinando un impatto visivo su coloro che vivono nell'area o sono di passaggio. Nel caso in esame l'intervento progettuale è riferito ad un'infrastruttura esistente e comprende l'adeguamento in sede del tracciato esistente e la realizzazione di alcuni svincoli finalizzati all'eliminazione delle intersezioni stradali esistenti.

L'ambito si caratterizza per l'elevata valenza antropica e per la densa presenza di aree edificate a destinazione residenziale e produttiva che determinano soprattutto nelle aree a sud del tracciato stradale un continuum insediativo limitando la visibilità dell'opera dalle aree esterne.

L'analisi è stata strutturata in riferimento ai seguenti atti normativi e legislazioni vigenti:

- DPCM 27.12.1988;
- D. Lgs. N. 42/2004;
- Piano Paesaggistico della Regione Sardegna, approvato con D.G.R. n.36/7 del 5/9/2006, in ottemperanza alla L.R.8/2004;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Cagliari è stato approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 133 del 19 dicembre 2002 e vigente dal 19 febbraio 2004 data di pubblicazione del BURAS. La Variante al PUP/PTC in adeguamento al PPR della Provincia di Cagliari, relativa all'ambito omogeneo costiero, è stata adottata con Deliberazione C.P. n. 37 del 12 aprile 2010. Successivamente la Variante al PUP in adeguamento al PPR è stata approvata con Deliberazione C.P. n. 44 del 27 giugno 2011 ed inviata al Comitato tecnico regionale dell'Urbanistica (CTRU) per la verifica della coerenza e l'approvazione definitiva;
- Norma UNI 11109 del 01/04/2004 "Linee guida per lo studio dell'impatto sul paesaggio nella redazione degli Studi di Impatto Ambientale";
- Convenzione Europea del Paesaggio, adottato dal Comitato dei Ministri della Cultura e dell'Ambiente del Consiglio d'Europa il 19 luglio 2000, ufficialmente sottoscritto il 20 ottobre 2000 (il documento è stato firmato dai ventisette Stati della Comunità Europea e ratificato da dieci, tra cui l'Italia nel 2006).

9.2 Descrizione dello stato della componente

9.2.1 Inquadramento generale del contesto paesaggistico

L'area di intervento è collocata nell'entroterra cagliaritana a nord della città e si sviluppa con direzione Ovest – Est, andando a lambire a Nord anche gli abitati dell'area sub-urbana di Cagliari, cioè i centri abitati di Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu Sant'Elena. La S.S.554 è una arteria stradale con direttrice ovest-est, che collega la S.S.131 alla S.S.17.

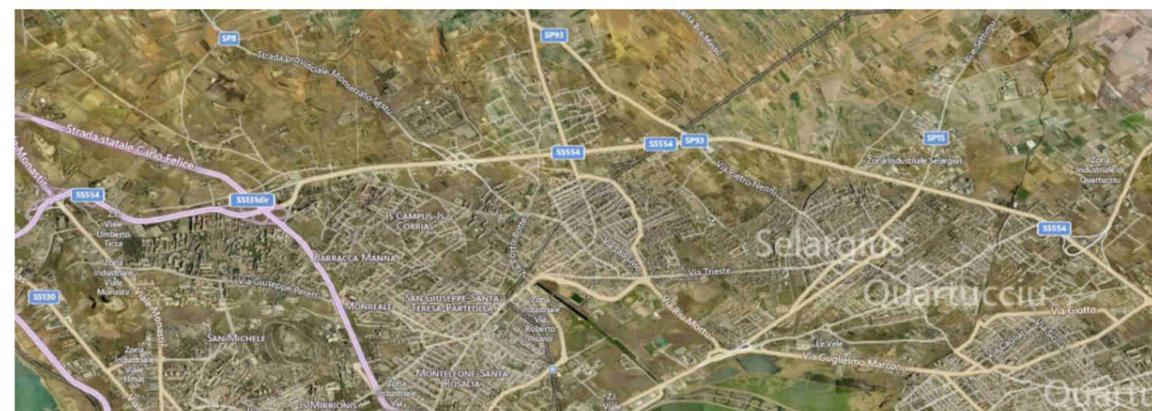
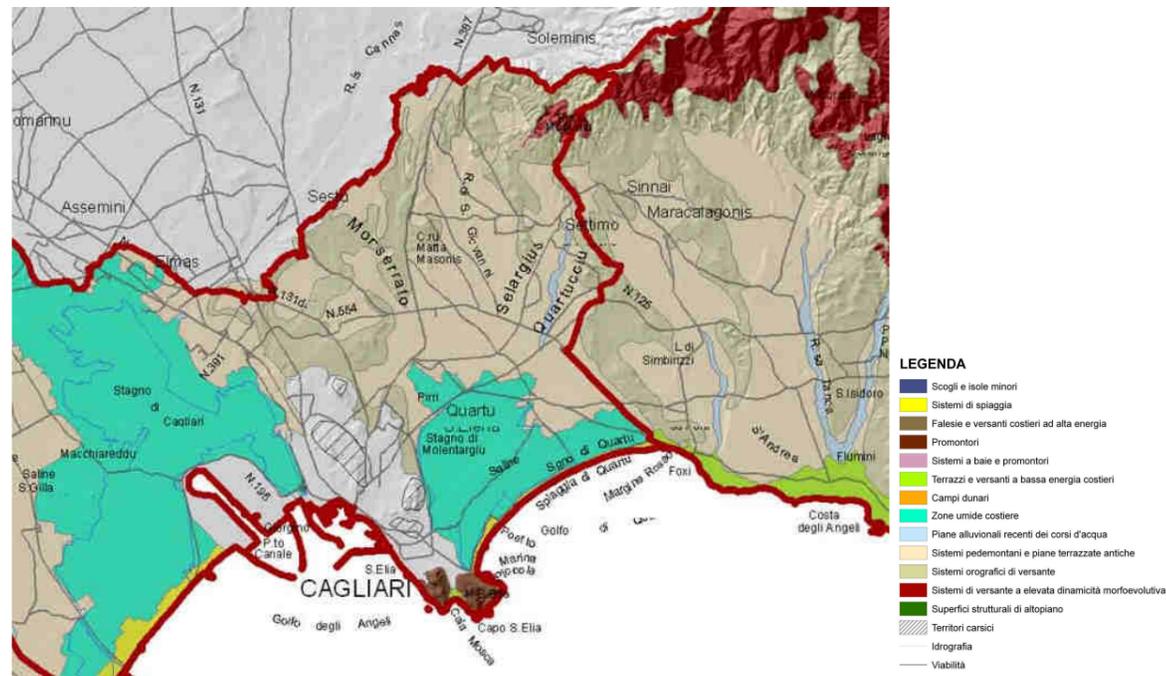


Figura 39 - Vista dell'area oggetto dell'intervento

Le quote altimetriche della zona sono principalmente pianeggianti con variabilità tra un minimo di 9,50 m. slm. In corrispondenza dell'inizio lotto, fino a circa 45 m slm. nelle progressive finali; lungo tutto il tracciato le quote si attestano quasi sempre tra i 20 e i 30 m slm. Per l'inquadramento del contesto paesaggistico in cui l'intervento si inserisce si fa riferimento alle indicazioni del Piano Paesaggistico della regione Sardegna e del Piano Territoriale di Coordinamento della provincia di Cagliari. L'area oggetto del progetto della SS554 ricade nell'ambito di paesaggio 1 "Golfo di Cagliari"; tale ambito è caratterizzato da un complesso sistema paesistico territoriale unitario in cui sono riconoscibili tre grandi componenti tra loro strettamente interconnesse:

- il sistema costiero dello Stagno di Cagliari - laguna di Santa Gilla;
- la dorsale geologico - strutturale dei colli della città di Cagliari;
- il compendio umido dello stagno di Molentargius, delle saline e del cordone sabbioso del Poetto.



- Figura 40 - Tavola 1.2: Assetto fisico (PPR Sardegna)

Nell'ambito 1 Golfo di Cagliari, la riqualificazione del paesaggio si fonda sulla gestione coordinata del territorio, adeguata alla dimensione sovracomunale e metropolitana e riferita ad un sistema territoriale unitario calibrato tra processi urbani e ambientali; gli indirizzi per il progetto in tale ambito sono volti a:

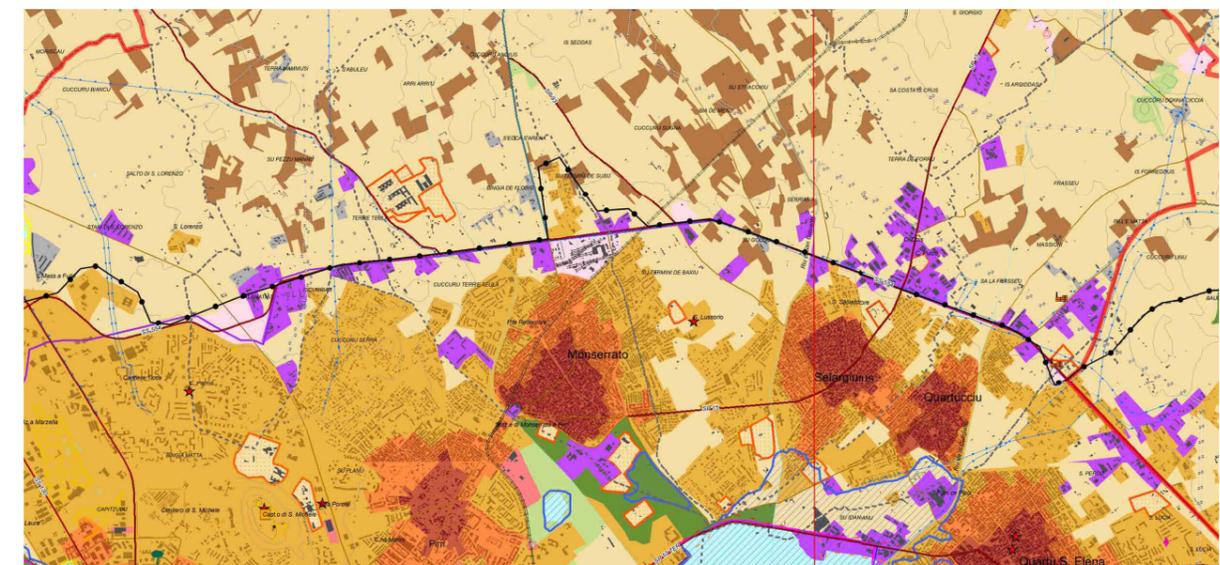
1. riqualificare le zone umide di Molentargius e di Santa Gilla, ed i loro utilizzi ambientali e produttivi (Saline);
2. attivare la riqualificazione urbana e ambientale del sistema costiero;
3. riqualificare le periferie urbane;
4. conservare i "cunei verdi" e gli spazi vuoti ancora esistenti per contrastare la tendenziale saldatura delle periferie urbane;
5. riqualificare i confini delle aree urbane interpretate come zone di transizione in rapporto alle aree marginali agricole, per la creazione di una fascia a verde;

6. prevedere, all'interno dei piani urbanistici comunali, uno strumento di incentivazione e controllo delle aree agricole periurbane, finalizzato al contenimento della frammentazione delle proprietà ed a favorire usi coerenti con i caratteri rurali del territorio;

7. adottare un sistema di pianificazione integrata finalizzato a contrastare l'omologazione architettonica urbana delle periferie, attraverso l'individuazione del "sistema delle differenze" che i centri storici della pietra (Cagliari) e della terra cruda (borghi della cintura agricola) stabiliscono all'interno della struttura metropolitana.

8. restauro dei presidi della memoria storica e delle emergenze culturali attraverso la costituzione di itinerari storico culturali, la razionalizzazione delle strutture museali.

Per quanto riguarda l'analisi delle componenti di paesaggio del PPR, riportate in figura seguente, si evince come il tracciato della SS 554 si collochi principalmente su superfici adibite a colture erbacee specializzate, aree agroforestali e aree incolte, denominate complessivamente dal PPR "aree ad utilizzazione agro-forestale". Le uniche "aree seminaturali" interessate direttamente dal tracciato sono costituite dai tre corsi d'acqua che attraversano la SS 554, ovvero il Riu Salius, il Riu di Selargius ed il Riu de Is Congianus.



COMPONENTI DI PAESAGGIO CON VALENZA AMBIENTALE

Dalla carta dell'Uso del Suolo 1:25.000

AREE NATURALI E SUBNATURALI

- Vegetazione a macchia e in aree umide**
Aree con vegetazione rada > 5% e < 40%; formazioni di ripa non arboree; macchia mediterranea; letti di torrenti di empienza superiore a 25 m; paludi interne; paludi aelmaestre; pareti rocciose.
- Boschi**
Boschi misti di conifere e latifoglie; boschi di latifoglie.
- AREE SEMINATURALI**
Praterie
Prati stabili; aree a pascolo naturale; cespuglieti e arbusteti; gariga; aree a ricolonizzazione naturale.
Sugherete; castagneti da frutto
- AREE AD UTILIZZAZIONE AGRO-FORESTALE**
Culture specializzate e arboree
Vigneti; Frutteti e fruti minori; oliveti; colture temporanee associate all'olivo; colture temporanee associate al vigneto; colture temporanee associate ad altre colture permanenti.
Impianti boschivi artificiali
Boschi di conifere; Poppel, saliceti, eucallitetti; altri impianti arborei da legno; arboricoltura con essenze forestali di conifere; aree a ricolonizzazione artificiale.
Culture erbacee specializzate, aree agroforestali, aree incolte
Seminativi in aree non frugate; prati artificiali; seminativi semplici e colture oricole a pieno campo; risaie; vivai; colture in serra; sistemi colturali e parcelletti complessi; aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti; aree agroforestali; aree incolte.

