

Contents

INTRODUZIONE	2
RIFERIMENTI NORMATIVI	3
MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE	6
CARATTERISTICHE AMBIENTALI DEL SITO	6
a) Inquadramento topografico	6
b) Situazione urbanistico vincolistica del comparto	7
Pianificazione di livello regionale P.P.R.	8
Pianificazione di livello comunale (P.U.C.)	11
Piano Forestale Ambientale Regionale	13
Piano di Tutela delle Acque	16
Piano di Gestione del Distretto Idrografico e monitoraggio acque	20
Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)	23
Vincoli ambientali e territoriali	24
c) Inquadramento geomorfologico	26
d) Caratteristiche climatiche	36
e) Inquadramento geologico	39
f) Caratteristiche geopedologiche e uso del suolo	47
g) Inquadramento idrogeologico	48
➤ idrografia superficiale	48
➤ Idrologia sotterranea	60
QUADRO CONOSCITIVO, POTENZIALE DI CONTAMINAZIONE	66
PIANO DI INDAGINE PRELIMINARE	72
Programma delle indagini	73
Perforazioni a carotaggio continuo	74
Installazione dei piezometri	76
Prelievo campioni	78
METODOLOGIA ANALITICA	82
SICUREZZA DELLE PRESTAZIONI	84
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	84

INTRODUZIONE

A seguito di specifico incarico conferito al sottoscritto da parte di ANAS S.p.a. – Compartimento di Cagliari, è stata redatta la presente relazione riportante il Modello Concettuale Preliminare e il Piano delle Indagini, ai sensi del D Lgs. 152/2006 e s.m.i., del tratto della S.S.131 compreso il Km 47+000 e il Km 58+500 e sue dirette pertinenze (Lavori di Costruzione degli svincoli altimetrici per Sardara e Villanovaforru ed adeguamento del tratto tra il Km 47+000 e il Km 58+500 – 3° lotto).

Il tratto stradale in argomento ricade in agro dei Comuni di Sanluri e Sardara (Provincia del Medio Campidano). Scopo del presente lavoro è la definizione delle caratteristiche geoambientali e in particolare la predisposizione del complesso delle indagini finalizzate alla definizione dell'eventuale tipo e grado di inquinamento del settore in questione, secondo la procedura stabilita dal combinato art. 242 e art. 245 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

L'area vasta in cui ricade il settore, a partire dall'anno 1999 e sino all'anno 2003, è stata interessata dai lavori di costruzione degli svincoli altimetrici per Sardara e Villanovaforru e in generale dai lavori di adeguamento della S.S. 131, attraverso la realizzazione di infrastrutture, rilevati e sottofondi stradali, con l'impiego di materiali provenienti da diverse cave autorizzate e dalle aree estrattive di pertinenza della miniera denominata "Santu Miali", in agro di Furtei.

Per effetto della tipologia dei materiali impiegati si rende oggi osservabile una situazione di alterazione di alcune componenti ambientali (acque superficiali) per evidenti ossidazioni potenzialmente legate ai materiali utilizzati per la costruzione.

Per i motivi citati l'ANAS S.p.a., in qualità di proprietario e gestore delle aree, intende avviare un'indagine preliminare ai sensi del combinato art. 242 c.2. e art. 245 del D. Lgs. 152/2006, finalizzata alla definizione e verifica di eventuali superamenti dei valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC), in funzione della destinazione d'uso del sito, riportati nell'allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/2006.

Nella presente relazione vengono quindi illustrati, il quadro geologico, morfologico e idrogeologico locale e la ricostruzione del modello concettuale preliminare. Sarà inoltre esplicitato il programma delle indagini da eseguire per fornire le informazioni di base necessarie, per una quanto più precisa caratterizzazione preliminare delle aree in esame, in funzione delle opere e infrastrutture realizzate.

Lo studio è stato integrato preliminarmente con i dati desunti da indagini e studi eseguiti sia nel settore in questione che in aree limitrofe e si articola pertanto essenzialmente nei seguenti punti:

- raccolta sistematica di materiale bibliografico riguardante indagini e studi eseguiti nel settore; elaborazione dei dati esistenti derivati da informazioni fornite dalla geologia ufficiale, dalle carte tematiche, dalle pubblicazioni tecnico-scientifiche, da concessione degli Enti;
- ricostruzione storica delle attività svolte nelle aree interessate dal progetto;
- rilevamento e analisi delle caratteristiche geoambientali;
- valutazione delle condizioni climatologiche, idrologiche, idrogeologiche geopedologiche del territorio oggetto di intervento;
- individuazione delle potenziali fonti di inquinamento ed elaborazione del modello concettuale preliminare;
- dimensionamento qualitativo e quantitativo del piano delle indagini preliminari contenente i tratti da investigare, ubicazione dei sondaggi e dei campionamenti, individuazione planimetrica delle vie di accessibilità ai mezzi da utilizzare per la realizzazione dei sondaggi e prelievi suite analitica da utilizzare;
- descrizione di eventuali azioni di messa in sicurezza da attuare prima e durante l'esecuzione delle indagini;
- indicazione del tipo di analisi da eseguire.

RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa in materia ambientale e in particolare in materia di gestione dei rifiuti e bonifica dei siti inquinati, ha subito nel corso degli anni continue rivisitazioni e nella sua formulazione attuale i riferimenti sono contenuti nel Titolo V – “Bonifica di siti contaminati” della Parte Quarta del D.Lgs 152/06 “Norme in materia ambientale”, che ha sostituito il D.M. 471/99 – “*Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati*”. Il D. Lgs. 471/99, entrato in vigore in Italia dopo quasi tre anni dalla pubblicazione del D.lg. n. 22 del 05/02/1997 (che, per la prima volta, regolamentava a livello nazionale la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti contaminati dall'industria), ha fornito le definizioni fondamentali quali *sito*, *sito potenzialmente inquinato*, *sito inquinato*, *messa in sicurezza d'emergenza*, *bonifica*, *bonifica con misure di sicurezza*, *misure di*

sicurezza, ripristino ambientale, messa in sicurezza permanente; e ha fissato le concentrazioni massime ammissibili (diverse in funzione della destinazione d'uso del sito) delle sostanze inquinanti presenti nelle categorie ambientali. Ha inoltre regolamentato le operazioni necessarie per il prelievo, la conservazione e l'analisi dei campioni di suolo e di acque. Tale Decreto ha inoltre definito le procedure per la redazione e approvazione dei progetti, secondo tre livelli di progressivo approfondimento tecnico (piano della caratterizzazione, progetto preliminare, progetto definitivo).

Le norme ambientali citate sono state ormai sostituite e riordinate all'interno del citato D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale". Con l'emanazione di questo Decreto il legislatore ha progressivamente spostato la prospettiva della tutela ambientale dal valore delle risorse ambientali al concetto di pericolosità, attraverso l'identificazione concreta delle soglie di rischio sito specifiche per la salute umana. E' stato innovato l'approccio tabellare, ribattezzando con il termine di "Concentrazione Soglia di Contaminazione" (CSC) i valori concentrazione limite ammissibili del D.M. 471/99 a meno di alcune correzioni.

A tal fine rilevano le definizioni di cui all'art. 240, in particolare il comma 1 lett. a) relativo alla denominazione di "sito" intendendo *"l'area o porzione di territorio, geograficamente definita e determinata, intesa nelle diverse matrici ambientali (suolo, materiali di riporto, sottosuolo ed acque sotterranee) e comprensiva delle eventuali strutture edilizie e impiantistiche□presenti"*; (lettera così modificata dall'art. 3, comma 4, Legge n. 28 del 2012) e il comma 1, lettere d), e), f), che si riconnettono a quelle di concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) e concentrazioni soglia di rischio (CSR). Il superamento delle CSC rende obbligatorio solamente la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito-specifica e consente quindi la distinzione tra sito non contaminato e sito potenzialmente contaminato. L'analisi di rischio sanitario sito-specifica diventa quindi strumento decisionale dello stato di contaminazione (sito contaminato) e del necessario obbligo di bonifica e di messa in sicurezza, scaturita dal superamento delle "Concentrazioni Soglia di Rischio" (CSR), che rappresentano inoltre gli obiettivi di bonifica da realizzare.

Ai fini della redazione del presente lavoro, considerato il pregresso che sarà meglio definito nei successivi paragrafi, rilevano anche le procedure da porre in esse per l'avvio della procedura operativa ed amministrativa dell'indagine preliminare, così come meglio definite nell'art. 242 c.1 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. *"Al verificarsi di un evento che sia potenzialmente in grado di contaminare il sito, all'atto di individuazione di*

contaminazioni storiche che possano ancora comportare rischi di aggravamento della situazione di contaminazione".

Inoltre l'art. 245 stabilisce che *"fatti salvi gli obblighi del responsabile della potenziale contaminazione di cui all'articolo 242, il proprietario o il gestore dell'area che rilevi il superamento o il pericolo concreto e attuale del superamento della concentrazione soglia di contaminazione (CSC) deve darne comunicazione alla regione, alla provincia ed al comune territorialmente competenti e attuare le misure di prevenzione secondo la procedura di cui all'articolo 242".*

Da quanto sopra esposto ne discende che per effetto del c. 2 dell'art. 241, anche per il proprietario o il gestore dell'area, è obbligatorio svolgere, *nelle zone interessate dalla contaminazione, un'indagine preliminare sui parametri oggetto dell'inquinamento, al fine di verificare che il livello delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) non sia stato superato. L'art. 240 c. 1 lett. b chiarisce che per CSC devono intendersi "i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica, come individuati nell'Allegato 5 alla parte quarta del D. Lgs. 152/2006".*

Le norme suindicate hanno pertanto trovato piena attuazione nella disponibilità di ANAS S.p.a. di attuare il presente piano delle indagini, predisposto seguendo il "manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati" predisposto dall'APAT (2006) e ulteriori linee guida e manuali predisposti da ARPA delle varie regioni italiane.

MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

CARATTERISTICHE AMBIENTALI DEL SITO

a) Inquadramento topografico

L'area oggetto di studio è localizzata in prossimità nella Sardegna Centro meridionale, nei territori di Sardara e Sanluri, sino al limite con il Comune di Mogoro, nella Provincia del Medio Campidano ed inquadrabile nei seguenti quadri d'unione:

- Carta Topografica d'Italia in scala 1:100.000 Foglio n. 225 Guspini
- Carta Topografica d'Italia in scala 1:50.000: Fogli n. 539 e Foglio n. 547,
- Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000, (serie 25, edizione 1 IGMI) Foglio n. 539 sez. II, n. 539 sez. III, n. 547 sez. I
- Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:10.000 Sezioni n. 539140 (Sardara), 539150 (Lunamatrona), 547030 (Sanluri).

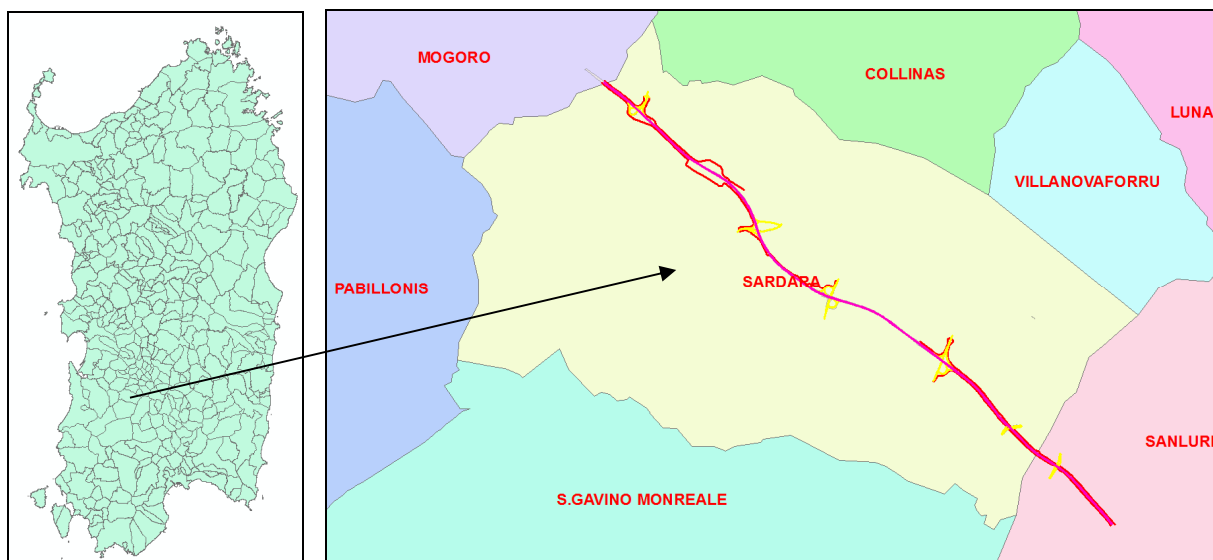


Figura 1: inquadramento geografico generale

Il tratto viario in studio, parte integrante della S.S. 131, presenta una lunghezza di 11.5 Km e comprende anche la rete viaria delle complanari e dei sovrappassi. Con riferimento a questi ultimi, in particolare si distinguono:

- Sovrappasso ubicato in corrispondenza della Sez. n. 14
- Sovrappasso ubicato in corrispondenza della Sez. n. 34
- Sovrappasso "Villanovaforru", in corrispondenza della Sez. n. 64
- Sovrappasso "San Gavino Monreale", in corrispondenza della Sez. n. 145,
- Sovrappasso "Pabillonis", in corrispondenza della Sez. n. 211
- Opere in corrispondenza dello svincolo Collinas (Sez. n. 282).