EDIFICATO URBANO

- CENTRI DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE**
- ESPANSIONI FINO AGLI ANNI 50**
- ESPANSIONI RECENTI**
- EDIFICATO URBANO DIFFUSO**
- EDIFICATO IN ZONA AGRICOLA**
INSEDIAMENTO STORICO SPARSO (Medau, furiadroxa, stazzo)
- NUCLEI, CASE SPARSE E INSEDIAMENTI SPECIALIZZATI**
- INSEDIAMENTI TURISTICI**
- INSEDIAMENTI PRODUTTIVI**
INSEDIAMENTI PRODUTTIVI A CARATTERE INDUSTRIALE, ARTIGIANALE E COMMERCIALE
- Grandi aree industriali
- Inseidiamenti produttivi
- Grande distribuzione commerciale

Figura 41 - Tavola riassuntiva del Piano Paesaggistico Regionale per l'ambito 1. Golfo di Cagliari

Il tracciato attraversa, inoltre, tre corsi d'acqua per i quali è prevista una fascia di rispetto di 150 m soggetta alle prescrizioni e agli indirizzi della componente ambientale di riferimento, ovvero "aree seminaturali".

9.2.1.1 Cenni storici

Cagliari custodisce gelosamente la storia e la memoria delle antiche civiltà che qui si sono succedute. Nel corso dei secoli i popoli che l'hanno abitata sono stati così numerosi e diversi da infonderle un carattere aperto e accogliente verso il visitatore. Tra le sue strade il ricordo delle diverse civiltà: Punica nei resti della Necropoli di Tuvixeddu, la Karales Romana come testimoniato dal grandioso Anfiteatro, Bizantina con la Basilica di San Saturnino, Pisana con le alte Torri, fino ad arrivare alla Piemontese con il meraviglioso Palazzo Regio. Impronte e tracce millenarie si riscoprono tra le strette vie un tempo percorse solo da carri e carrozze. Bastano pochi passi e, tra antichi e nuovi palazzi, d'un tratto si scopre l'emozione di monumenti affascinanti che raccontano la storia della città.

Osservando Cagliari dal mare, rimane tuttavia la suggestione di entrare all'interno di una città scenografica, facile da vedere per l'immediatezza dei panorami, e molteplice nel continuo variare dei punti di vista. Il sapore africano delle palme e del giallo calcareo viene stemperato da un architettura marcatamente occidentale, proprio il connubio di caratteri così distanti, rende la città unica nella sua molteplicità.

Fondata in pieno neolitico (6000-3000 A.C.), solo molti secoli dopo Cagliari diventa un'autentica città, grazie ai dominatori fenicio-punici, che ne sfruttano la favorevole posizione geografica al centro del Mediterraneo, per renderla un trafficato porto commerciale. Dopo la Prima Guerra Punica (III secolo A. C.), Cagliari passa sotto il dominio di Roma, della quale ancora oggi conserva importanti reperti e testimonianze, come l'Anfiteatro Romano e la Villa di Tigellio. Con il diffondersi del Cristianesimo, la città entra in contatto con personalità di rilievo come Sant'Agostino, per poi iniziare una fase di declino sotto i Vandali e risollevarsi con il ritorno dell'Impero Bizantino, periodo questo caratterizzato dalla nascita dei Giudicati (IX-X secolo D.C), sorta di autonomie locali che permettono alle popolazioni dell'Isola una relativa indipendenza e autodeterminazione. Nel XIII secolo d.c., tuttavia, in concomitanza con il declino del Giudicato Cagliaritano, si insediano in città i Pisani, che fortificano la parte alta della città isolandola attraverso un sistema di bastioni e fortificazioni ancora oggi ben visibili nei quartieri di Castello, Stampace, Marina e Villanova. Nemmeno un secolo dopo però, nel 1324, è la volta degli Aragonesi i quali, unitisi più tardi alla corona Catalana, daranno vita al Governo Spagnolo, amministrazione che genererà un forte malcontento della popolazione. Solo nel 1717 con il trattato di Utrecht la situazione cambia. Dopo un inconsistente dominio austriaco, Cagliari e la Sardegna passano ai Savoia l'anno successivo, avviando un'epoca di grandi interventi urbanistici che gradualmente emancipano la città dalla condizione di città fortificata a favore di un più razionale sviluppo attraverso opere utili e di pregio. Dopo la Seconda Guerra Mondiale Cagliari vive una nuova vita: attorno al nucleo urbano di epoca storica comincia a nascere una nuova città che in soli 20 anni, dal 1951 al 1971, vede raddoppiare il numero delle abitazioni, attirando la popolazione delle aree circostanti e gettando così le basi della odierna area metropolitana. Oggi Cagliari appare come una città complessa, divisa tra il suo importante patrimonio storico-culturale ed il moderno, un capoluogo che tuttavia si è sviluppato negli anni in totale armonia con il territorio circostante che ne costituisce parte integrante e segno distintivo.

In riferimento alle aree umide sono pochi i luoghi di Cagliari capaci di esercitare un fascino così intenso come quello delle saline, dello stagno e della spiaggia del Poetto. I canali, gli argini, le strade, i cumuli di sale e le vasche di evaporazione formano un paesaggio suggestivo che afferrava già i viaggiatori che fra Ottocento e Novecento giungevano in città.

La spiaggia, la zona umida e le saline sono, insieme ai colli, l'elemento di maggior pregio paesaggistico dell'area cagliaritana, frutto di opere di governo delle acque svolte inizialmente con il solo lavoro umano e in seguito con l'uso degli animali. La zona, inoltre, racchiude anche un patrimonio architettonico di notevole interesse, fatto di strutture per il lavoro, ponti di ferro, idrovore, impianti ammassamento, che costituiscono uno dei maggiori esempi di archeologia industriale dell'area cagliaritana.

Il valore di quest'area è testimoniato non solo da questa straordinarie archeologie industriali, o dagli altri manufatti prodotti dall'uomo nel corso di secoli, ma anche dall'incessante opera di trasformazione del paesaggio, prodotta da interventi realizzati sempre in perfetta armonia con gli specchi d'acqua interni, il mare, e le specie vegetali e animali preziose: elementi che costituiscono oggi il grande Parco Urbano di Molentargius.

In quest'area, gli edifici industriali testimoniano una cultura architettonica, che presenta caratteristiche urbane molto forti, e che si esprime a livelli alti anche nelle sistemazioni idrauliche dei canali, negli argini e nei ponti che segnano non solo le saline ma tutto il territorio di Molentargius. Il processo di trasformazione delle saline e del sistema di raccolta naturale, iniziato dai piemontesi, ha prodotto un sistema unitario costituito sia dagli elementi naturali e paesaggistici, sia dagli elementi urbanistici e architettonici. Il più grande sistema di archeologia industriale, la più estesa macchina idraulica finalizzata all'estrazione e alla produzione del prezioso elemento. Questa macchina produttiva, costituita da canali e vasche, rappresenta da secoli il sistema regolatore dell'area, che produce ambiente e fauna. Si tratta di una macchina-organismo complessa ed estesa, che oggi coniuga valori storici, sociali, ambientali e architettonici in una sintesi preziosa e originale.

9.2.1.2 Aspetti archeologici

Il PPR non riporta alcun bene paesaggistico ex art. 142 del D.Lgs. n.42/2004 e ss.mm.ii. soggetto a vincolo archeologico all'interno di una fascia di 1.000 m dalle opere di progetto.

9.2.1.3 Aspetti architettonici e culturali

Nelle aree interessate dal progetto sono stati individuati, all'interno di una fascia di ampiezza di 2.000m dalle opere in progetto, Beni Paesaggistici individuati ai sensi degli artt. 136 e 143 del D.Lgs.n.42/2004 e ss.mm.ii. e riportati nell'assetto storico culturale del PPR. Tali beni vengono elencati nelle tabelle sottostanti, dove si riporta anche la distanza dall'opera in oggetto. Per la rappresentazione cartografica di tali beni si può far riferimento alla "Carta del paesaggio" (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-24-A) allegata allo studio.

| n° | Denominazione del bene | Comune | Distanza dall'opera |
|----|------------------------|-----------|---------------------|
| 1 | Casa Pernis (XIX sec.) | Cagliari | 600 m |
| 2 | Chiesa San Lussorio | Selargius | 700 m |

Tabella 40 - Vincolo architettonico - Beni Paesaggistici ex art. 136 del D.Lgs. n.42/2004 e ss.mm.ii. presenti all'interno di una fascia di circa 2.000 m dalle opere di progetto (Fonte: PPR - L.R. 25 novembre 2004 n. 8)

Come si evince dalle tabelle, in cui è evidenziata la distanza del bene dall'opera, nessuno di questi beni sarà direttamente interessato dagli interventi. La distanza minima dell'opera dai beni tutelati è infatti di circa 600 m. Invece, per quanto riguarda i beni paesaggistici con valenza ambientale, l'area di intervento ricade completamente nella fascia costiera considerata dal PPR bene paesaggistico d'insieme (ex art 143 D.Lgs. 42/2004 e ss.mm.ii) e risorsa strategica fondamentale per lo sviluppo sostenibile del territorio sardo, e tutelata dalle prescrizioni previste dagli artt. 22, 23 e 24 delle NTA del PPR.

I corsi d'acqua di Riu Salius, Riu San Giovanni o di Selargius, Riu de Is Congianus e le relative fasce di rispetto di 150m sono anch'essi considerati beni paesaggistici di valenza ambientale, e sono tutelati secondo l'art143 D.Lgs. 42/2004 e ss.mm.ii. e gli artt. 22-24 NTA del PPR.

9.2.2 Vincoli paesaggistici e tutele

L'analisi del regime vincolistico in atto nel territorio interessato alla realizzazione del progetto stradale in oggetto, evidenzia, attraverso la puntuale definizione del controllo normativo attuato ai vari livelli della pianificazione territoriale, i caratteri peculiari degli ambiti territoriali nei quali si interviene.

Il primo livello della verifica dei vincoli presenti nell'area interessata dall'Adeguamento della SS 554 è stato effettuato elaborando i dati provenienti dagli strumenti di pianificazione a scala regionale (PPR, Piano paesaggistico regionale della Sardegna), avendo come finalità l'individuazione delle linee generali che conducono a garantire l'integrità, sia dei caratteri paesaggistici e ambientali che quelli di origine antropica, ovvero di valore storico-testimoniale.

Sono stati, infatti, censiti i beni paesaggistici e culturali classificati nel PPR della Sardegna secondo il D.Lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", ai sensi dell'art.10 della Legge n. 137 del 6 luglio 2002, come integrato dall'art. 13 del D.Lgs. n.157 del 24 marzo 2006, interessati direttamente dall'opera o ricadenti nelle sue vicinanze (fascia di ampiezza di 2.000 m).

Si evidenzia che, rispetto ai beni elencati, gli unici direttamente interessati dall'opera sono i beni paesaggistici ambientali denominati "fascia costiera" e "corsi d'acqua". L'intera area di progetto ricade infatti nella fascia costiera perimetrata dalla Regione Sardegna e considerata dal PPR bene paesaggistico d'insieme e risorsa strategica fondamentale per lo sviluppo sostenibile del territorio sardo. Le NTA del PPR disciplinano tutta la fascia costiera, tranne le zone omogenee A, B, C, D e G individuate dagli strumenti urbanistici comunali. Nelle zone disciplinate dal PPR, come espresso nell'art. 19 delle NTA, sono consentiti interventi su infrastrutture puntuali o di rete, purché previsti nei piani settoriali, preventivamente adeguati al PPR.

Come specificato nel PPR, tutti questi beni paesaggistici sono oggetto di conservazione e tutela finalizzati al mantenimento delle 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.

Qualunque trasformazione, fatto salvo l'art. 149 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 e s.m.i., è soggetta ad autorizzazione paesaggistica. Oltre ai beni riportati nella tabella precedente, all'interno della fascia di 1.000 m ai lati dell'infrastruttura si trovano le seguenti aree dichiarate di notevole interesse pubblico e vincolate con provvedimento amministrativo, ai sensi degli artt. 136, 137 e 157 del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.:

Quartu S. Elena - Montelargius (D.M. 24/03/1977);

Cagliari - Colle San Michele (D.M. 04/08/1964);

Cagliari - Colle San Michele (DAPI 2010 27/07/1984, in corso di istruttoria).

Tuttavia queste aree non sono interessate direttamente dall'intervento in progetto.

E' stata, altresì, verificata la presenza di Siti Natura 2000, delle Aree Protette Regionali e delle Oasi permanenti di Protezione della Fauna presenti nell'area vasta di riferimento.

Il progetto non interessa direttamente alcuno dei Siti Natura 2000 individuati nel territorio della Regione Sardegna. Nell'area vasta interessata dal progetto sono però presenti i 2 Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e 2 Zone di Protezione Speciale (ZPS), tutti appartenenti alla Regione Biogeografica Mediterranea, elencati nella tabella seguente, con la relativa distanza minima dall'area di progetto e riportati nella figura seguente.

| Tipologia | Codice | Denominazione | Superficie | Comuni interessati | Distanza minima dall'opera |
|-----------|-----------|---|------------|---|---|
| SIC | ITB040022 | Stagno di Molentargius e territori limitrofi | 1.275,00 | Cagliari, Quartucciu, Quartu Sant'Elena | ~ 2.250 m al km 9+750 |
| SIC | ITB04023 | Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla | 5.983,00 | Cagliari, Capoterra, Elmas, Assemini | ~ 1.550 m al km 1+500 (inizio intervento) |
| ZPS | ITB044002 | Saline di Molentargius | 1.307,00 | Cagliari, Quartu San Elena | ~ 2.070 m al km 10+800 |
| ZPS | ITB044003 | Stagno di Cagliari | 3.756,00 | Elmas, Capoterra, Cagliari | ~ 1.920 m al km 1+500 (inizio intervento) |

Tabella 42 – Siti Natura 2000 individuati nell'area vasta interessata dal progetto

| Assetto del PPR | Rif. legislativo | Tipologia del bene | Descrizione | |
|-------------------------------------|--|---|--|--|
| PPR : Beni paesaggistici ambientali | Beni paesaggistici ambientali ex art.143 del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i. | Beni interessati direttamente dall'opera | | |
| | | Fiumi, torrenti e altri corsi d'acqua (artt. 22-24 NTA) | Fascia di rispetto di 150 m sui fiumi Riu Salius, Riu di Selargius, Riu de Is Congianus | |
| | | Fascia costiera (artt. 19-20 NTA) | Fascia costiera identificata dal PPR | |
| | | Beni che ricadono entro i 1.000 m dal tracciato | | |
| | | Fiumi, torrenti e altri corsi d'acqua (artt. 22-24 NTA) | Fascia di rispetto di 150 m del Canale S. Lorenzo (Cagliari) distante circa 200 m dall'intervento | |
| | | Zone umide, laghi naturali ed invasi artificiali e territori contermini (artt. 22-24 NTA) | I territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia del Lago di Simbirizzi (a una distanza di circa 250 m dall'intervento) | |
| Aspetto storico culturale | Beni paesaggistici ambientali ex art.136 del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i. | Beni che ricadono entro i 1.000 m dal tracciato | | |
| | | Vincolo architettonico (artt. 48-50 NTA) | Castello di San Michele (XIII sec.) Palazzo Xaxa Villa Fadda Chiesa San Lussurio Casa Pernis (XIX sec.) Villa Pollini o Doloretta (XVIII sec.) | |
| | | Aree caratterizzate da edifici e manufatti di valenza storico-culturale (artt. 48-50 NTA) | Castello di San Michele (medievale) Chiesa di S. Gregorio Insediamento prenuragico | |
| | | Aree caratterizzate da insediamenti storici (artt. 51-53 NTA) | Centro antico di prima formazione di Monserrato Centro antico di prima formazione di Selargius Centro antico di prima formazione di Quartucciu Centro antico di prima formazione di Quartu s. Elena | |
| | | Beni paesaggistici ex art.143 del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i. | | |
| | | | | |

Tabella 41 – Beni paesaggistici individuati dal PPR nell'area di progetto.

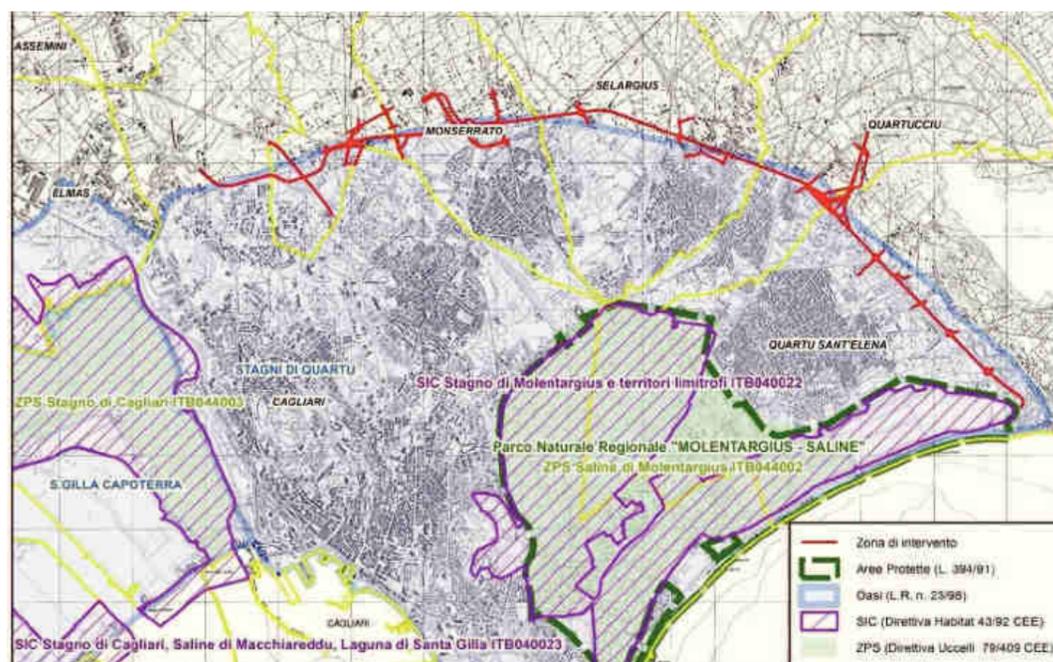


Figura 42 - Aree naturali soggette a vincoli di tutela nell'area vasta interessata dal progetto

Nell'area vasta è presente anche un'area protetta regionale: "Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline", istituito in data 26/02/1999 con L.R. n. 5, con un'estensione pari a 1.622,0 ha. Il perimetro del Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline corrisponde parzialmente a quelli del SIC e della ZPS che tutelano l'area.

Una seconda area naturale di notevole importanza è costituita dalla "Laguna di Santa Gilla", individuata anch'essa come Riserva Naturale non ancora istituita, inserita nel 1977 tra i siti Ramsar come habitat di particolare importanza per gli uccelli, e ora identificata anche come SIC (ITB040023) e ZPS (ITB040003) ai sensi delle Direttive Habitat e Uccelli.

Estendendo l'area di interesse per il progetto all'area vasta costituita dalla Sardegna entro-meridionale, alle Aree Protette sopra elencate vanno aggiunti anche il "Parco Naturale Regionale del Gutturu Mannu" (istituito con L.R. n. 20 del 24 ottobre 2014, ha una superficie di 19.750 ha, quindi inferiore rispetto ai 68.868 ha del Parco Naturale Regionale del Sulcis previsto nella LR 31/89) e il "Parco Naturale Regionale Sette Fratelli – Monte Genis" (non ancora istituito, ma previsto dalla L.R. 31/89, avrà una superficie di 58.846 ha), che tutelano i rilievi ad occidente e ad oriente della piana di Cagliari, al cui interno sono stati individuati anche diversi Monumenti Naturali. Sull'area del "Parco Naturale Regionale del Gutturu Mannu" insistono anche tre oasi di protezione faunistica, istituite dall'Assessore della difesa dell'ambiente, denominate "Gutturu Mannu – Monte Arcosu" di ha 7.404, "Piscina Manna – Is Cannoneris" di ha 7.199 e "Pantaleo" di ha 1.600, per complessivi 16.203 ha, sulle quali vige il divieto dell'esercizio della caccia.

La distanza di questi due Parchi dall'area di progetto e le caratteristiche tipicamente montane del loro patrimonio di biodiversità portano ad escludere qualsiasi tipo di impatto indiretto su di essi degli interventi previsti. Nell'area vasta interessata dal progetto sono presenti anche due Oasi Permanenti di Protezione della Fauna elencate nella tabella seguente.

| Denominazione | Superficie (ha) | Comuni interessati | Distanza minima dall'opera |
|--------------------|-----------------|--|--|
| Stagni di Quartu | 6.883,3 | Cagliari, Elmas, Quartu S.Elena, Quartucciu, Monserrato, Selargius | il limite settentrionale dell'oasi segue indicativamente la SS 554 |
| S. Gilla Capoterra | 6.114,6 | Assemini, Cagliari, Capoterra | 1.850 m al km 1+900 |

Tabella 43 - Oasi di Protezione della Fauna (L.R. 923/98) individuate nell'area vasta di progetto

Mentre l'Oasi di Santa Gilla dista circa 1,8 Km dal km 1+900 della SS 554 in cui hanno inizio gli interventi di progetto, per cui l'impatto dell'opera su di essa può considerarsi trascurabile e non significativo, il perimetro degli Stagni di Quartu segue indicativamente tutto lo sviluppo del tracciato oggetto di adeguamento, anche se questo attraversa aree di scarsa idoneità faunistica in gran parte urbanizzate.

9.2.3 Caratteri paesaggistici dell'area di intervento

Per la definizione dei caratteri paesaggistici dell'area di intervento è stato definito un ambito di analisi; gli elementi del paesaggio che si riscontrano all'interno dell'ambito oggetto di analisi sono rappresentati nella "Carta del paesaggio" (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-24-A) in scala 1:10.000 in cui sono rappresentati:

ELEMENTI ANTROPICI AREALI

TESSUTO URBANO STRUTTURATO

INSEDIAMENTO DIFFUSO

NUCLEI EDIFICATI

INSEDIAMENTO RESIDENZIALE ISOLATO

EDIFICI ISOLATI A DESTINAZIONE MISTA IN STATO DI DEGRADO

TESSUTO PRODUTTIVO/COMMERCIALE, A SERVIZI

INSEDIAMENTO PRODUTTIVO/COMMERCIALE, A SERVIZI, ISOLATO

SEMINATIVO

VIGNETI

COLTURE ARBOREE

VIVAIO

INCOLTO

CANTIERI/CAVA

CIMITERI

OSPEDALE/UNIVERSITA'

ELEMENTI NATURALI AREALI

ACQUE DOLCI (LAGHI, STAGNI)

ELEMENTI ANTROPICI LINEARI

ELETTRODOTTI

RETI STADALI E SPAZI ACCESSORI

METROPOLITANA SOPRAELEVATA

ELEMENTI NATURALI LINEARI

CORSI D'ACQUA

FILARI D'ALBERI

SIEPI ARBOREE/ARBUSTIVE

La SS 554 nel tratto oggetto di adeguamento costituisce una linea di separazione netta tra due ambiti aventi carattere paesaggistico diverso:

- quello a Sud dell'infrastruttura, tipico degli ambiti di espansione urbana parzialmente degradati, con diverse tipologie di edificato e in rapida evoluzione, a discapito delle aree libere ancora presenti e delle attività agricole per le quali venivano precedentemente utilizzate;
- quello a Nord dell'infrastruttura, ancora prevalentemente agricolo, in cui però le aree a ridosso dell'infrastruttura sono occupate dall'addensamento di attività economiche e produttive.

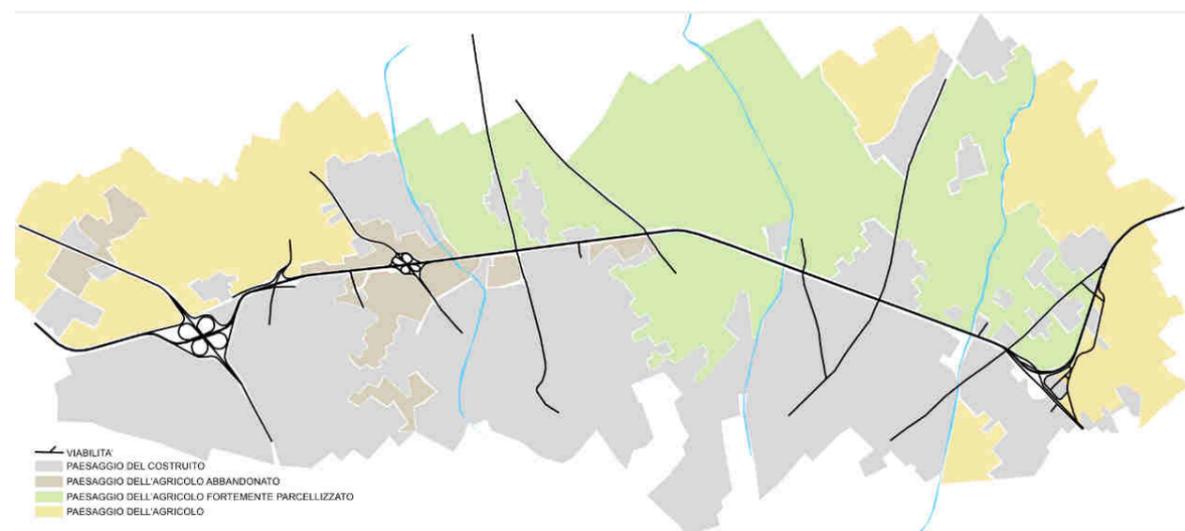


Figura 43 – Unità di paesaggio

Il primo ambito è costituito dalle espansioni della periferia della città di Cagliari, che si sono andate a molto spesso a congiungere negli ultimi 50 anni con quelle dei Comuni di Selargius, Monserrato, Quartucciu e Quartu S. Elena. Carattere tipico di questo ambiente urbano è quello di arrivare a ridosso dello stagno e delle saline di Molentargius, la cui estensione è tale comunque da renderli ambiti paesaggistici a se stanti. Questa situazione è confermata dalla rappresentazione dell'assetto insediativo riportata

nel PPR, da cui si evince come le aree urbanizzate siano ascrivibili a Espansioni recenti oltre che ad Aree produttive realizzate proprio a ridosso dell'infrastruttura per ovvi motivi logistici.

L'edificato che ne risulta appare quindi estremamente diversificato per volumetrie, tipologia e funzionalità, spesso testimonianza delle diverse fasi di espansione edilizia e delle funzioni ad essa associate.