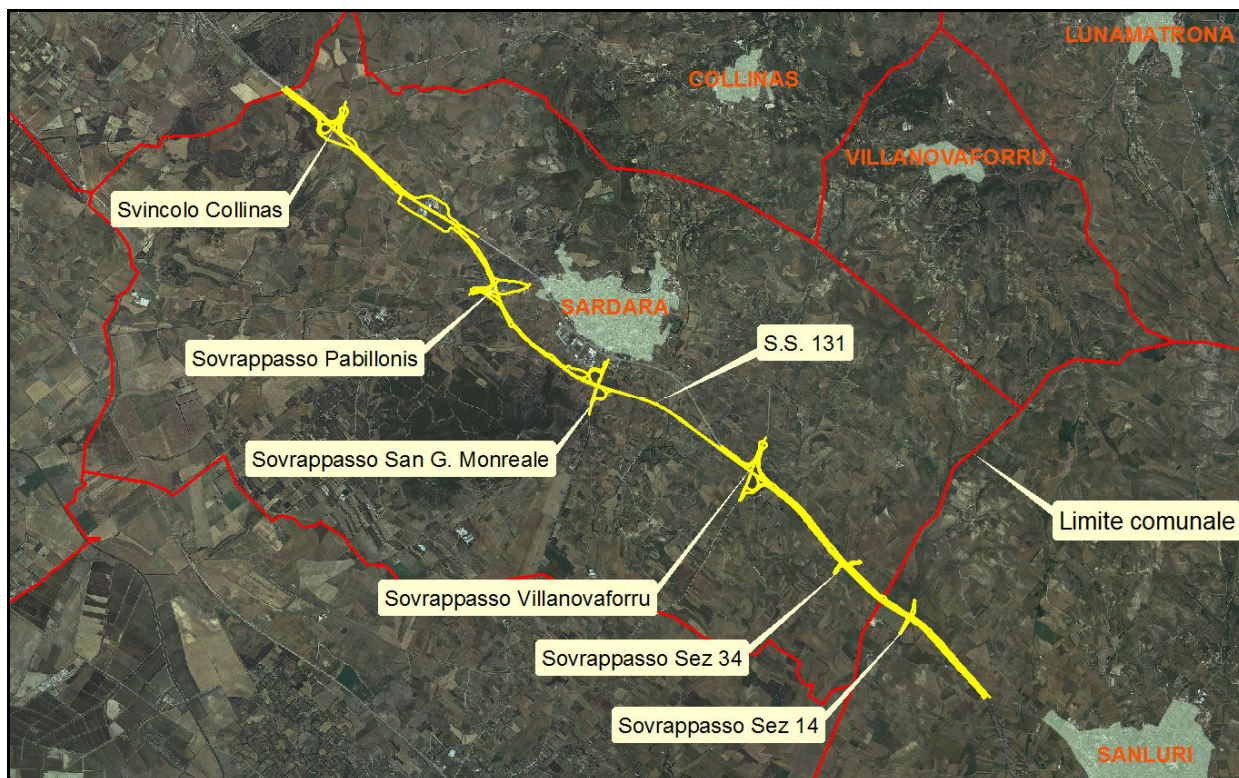


Figura 2: individuazione dell'area su ortofoto anno 2010

b) Situazione urbanistico vincolistica del comparto

Al fine di fornire un quadro esaustivo che consenta di valutare l'area in questione in relazione alle caratteristiche fisiche e naturali nonché antropizzate dei luoghi, agli elementi di pianificazione e a quelli ambientali previsti nei diversi dispositivi normativi di tutela ambientale e vincolistica, si riportano tutti i dati relativi a dette previsioni. L'analisi è inoltre di riferimento anche la definizione di autorizzazioni da richiedere per l'esecuzione di eventuali opere successive alle caratterizzazioni ambientali. La verifica è stata esplicitata con riferimento ai settori di pianificazione appresso indicati:

- Pianificazione di livello paesaggistico (Piano Paesistico Regionale)
- Pianificazione a livello locale (PUC)
- Pianificazione settoriale
 - Piano Forestale Ambientale Regionale
 - Piano di Tutela delle acque
 - Piano di Gestione del Distretto Idrografico
 - Piano di Assetto Idrogeologico
- Vincoli ambientali e territoriali (T.U. 42/04 - SIC, ZPS etc.)
- Vincoli archeologici

Pianificazione di livello regionale P.P.R

Il Piano Paesaggistico della Regione Sardegna, approvato con Decreto del Presidente della Regione n. 82 del 7 settembre 2006, ai sensi dell'art. 11, comma 5 della L.R. 45/89, come modificata dalla L.R. 8/2004, costituisce il quadro di riferimento e di coordinamento per gli atti di programmazione e di pianificazione regionale, provinciale e locale e per lo sviluppo sostenibile. Il Piano, che definisce il paesaggio come la principale risorsa territoriale della Sardegna, rappresenta lo strumento centrale del governo pubblico del territorio, ponendosi come matrice di un'opera di ampio respiro e di lunga durata, nella quale si saldano in un unico progetto la conservazione e la trasformazione. Il PPR persegue le seguenti finalità:

- preservare, tutelare, valorizzare e tramandare alle generazioni future l'identità ambientale, storica, culturale e insediativa del territorio sardo;
- proteggere e tutelare il paesaggio culturale e naturale e la relativa biodiversità;
- assicurare la salvaguardia del territorio e promuovere forme di sviluppo sostenibile, al fine di conservare e migliorare le qualità.

L'analisi territoriale svolta dal P.P.R. è articolata secondo tre assetti: ambientale, storico-culturale e insediativo, per ciascuno dei quali sono stati individuati i beni paesaggistici, i beni identitari e le componenti di paesaggio e la relativa disciplina generale, costituita da indirizzi e prescrizioni. Oltre all'analisi del territorio finalizzata all'individuazione delle specifiche categorie di beni da tutelare in ossequio alla legislazione nazionale di tutela, è stata condotta un'analisi finalizzata a riconoscere le specificità paesaggistiche dei singoli contesti, limitata in sede di prima applicazione del P.P.R. alla sola fascia costiera. Sono stati pertanto individuati 27 ambiti di paesaggio, per ciascuno dei quali il P.P.R. detta specifici indirizzi volti a orientare la pianificazione sott'ordinata, soprattutto comunale e intercomunale, al raggiungimento di determinati obiettivi e alla promozione di determinate azioni.

Secondo la suddivisione del territorio proposta dal PPR, l'area interessata dall'intervento in progetto non ricade in un ambito di paesaggio costiero ma nell'ambito di paesaggio interno. Nella cartografia del PPR il settore è identificato quasi totalmente all'interno di aree agroforestali con destinazione tipica di uso del suolo alle colture erbacee specializzate. L'asse stradale attraversa alcuni corsi d'acqua ma non si rinvencono ulteriori elementi di vincolo. Di seguito è riportato uno stralcio della Tavola del P.P.R. (ambito interno) con sovrapposto l'asse stradale in questione (allora non ancora individuato all'interno dello strumento di pianificazione).

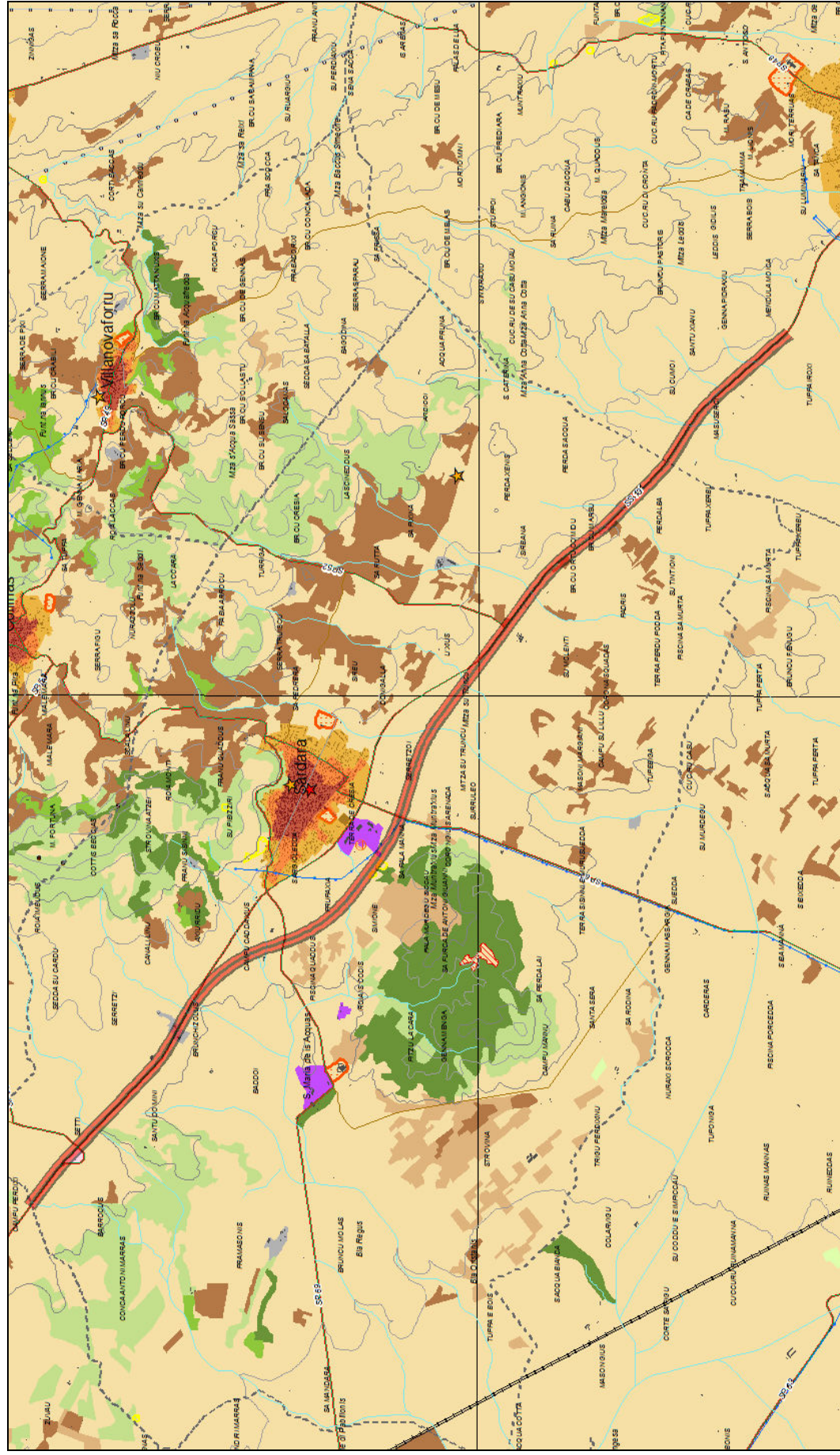
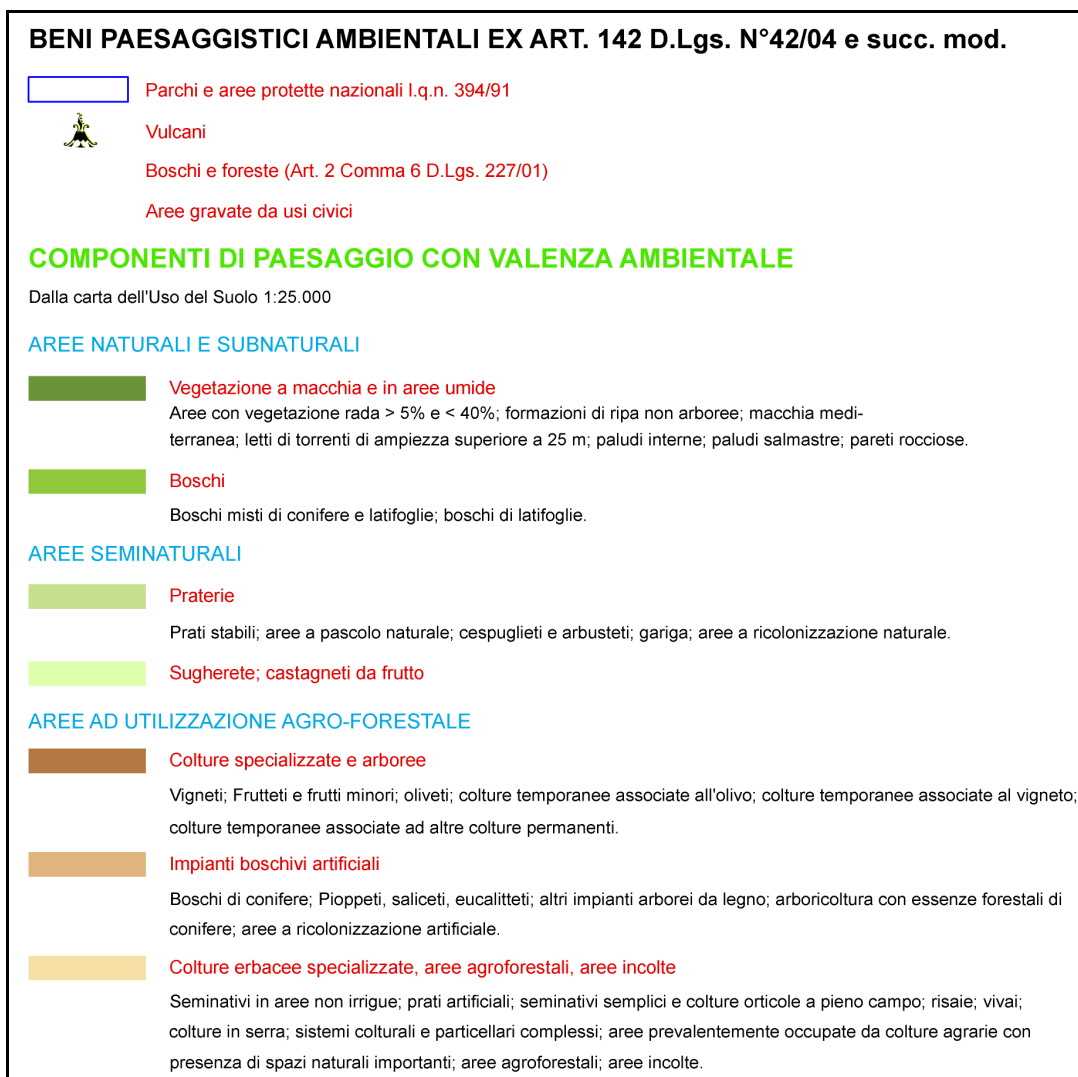






Figura 3: inquadramento generale dell'area secondo il P.P.R.



INSEDIAMENTI PRODUTTIVI A CARATTERE INDUSTRIALE, ARTIGIANALE E COMMERCIALE

-  **Grandi aree industriali**
-  **Insedimenti produttivi**
-  **Grande distribuzione commerciale**

EDIFICATO URBANO

-  **CENTRI DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE**
-  **ESPANSIONI FINO AGLI ANNI 50**
-  **ESPANSIONI RECENTI**
-  **EDIFICATO URBANO DIFFUSO**

EDIFICATO IN ZONA AGRICOLA

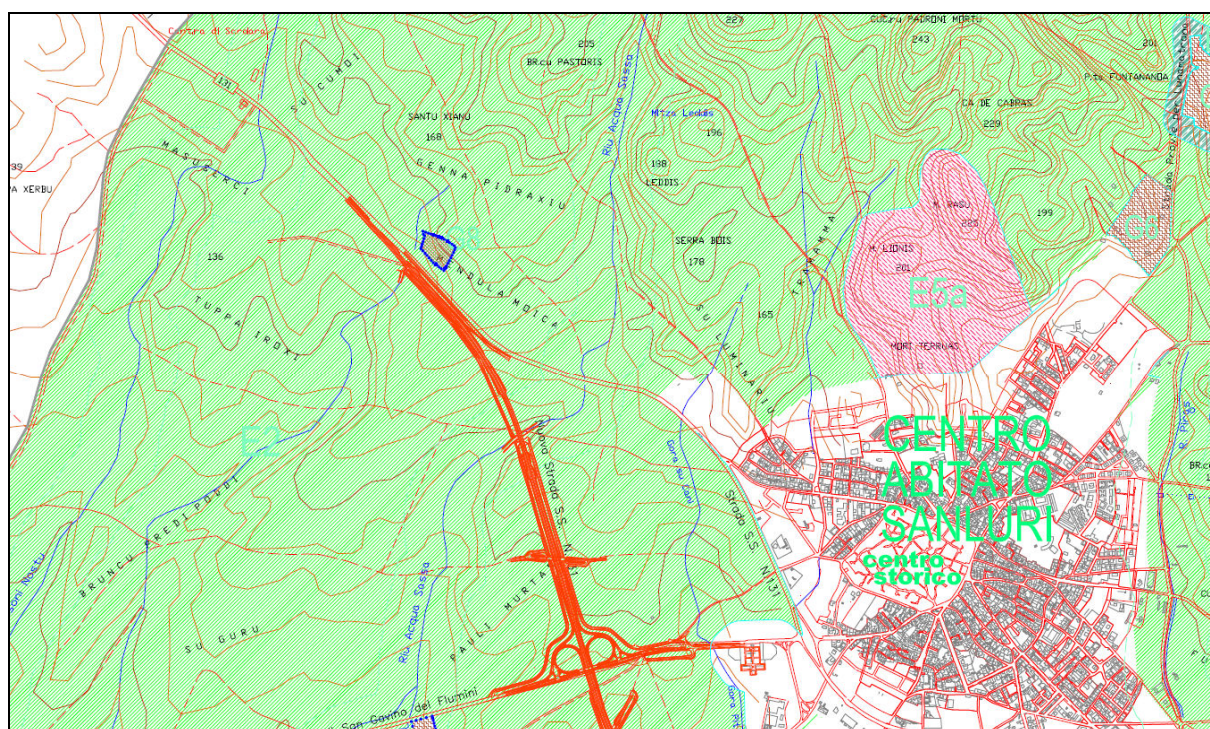
-  **INSEDIAMENTO STORICO SPARSO (Medau, furriadroxu, stazzo)**
-  **NUCLEI, CASE SPARSE E INSEDIAMENTI SPECIALIZZATI**

Figura 4: legenda PPR

Pianificazione di livello comunale (P.U.C.)

Per ciò che concerne la pianificazione urbanistica sono stati analizzati i vigenti strumenti urbanistici del Comune di Sanluri e del Comune di Sardara.

Comune di Sanluri: lo strumento urbanistico ha subito diverse varianti e le ultime modifiche sono state inserite nella variante approvata con Delibera di C.C. n. 67 del 25/11/2011 in vigore dalla data del 21/06/2012. Nella tavola relativa alla zonizzazione del territorio comunale si riporta il nuovo tratto viario per il quale valgono le norme specifiche relative alla tutela delle fasce stradali individuate dalle zone H di cui al punto 2.7 delle NdA del PUC. Nell'immediato intorno della viabilità si riscontrano unicamente aree classificate in zona E2 ossia "aree di primaria importanza per la funzione agricolo – produttiva, anche in relazione all'estensione, composizione e localizzazione dei terreni (buona suscettività per uso agricolo)".



LEGENDA






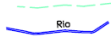
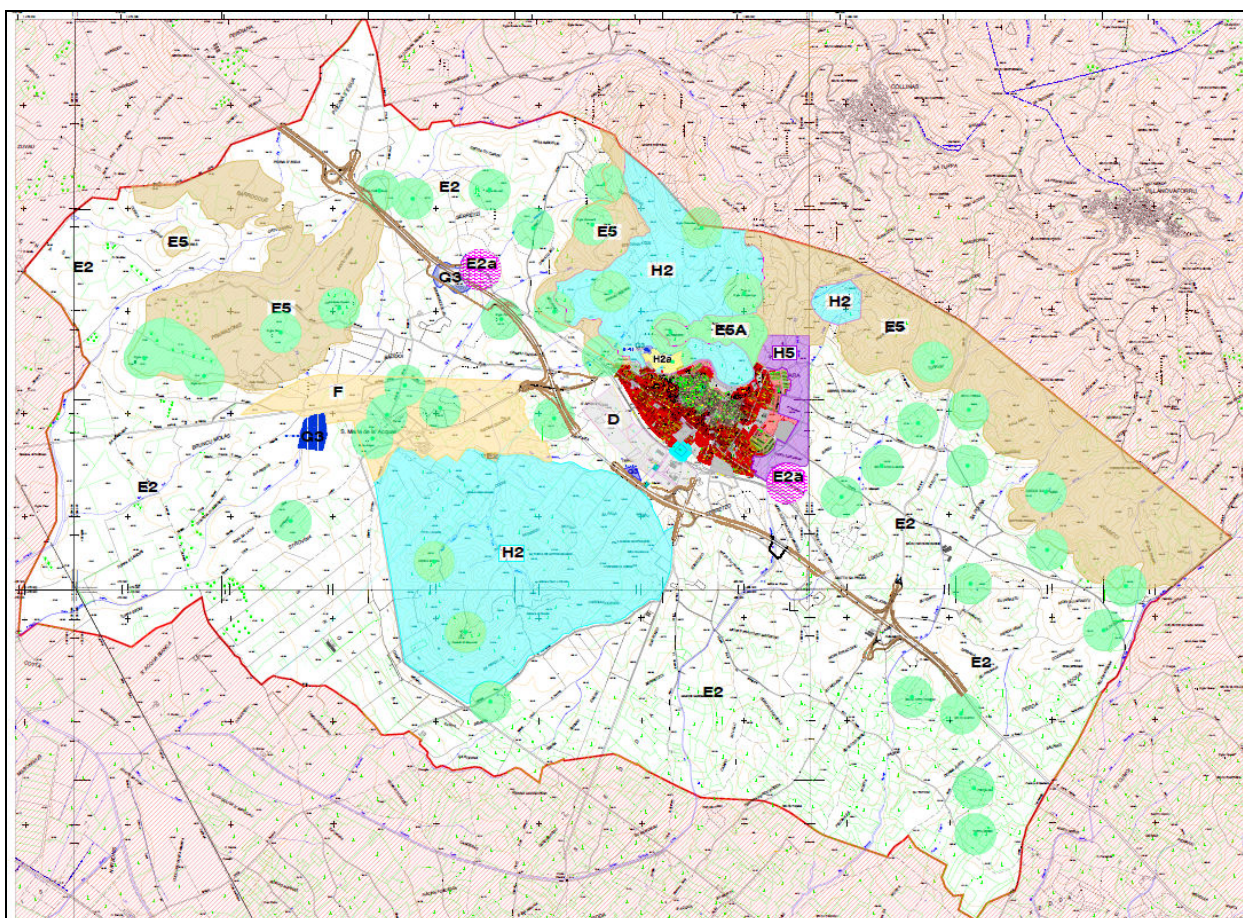
-  E5a - Aree marginali per attività agricola nelle quali viene ravvisata l'esigenza di garantire condizioni adeguate di stabilità ambientale.
-  E2 - Aree di primaria importanza per la funzione agricola produttiva, anche in relazione all'estensione, composizione e localizzazione dei terreni (buona suscettività all'uso agricolo).
-  E5 R - Fascia agricola di rispetto
-  D - Attività produttive
-  G - Servizi
-  Rio - Fascia sottoposta a vincolo paesaggistico

Figura 5: stralcio della zonizzazione territoriale del PUC di Sanluri

Comune di Sardara: lo strumento urbanistico ha avuto la sua approvazione definitiva con Deliberazione del C.C. n. 41 del 27/09/99 e n. 43 del 15/11/99. Ha subito comunque nel tempo alcune varianti sino al 2005.

Nella tavola relativa alla zonizzazione del territorio comunale si riporta il nuovo tratto viario per il quale valgono le norme specifiche relative alla tutela delle fasce stradali. Nell'immediato intorno della viabilità si riscontrano prevalentemente:

- aree agricole classificate in zona E2 ossia "aree di primaria importanza per la funzione agricolo – produttiva"
- aree agricole classificate in zona E2a ossia "aree di primaria importanza per la funzione agricolo produttiva con limitazioni" (a N di Sardara)
- aree classificate in zona G3 – "servizi generali extraurbani" (a N e SW di Sardara)
- Zone H2 di interesse paesaggistico e naturalistico (tratto in prossimità del sovrappasso per San Gavino Monreale)
- Zone H3 di interesse archeologico (varie lungo il tracciato).



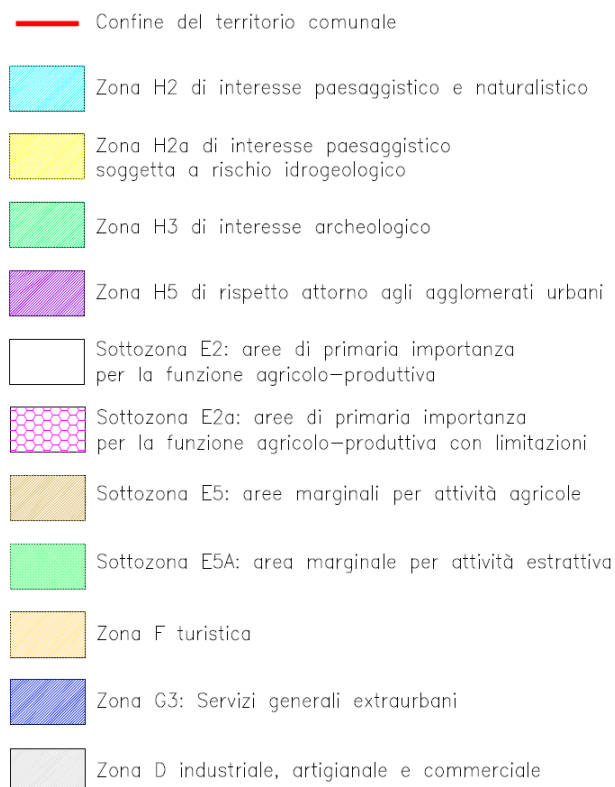


Figura 6: Stralcio della zonizzazione territoriale del PUC di Sardara

➤ *Pianificazione settoriale*

Piano Forestale Ambientale Regionale

Il Piano Forestale Ambientale Regionale (PFAR), redatto ai sensi del D.Lgs. 227/2001, è stato approvato in via definitiva con Deliberazione n. 53/9 del 27/12/2007. Esso rappresenta uno strumento quadro di indirizzo, finalizzato alla pianificazione, programmazione e gestione del territorio forestale e agroforestale regionale, per il perseguimento degli obiettivi di tutela dell'ambiente e di sviluppo sostenibile dell'economia rurale della Sardegna. Già assunto quale piano stralcio di bacino ai sensi della Legge n. 183/1989, individua, per quanto attiene la tutela del suolo e la lotta alla desertificazione, misure e indirizzi attuativi per la prevenzione, il recupero e la mitigazione delle aree soggette a fenomeni di dissesto idrogeologico. Gli obiettivi del Piano sono perseguiti attraverso la previsione di interventi per la difesa del suolo di tipo estensivo, in particolare forestali, volti sia alla prevenzione che alla mitigazione e al recupero delle aree degradate.

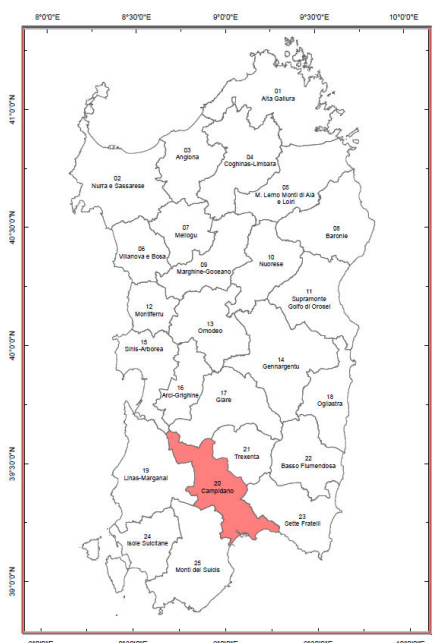
I macro-obiettivi individuati sono i seguenti:

- *tutela dell'ambiente*, da attuarsi mediante azioni inerenti la difesa del suolo e il contenimento dei processi di desertificazione, Miglioramento della funzionalità

e vitalità dei sistemi forestali esistenti, tutela e miglioramento della biodiversità, prevenzione e lotta fitosanitaria, lotta ai cambiamenti climatici ed energia rinnovabile, incremento del patrimonio boschivo, prevenzione degli incendi ecc;

- *miglioramento della competitività delle filiere, crescita economica, aumento dell'occupazione diretta e indotta, formazione professionale* da attuarsi mediante potenziamento del comparto sughericolo, valorizzazione economica del ceduo, azioni per la cooperazione e la promozione dell'associazionismo forestale; impianti di arboricoltura per biomassa forestale; formazione professionale; certificazione forestale; valorizzazione delle foreste con finalità turistico-ricreative;
- *informazione ed educazione ambientale;*
- *potenziamento degli strumenti conoscitivi, ricerca applicata e sperimentazione* da attuarsi mediante Inventario e Carta Forestale Regionale; lotta fitosanitaria e altre varie linee di ricerca.

Il territorio regionale è stato inoltre compartimentato dal PFAR in 25 distretti territoriali, la cui delimitazione si basa sul concetto di indivisibilità delle unità fisiografiche, espressione dei caratteri fisici, geomorfologici, pedologico-vegetazionali e paesaggistici. I distretti accolgono una varietà di ambiti di paesaggio caratterizzati da connotazioni omogenee nella loro peculiarità. L'area in questione è inserita nel Distretto n. 20 del Campidano.



I distretti costituiscono delle unità di pianificazione territoriale a ciascuno dei quali viene attribuita una destinazione funzionale propria, il cui riconoscimento consente la proposizione di modelli gestionali differenti. Per ogni distretto il PFAR riporta una scheda descrittiva del quadro conoscitivo di contesto preliminare, il quale analizza i dati amministrativi, il paesaggio, analisi morfometrica, inquadramento vegetazionale, uso del suolo, quadro della gestione forestale, analisi delle aree di tutela naturalistica istituite e delle aree di tutela idrogeologica.