L'edificato di tipo residenziale comprende sia unità di tipo mono, bi e plurifamiliare, che palazzine plurifamiliari ed edifici di notevole altezza, spesso di più recente realizzazione, in totale assenza dei caratteri tipici dell'edificato della città storica. La tipologia più frequente è quella delle palazzine di tre - quattro piani di altezza, in posizione distaccata dal confine del lotto edilizio, ma comunque, indipendentemente dalle tipologie edilizie la densità abitativa è mediamente bassa. L'edificato di tipo produttivo comprende per lo più capannoni ad un piano e di più vecchia edificazione, da cui si accede spesso direttamente alla SS 554, ma anche edifici generalmente di tre - quattro piani.

Alle espansioni dell'edificato non è corrisposta una razionalizzazione della rete viaria, soprattutto a ridosso della SS 554 la cui presenza ha spesso impedito la chiusura delle maglie della viabilità, con evidenti difficoltà di circolazione a cui in alcune zone si è cercato di sopperire con l'apertura di piste sterrate.

Nelle aree agricole intercluse tra la SS 554 e l'edificato di piccola estensione e a ridosso dell'infrastruttura le colture sono per lo più abbandonate, fatta eccezione soprattutto per i frutteti, e si assiste spesso a fenomeni di degrado dovuti all'abbandono di rifiuti solidi urbani ed inerti.

L'ambito posto a Nord dell'infrastruttura ha carattere prevalentemente agricolo, con predominanza di colture erbacee specializzate, aree agroforestali, aree incolte, interrotte in maniera significativa da colture specializzate e arboree, costituite essenzialmente da vigneti, oliveti e frutteti e dalle colture ad essi associate. Gli elementi caratteristici del paesaggio di quest'ambito sono la parcellizzazione del suo territorio pianeggiante in aree agricole a seminativi e colture di pregio, che costituiscono nell'insieme sistemi colturali complessi, spesso interrotti da aree incolte. Quest'ambito giunge fino ai piedi dei sistemi collinari che cingono la città di Cagliari con caratteristiche piuttosto omogenee, comprendendo anche gli insediamenti antecedenti agli anni '50 del secolo scorso e le espansioni recenti dei Comuni interessati.

Lungo il lato Nord della SS 554 i caratteri paesaggistici di quest'ambito sono decisamente minori, a causa della presenza non solo delle espansioni recenti e delle aree produttive dei comuni di Selargius, Monserrato, Quartucciu e Quartu S. Elena, ma anche per analoghe tipologie di insediamenti sorte numerose negli anni più recenti. Questi tipi di insediamenti caratterizzano in più tratti il lato Nord dell'infrastruttura rendendolo dal punto di vista percettivo analogo al lato Sud.

Un terzo ambito di paesaggio - presente nell'area vasta di progetto e pertanto, non rientrante all'interno dell'ambito di studio è quello naturale - , costituito dal sistema dello Stagno e delle Saline di Molentargius, separato dal mare dalla spiaggia del Poetto, e dal sistema di zone Umide dello Stagno di Cagliari, delle saline di Macchiareddu e della Laguna di Santa Gilla.

Lo caratterizzano le grandi distese di acqua salmastra separate da argini e barene, gli acquitrini umidi che li circondano in cui si sviluppano letti di vegetazione alofila, i vasti canneti, i cumuli di sale e un vasto patrimonio di opere idrauliche ed edifici di valore storico e architettonico per l'archeologia industriale. Elemento caratteristico di questo paesaggio sono i grandi stormi di uccelli acquatici e soprattutto di fenicotteri, che ne rappresentano l'elemento vitale e di facile percezione.

Come detto, questo ambito di paesaggio non è a diretto contatto con il tratto della SS 554 di cui il progetto prevede l'adeguamento, che con il suo tratto terminale arriva ad una distanza da esso di circa 1.500 m in linea d'aria, interessati prevalentemente da insediamenti.

9.2.4 Condizioni percettive

Il paesaggio che si percepisce percorrendo la SS 554 è quello tipico degli ambienti periurbani di recente espansione e parzialmente degradati. Le tipologie e il tessuto dell'edificato che interessano praticamente l'intero versante Sud dell'infrastruttura, ma che si sono ormai sviluppati per ampi tratti anche su quello Nord, non sono di alcun interesse estetico e formale e impediscono la percezione dei paesaggi agricoli e naturali circostanti. Ne risultano in sintesi una qualità percettiva molto scarsa ed un evidente esigenza di riordino urbano lungo il tracciato dell'infrastruttura, a cui potrà certamente contribuire il progetto di adeguamento

Dalle analisi sopra descritte emerge come la SS 554 costituisca di fatto un elemento ordinante del territorio che attraversa, avendo certamente contribuito al contenimento dell'espansione della conurbazione di Cagliari e dei comuni limitrofi rispetto all'ambito prettamente agricolo posto a Nord, anche se su questo versante si sono addensate lungo l'infrastruttura insediamenti residenziali e produttivi.

Dal punto di vista percettivo la presenza dell'infrastruttura è quindi consolidata, anche se sono evidenti le esigenze di un riordino strutturale e visivo.

Al fine di determinare le condizioni di percezione dell'opera è stata effettuata un'analisi delle condizioni di percezione visiva dell'ambito di studio, al fine di determinare la qualità percettiva dell'ambito paesaggistico di riferimento, delle condizioni e degli elementi di intervisibilità ed, eventualmente, di impatto visivo, indotte dall'opera in progetto. E' stata considerata una fascia di visibilità di ampiezza pari ad un chilometro, ovvero 500 m su ogni lato del tracciato. Con tale fascia si intende un ambito visuale di "primo piano" ovvero l'area di osservazione (0 - 500 m) in cui si distinguono gli elementi singoli e si percepiscono fattori multisensoriali quali suoni e odori.

Questa analisi ha rivelato come la visibilità dell'opera sia molto limitata all'area strettamente connessa all'opera, essendo il territorio circostante prettamente pianeggiante. Il livello di antropizzazione dell'area in cui l'intervento si inserisce è molto elevato e numerosi sono gli elementi che costituiscono dei fattori di detrazione visiva, ovvero rappresentano elementi che creano un disturbo percettivo alla visibilità e leggibilità e/o alterano negativamente lo stato dell'assetto scenico - percettivo del paesaggio circostante.

Più in dettaglio nella Carta della percezione visiva in scala 1:10.000 sono rappresentati i fattori di detrazione visiva che si riscontrano all'interno dell'ambito oggetto di analisi:

Fattori di detrazione visiva

- CRITICITA' LINEARE
- CRITICITA' AREALE
- INSEDIAMENTO ISOLATO

In particolare, nei tratti in cui l'opera non si trova in rilievo rispetto al territorio circostante, si può considerare una visibilità di livello medio-alto esclusivamente entro i limiti massimi di 100 m dal tracciato, distanza che si riduce ulteriormente nelle aree fortemente urbanizzate, che spesso si sviluppano proprio a ridosso della statale. La visibilità diventa bassa, se non nulla, allontanandosi dal tracciato, rimanendo potenzialmente media solo nelle poche zone rilevate distribuite a nord della statale. Sempre nella "Carta della percezione visiva" (DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-25-A) sono stati evidenziati:

Luoghi di osservazione dell' opera

- FASCIA DI VISIBILITA' di 250m

- FASCIA DI VISIBILITA' di 500m
- FRONTE EDIFICATO
- PUNTI DI OSSERVAZIONE DINAMICI
- PUNTI DI OSSERVAZIONE STATICI

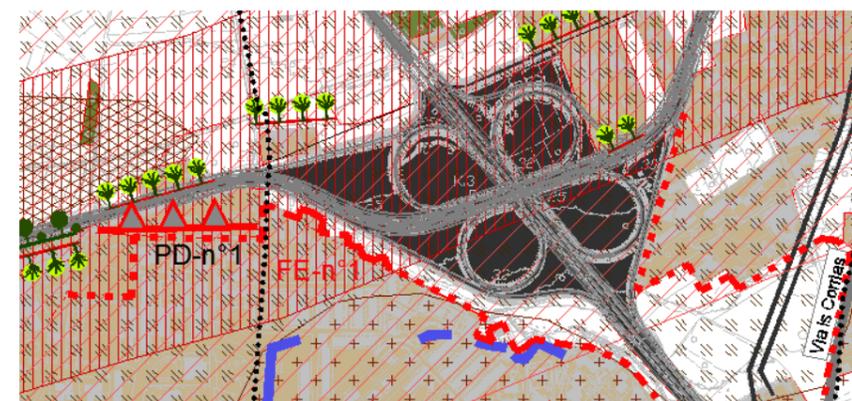
Al fine di valutare le condizioni di visibilità si considerano due parametri:

- *bersagli*. Sono i punti di osservazione principali da dove l'opera risulta in qualche modo visibile. Sono stati considerati :
 - punti di osservazione dinamica rappresentati dagli assi viari;
 - punti di osservazione statica, rappresentati dagli edifici posti nelle immediate vicinanze dell'intervento proposto.
- *Fruizione*. Si tratta di un indicatore che prende in considerazione la consistenza dei potenziali osservatori.

Vengono in quest' ultimo caso considerati i possibili fruitori del paesaggio, in relazione ai bersagli individuati. I fruitori sono rappresentati dalla popolazione locale, dai pendolari e dagli eventuali turisti. Questo elemento di valutazione intende qualificare le aspettative dei diversi fruitori, tenendo presente che la popolazione residente si aspetta qualità sceniche non inferiori a quelle cui è abituata, mentre i turisti ricercano e apprezzano paesaggi dall'elevata qualità scenica.

All'interno dell'ambito visivo considerato si riscontrano pochi punti di vista a carattere dinamico e statico, di seguito si illustrano i punti (stralci planimetrici e fotografie) posti in rapporto percettivo con il tracciato stradale.

FE-n°1



FE-n°2

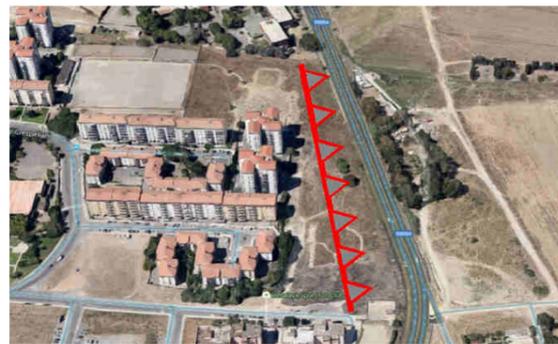
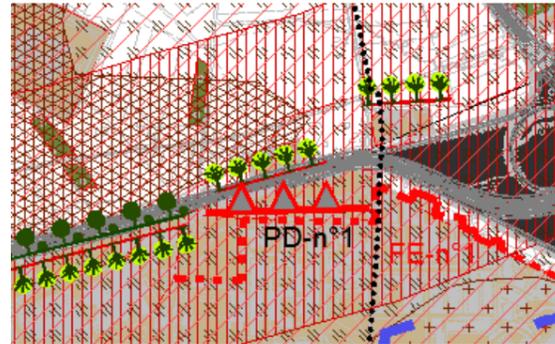


PD-n°2



In fine sono stati individuati i seguenti "punti di osservazione dinamici"

PD-n°1



PD-n°3

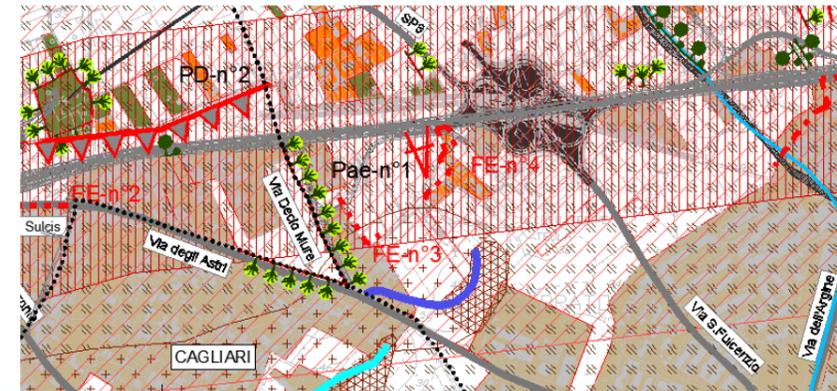


PD-n°4

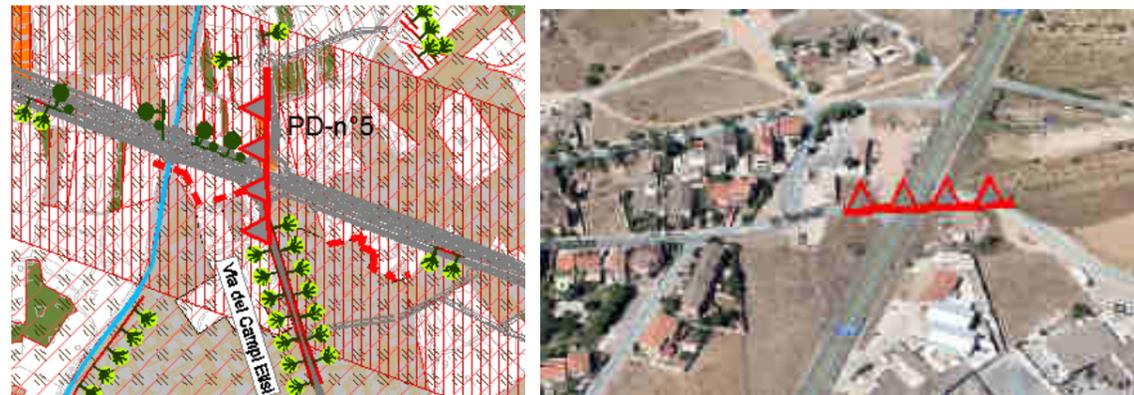


Anche i seguenti "punti di osservazione statici" che sono pochi rilevati circostanti dai quali si può avere una buona percezione visiva dell'opera,

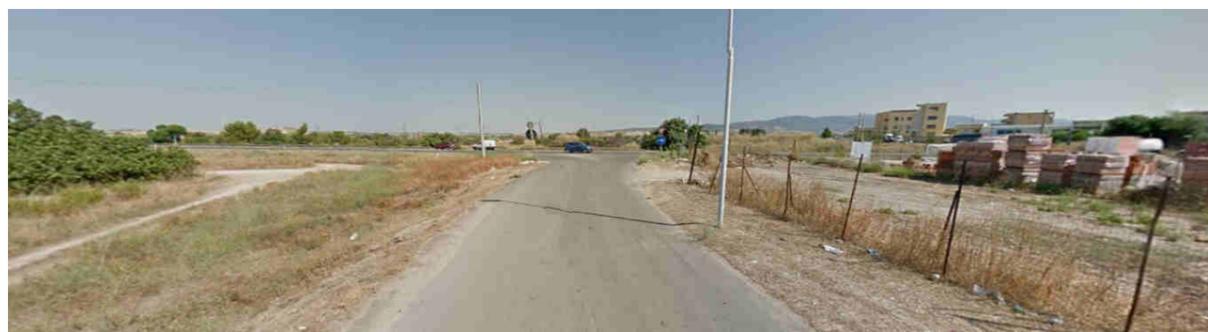
Pae-n°1



PD-n°5



Pae-n°2



Pae-n°3



Tutti questi punti si trovano ad una quota molto limitata, per cui è probabile che diversi ostacoli possano limitare la reale visibilità dell'opera, rendendo quindi la valutazione di intervisibilità puramente potenziale.