Le azioni proposte dal PFAR si articolano in 5 differenti "Linee" e sono ulteriormente strutturate in "Misure", "Azioni" e "Sottoazioni", riferibili a contesti territoriali tipo descritti sulla base

delle criticità ambientali, delle peculiarità e vocazioni territoriali, delle categorie forestali presenti; ogni tipologia di intervento è perciò sempre riferita alle specificità e caratteristiche del contesto ambientale ed economico in cui si opera.

- linea protettiva, orientata alla conservazione e al miglioramento del livello di stabilità delle terre e dell'efficienza funzionale dei sistemi forestali mediterranei;
- linea naturalistico-paesaggistica, orientata alla preservazione e conservazione della qualità dei sistemi ecologici in tutte le loro componenti fisiche e biologiche, all'accrescimento della complessità e della funzionalità dei popolamenti, al mantenimento e miglioramento del valore paesaggistico dei contesti forestali;
- linea produttiva, per la crescita economica e il benessere sociale del territorio agroforestale attraverso la valorizzazione economica delle foreste e la promozione dell'impresa forestale;
- linea informazione ed educazione ambientale, per la promozione dell'attività di informazione, sensibilizzazione ed educazione ambientale applicata al settore forestale;
- linea ricerca applicata e sperimentazione, per il potenziamento delle conoscenze sull'entità, distribuzione e stato della vegetazione forestale regionale, e per la regolamentazione di particolari aspetti della materia forestale.

L'analisi effettuata ha permesso di classificare il territorio oggetto di studio sotto i diversi aspetti tematici:

- con riferimento alle serie vegetazionali l'area è inserita prevalentemente nel gruppo **SA19** della serie sarda (serie sarda calcifuga termo mesomediterranea della Sughera) e subordinatamente (area di Sanluri) **SA21** della serie sarda calcicola termo mesomediterranea della Quercia di Virgilio;
- con riferimento alle aree istituite di tutela naturalistica non si riscontra alcuna area di tutela;
- non si rileva alcun tipo di gestione forestale pubblica EFS;
- non è presente il vincolo idrogeologico di cui al R.D. 3267/1923;

- non sono presenti vincoli P.A.I. o aree censite nel progetto IFFI fatta eccezione per l'area a posta tra i sovrappassi di Pabillonis e San Gavino Monreale, inserita nelle aree a pericolosità geomorfologica .
- la propensione potenziale all'erosione delle aree in questione è classificabile da molto debole a nulla;
- non si rilevano aree a vocazione sughericola.

Piano di Tutela delle Acque

Il Piano di Tutela delle Acque è redatto ai sensi dell'art. 44 del D.Lgs. 152/99 e s.m.i., in recepimento della Direttiva 2000/60/CE sulla redazione dei piani di gestione dei bacini idrografici.

Lo sviluppo del P.T.A. è partito da un quadro conoscitivo sulle risorse idriche derivato dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque (P.R.R.A.), la cui prima stesura risale al 1982, poi aggiornata e adeguata, fino alla versione attualmente vigente approvato con D.G.R. n. 14/16 del 4/04/2006. Il Piano ha come finalità primarie la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi della risorsa idrica e il raggiungimento dell'equilibrio tra fabbisogni e disponibilità.

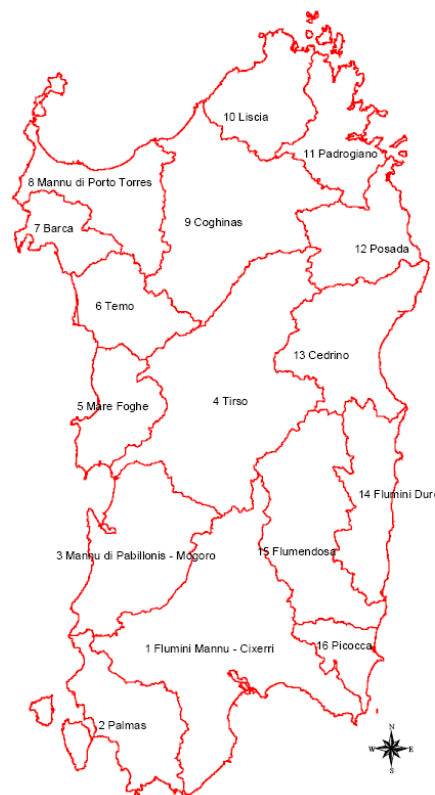
Il P.T.A. costituisce il piano stralcio di settore del Piano di Bacino Regionale della Sardegna ai sensi dell'art. 12 della L. 493/93 (integrazione all'art. 17 della 183/89). Gli obiettivi del Piano possono essere così sintetizzati:

- raggiungimento o mantenimento degli obiettivi di qualità fissati dal D.Lgs. 152/99 e suoi collegati per i diversi corpi idrici ed il raggiungimento dei livelli di quantità e di qualità delle risorse idriche compatibili con le differenti destinazioni d'uso;
- recupero e salvaguardia delle risorse naturali e dell'ambiente per lo sviluppo delle attività produttive ed in particolare di quelle turistiche; tale obiettivo dovrà essere perseguito con strumenti adeguati particolarmente negli ambienti costieri in quanto rappresentativi di potenzialità economiche di fondamentale importanza per lo sviluppo regionale;
- raggiungimento dell'equilibrio tra fabbisogni idrici e disponibilità, per garantire un uso sostenibile della risorsa idrica, anche con accrescimento delle disponibilità idriche attraverso la promozione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;
- lotta alla desertificazione.

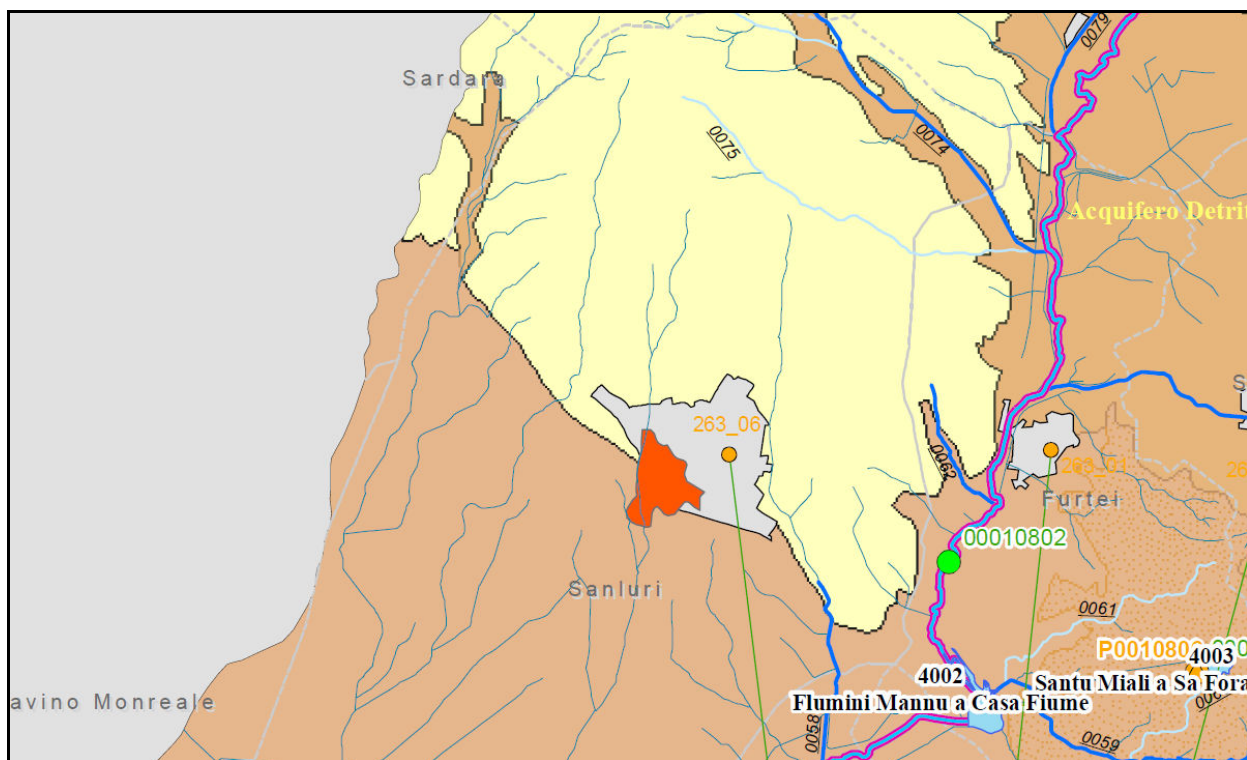
Come previsto dalla Legge 183/89 (abrogata e integrata nel D. Lgs. 152/2006), la Regione integra il dispositivo del P.T.A. con Direttive "alle quali devono uniformarsi la difesa del suolo, la sistemazione idrogeologica ed idraulica e l'utilizzazione delle acque e dei suoli" (art. 17, comma 3, lettera c). Pertanto come ulteriore specificazione degli obiettivi di Piano sono individuate le materie e le problematiche che queste Direttive dovranno trattare. Queste Direttive dovranno, inoltre, essere recepite nei piani territoriali della Regione, delle Province e dei Comuni.

La Regione Sardegna ha individuato, nell'intero territorio regionale, il bacino unico regionale ai sensi della L. 183/89 e l'Ambito Territoriale Ottimale ai sensi della L. 36/94; si adotta la stessa delimitazione unica anche per il Distretto Idrografico ai sensi della direttiva 2000/60/CE. Nella redazione del PTA (art. 24 ed Allegato 4 del D.Lgs. 152/99) per le finalità derivanti dall'esigenza di circoscrivere l'esame di approfondimento, riservandolo a porzioni omogenee di territorio, si è suddiviso l'intero territorio Regionale in 16 Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.) costituite da uno o più bacini idrografici limitrofi, a cui sono state convenzionalmente assegnate le rispettive acque superficiali interne nonché le relative acque sotterranee e marino - costiere.

I territori dei Comuni di Sanluri e Sardara ricadono rispettivamente all'interno dell'U.I.O. n.1 del Flumini Mannu Cixerri e n° 3 del Mannu di Pabillonis – Mogoro.



Territorio di Sanluri: Il settore posto a monte della S.S. 131 ricade nell'acquifero detritico – Carbonatico Oligo Miocenico del Campidano Orientale mentre a valle della viabilità citata, si riscontra l'acquifero detritico – alluvionale Plio Quaternario del Campidano. Le acque del settore vengono drenate, attraverso canali naturali ed antropici, verso il Canale delle Acque Alte di Sanluri. Il limite spartiacque tra le U.I.O. è posto in prossimità del confine comunale tra Sardara e Sanluri. La vulnerabilità dell'acquifero terziario è di tipo medio



Territorio di Sardara:

Il settore ricade quasi interamente nell'acquifero l'Acquifero Detritico – Alluvionale Plio Quaternario del Campidano. Solamente nel settore posto a ridosso dello svincolo per Collinas, si riscontra la presenza dell'Acquifero delle Vulcaniti Plio-Pleistoceniche del Monte Arci. Le acque del settore vengono drenate attraverso alcuni corsi d'acqua sia di ordine minore (n. 0015, 0018, 0026, 0042) sia di 2° ordine (n. 0014 e 0041) verso il corso d'acqua di 1° ordine rappresentato dal Flumini Mannu di Pabillonis.

Le problematiche idriche della Sardegna individuate nel Piano sono in genere abbastanza diffuse in tutti i settori del bacino del Mediterraneo e sono comunque riassumibili nella variazione dell'input idrologico, nel rischio di desertificazione, nel degrado qualitativo delle acque e nella salinizzazione sia delle acque che dei suoli. Anche per il settore in questione nel Piano sono state individuate diverse "criticità" presenti nell'UIO, mediante l'individuazione dei fattori causali che portano al degrado degli aspetti qualitativi della risorsa idrica a partire dall'analisi complessiva dei fenomeni che determinano lo stato quali-quantitativo delle acque superficiali e sotterranee.

Piano di Gestione del Distretto Idrografico e monitoraggio acque

Il Piano di Gestione, previsto dalla Direttiva quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE) rappresenta lo strumento operativo attraverso il quale si devono pianificare, attuare e monitorare le misure per la protezione, il risanamento e il miglioramento dei corpi idrici superficiali e sotterranei e agevolare un utilizzo sostenibile delle risorse idriche. Dall'analisi del piano, per il settore in questione, derivano le seguenti informazioni.

L'analisi delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dalle attività umane con riferimento ai corpi idrici superficiali soggetti a pressioni significative da scarichi puntuali, evidenzia che il Rio S'acqua Cotta che riceve le acque di scarico dell'agglomerato di Sardara (maggiore di 2000 abitanti) è soggetto a pressioni significative mentre gli altri corsi d'acqua non mostrano pressioni significative. Per ciò che concerne invece le pressioni diffuse significative da carichi agricoli e zootecnici lo stato dei corpi idrici artificiali è fortemente modificato ed è rilevante il carico nutrienti di azoto.

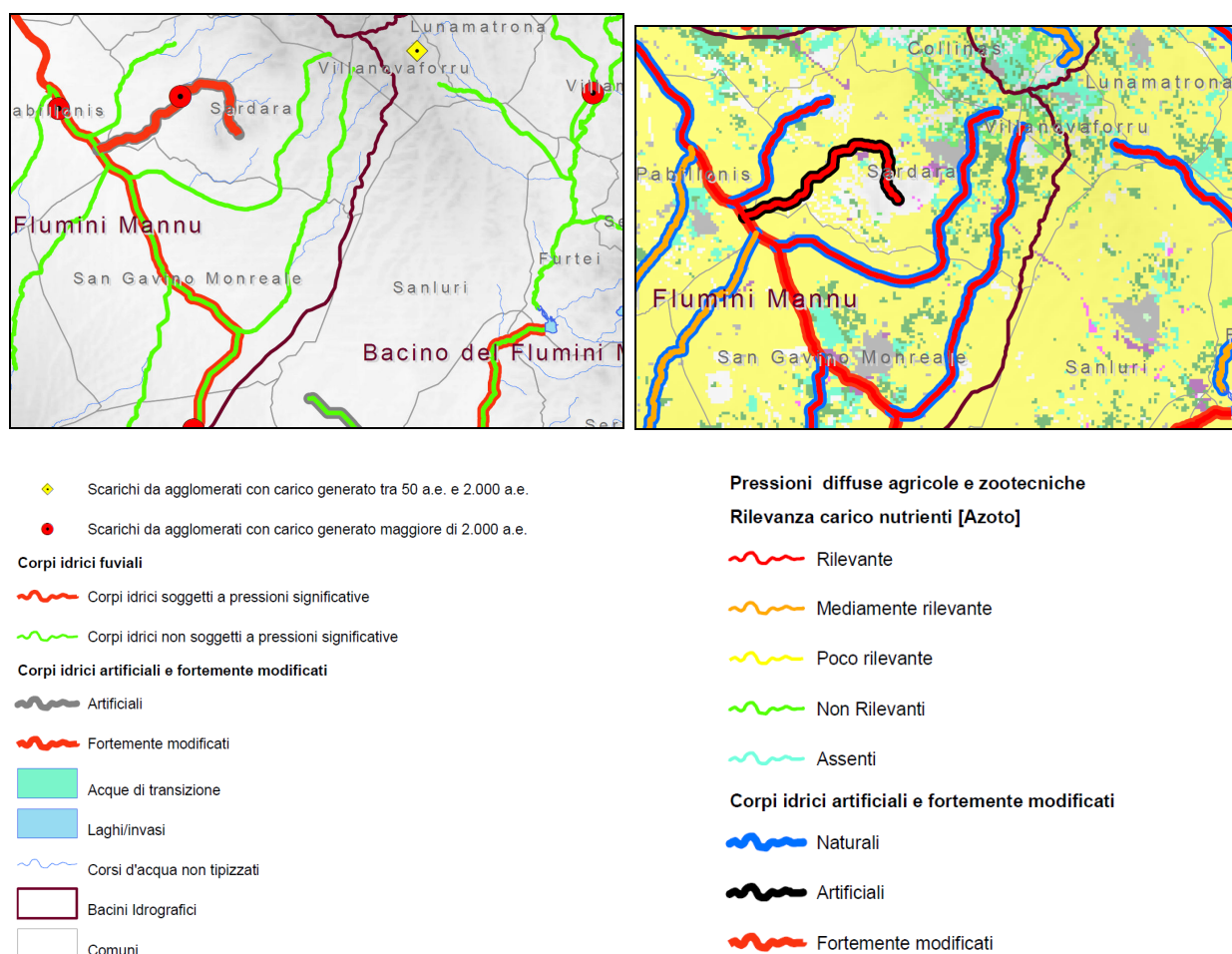


Figura 8: pressioni puntuali (a Sx) e pressioni diffuse (a dx)

Per ciò che concerne la classe di rischio dei corsi d'acqua (analisi delle pressioni D.M. 131/2008), si osserva che nel settore in argomento, due corsi d'acqua principali e nella fattispecie il Canale Cuccuru Casu e il Rio S'Acqua Cotta, sono classificati come corpi idrici probabilmente a rischio

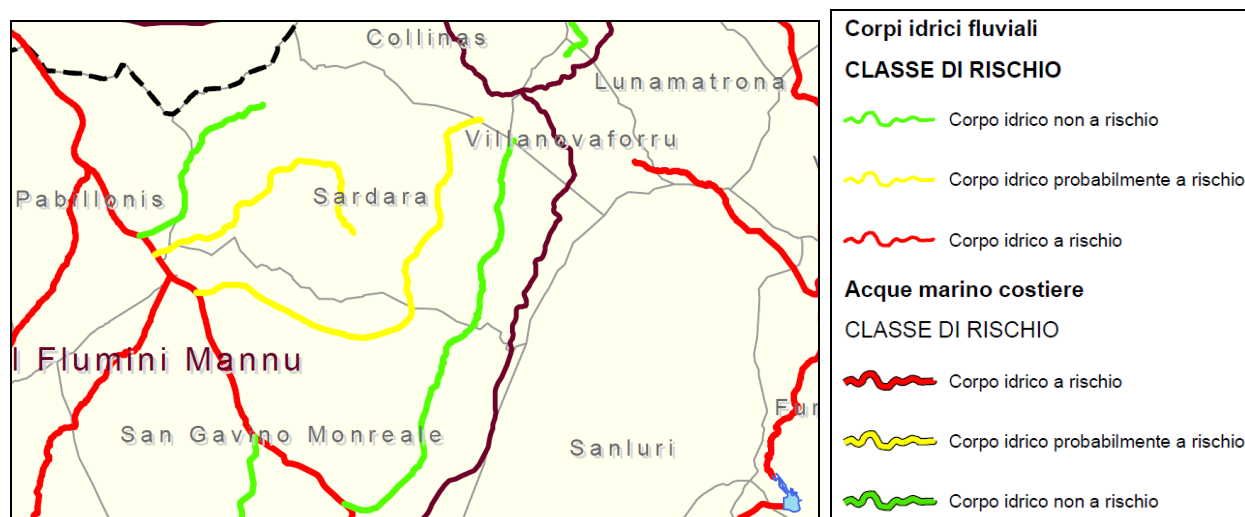


Figura 9: Classe di rischio dei corsi d'acqua - D.M. 131/2008

Gli obiettivi di qualità per il 2015 sono comunque quelli di probabile esenzione

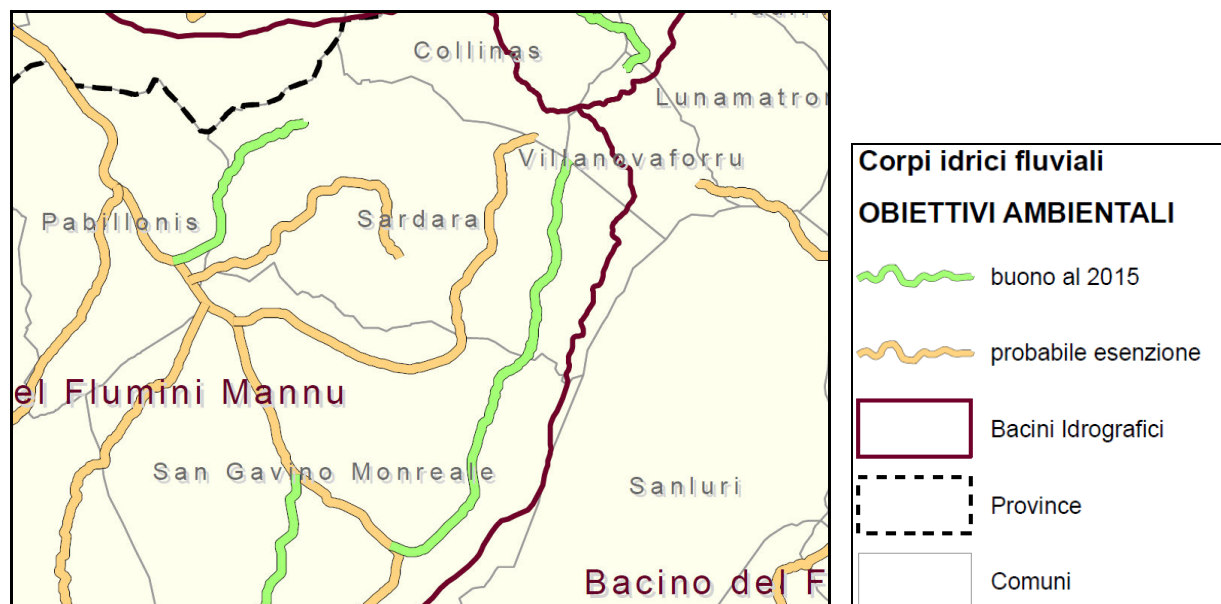


Figura 10: obiettivi di qualità

Per ciò che concerne le acque sotterranee dalla Tavola 10.9 del Piano, è stato evidenziato quale sia lo stato complessivo in relazione ai corpi idrici sotterranei degli acquiferi che interessano il settore in argomento. Si osservi come lo stato complessivo

dell'Acquifero Detritico Quaternario sia nel complesso buono in tutto l'agro di Sardara e risulti invece scarso nel settore di Sanluri.

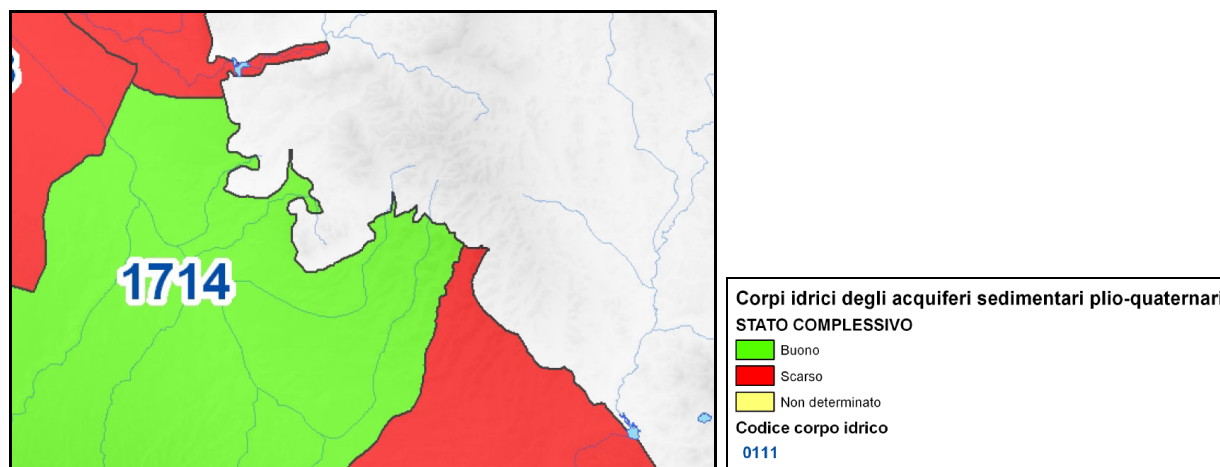


Figura 11: stato complessivo acquifero detritico alluvionale (1714 – Flumini Mannu di Pabillonis)

Per ciò che concerne la rete di monitoraggio chimico e quantitativo dei corpi idrici sotterranei si osserva che in prossimità del sito in questione e nel territorio di Sardara non figurano pozzi, piezometri e sorgenti monitorate ai fini della definizione dello stato dei corpi idrici sotterranei.

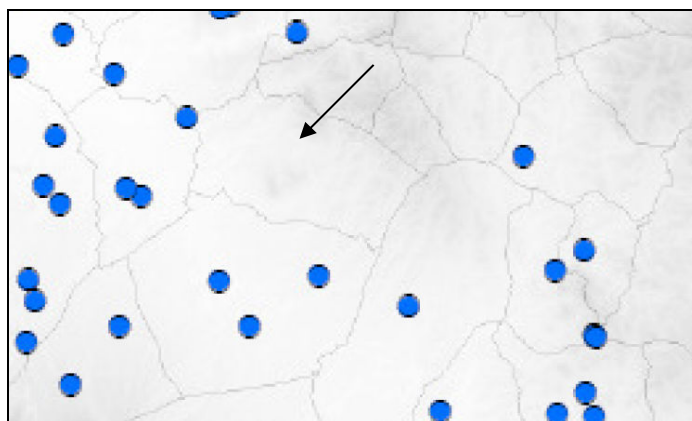


Figura 12: rete di monitoraggio acque sotterranee - la freccia indica il territorio di Sardara

Per l'acquifero in argomento, identificato dal codice 1714, le stazioni di monitoraggio più vicine al sito in questione, a valle della viabilità, sono ubicate in agro di Pabillonis e San Gavino Monreale:

17PO002	1714	1469991	4378563	83,3	Guspini	Pozzo scavato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; M; Fe-Mn
17PO003	1714	1469895	4375419	107,1	Guspini	Pozzo scavato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; M; Fe-Mn
17PT054	1714	1477914	4386636	54,0	Mogoro	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; PE; Fe-Mn
17PT055	1714	1475650	4382700	38,9	Pabillonis	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; Fe-Mn
17PT056	1714	1474868	4383131	42,9	Pabillonis	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; M; Fe-Mn
17PT057	1714	1481107	4376235	51,7	San Gavino Monreale	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; PE; Fe-Mn
17PT058	1714	1484514	4378759	72,9	San Gavino Monreale	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; Fe-Mn
17PT059	1714	1474531	4376197	96,9	Gonnosfanadiga	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; Fe-Mn
17PT060	1714	1472109	4373325	152,8	Gonnosfanadiga	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; PE; Fe-Mn
17PT061	1714	1477096	4369883	168,6	Villacidro	Pozzo trivellato	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; Fe-Mn
17PZ010	1714	1479560	4378523	45,6	San Gavino Monreale	Piezometro	Operativo	SI	SI	Ogni anno	2	Ogni anno	2	PB; Pi; Fe-Mn

Figura 13: stazioni di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei per l'Acquifero Detritico Alluvionale del Flumini Mannu di Pabillonis.

Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) individua le aree a rischio idraulico e di frana e ha valore di piano stralcio ai sensi della L. n° 183/89. Il PAI è entrato in vigore con Decreto dell'Assessore ai Lavori Pubblici n° 3 del 21/02/2006. Esso ha lo scopo di individuare e perimetrare le aree a rischio idraulico e geomorfologico, definire le relative misure di salvaguardia sulla base di quanto espresso dalla Legge n. 267 del 3 Agosto 1998 e programmare le misure di mitigazione del rischio.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale provinciale e comunale in quanto finalizzato alla salvaguardia di persone, beni, ed attività dai pericoli e dai rischi idrogeologici (Norme di Attuazione del PAI, Art. 4, comma 4). Le previsioni del Piano pertanto producono effetti sugli usi del territorio e delle risorse naturali e sulla pianificazione urbanistica anche di livello attuativo, nonché su qualsiasi pianificazione e programmazione territoriale insistente sulle aree di pericolosità idrogeologica (N.A. PAI, art. 6). Le Norme di Attuazione del PAI prescrivono che i Comuni e le altre Amministrazioni interessate, provvedano a riportare alla scala grafica della strumentazione urbanistica vigente i perimetri delle aree a pericolosità idraulica H_i e geomorfologica H_g e delle aree a rischio idraulico R_i e geomorfologico R_g , e ad adeguare contestualmente le norme dello strumento urbanistico (N.A. PAI, Art. 4, comma 5). Prevedono inoltre che, nell'adeguamento della pianificazione comunale, vengano delimitate le aree di significativa pericolosità idraulica e geomorfologica non perimetrare in precedenza dal PAI (N.A. PAI, Art. 26). Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, i Comuni, in base all'articolo 8 comma 2, devono produrre appositi studi di compatibilità idraulica e geologico-tecnica riferiti all'intero territorio comunale, approvato dall'Autorità Idraulica competente per territorio, integrandolo negli atti di Piano che costituiranno oggetto della verifica di coerenza (art.31 commi 3, 5 L.R n.7/02). Gli ambiti di riferimento del Piano sono i sette Sub-Bacini individuati,

all'interno del Bacino Unico Regionale, ognuno dei quali è caratterizzato in generale da una omogeneità geomorfologica, geografica e idrologica: Sulcis, Tirso, Coghinas-Mannu-Temo, Liscia, Posada – Cedrino, Sud-Orientale, Flumendosa-Campidano-Cixerri.