9.3 Potenziali interferenze indotte dall'opera

Il processo di individuazione dei fattori di pressione, in relazione alla specifica tipologia di intervento, ha tenuto conto dei risultati dell'analisi ante operam e contestualmente degli indirizzi di tutela della pianificazione territoriale, volta negli obiettivi alla salvaguardia degli attuali equilibri paesaggistico - territoriali. Come è possibile osservare dall'esame delle valutazioni riportate nei capitoli precedenti, la realizzazione degli interventi in progetto non determina sostanziali alterazioni o modifiche dell'assetto dell'attuale sistema paesaggistico. Tale considerazione è determinata dal fatto che gli interventi previsti costituiscono il completamento di un'infrastruttura già esistente e si localizzano in un contesto già densamente infrastrutturato, di scarsa valenza paesaggistica, soprattutto per la porzione di territorio in cui si attesta la presenza delle aree insediative a destinazione industriale, poste in aderenza al tracciato stradale. Al contrario l'analisi condotta ha posto in evidenza che il contesto di intervento necessita di una riorganizzazione degli spazi posti nelle vicinanze dell'infrastruttura.

Malgrado l'impatto paesaggistico risulti scarsamente significativo sono state definiti una serie di interventi finalizzati all'inserimento paesaggistico del progetto stradale. Gli interventi previsti si articolano in sistemazioni a verde e nella realizzazione di strutture

coerenti con i caratteri del contesto al contorno e finalizzate al miglioramento dell'inserimento paesaggistico con particolare riferimento al controllo degli impatti visivi delle opere d'arte e delle opere di sostegno.

In particolare le sistemazioni a verde svolgono varie funzioni:

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

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

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

Le proposte migliorative finalizzate al miglioramento paesaggistico del progetto stradale riguardano principalmente la definizione di un nuovo disegno delle opere d'arte e dei manufatti. Da un lato si è lavorato sulla "forma" delle opere d'arte per individuare una soluzione strutturale che si integri con il contesto di intervento; dall'altro lato è stata sviluppata un'analisi di dettaglio dei caratteri paesaggistici dell'area di intervento al fine di valutarne le condizioni percettive e valutare i cromatismi dei singoli elementi del contesto; la finalità dell'analisi è stata quella di realizzare la coerenza cromatica tra le varie opere d'arte ed il suo contesto. In particolare le migliorie introdotte sulla "forma" delle opere d'arte riguardano: l'arretramento delle spalle dei viadotti con l'aggiunta di una campata laterale per ogni lato; la realizzazione di sottostrutture con pila unica a telaio; un' unica pila centrata all'interno della rotatoria; la realizzazione di impalcati in acciaio.

Le migliorie introdotte comportano i seguenti vantaggi:

- maggiore permeabilità delle opere dal punto di vista paesaggistico, con massima altezza dei muri andatori sempre inferiore a 6 m, configurazione della pila centrale più snella, riduzione del numero delle velette;
- riduzione occupazione suolo (pila viadotto in luogo del rilevato);
- riduzione dell'apporto di materiale necessario ai riempimenti (riduzione lunghezza e altezza dei rilevati).

Alle opere d'arte è stato correlata la sistemazione delle rotatorie che insieme ai viadotti costituiscono un unico sistema. Per quanto attiene i cavalcavia dello svincolo SS131, dello svincolo di Baracca Manna e della svincolo SS125 le migliorie introdotte riguardano il miglioramento estetico/funzionale dei cavalcavia con l'introduzione di travi in acciaio. Le soluzioni tecniche sono omogeneizzate a quanto previsto per i viadotti lungo l'asse principale. In particolare, è previsto l'abbassamento della livelletta sulla SS.131 (-1,24 m rispetto al PbG) in prossimità dell'intersezione con SS 554 (Svincolo Quadrifoglio) e realizzazione di un impalcato a spalla unica. Relativamente ai muri di contenimento delle opere in viadotto il progetto preliminare prevede la realizzazione di muri in cls di cui non viene specificata la tipologia del rivestimento; in fase di redazione della proposta di gara è proposta la predisposizione nei casseri dei muri prefabbricati di apposita matrice in gomma, per dare superficie con apposita finitura.

Al fine di comprendere il grado di inserimento paesaggistico del tracciato di progetto nel contesto di riferimento sono stati elaborati alcune foto simulazioni volte; queste ultime sono state anche rivolte a rappresentare le modalità con cui le migliori introdotte hanno ottimizzato l'inserimento paesaggistico ambientale del progetto.

Per la definizione delle viste da considerare si è lavorato due livelli: in primo luogo nel corso dell'analisi ambientale condotta per la componente paesaggio sono state definite le condizioni di percezione dell'ambito interessato dal tracciato di progetto. Come indicato l'analisi condotta ha posto in evidenza una qualità percettiva molto scarsa ed un evidente esigenza di riordino urbano lungo il tracciato dell'infrastruttura, a cui contribuiscono il progetto di adeguamento e gli interventi di inserimento paesaggistico ambientali previsti. L'altra componente considerata è relativa agli elementi progettuali che compongono il progetto: i temi più significativi sono rappresentati dagli svincoli per cui sono individuabili tre configurazioni progettuali: gli svincoli esistenti (SS131 e 125) oggetto di adeguamento; il nuovo svincolo di Baracca Manna ed il sistema delle rotatorie.

Incrociando tali elementi sono stati definiti i punti per cui sono state sviluppate le fotosimulazioni; i punti considerati sono:

- svincolo SS131;
- svincolo Baracca Manna;
- svincolo n. 3 – Monserrato
- svincolo SS125.

Le fotosimulazioni pongono a confronto la soluzione del progetto preliminare e la soluzione del progetto definitivo e sono finalizzate a porre in evidenza le migliori introdotte in fase di progettazione definitiva per ottimizzare l'inserimento paesaggistico – ambientale del progetto stradale. Il progetto è stato concepito con il riferimento alla progettazione "integrata", ovvero alla definizione di un progetto che non legga le sue componenti separatamente ma le comprenda in unico insieme tale da consentirne l'integrazione all'interno del contesto territoriale e paesaggistico di riferimento.

Come è possibile verificare dai foto inserimento le condizioni di percezione degli interventi sono nella maggior parte dei casi limitati all'immediato intorno e sono caratterizzate in alcuni casi da campi visuali di dimensione limitata.

In considerazione di quanto sopra esposto, l'impatto sulla componente paesaggio risulta di scarso rilievo; gli interventi previsti consentono di ottimizzare l'inserimento paesaggistico del tracciato stradale nel contesto di intervento apportando un'azione di riorganizzazione del territorio.

10 QUADRO DI SINTESI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE

10.1 Metodologia

Nelle note che seguono si fornisce del quadro di sintesi delle potenziali interferenze rilevate in sede di analisi ambientale. Le analisi, le simulazioni e le caratterizzazioni specialistiche sono riportate nei precedenti capitoli mentre l'esame riepilogativo degli interventi di mitigazione è riportato nel Quadro di Riferimento Progettuale.

Gli studi di dettaglio hanno testimoniato che le componenti ambientali che possono presentare potenziali interferenze sono:

- Atmosfera;
- Ambiente idrico;
- Suolo e sottosuolo;
- Vegetazione, flora e fauna – Ecosistemi;
- Paesaggio;
- Rumore;
- Vibrazioni.

Al fine di rendere sintetica la descrizione delle interazioni opera - ambiente sono state predisposte le schede di identificazione delle interferenze ambientali, per la fase di esercizio e per la fase di costruzione dell'Opera.

All'interno delle schede si identificano:

- componente e parametro ambientale oggetto di potenziale interferenza,
- azione di progetto;
- tipo di interferenza potenzialmente rilevabile;
- livello di impatto.

Di seguito si esplicita la metodologia impiegata per la costruzione del quadro di sintesi delle potenziali interferenze.

10.2 Azioni di progetto e fattori di pressione ambientale

10.2.1 Azioni di progetto

Nella tabella seguente si riassumono le azioni di progetto. Per ciascun elemento del progetto si fornisce la caratterizzazione sintetica.

| Fase di esercizio | | |
|-------------------|--|--|
| Sigla | Elementi del progetto | Caratterizzazione sintetica |
| 1 | Ampliamento della piattaforma stradale | Adeguamento della sezione alla categoria "B" del DM 5/11/01, a doppia carreggiata di larghezza 9.25 m con spartitraffico centrale di 1.80 m, la piattaforma pavimentata ha una larghezza complessiva pari a 20,30 m; In viadotto le carreggiate manterranno la larghezza di 9.25 m con spartitraffico di 1.80 m. |
| 2 | Complanari | Le complanari possono essere a singola corsia o a doppia corsia. Nel caso di sezione a singola |

| Fase di esercizio | | |
|-------------------|------------------------|--|
| Sigla | Elementi del progetto | Caratterizzazione sintetica |
| | | corsia L= 5.50 m, nel caso di sezione a doppia corsia L= 9.00 m: |
| 3 | Rotatorie | Le rotatorie consentono di eliminare le intersezioni a raso; sono previste le seguenti rotatorie: km 5+950: Rotatoria Monserrato; km 7+100: Rotatoria Selargius Ovest (Via P. Nenni); km 8+500: Rotatoria Selargius Centro (Via Torrente); km 9+200: Rotatoria Selargius Est (Via Roma); km 10+400: Rotatoria Quartucciu. Tutti gli interventi hanno le medesime caratteristiche: la livelletta stradale dell'asse principale segue un sali - scendi per sovrappassare le intersezioni a rotatorie. Sostanzialmente dall'asse principale si staccano le complanari che mantenendosi basse raggiungono le rotatorie urbane poste al di sotto del viadotto dell'asse principale. |
| 4 | Svincolo SS131 | Sono previsti interventi finalizzati all'adeguamento e messa in sicurezza dello svincolo SS 131-dir esistente. Si prevede di potenziare il "quadrifoglio" esistente con due nuovi viadotti in affiancamento all'esistente. |
| 5 | Svincolo Baracca Manna | E' prevista la realizzazione di un nuovo svincolo che il collegamento della SS 554 con un importante quartiere urbano caratterizzato da una forte urbanizzazione e dalla presenza di importanti insediamenti produttivi. |
| 6 | Svincolo SS125 | Il progetto prevede di modificare la direttrice principale della SS 554 verso Villasimius anziche Poetto, l'attuale intersezione viene configurata come una interconnessione. Il progetto per l'interconnessione prevede: proseguire la doppia carreggiata verso Villasimius; utilizzare le attuali due corsie direzione Cagliari provenienti da Poetto, una per Cagliari e l'altra per Villasimius, la rampa per Cagliari sovrappassa la SS 554 mediante nuovo cavalcavia quindi si sdoppia: una corsia prosegue per Cagliari l'altra si collega alla rotatoria dello svincolo 7 su Via Mandas di Quartucciu; realizzare la rampa Cagliari-Poetto utilizzando parzialmente l'ingombro dell'attuale SS 554 ma in sottopasso; creare una complanare sud per il traffico locale. |
| 7 | Viadotti | km 5+292÷5+452 ponte su canale di sfioro km 5+325÷5+350 ponte su Rio San Giovanni km 5+410÷5+435 ponte su Riu Saliu km 5+802÷6+154 Viadotto Monserrato km 7+025÷7+250 Viadotto Selargius Ovest km 8+325÷8+675 Viadotto Selargius Centro I km 9+075÷9+370 Viadotto Selargius Centro II km 10+055÷10+630 ponte su Riu de Cungianus km 10+185÷10+540 viadotto Quartucciu |

Tabella 44 - Fase di esercizio: azioni di progetto

| Fase di costruzione | |
|---------------------|---------------------------------|
| Sigla | Elementi della cantierizzazione |
| 1 | Fasi costruttive |
| 2 | Aree di cantiere |
| 3 | Viabilità/Movimentazione mezzi |

Tabella 45 - Fase di costruzione - azioni di progetto

10.2.2 Definizione dei fattori di pressione e degli impatti

Il fattore di pressione ambientale è da intendersi come la ripercussione sul territorio di una data azione di progetto, misurabile o esprimibile in termini di possibile alterazione dello stato di una componente ambientale. Per ciascuna componente ambientale è stato pertanto definito un elenco dei potenziali fattori di pressione che possono conseguire sia in fase di esercizio dell'opera che in

fase di costruzione. La definizione della checklist è stata effettuata con riferimento alle caratteristiche specifiche del contesto territoriale in cui si inseriscono le azioni di progetto. Obiettivo di questa fase è valutare/stimare, l'alterazione potenziale dello stato della componente ambientale in esame, conseguente all'introduzione della pressione ambientale. Per poter perseguire tale finalità sono necessarie tutta una serie di attività di tipo specialistico, quali analisi specifiche, modellizzazioni e definizioni degli elementi. In particolare per le componenti Atmosfera e Rumore, nei capitoli specifici sviluppati nel Quadro di Riferimento Ambientale sono indicati gli strumenti utilizzati per le analisi di dettaglio le valutazioni di tipo previsionale sono determinanti e si basano sull'impiego di algoritmi e modelli di calcolo descritti nei capitoli precedenti.