Per ciò che concerne le perimetrazione dell'area si osserva che il settore di intervento ricade nel parzialmente nel sub bacino n. 7 del Flumendosa – Campidano – Cixerri e quasi interamente in quello n. 2 del Tirso.

Il settore in argomento non è inserito in alcuna area pericolosa o a rischio idraulico segnalata nel P.A.I. o nel P.S.F.F. o ancora nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Allo stato attuale si osserva che l'area di Sardara è inserita in un ambito di pericolosità geomorfologica ma il settore stradale è classificato in zona *Hg1* di bassa pericolosità. Non sono inoltre segnalate aree pericolose secondo il progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani).

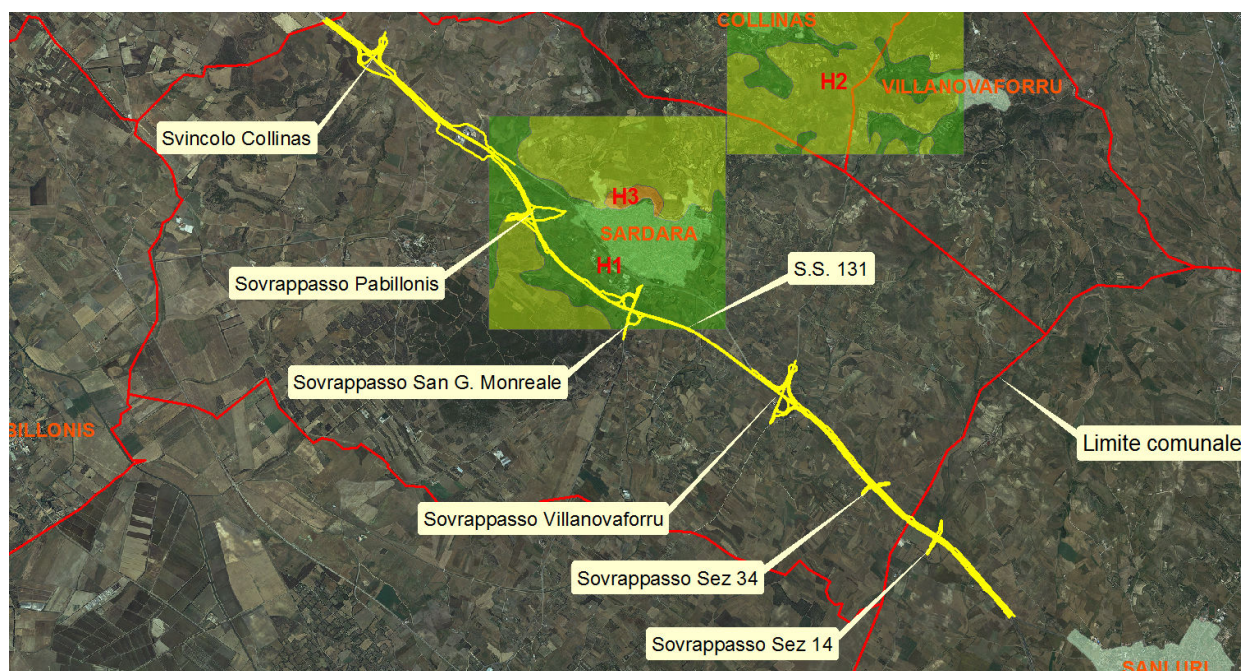


Figura 14: perimetrazione della pericolosità da franamento per il settore in questione

➤ *Altri regimi vincolistici*

Vincoli ambientali e territoriali

L'analisi dell'area in rapporto ad altri potenziali vincoli è di seguito specificata.

Aree di notevole interesse pubblico: vincolo ex. art. 136 D.Lgs 42/04

L'area di intervento è completamente esterna al vincolo in questione.

Aree tutelate per legge: vincolo ex art. 142/143 D.Lgs 42/04

Il tracciato stradale intercetta diverse aste fluviali; nello specifico risultano iscritte nell'Elenco delle Acque pubbliche sia il Rio Arriano, il Rio de SACqua Cotta, Riu de Sa Piscina, Riu Masoni Nostu.

Le indicazioni sullo stato di vincolo paesaggistico sono state dedotte dal database regionale sulle acque classificate "pubbliche". Di seguito l'indicazione dei corsi d'acqua sull'ortofoto dell'anno 2010.

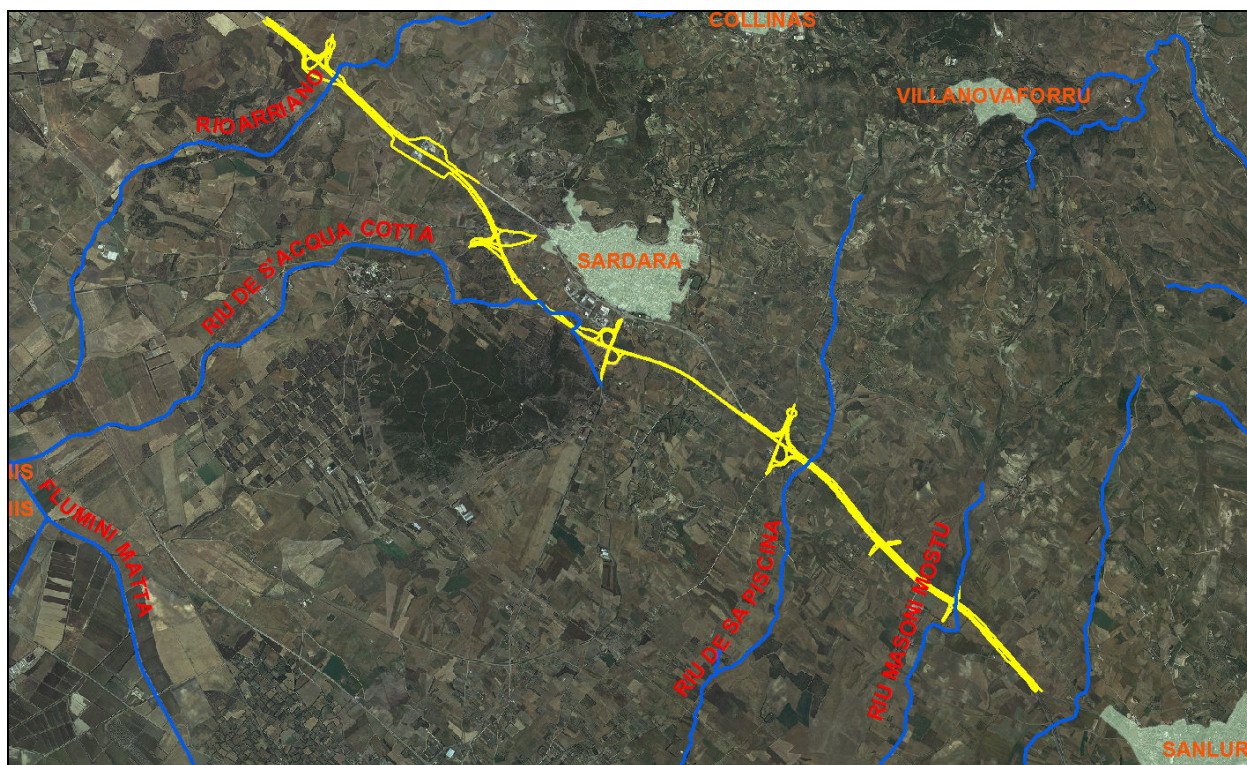


Figura 15: corsi d'acqua iscritti nell'elenco delle acque pubbliche

Vincolo idrogeologico (R.D. 3267/1923)

L'area di intervento è completamente esterna al vincolo in questione.

Tutela delle piante di quercia da sughero (L.R. n° 4/94)

L'area è esclusa da tale vincolo.

Legge quadro sugli incendi boschivi (L. 353/00)

L'area è esclusa da tale vincolo.

Aree naturali protette (L. 394/91 e succ. modif. e integr.; L.R. 31/89) – aree SIC e ZPS

L'area è esclusa dal vincolo, perché non individuata da alcun provvedimento normativo di tutela sia relativo ai Parchi o a tutte le aree naturali protette già indicate sia nel P.P.R. sia negli allegati alla Legge 31/89. Non rientra inoltre tra i siti individuati sulla base del D.M. (Ambiente) 25 marzo 2005 "Elenco dei proposti siti di importanza comunitaria per la regione biogeografica mediterranea, ai sensi della

direttiva n.92/43/CEE" e "Elenco delle Zone di Protezione Speciale, ai sensi della direttiva n.79/409/CEE" .

Aree di tutela da acque destinate ad uso pubblico (D. Lgs. 152/06 e s.m.i.)

L'area non rientra all'interno delle zone di tutela integrale e di rispetto dei punti di presa di acque da destinare ad uso pubblico.

Vincolo archeologico: in prossimità della viabilità ricadono alcuni nuraghi ai quali si applicano le relative fasce di vincolo.

c) Inquadramento geomorfologico

L'evoluzione geomorfologica del settore è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena e come tale è quindi influenzata dalla struttura geologica, intesa, sia come caratteristiche mineralogico-petrografiche delle rocce, sia come giacitura e diversa competenza in relazione alla resistenza che esse oppongono agli agenti di modellamento.

Da un punto di vista strettamente geomorfico generale si osserva che l'area in questione si presenta come una superficie piana e monotona, alternata a limitate aree dall'aspetto collinare nel settore a monte della viabilità, caratterizzate da forme spesso poco pronunciate o particolarmente arrotondate. La morfologia tende a divenire maggiormente ondulata e a tratti più aspra solamente nel settore di Sardara (aree limitrofe al Castello di Monreale) dove si ha una variabilità litologica più evidente per via della sovrapposizione di Unità e Formazioni riferibili a diversi periodi geologici.

Le quote altimetriche maggiori nell'area dei bacini idrografici che insistono sul settore in argomento, si riscontrano lungo l'asse dei centri urbani di Villanovaforru e Collinas (grosso modo disposto lungo una direttrice NW-SE), dove si raggiungono le quote di circa 300-400 m. s.l.m.

Da tale asse, attraverso una serie morfologica collinare con litotipi sedimentari e vulcanici terziari a medio elevata acclività, incisa da vallecole a fondo più o meno arrotondato e caratterizzata dalla presenza di superfici substrutturali inclinate e da rilievi a tratti ondulati, ci si raccorda, in direzione SW, alla piana antistante posta tra gli abitati di Sanluri e Sardara. I processi geomorfologici di tale unità geomorfologica collinare posta a monte della viabilità e sino all'asse Collinas - Villanovaforru, sono prevalentemente riconducibili al ruscellamento diffuso e concentrato e a fenomeni gravitativi in corrispondenza dei versanti acclivi e caratterizzati da erosioni differenziali della serie stratigrafica.

La piana si sviluppa da una quota approssimativa di circa 150 m. s.l.m. con un orientamento lungo l'asse del Grabhen del Campidano e a ridosso della viabilità medesima.

La piana (fatta eccezione per un settore più ondulato posto a ridosso del Castello di Monreale), degrada dolcemente verso SW nei territori di San Gavino Monreale e Pabillonis ed è impostata su suoli recenti ed attuali e su coperture alluvionali antiche e recenti. Si sviluppa con una bassa acclività, con pendenza in genere compresa tra 0% e il 5%. La stessa si presenta localmente terrazzata su più livelli.

In via generale, in tutto il settore pianeggiante, i principali processi geomorfici agenti sono riconducibili al ruscellamento incanalato e diffuso che si verifica specie in occasione di forti precipitazioni in particolare per effetto della limitata permeabilità dei suoli. La rete di scorrimento incanalata, così come quella superficiale diffusa, ha subito sostanziali modifiche nel tempo per effetto di infrastrutturazioni e bonifiche integrali eseguite alla fine del 1800 e i primi anni del 1900.

Per ciò che concerne l'analisi morfologica lungo il tracciato, si osserva che la realizzazione della viabilità ha comportato prevalentemente alterazioni morfologiche dell'assetto originario, attraverso la realizzazione di rilevati e trincee ai lati delle quali è stata definita una riorganizzazione dell'assetto idrografico superficiale. Le modifiche hanno comportato talora un riequilibrio erosivo e localmente si rinvergono erosioni concentrate ed incisioni in alveo che in certi casi avvengono anche a scapito delle infrastrutture realizzate.

Di seguito una sommaria descrizione morfologica dei tratti:

Tratto A: Km 47+000 - sovrappasso della sezione n. 34:

la viabilità si presenta in piano o leggermente in trincea (sia la S.S. 131 che le complanari). In corrispondenza della Sez. 0 si intercetta il Rio Iroxi che presenta un alveo inciso con solco a V, con sponde in terra non sagomate. A valle della viabilità l'alveo è rivestito in cls a sezione trapezoidale. I deflussi provenienti da monte nel tratto in questione sono drenati da attraversamenti (prevalentemente tubolari in cls o lamiera zincata) sui quali convergono anche le acque della piattaforma tramite canalette parallele all'asse stradale.



Figura 16: Rio Iroxi

Poco prima del sovrappasso posto alla sez. n. 14 si intercetta il Rio Masoni Nostu (a monte assume il nome di Rio Masusecci). Il percorso del corso d'acqua è stato modificato a seguito della realizzazione dell'opera e le acque sono state convogliate sul lato Sud del rilevato rispetto alla configurazione originaria. Il corso d'acqua mostra una incisione con erosione regressiva e ha eroso la sequenza alluvionale antica raggiungendo il basamento marnoso proprio in corrispondenza del doppio attraversamento stradale (complanare destra e S.S. 131).



Figura 17: Rio Masoni Nostu

L'idrografia, sul lato in destra idrografica, a monte della viabilità, è adiacente al rilevato che nella parte terminale è delimitato da muri in tensiter.



Figura 18: rilevato nella sez. n. 14

La sequenza della viabilità leggermente in trincea per la S.S. 131 e a tratti con leggero rilevato per la complanare destra (direzione SS) e con intercettazione di piccoli compluvi da monte, prosegue sino al sovrappasso posto presso la sez. n. 34. Anche in corrispondenza della sez. 34 le acque della Fossa Tuppa Xerbu (a valle denominato Rio Frailis) sono state convogliate sul lato di valle della viabilità mediante tubolari in cui convergono anche le acque della piattaforma stradale e di drenaggio superficiale poste a valle dei rilevati.

In particolare si osserva che le acque della complanare Est, sono accuratamente drenate dalle cunette laterali mentre la mancanza di un attraversamento sul lato destro della complanare, determina un deflusso sulla sede stradale in prossimità dell'incrocio per impossibilità delle stesse, in occasione di afflussi cospicui, di essere canalizzate sulla cunetta laterale effettuando una curvatura a 90°.



Figura 19: Attraversamento Fossa Tuppa Xerbu e Sovrappasso sez. 34



Figura 20: situazioni di deflusso in occasione di forti precipitazioni, delle acque di drenaggio poste a valle del rilevato sez. 34 (complanare Est)

Tratto B: dal sovrappasso sezione n. 34 a sovrappasso Villanovaforru:

Il tratto iniziale, sino alla sezione n. 47, si sviluppa in trincea su una debole ondulazione morfologica caratterizzata da affioramenti di litologie prevalentemente marnose. Da tale sezione, su un debole avvallamento naturale con orientamento in direzione NW-SE, di raccordo alla vallata principale in cui scorre il Rio De Sa Pixina (a valle Rio Bruncu Fenugu), e sino a poco oltre la sezione 57, si sviluppa un esteso rilevato, per una lunghezza complessiva di circa 400 metri, sostenuto lateralmente da elementi in tensiter. In tale settore anche le complanari mostrano un leggero rilevato rispetto al piano di campagna. Le acque vengono drenate parallelamente al rilevato sino alla confluenza con il corso d'acqua citato. Dalla sezione 57 e sino alla 59A, per una lunghezza di circa 200 metri, si sviluppa il viadotto n. 1. Il settore circostante che costituiva la vallecchia del corso d'acqua è stato quindi interamente modificato dal suo assetto originario, rispetto alla situazione originaria già peraltro modificata dalla vecchia S.S. 131.



Figura 21: rilevato tra le sezioni 47 e 57 e viadotto tra le sezioni 57 e 59A

Il tratto di raccordo tra il viadotto e il sovrappasso "Villanovaforru" è caratterizzato da un rilevato simile al precedente, per una lunghezza di circa 80 metri, sino alla sezione 60. Gran parte della viabilità del sovrappasso è costruita in piano o leggero rilevato, mentre spiccano i rilevati centrali del sovrappasso sostenuti nella parte terminale da elementi in tensiter.

La complanare Est si presenta parzialmente in rilevato (la complanare Ovest solo in maniera relativa); il drenaggio delle acque provenienti dal settore di monte, quasi parallelo all'asse del sovrappasso su una vallecchia preesistente totalmente colmata dall'opera, avviene lateralmente alla complanare Est sino al Rio de sa Pixina con tubolari che attraversano sia il sovrappasso che la complanare.



Figura 22: tratto in rilevato compreso tra la sezione 59A e 60. Sovrappasso Villanovaforrube drenaggio acque

Tratto C: sovrappasso Villanovaforru – Sovrappasso San Gavino Monreale

Il tratto compreso tra la Sez. 64 e 84 si presenta in trincea con affioramento di litologie marnose che sono comunque sostenute da muri in tensiter. Il tracciato si sviluppa sul vecchio percorso della S.S. 131 sino alla sezione n. 76. Dalla sezione 84 alla sezione 89 e dalla sezione 96 alla sezione 99 si sviluppano i rilevati di appoggio al viadotto n. 2 (attraversamento del Rio di S'Acqua Sassa) compreso appunto tra i due rilevati.

La medesima conformazione si ripete con riferimento al tratto compreso tra le sez. 106A e 108 B e tra le sez. 117A e 121 dove si sviluppano i rilevati di appoggio al viadotto n. 3 di attraversamento del Canale Mitza Su Truncu (Rio di Cuccuru Casu).

I due corsi d'acqua, bonificati e rivestiti, non sono stati alterati nei loro percorsi.

Le acque meteoriche dell'intorno vengono sempre convogliate parallelamente ai rilevati sino alle zone di compluvio. Non si osservano particolari fenomeni geomorfologici fatta eccezione per deboli erosioni fluviali in corrispondenza dei corsi d'acqua.



Figura 23: veduta parziale Viadotto n. 2 e n. 3

Tratto D: Sovrappasso San Gavino Monreale - Sovrappasso Pabillonis

Tutto il settore posto in prossimità del sovrappasso San Gavino Monreale, si presenta in trincea fatta eccezione per i rilevati principali del sovrappasso. Le classiche facies

conglomeratiche della Formazione di Ussana, rossastre, incise dalle scarpate stradali, caratterizzano il comparto in argomento. Prima della realizzazione della viabilità l'area, destinata ad uso agricolo, già nelle arature ben visibili anche nell'ortofoto a colori del 1977, presentava la classica colorazione vinaccia dei suoli. Le modificazioni antropiche connesse alla realizzazione dell'opera hanno alterato un sistema collinare a debole ondulazione che dal settore Sud, in località Surruleo, si estendeva verso il macello di Sarda. Sul lato Ovest di tale sistema si sviluppa un piccolo compluvio identificato nel database regionale come Fiume_15680 (a valle Riu Marianca) mentre un ulteriore compluvio drenava le acque del settore Nord provenienti dalla zona artigianale di Sarda e aree limitrofe.

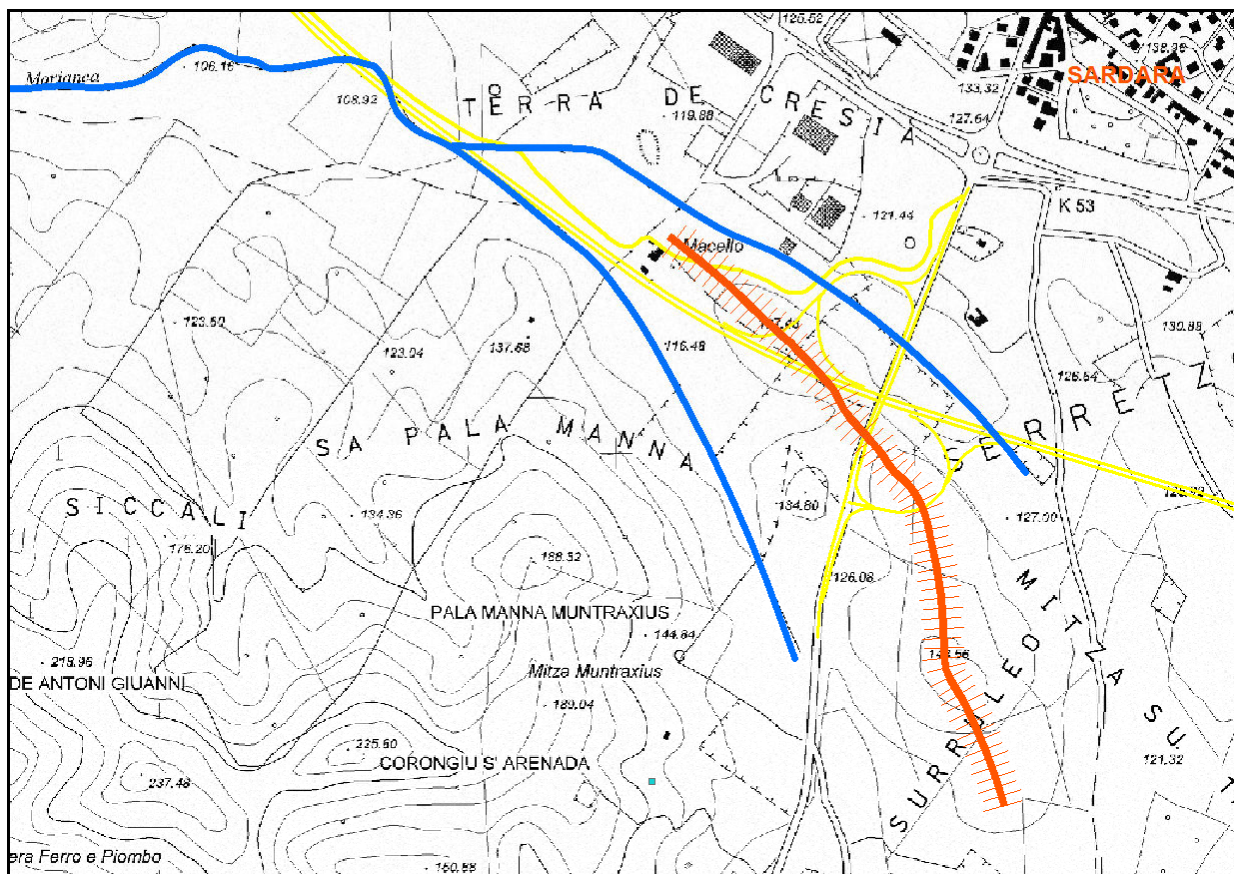


Figura 24: cartografia CTRN ante operam; in rosso l'asse collinare preesistente



Figura 25: ortofoto dell'anno 1977 con sovrapposizione degli areali di affioramento della Formazione di Ussana

Il sistema di ruscellamento superficiale è stato totalmente riorganizzato. Dal punto di vista geomorfologico nei punti principali di convogliamento delle acque, sono visibili erosioni diffuse ed incanalate, a volte di tipo regressivo. Il tratto tra i due svincoli è caratterizzato da due rilievi principali posti tra le sezioni 173-180 e 197-201 che confinano il viadotto n. 4 di attraversamento del Rio Marianca, in cui vengono convogliate anche le acque provenienti dal settore del centro urbano. Le principali modificazioni antropiche operate sono a carico del sistema idrografico in quanto i deflussi originati dal centro urbano, che prima confluivano direttamente nel Rio Marianca, sono attualmente convogliati nel Fiume 15680.

Il successivo sovrappasso "Pabillonis" presenta notevoli aree in rilevato e anche in tale settore sono state operate variazioni morfologiche ed idrografiche di rilievo. In corrispondenza di tale sovrappasso, le acque vengono convogliate sul lato Nord verso il Rio de Fau e Rio de Axiurridu.

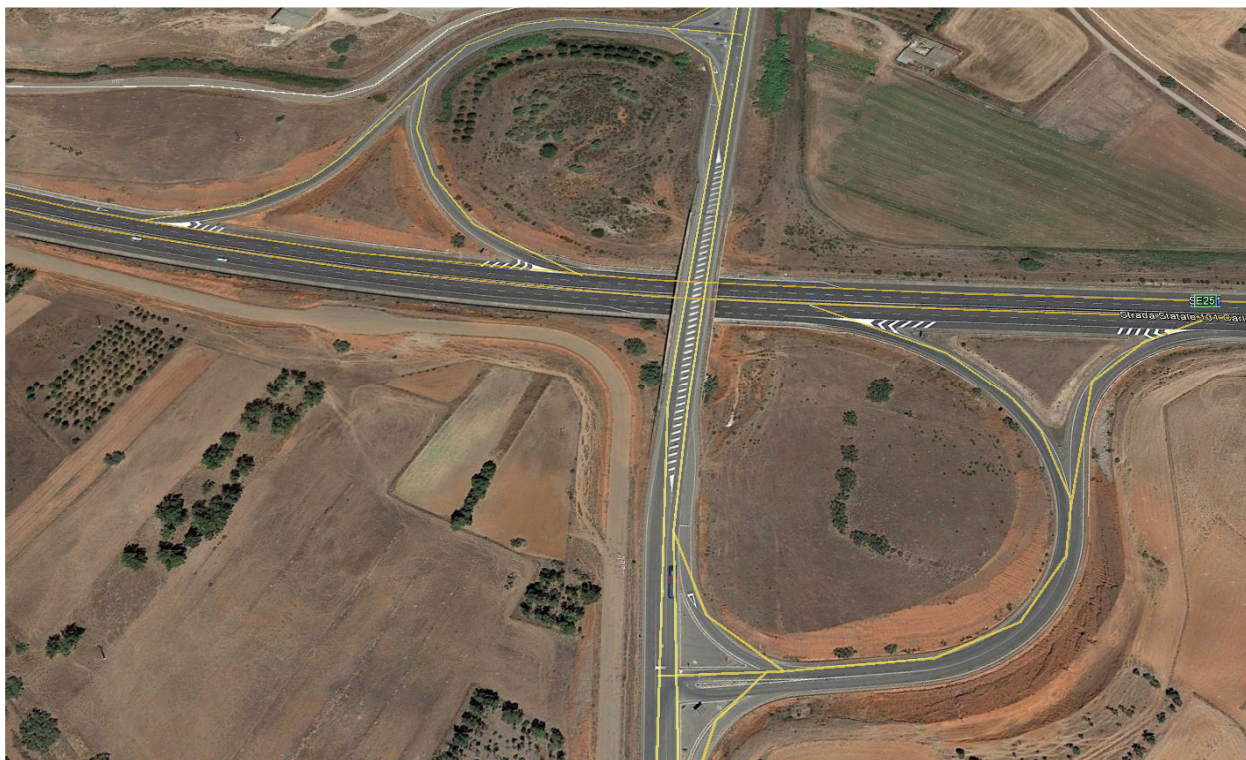


Figura 26: classica colorazione delle trincee stradali nella F. di Ussana nel sovrappasso San Gavino Monreale

Tratto E: Sovrappasso Pabillonis – Km 58.500

Il settore si presenta prevalentemente subpianeggiante o leggermente in trincea fatta eccezione per la presenza del rilevato compreso tra le sez. 251 e 263B e dei due rilevati compresi tra le sez. 267-270B e 273-275.

Il primo rilevato posto poco prima della Stazione di rifornimento, al Km 56, consente l'attraversamento del Rio Canali (a valle denominato Rio Gora Piscina Perra). Le modificazioni sostanziali operate sono sia a carico dell'idrografia superficiale, sia a carico del sistema collinare ondulato specie in corrispondenza della sez. 253 dove si osserva la presenza di strutture di sostegno sia in c.a. che gabbionate per contenere la spinta delle terre sul lato Nord della complanare Est. Il Rio Barumeli, che prima attraversava la S.S. 131 e si raccordava a valle della medesima al Gora Piscina Perra, è attualmente drenato sul lato Est della complanare Est e raccordato a monte della medesima al suo tributario.



Figura 27: gabbioni e sottopasso sezione 253

Negli altri due rilevati citati del tratto in argomento, sono state operate modificazioni contenute del rilievo. Affiorano infatti una varietà di litologie vulcaniche sia oligomioceniche che plio-pleistoceniche, in stretta associazione con le litologie sedimentarie mioceniche e alluvionali quaternarie. Le varietà delle litologie conferisce una locale originaria morfologia ondulata con asse ortogonale alla S.S. Le acque del tratto collinare sovrastante vengono drenate in direzione Sud e confluiscono più a valle nel Rio Setti. Proprio in corrispondenza di quest'ultimo, le opere eseguite per la costruzione del nuovo ponte in affiancamento a quello già esistente di Corti Ardana, ostacolano il regolare deflusso delle acque che continuano ad incidere in destra idrografica. L'azione concomitante delle acque di drenaggio parallele alla S.S. e la loro convergenza sul Rio Setti (sul lato di monte), determina condizioni di erosione del basamento delle fondazioni.