Nei prospetti che seguono sono riportati i fattori di pressione valutati che saranno tradotti in fattori di impatto nel processo di identificazione degli impatti riferiti alle varie componenti.

10.2.2.1 Fase costruzione

COMPONENTE ATMOSFERA

Sollevamento di polveri in fase di cantiere

COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI

Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento.

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

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

COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

Sottocomponente SUOLO

Occupazione di suolo

Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo

Inquinamento del suolo

Smaltimento e stoccaggio materiali e rifiuti

Sottocomponente SOTTOSUOLO

Potenziati criticità dovute alle proprietà geotecniche dei terreni interessati dai lavori

Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico di superfici inquinate e per sversamenti accidentali

Sottocomponente ACQUE SOTTERRANEE

Interferenza con le acque sotterranee

Inquinamento delle falde acquifere

COMPONENTE VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI

Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere

Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale

Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico

Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna

Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso

Frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate temporaneamente dai cantieri

COMPONENTE RUMORE

Incremento inquinamento acustico in fase di cantiere

COMPONENTE VIBRAZIONI

Fenomeni di disturbo alle persone e danni alle strutture

COMPONENTE PAESAGGIO

Introduzione di elementi estranei al paesaggio d'appartenenza

Frammentazione del sistema unitario d'appartenenza

Alterazione del quadro paesaggistico da punti di vista privilegiati

Intrusione visiva alle brevi e medie distanze

Iterazione delle quinte sceniche naturali

Alterazione della morfologia naturale e della compagine vegetale con sostanziale modifica dello stato plano-altimetrico dei terreni e delle coperture vegetali

Inserimento di elementi di artificializzazione/barriere artificiali

Inserimento di elementi di degrado/inquinanti/disturbo di ricettori antropici o naturali

Alterazione dell'assetto insediativo storico ovvero sul sistema dei centri urbani e/o sul sistema del patrimonio storico-testimoniale

Interferenza con beni storico-culturali e loro contesti

10.2.2.2 Fase esecuzione

COMPONENTE ATMOSFERA

Emissioni inquinanti

COMPONENTE AMBIENTE IDRICO

Alterazione del deflusso delle acque di ruscellamento

Alterazione dell'assetto idraulico del corso d'acqua attraversato

Interferenza con le aree esondabili

Immissione di carichi inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale

Immissione di scarichi inquinanti dovuti a sversamenti accidentali

COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

Sottocomponente SUOLO

Sottrazione di suolo

Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo

Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali

Sottocomponente SOTTOSUOLO e ACQUE SOTTERRANEE

Criticità connesse alle proprietà geotecniche dei terreni

Interferenze con la circolazione idrica sotterranea che comportano variazioni del regime delle acque sotterranee

Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali

COMPONENTE VEGETAZIONE E FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI

Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere

Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale

Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico

Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna

Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso

Incremento della mortalità della fauna per collisione

COMPONENTE RUMORE

Incremento inquinamento acustico

COMPONENTE PAESAGGIO

Introduzione di elementi estranei al paesaggio d'appartenenza

Frammentazione del sistema unitario d'appartenenza

Alterazione del quadro paesaggistico da punti di vista privilegiati

Intrusione visiva alle brevi e medie distanze

Alterazione delle quinte sceniche naturali

Alterazione della morfologia naturale e della compagine vegetale con sostanziale modifica dello stato plano-altimetrico dei terreni e delle coperture vegetali

Inserimento di elementi di artificializzazione/barriere artificiali

Inserimento di elementi di degrado/inquinanti/disturbo di ricettori antropici o naturali

Alterazione dell'assetto insediativo storico ovvero sul sistema dei centri urbani e/o sul sistema del patrimonio storico-testimoniale

Interferenza con beni storico-culturali e loro contesti

10.2.3 Valutazione dei livelli di impatto

Per quanto attiene la *valutazione dei livelli di impatto* si individuano i seguenti livelli di potenziale interferenza.

| LIVELLO DI IMPATTO | SIGNIFICATO ED EFFETTI |
|--------------------|--|
| Elevato | Gli effetti associati a tale impatto sono di ampia scala e/o compromettono la disponibilità/qualità di risorse strategiche. Tale livello di impatto corrisponde, inoltre, alla definizione di un atteggiamento di massima cautela nei confronti del livello di confidenza delle analisi previsionali condotte in relazione alle sensibilità specifiche del territorio. |
| Importante | Indicazione che introduce un elemento di valutazione importante nel processo decisionale in merito all'opportunità di introdurre ulteriori azioni correttive (ad es. compensazioni). |
| Medio | Impatto che non costituisce normalmente un elemento rilevante del processo decisionale ma richiede, in ogni caso, il controllo e la verifica delle valutazioni e stime effettuate (Monitoraggio Ambientale). |
| Minore | Impatti di scala locale segnalati ai fini della corretta definizione e gestione della successiva fase progettuale (Progettazione esecutiva, Sistema di gestione ambientate, ottimizzazione di elementi della cantierizzazione, ecc.). |
| Trascurabile | Gli effetti prodotti ricadono all'interno del livello di percezione e dei margini di errore intrinseci alla stima dell'alterazione. |

Il progetto e gli interventi di mitigazione ed inserimento paesaggistico ambientale consentono di risolvere alcune problematiche ambientali già presenti nell'area. Si consideri, ad esempio, la componente rumore: attualmente lungo il tracciato della Nuova

Cagliari non sono previsti interventi di protezione acustica con i ben noti effetti di disturbo sulla popolazione; l'analisi ambientale condotta ha posto in evidenza i livelli di interferenza acustica presenti sul territorio e, conseguentemente, la necessità di prevedere interventi di protezione acustica. In tal senso il progetto proposto risulta migliorativo considerando che va a risolvere una problematica ambientale.

Al fine di rendere comprensibili i benefici indotti dal progetto proposto sul sistema ambientale considerato, nelle tabelle che seguono è indicato il livello di interferenza sia senza l'attuazione degli interventi di mitigazione/inserimento paesaggistico - ambientale sia con l'attuazione degli interventi di mitigazione/inserimento paesaggistico - ambientale

10.3 Raccolta sintetica delle potenziali interferenze

Di seguito si riportano le *schede identificative e descrittive delle potenziali interferenze ambientali*.

10.3.1 Fase di costruzione

| Componente ambientale: ATMOSFERA | AZIONE DI PROGETTO : 1, 2, 3 | |
|---|------------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Risollevamento di polveri in fase di cantiere | Importante | Medio |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della realizzazione di cantieri, piazzole, piste | Medio | Trascurabile |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici per impermeabilizzazione delle aree di cantiere | Minore | Trascurabile |
| Esecuzione di attività di costruzione in alveo o di interventi sull'alveo | Medio | Minore |
| Immissione di carichi inquinanti dovuti a acque di prima pioggia o a sversamenti accidentali | Importante | Medio |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della realizzazione di cantieri, piazzole, piste | Medio | Minore |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|---|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici per impermeabilizzazione delle aree di cantiere | Importante | Medio |
| Immissione di carichi torbidi | Medio | Minore |
| Esecuzione di attività di costruzione in alveo o di interventi sull'alveo | Trascurabile | Trascurabile |
| Immissione di carichi inquinanti dovuti a acque di prima pioggia o a sversamenti accidentali | Importante | Medio |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della realizzazione di cantieri, piazzole, piste | Minore | Trascurabile |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici per impermeabilizzazione delle aree di cantiere | Trascurabile | Trascurabile |
| Esecuzione di attività di costruzione in alveo o di interventi sull'alveo | Medio | Minore |
| Immissione di carichi inquinanti dovuti a acque di prima pioggia o a sversamenti accidentali | Medio | Minore |

| Componente ambientale: SUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Occupazione di suolo | Medio | Minore |
| Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo | Medio | Minore |
| Potenziale sversamento sul suolo di sostanze e materiali inquinanti in corso d'opera | Importante | Medio |

| Componente ambientale: SUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |

| Componente ambientale: SUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|--|-----------------------|--------------|
| Occupazione di suolo | Importante | Trascurabile |
| Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo | Medio | Minore |
| Potenziale sversamento sul suolo di sostanze e materiali inquinanti in corso d'opera | Importante | Medio |

| Componente ambientale: SUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Occupazione di suolo | Medio | Minore |
| Compromissione delle proprietà chimico-fisiche del suolo | Medio | Minore |
| Potenziale sversamento sul suolo di sostanze e materiali inquinanti in corso d'opera | Medio | Minore |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Medio | Minore |
| Potenziale immissione nel sottosuolo di sostanze e materiali inquinanti in corso d'opera | Importante | Medio |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Medio | Minore |
| Potenziale immissione nel sottosuolo di sostanze e materiali inquinanti in corso d'opera | Importante | Medio |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|--|-----------------------|--------|
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Medio | Minore |
| Potenziale immissione nel sottosuolo di sostanze e materiali inquinanti in corso d'opera | Medio | Minore |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|---|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Medio | Minore |
| Ingresso di acque di dilavamento meteorico di superfici contaminate | Importante | Medio |
| Ingresso di contaminanti dovuto a sversamenti accidentali | Importante | Medio |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|---|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Minore | Trascurabile |
| Ingresso di acque di dilavamento meteorico di superfici contaminate | Importante | Minore |
| Ingresso di contaminanti dovuto a sversamenti accidentali | Importante | Minore |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|---|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Trascurabile | Trascurabile |
| Ingresso di acque di dilavamento meteorico di superfici contaminate | Medio | Minore |
| Ingresso di contaminanti dovuto a sversamenti accidentali | Medio | Minore |

| Componente ambientale: VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI | | AZIONE DI PROGETTO : 1 | |
|---|-------------------------|------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazione | |
| Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere | Minore | Minore | |
| Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale | Minore | Minore | |
| Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico | Minore | Minore | |
| Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna | Minore | Trascurabile | |
| Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso | Minore | Trascurabile | |
| Frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate temporaneamente dai cantieri | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI | | AZIONE DI PROGETTO : 2 | |
|---|-------------------------|------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazione | |
| Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere | Minore | Minore | |
| Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale | Minore | Minore | |
| Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI | | AZIONE DI PROGETTO : 2 | |
|--|-------------------------|------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazione | |
| Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna | Minore | Trascurabile | |
| Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso | Minore | Trascurabile | |
| Frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate temporaneamente dai cantieri | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI | | AZIONE DI PROGETTO : 3 | |
|---|-------------------------|------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazione | |
| Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere | Trascurabile | Trascurabile | |
| Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale | Trascurabile | Trascurabile | |
| Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico | Minore | Minore | |
| Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna | Minore | Trascurabile | |
| Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso | Minore | Trascurabile | |
| Frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate temporaneamente dai cantieri | Trascurabile | Trascurabile | |

| Componente ambientale: RUMORE | | AZIONE DI PROGETTO : 1, 2, 3 | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |

| | | |
|--|-------------------------------------|-----------------|
| Incremento inquinamento acustico in fase di cantiere | Medio | Minore |
| Componente ambientale: VIBRAZIONI | AZIONE DI PROGETTO : 1, 2, 3 | |
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Fenomeni di disturbo alle persone e danni alle strutture | Trascurabile | Trascurabile |

| | | |
|--|-------------------------------|-----------------|
| Componente ambientale: PAESAGGIO | AZIONE DI PROGETTO : 2 | |
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Introduzione di elementi estranei al paesaggio d'appartenenza | Minore | Trascurabile |
| Frammentazione del sistema unitario d'appartenenza | Assente | Assente |
| Alterazione del quadro paesaggistico da punti di vista privilegiati | Assente | Assente |
| Intrusione visiva alle brevi e medie distanze | Assente | Assente |
| Alterazione delle quinte sceniche naturali | Assente | Assente |
| Alterazione della morfologia naturale e della compagine vegetale con sostanziale modifica dello stato plano-altimetrico dei terreni e delle coperture vegetali | Assente | Assente |
| Inserimento di elementi di artificializzazione/barriere artificiali | Assente | Assente |
| Inserimento di elementi di degrado/inquinanti/disturbo di ricettori antropici o naturali | Assente | Assente |
| Alterazione dell'assetto insediativo storico ovvero sul sistema dei centri urbani e/o sul sistema del patrimonio storico-testimoniale | Assente | Assente |
| Interferenza con beni storico-culturali e loro contesti | Assente | Assente |

10.3.2 Fase di esercizio

| | | |
|---|--------------------------------------|-----------------|
| Componente ambientale ATMOSFERA | AZIONE DI PROGETTO : da 1 a 7 | |
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Emissioni inquinanti in fase di esercizio | Trascurabile | Trascurabile |

Il progetto stradale determina una migliore distribuzione dei traffici riducendo migliorando conseguentemente le condizioni di qualità dell'aria contestualmente all'evoluzione del parco veicolare circolante. Malgrado ciò sono stati previsti alcuni interventi di mitigazione (fasce arboreo – arbustive) finalizzate alla contenimento degli inquinanti nei casi in cui l'edificato a destinazione residenziale è posto in prossimità dell'infrastruttura.

| | | |
|---|------------------------------|-----------------|
| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della presenza di rilevati, aree di servizio, viabilità di collegamento | Medio | Minore |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici da aree impermeabilizzate | Medio | Minore |
| Alterazione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua attraversati | Medio | Trascurabile |
| Interferenza con le aree esondabili | Importante | Trascurabile |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Importante | Medio |

| | | |
|---|------------------------------|-----------------|
| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della presenza di rilevati, viabilità di collegamento | Medio | Minore |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici da aree impermeabilizzate | Medio | Minore |
| Alterazione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua attraversati | Minore | Trascurabile |
| Interferenza con le aree esondabili | Medio | Trascurabile |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Importante | Medio |

| | | |
|---|------------------------------|-----------------|
| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della presenza di rilevati, viabilità di collegamento | Medio | Minore |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici da aree impermeabilizzate | Medio | Minore |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Alterazione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua attraversati | Minore | Trascurabile | |
| Interferenza con le aree esondabili | Importante | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | | AZIONE DI PROGETTO: 4 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della presenza di rilevati, viabilità di collegamento | Medio | Minore | |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici da aree impermeabilizzate | Medio | Minore | |
| Alterazione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua attraversati | Minore | Trascurabile | |
| Interferenza con le aree esondabili | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Importante | Medio | |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | | AZIONE DI PROGETTO: 5 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della presenza di rilevati, viabilità di collegamento | Medio | Minore | |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici da aree impermeabilizzate | Medio | Minore | |
| Alterazione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua attraversati | Minore | Trascurabile | |
| Interferenza con le aree esondabili | Trascurabile | Trascurabile | |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | | AZIONE DI PROGETTO: 5 | |
|---|------------|-----------------------|--|
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Importante | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | | AZIONE DI PROGETTO: 6 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della presenza di rilevati, viabilità di collegamento | Medio | Minore | |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici da aree impermeabilizzate | Medio | Minore | |
| Alterazione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua attraversati | Minore | Trascurabile | |
| Interferenza con le aree esondabili | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Importante | Medio | |

| Componente ambientale: ACQUE SUPERFICIALI | | AZIONE DI PROGETTO: 7 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con il deflusso delle acque di ruscellamento a seguito della presenza di rilevati, viabilità di collegamento | Trascurabile | Minore | |
| Aumento della quantità di acqua che scorre verso i corpi idrici da aree impermeabilizzate | Medio | Minore | |
| Alterazione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua attraversati | Medio | Minore | |
| Interferenza con le aree esondabili | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Importante | Medio | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sottrazione di suolo | Importante | Medio | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sversamenti di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sottrazione di suolo | Medio | Medio | |
| Sversamenti di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sottrazione di suolo | Medio | Medio | |
| Sversamenti di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 4 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sottrazione di suolo | Medio | Minore | |
| Sversamenti di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 5 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sottrazione di suolo | Medio | Minore | |
| Sversamenti di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 6 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sottrazione di suolo | Medio | Minore | |
| Sversamenti di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 7 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Sottrazione di suolo | Trascurabile | Trascurabile | |
| Sversamenti di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Trascurabile | Trascurabile | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 4 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 5 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 6 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Trascurabile | Trascurabile | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Minore | Minore | |

| Componente ambientale: SOTTOSUOLO | | AZIONE DI PROGETTO: 7 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenza con terreni con caratteristiche geotecniche scadenti | Medio | Minore | |
| Immissione di carichi inquinanti per acque di prima pioggia o per sversamenti accidentali | Importante | Medio | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 1 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Trascurabile | Trascurabile | |
| Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 2 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Trascurabile | Trascurabile | |
| Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 3 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Trascurabile | Trascurabile | |
| Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 4 | |
|--|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Trascurabile | Trascurabile | |
| Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 5 | |
|---|-------------------------|-----------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Trascurabile | Trascurabile | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 5 | |
|--|-------------------------|------------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 6 | |
|--|-------------------------|------------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Trascurabile | Trascurabile | |
| Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali | Medio | Minore | |

| Componente ambientale: ACQUE SOTTERRANEE | | AZIONE DI PROGETTO: 7 | |
|--|-------------------------|------------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Interferenze con il regime di deflusso dei corpi idrici sotterranei | Importante | Medio | |
| Ingresso di inquinanti provenienti dal dilavamento meteorico della piattaforma stradale e da sversamenti accidentali | Importante | Medio | |

| Componente ambientale: VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI | | AZIONE DI PROGETTO : DA 1 A 6 | |
|---|-------------------------|--------------------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazione | |
| Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere | Minore | Minore | |
| Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale | Minore | Minore | |
| Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico | Minore | Minore | |
| Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna | Minore | Trascurabile | |
| Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso | Minore | Trascurabile | |
| Incremento della mortalità della fauna per collisione | Minore | Trascurabile | |

| Componente ambientale: VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI | | AZIONE DI PROGETTO : 7 | |
|---|-------------------------|-------------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazione | |
| Sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere | Minore | Minore | |
| Rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale | Trascurabile | Trascurabile | |
| Incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico | Minore | Minore | |
| Incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna | Trascurabile | Trascurabile | |
| Aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso | Minore | Trascurabile | |
| Incremento della mortalità della fauna per collisione | Minore | Trascurabile | |

| Componente ambientale RUMORE | | AZIONE DI PROGETTO : da 1 a 7 | |
|---|-------------------------|--------------------------------------|--|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni | |
| Incremento inquinamento acustico in fase di esercizio | Medio | Minore | |

Il progetto stradale determina una migliore distribuzione dei traffici migliorando conseguentemente le condizioni di inquinamento acustico, malgrado ciò sono previsti alcuni interventi di mitigazione acustica al fine il rispetto dei limiti normativi per la totalità dei ricettori. sono stati previsti alcuni interventi di mitigazione (fasce arboreo – arbustive) finalizzate alla contenimento degli inquinanti nei casi in cui l'edificato a destinazione residenziale è posto in prossimità dell'infrastruttura.

Per la specificità della componente Paesaggio, l'opera non viene considerata nei diversi "elementi" che la compongono, piuttosto viene considerata nella sua interezza.

| Componente ambientale PAESAGGIO | | |
|--|-------------------------|-----------------|
| FATTORI DI PRESSIONE | LIVELLO DI INTERFERENZA | |
| | senza mitigazioni | con mitigazioni |
| Introduzione di elementi estranei al paesaggio d'appartenenza | Minore | Trascurabile |
| Frammentazione del sistema unitario d'appartenenza | Minore | Trascurabile |
| Alterazione del quadro paesaggistico da punti di vista privilegiati | Trascurabile | |
| Intrusione visiva alle brevi e medie distanze | Minore | |
| Alterazione delle quinte sceniche naturali | Assente | Assente |
| Alterazione della morfologia naturale e della compagine vegetale con sostanziale modifica dello stato plano-altimetrico dei terreni e delle coperture vegetali | Assente | Assente |
| Inserimento di elementi di artificializzazione/barriere artificiali | Minore | Trascurabile |
| Inserimento di elementi di degrado/inquinanti/disturbo di ricettori antropici o naturali | Minore | Trascurabile |
| Alterazione dell'assetto insediativo storico ovvero sul sistema dei centri urbani e/o sul sistema del patrimonio storico-testimoniale | Assente | Assente |
| Interferenza con beni storico-culturali e loro contesti | Assente | Assente |

10.4 Conclusioni

Atmosfera

Per quel che riguarda il bilancio emissivo, per lo scenario progettuale al 2025 ci si attende una riduzione rispetto allo stato attuale per ognuno degli inquinanti considerati: in particolare, si stimano delle riduzioni comprese tra il 12,70% (per l'NO₂) e il 55,06% (per il C₆H₆). Il PM₁₀ registra una riduzione del 17,95%.

Per ciò che concerne invece le concentrazioni al suolo, assumendo quale valore di fondo per l'NO₂ 106 µg/m³ (registrato nel 2014 nella stazione di fondo CENMO1 di Monserrato in Via Sant'Angelo, la più prossima alla SS554), emerge che le concentrazioni orarie massime nello scenario attuale sono pari a circa 3,5 volte (355%) il valore di fondo (nel sito 4), mentre nello scenario progettuale al 2025 si raggiunge al massimo il 75% (nel sito 6) del valore di fondo.

Tra lo scenario progettuale al 2025 e lo scenario attuale si stima per l'NO₂ una riduzione delle concentrazioni massime orarie compresa tra il 18% nel sito 5 e l'85% nel sito 14.

Pertanto, sia il valore massimo orario atteso, sia la media annuale attesa nello scenario progettuale rientrano nei limiti di normativa, contrariamente a quanto accade allo stato attuale.

Ambiente idrico superficiale

Le potenziali interferenze individuate per le acque superficiali sono:

1. l'alterazione del deflusso delle acque di ruscellamento;
2. le interferenze con il deflusso dei corpi idrici superficiali;
3. le interferenze con le aree esondabili;
4. l'inquinamento delle acque superficiali.

Queste interferenze sono possibili per i tre corsi d'acqua intercettati dall'infrastruttura stradale e in corrispondenza delle aree periodicamente allagate in occasione di eventi meteorici straordinari.

Tra le interferenze sopra elencate si è riscontrato un effetto importante per il possibile aumento delle acque raccolte nelle aree impermeabilizzate, soprattutto in corrispondenza dei cantieri. A questo effetto negativo il progetto ovvia con la raccolta e canalizzazione delle acque ed il loro trasferimento nei corsi d'acqua recettori attraverso, ove necessario, delle vasche di calma.

Altro effetto importante si manifesta in corrispondenza delle aree esondabili evidenziate nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna in quanto la realizzazione dei nuovi tratti stradali potrebbe ostacolare il deflusso delle acque con possibile aumento dei livelli e dei tempi di ristagno. Il progetto prevede la realizzazione di canali di guardia e aree di esondazione che concorreranno a ridurre la superficie allagata ed i tempi di ristagno rispetto a quelli che si verificano attualmente prima della realizzazione della nuova viabilità.

Infine una interferenza importante è quella derivante dall'arrivo di inquinanti che si raccoglieranno su una superficie doppia rispetto a quella attuale. Infatti le acque di prima pioggia avranno un carico considerevole raccolto sulla sede stradale, aumentato anche in conseguenza del prevedibile incremento del traffico; allo stesso modo aumenterà la possibilità di sversamenti accidentali di liquidi inquinanti. Questa interferenza verrà tenuta sotto controllo dalla presenza di una rete di raccolta delle acque con canalizzazioni dedicate che convoglieranno le acque nelle vasche per la sedimentazione e disoleazione. Solo dopo il trattamento le acque saranno immesse nei corpi idrici recettori.

Con l'attuazione degli interventi di mitigazione tutte le interferenze individuate e segnalate saranno ridotte a livelli tali che non costituiranno un problema per la corretta gestione ambientale dell'area.

Suolo e sottosuolo

Per quanto attiene la sottocomponente suolo le potenziali interferenze riscontrate sono:

1. l'occupazione temporanea;
2. la sottrazione definitiva;
3. la compromissione delle proprietà chimico-fisiche;
4. l'inquinamento.

Gli effetti maggiori sono stati riscontrati per l'occupazione/sottrazione di suolo e per l'inquinamento.

Per quanto attiene l'occupazione temporanea del suolo in corrispondenza delle aree di cantiere l'interferenza termina con la fine dei lavori. Nel progetto è prevista la risistemazione delle aree con i terreni tolti al momento della realizzazione delle aree, così da ripristinare le stesse caratteristiche pedologiche esistenti prima degli interventi. Sono previsti anche interventi di riambientalizzazione con la messa in posto di opportune essenze vegetali.

L'interferenza conseguente alla sottrazione definitiva di suolo a seguito del raddoppio della strada non risulta direttamente mitigabile ma il suolo con buone caratteristiche pedologiche accantonato è utilizzabile per i ripristini e la riambientalizzazione nelle aree all'intorno dell'infrastruttura.

L'interferenza derivante dal possibile arrivo di inquinanti è collegata a quella vista per le acque superficiali. Le azioni messe in atto per ridurre gli effetti sulle acque agiscono anche in questo caso così dopo l'attuazione degli interventi di mitigazione questo impatto verrà annullato o reso trascurabile.

Queste stesse considerazioni possono valere anche per la sottocomponente sottosuolo che, dato il tipo di interventi previsti nel progetto, risulta interferita in modo consistente solo dal possibile inquinamento. Le descritte azioni di mitigazione riducono l'impatto a valori trascurabili.

Ambiente idrico sotterraneo

Le acque *sotterranee* potrebbero teoricamente essere interferite dall'esecuzione di lavori che prevedano lo scavo all'interno dell'acquifero con variazione delle caratteristiche della falda (livello piezometrico, direzione e velocità di scorrimento, ecc.). Poiché il progetto prevede per la quasi totalità la realizzazione di opere superficiali esse non andranno a interferire con i regimi di deflusso delle acque sotterranee. Potrebbero fare eccezione le fondazioni dei viadotti previsti in progetto ma la profondità prevista in progetto non interessa gli acquiferi che contengono la falda quindi gli effetti a fine intervento risulteranno minimi se non trascurabili.

L'altra interferenza possibile è *quella* derivante dall'inquinamento ma, come abbiamo visto per le componenti suolo e sottosuolo, l'effetto viene ridotto e quasi annullato con gli interventi proposti nella componente acque superficiali.

Vegetazione, flora e fauna – Ecosistemi

Gli impatti dell'adeguamento di un'infrastruttura stradale esistente sulla componente biotica sono riconducibili alle attività di cantiere ed alla fase di esercizio, che comportano in generale, rispettivamente temporaneamente e permanentemente, la sottrazione e la frammentazione di habitat seminaturali nonché diverse forme di disturbo e di inquinamento che interessano habitat e specie faunistiche presenti nell'area.

Come sopra descritto, il progetto interessa aree di scarsa sensibilità per la componente floristico-vegetazionale e faunistica, e comporterà quindi limitata sottrazione di aree con presenza di vegetazione naturale e seminaturale dotate di potenziale idoneità faunistica, peraltro estremamente frammentate.

In generale quindi gli impatti potenziali sulla componente biotica avranno scarsa rilevanza ma potranno riguardare:

- sottrazione permanente di habitat seminaturali (eradicazione specie vegetali, cementificazione di superfici vegetate) nelle aree occupate dalle opere - comunque costituiti da ambiti trasformati, alterati e/o disturbati dall'infrastruttura esistente;
- modesto rafforzamento della frammentazione di habitat ed ecosistemi già operata dalla infrastruttura viaria allo stato attuale;
- incremento dell'impatto sulla vegetazione dell'inquinamento atmosferico;
- modesto incremento della fascia di disturbo acustico alla fauna;

- aumento del disturbo alle componenti biotiche dovuto all'inquinamento luminoso (comunque in ambito già caratterizzato da una intensa contaminazione ambientale da luce artificiale dispersa);
- frammentazione temporanea di habitat nelle aree interessate temporaneamente dai cantieri (strade di accesso, aree di stoccaggio, ecc.), tipicamente limitati per il carattere di adeguamento di infrastruttura esistente;
- modesto incremento della mortalità della fauna per collisione, con riferimento alla fauna ornitica (impatto già operante, eventualmente interessato da un incremento dovuto all'aumento del traffico e della velocità media o da cambiamenti di percorso eventualmente necessari in fase di costruzione).

Rumore e Vibrazioni

Per quanto attiene la componente "Rumore" gli scenari simulati sono:

- situazione attuale (anno 2015)
- scenario progettuale (anno 2025). Prevede la stesura di pavimentazione drenante fonoassorbente
- scenario post mitigazione (anno 2025). Prevede la stesura di pavimentazione drenante fonoassorbente e l'installazione di barriere antirumore.

Il dimensionamento delle opere di mitigazione (barriere antirumore e finestre fonoisolanti) è stato effettuato con l'obiettivo di ricondurre i livelli di pressione sonora presso ciascun ricettore, entro i limiti predefiniti.

Per quanto attiene lo studio di propagazione delle vibrazioni si è giunti alla conclusione che i livelli di vibrazione attesi durante i lavori di realizzazione della infrastruttura stradale non sono tali da pregiudicare la stabilità degli edifici.

Fenomeni di *annoyance*, tuttavia, possono verificarsi per i residenti degli edifici ubicati in prossimità delle aree di cantiere.

Paesaggio

La realizzazione degli interventi in progetto non determina sostanziali alterazioni o modifiche dell'assetto dell'attuale sistema paesaggistico. Il contesto di Tale considerazione è determinata dal fatto che gli interventi previsti costituiscono il completamento di un'infrastruttura già esistente e si localizzano in un contesto già densamente infrastrutturato, di scarsa valenza paesaggistica, soprattutto per la porzione di territorio in cui si attesta la presenza delle aree insediative a destinazione industriale, poste in aderenza al tracciato stradale. Al contrario l'analisi condotta ha posto in evidenza che il contesto di intervento necessita di una riorganizzazione degli spazi posti nelle vicinanze dell'infrastruttura.

Malgrado l'impatto paesaggistico risulti scarsamente significativo sono state definiti una serie di interventi finalizzati all'inserimento paesaggistico del progetto stradale. Gli interventi previsti si articolano in sistemazioni a verde e nella realizzazione di strutture coerenti con i caratteri del contesto al contorno e finalizzate al miglioramento dell'inserimento paesaggistico con particolare riferimento al controllo degli impatti visivi delle opere d'arte e delle opere di sostegno.

11 BIBLIOGRAFIA

Ambiente idrico, suolo e sottosuolo

- A. Gamba - *Progetto di una rete di percorsi ciclabili. Relazione Geologica.* - Parco Naturale Regionale Molentargius-Saline. Novembre 2011
- Anas SPA. *SS 554 Cagliaritana. Adeguamento alla sezione stradale Cat. B "Extraurbana Principale" ed eliminazione delle intersezioni a raso.* Dicembre 2015
- APAT - Dipartimento difesa del suolo - Servizio Geologico d'Italia. *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 557 Cagliari.* 2005
- APAT - Dipartimento difesa del suolo - Servizio Geologico d'Italia. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 557.* 2005
- Comune di Cagliari. *Piano Urbanistico Comunale. Cartografia.* Novembre 1997
- Comune di Cagliari. *SS 554 Lotto 3 - Intervento "A - B" Relazione idrologica e idraulica.* Luglio 2015
- Comune di Monserrato. *Adeguamento del PUC al PAI e al PPR.* Settembre 2013/Maggio 2014
- Comune di Selargius. *Piano Urbanistico Comunale.* Marzo 2011
- Provincia di Cagliari. *Piano Urbanistico Provinciale. Piano Territoriale di Coordinamento.* Novembre 2002
- Regione Autonoma della Sardegna. *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Relazione Generale e Cartografia. Revisione.* Luglio 2004
- Regione Autonoma della Sardegna. *Rilevamento dello stato di qualità dei corpi idrici della Sardegna.* 2005
- Regione Autonoma della Sardegna. *Piano di Tutela delle Acque.* 2006
- Regione Autonoma della Sardegna. *Studi per il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali- Sub bacino 07 Flumendosa-Campidano-Cixerri.* Aprile 2007
- Regione autonoma della Sardegna. *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Norme di attuazione.* Aggiornato Marzo 2008
- Regione Autonoma della Sardegna. *Piano di gestione del Distretto Idrografico della Sardegna.* Settembre 2009
- Regione Autonoma della Sardegna - Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione delle siccità. *Caratterizzazione dei corpi idrici della Sardegna Relazione generale.* 2009)
- Regione Autonoma della Sardegna - Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione delle siccità. *Caratterizzazione dei corpi idrici della Sardegna Relazione generale Allegato A.* 2009)
- Regione Autonoma della Sardegna - Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione delle siccità. *Caratterizzazione dei corpi idrici della Sardegna Relazione generale Allegato B.* 2009)
- Regione Autonoma della Sardegna. *Sardegna Geoportale. Mappe tematiche.* 2010/2014
- Regione Autonoma della Sardegna. *Riesame e aggiornamento del Piano di gestione del Distretto Idrografico della Sardegna.* Dicembre 2015

Vegetazione, flora

- Agenzia per la protezione dell'ambiente e dei servizi tecnici (APAT) 2005. *Image and Corine Cover* 2000.
- Conti F., Abbate G., Alessandrini A. & Blasi C. (eds.), 2005. *An Annotated Checklist of the Italian Vascular Flora.* Palombi Editori, Roma: 17-22; 27-32.

- Decr. Pres. 357 dell' 8/9/1997. Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali nonché della flora e della Fauna selvatica.
- Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della fauna selvatiche. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea n. L 206 del 22 luglio 1992.
- Ellenberg, H., 1985. *The ecological behaviour and the ecological grouping of species: indicator values with regard to particular habitat factors in vegetation of central Europe.* Oxford: Cambridge University Press.
- European Communities 1991. *Habitat of the European Communiti. CORINE biotopes manual, 2 vol.* Luxembourg: Commission of the European Communities.
- Fanelli G., Lucchese F., 1998. *The status of Brometalia rubenti-tectorum communities from the Mediterranean area in different syntaxonomical schemes.* Rend. Fis. Acc. Lincei s. 9 (9): 241-255.
- Fanelli G., Tescarollo P., Testi A., 2006a. *Ecological indicators applied to urban and suburban flora.* Ecological Indicators 6: 444-457.
- Ferro G., Lucchese F., Lopes C., & Schicchi R., 2000. *Risultati preliminari della revisione di alcuni sintaxa della classe Thero-Brachypodietea.* Atti del Congresso 13-14 settembre, 2000.
- Fiori A., 1923-1929. *Nuova flora analitica d'Italia.* Firenze.
- La Presa A., Angelini P., Festari I., 2004: *Gli habitat secondo la nomenclatura Eunis: manuale di classificazione per la realtà italiana.* Rapporti APAT 39/2004.
- Mucina L., 1997. *Conspectus of classes of European vegetation.* Folia Geobot. Phytotax. 32: 117-172.
- Pignatti S., 1984. *Flora d'Italia. Edagricole, III Vol.*
- Pignatti S., Bianco M. P., Fanelli G., Paglia S., Pietrosanti S., Tescarollo P., 2001. *Le piante come indicatori ambientali. Manuale tecnico-scientifico.* Agenzia Naz. Prot. Ambiente, Roma.
- Pignatti S., Menegoni P., Pietrosanti S., 2005: *Biondificazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia.* Braun-Blanquetia 39, Camerino, pp. 97.
- Raunkiaer C., 1934: *The life forms of plants and statistical plant geography.* Oxford: Clarendon Press.
- Rodwell J.S., Schaminée J.H.J., Mucina L., Pignatti S., Dring J., Moss D., 2002. *The diversity of European Vegetation. An overview of phytosociological alliances and their relationship to EUNIS habitats.* Wageningen, NL. EC-LNV. Report EC.-LNV. nr. 2002/054.
- Thompson K., Hodgson J.G., Grime J.P., Rorison I.H., Band S.R. & Spencer R.E., 1993: *Ellenberg numbers revisited.* Phytocoenologia, 23, 277-289.
- Weber H.E., Moravec, J. & Theurillat J.-P., 2000. *International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition.* Journal of Vegetation Science 11: 739-768. Uppsala.

Fauna ed Ecosistemi

- Amori G., Angelici F.M., Frugis S., Gandolfi G., Groppali R., Lanza B., Relini G. e Vicini G., 1993. *Checklist delle specie della Fauna d'Italia : Vertebrata.* Calderini, Bologna, 83 pp.
- Andrews J. and Rebane M. (1994). *Farming & Wildlife: a practical management handbook.* Royal Society for the Protection of Birds (R.S.P.B.), U.K.
- Bibby C.J., Burgess N.D. and Hill D.A. (1992). *Bird Census Techniques.* Academic Press, London.
- Bricchetti P., De Franceschi P. e Baccetti N. (1992). *Fauna d'Italia: Uccelli* Calderini, Bologna.
- Cramp S. (1977-1985). *The Birds of the Western Palearctic. Voll. I - IV.* Oxford University Press.

Meschini E. e Frugis S. (Eds), 1993. Atlante degli uccelli nidificanti in Italia. Suppl. Ric. Biol. Selvaggina, XX : 1 - 344.
Spagnesi M. e Toso S. (1991). Evoluzione recente della situazione faunistico gestionale in Italia. Atti II° Conv. Naz. Biol. Selv., Bologna, 7-8 Marzo, 1991
Tenucci M. (1986). I Mammiferi. Ist. Geografico De Agostini, pagg. 190
Toschi A. (1965). Mammalia. Fauna d'Italia, vol. VII. Ed. Calderini, Bologna
Tucker G.M. and Heath M.F. (1994). Birds in Europe, their conservation status. BirdLife International, U.K.: BirdLife Conservation Series No. 3.

Paesaggio

Turri E., (1979), Semiologia del paesaggio italiano, Longanesi, Milano.
Turri E., (1998), Il paesaggio come teatro, Marsilio, Venezia.
Pays.doc – MEDOCC , Per una corretta gestione del Paesaggio. Linee guida, Generalitat de Catalunya. Department de Política Territorial i Obres Públiques Direcció General d'Arquitectura i Paisatge, Barcellona 2007.
Piano Paesaggistico della Regione Sardegna, approvato con D.G.R. n.36/7 del 5/9/2006, in ottemperanza alla L.R.8/2004.
Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Cagliari approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 133 del 19 dicembre 2002.
Norma UNI 11109 del 01/04/2004 "Linee guida per lo studio dell'impatto sul paesaggio nella redazione degli Studi di Impatto Ambientale".
Convenzione Europea del Paesaggio, adottato dal Comitato dei Ministri della Cultura e dell'Ambiente del Consiglio d'Europa il 19 luglio 2000, ufficialmente sottoscritto il 20 ottobre 2000.
A. Fadda "L'evoluzione del paesaggio in Sardegna". COEDISAR (Cagliari)
A. Fadda "Il paesaggio costiero in Sardegna" COEDISAR (Cagliari)