Figura 28: ponti sul Rio Setti; la freccia indica la presenza dell'erosione del manufatto

Il tratto terminale della viabilità in questione, compreso tra il Rio Setti e il Rio Barocus che scorre proprio in prossimità del confine Sardara-Mogoro, vede lo presenza dello svincolo per Collinas. In tale settore i rilevati del sovrappasso erano già esistenti all'atto di realizzazione del tronco stradale oggetto di studio, mentre sono state realizzate ex novo ed in rilevato le nuove complanari. Le stesse, attraverso una rete di drenaggio orientata in direzione SE, consentono il convogliamento delle acque verso il

Rio Setti. Il rilevato del sovrappasso non è stato comunque interessato da rifacimento in quanto lo stesso era già presente, come si può osservare dal raffronto tra l'ortofoto dell'anno 1997 e quella del 2010.



Figura 29: svincolo Collinas nell'ortofoto del 1997 e ortofoto 2010

Lungo il tracciato compreso tra il Km 47+000 e il Km 58+500, in corrispondenza dei rilevati e dei principali attraversamenti, sono comunque evidenti locali condizioni di alterazione delle acque correnti e dei manufatti che saranno meglio esplicitati anche nel proseguo della presente.

Si riscontrano problematiche di tipo geotecnico, argomento che esula dall'incarico del sottoscritto.

d) Caratteristiche climatiche

Il clima del territorio in esame, viene generalmente classificato come Mediterraneo Interno, caratterizzato da inverni miti e relativamente piovosi ed estati secche e calde. Di conseguenza si verificano grandi variazioni interstagionali di precipitazione accompagnate da variazioni di temperatura, senza che però le une le altre raggiungano i valori estremi tipici di altre aree climatiche.

Pluviometria

L'analisi delle condizioni pluviometriche è stata eseguita utilizzando i dati rilevati nell'ambito del SISS nella stazione pluviometrica di Sardara e che meglio rappresenta il settore in questione a causa della mancanza di serie maggiormente rappresentative in quest'area del territorio di Sanluri. Partendo da questi dati, ottenuti dalle medie di ca. un settantennio di osservazione, è stato possibile calcolare il valore medio annuale delle precipitazioni che raggiunge i 586.2 mm. L'andamento medio delle precipitazioni evidenzia che i mesi più piovosi risultano Novembre, Dicembre, e

Gennaio con 78.8 mm, 87.0 mm e 79.4 mm, rispettivamente; Luglio è il mese meno piovoso, con 4.3 mm di pioggia.

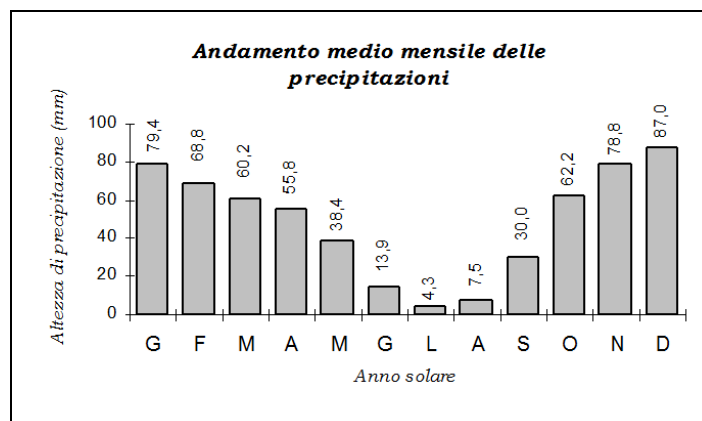


Figura 30: grafico dell'andamento medio mensile delle precipitazioni

Termometria

Per lo studio delle condizioni termiche della zona sono stati utilizzati i dati relativi alla temperatura media mensile rapportata a circa 45 anni di osservazioni e riferita alla stazione termometrica di Sanluri "aggregata". Tali dati, pur con le limitazioni dovute alla mancanza di registrazioni per lunghi periodi di tempo, si ritengono rappresentativi dell'area considerata. Il massimo valore della temperatura media si registra rispettivamente nei mesi di Luglio e Agosto con 24.2°C e 24.4 °C; il minimo valore della temperatura media, a Gennaio e Febbraio con 8.6°C e 9,1 °C. La temperatura media annua è di 15.8°C

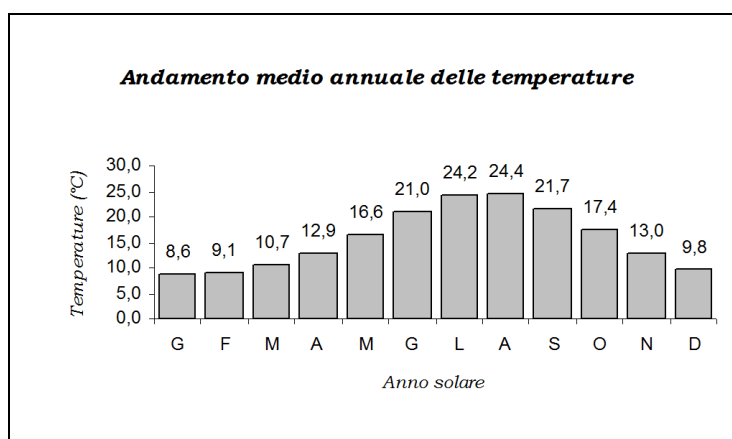


Figura 31: grafico dell'andamento medio delle temperature

Al fine di caratterizzare al meglio l'andamento climatico del settore a cui è connesso in parte il comportamento reologico anche dei terreni e delle falde superficiali, può rivestire una certa utilità l'andamento comparato dei due fondamentali elementi climatici già descritti: la temperatura e le precipitazioni. A tal fine si è proceduto al calcolo dell'indice di Aridità (*Ia*), adottando la formula di De

Martonne in quanto risulta la più adatta per regioni con clima mediterraneo alle quali la zona studiata può ascrivere.

$$I_a = 12P/(t+10)$$

In cui I_a è l'indice di aridità mensile, P la precipitazione in mm e t la temperatura media in nel mese considerato. Per le stazioni in questione si hanno i seguenti valori:

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
51.23	43.23	34.90	29.24	17.32	5.38	1.51	2.62	11.36	27.24	41.11	52.73

Figura 32: indice di aridità

Dai dati riportati si evince chiaramente che l'area in esame risente di un marcato periodo di aridità (indice inferiore a 10) nei mesi di Giugno, Luglio, Agosto. Nei mesi di Maggio e Settembre l'indice assume un valore prossimo a 10, situazione quindi al limite del valore considerato. Tale periodo di aridità è evidenziato graficamente nel sottostante diagramma ombro-termico. Tale diagramma, attraverso la larghezza dell'intervallo tra le due curve, evidenzia sia i periodi in cui si ha un prevalere delle precipitazioni sui consumi dovuti all'evapotraspirazione che i periodi in cui le perdite per evapotraspirazione superano gli afflussi. La stagione siccitosa, rappresentata dall'area racchiusa tra le due curve, inizia, come già precedentemente osservato, a Giugno e termina a Settembre. Durante questo periodo, pressoché tutta l'acqua che cade sul terreno evapora rapidamente a causa dei complessi fenomeni legati all'evapotraspirazione. Dall'andamento delle due curve si nota che l'alta temperatura atmosferica nei mesi estivi contribuisce a smaltire attraverso l'evapotraspirazione la quasi totalità delle acque superficiali.

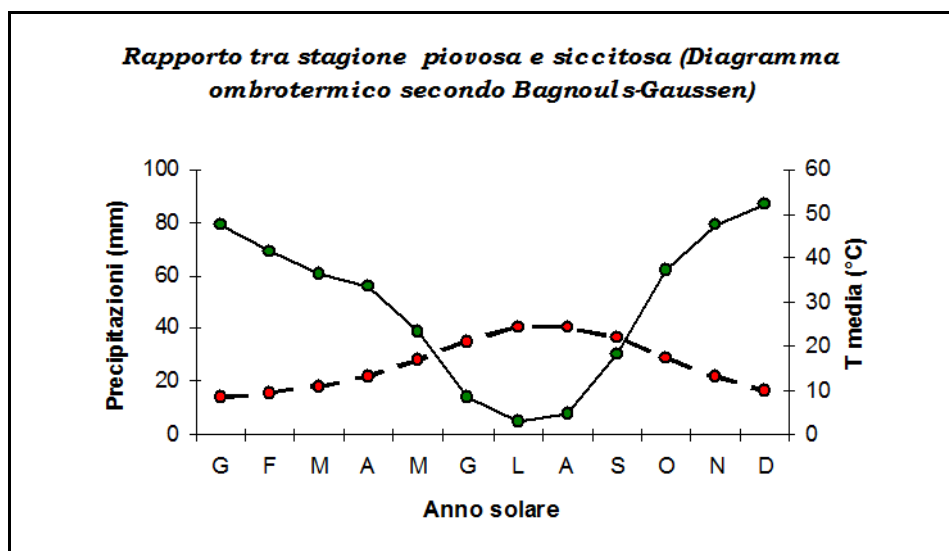


Figura 33: diagramma Bagnouls - Gaussen

e) Inquadramento geologico

La geologia della zona considerata è in gran parte abbastanza semplice dal punto di vista stratigrafico e strutturale. La successione dei terreni è infatti costituita da sedimenti terziari fatta eccezione per il tratto a ridosso di Sardara nel quale si sovrappongono litologie appartenenti a diverse ere geologiche. Da un punto di vista geologico generale l'area è posta all'interna della Fossa Sarda e del Grabhen del Campidano che con direzione NW-SE si sviluppa tra Oristano e Cagliari. Il Grabhen si sovrappone sulle strutture della precedente "Fossa Sarda" oligo-miocenica, i cui margini sono invece più orientali (zona del Sarcidano e della Barbagia).

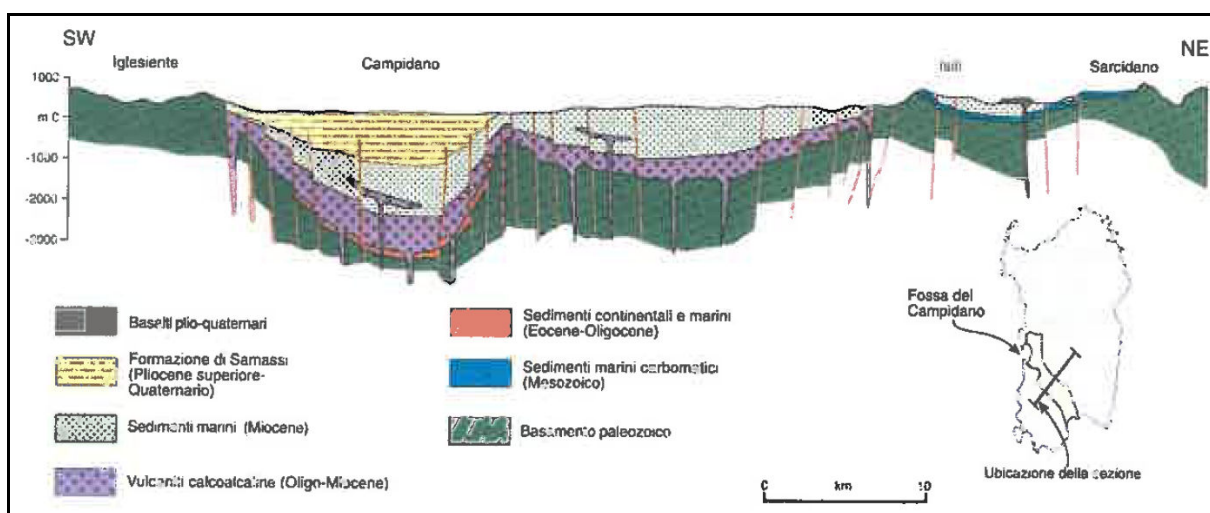


Figura 34:schema geologico della fossa del Campidano basato sull'interpretazione di dati aeromagnetici, tratto da Balia et alii - 1991

Nel settore in argomento sono quindi visibili anche i cicli vulcanici appartenenti alle fasi distensive citate: il ciclo vulcanico calcocalcino oligomiocenico connesso alla fase distensiva di formazione della Fossa Sarda e il ciclo magmatico dei prodotti effusivi di intraplacca, da alcalino ad alcalino - transizionali e sub alcalini del Plio-Pleistocene. Di seguito una rappresentazione geologica storica, in parte superata, della carta in scala 1:250.000 di Carmignani et. Alii.



Figura 35: schema Carta geologica dell'area vasta (tratto da Carmignani et al.)

Con riferimento alla cartografia e legende ufficiali, la successione geologica rinvenibile nella tratta in argomento può essere così distinta dal basso verso l'alto:

- Unità Tettonica del Gerrei, Metarcose di Genna Mesa. Si tratta di una Formazione metamorfica caratterizzata dalla presenza di metarcose e metagrovacche arcosiche, metaquarzoareniti e metaconglomerati quarzosi, in grossi banchi o massivi. Il periodo di riferimento è Ordoviciano Sup. (sigla MGM). I litotipi affiorano diffusamente nel settore a SW dell'abitato di Sardara e tra questo e il Castello di Monreale. Presentano immersioni in generale in direzione Sud. La formazione si riscontra in alcuni settori prossimi alla viabilità sia lungo la strada che da Sardara conduce a San Gavino Monreale e sia nel tratto della S.S. 131, posto immediatamente a Nord del sovrappasso San Gavino M.
- Litofacies nelle Metarcose di Genna Mesa. Metaconglomerati poligenici a clasti di quarzo e quarziti, subordinate metarenarie grossolane stratificate con orizzonti a minerali pesanti talora in matrice vulcanoclastica. (Sigla MGMa). Affiora al tetto delle Metarcose di Genna Mesa unicamente nel tratto di strada che conduce a San Gavino Monreale a partire dall'omonimo sovrappasso.
- SCISTI A GRAPTOLITI AUCT. Metapeliti carboniose e metasiltiti con graptoliti, con intercalati livelli di diaspri neri (liditi). Periodo di riferimento dal Siluriano al Devoniano Medio. (Sigla SGA). Affiorano al tetto delle Litofacies nelle Metarcose di Genna Mesa sempre lungo la strada per San Gavino Monreale.
- Formazione di Ussana rappresentata da conglomerati e brecce, grossolani, eterometrici, prevalentemente a spese di basamento cristallino paleozoico associati a livelli argilloso-arenacei rossastri talora prevalenti nella base. (Sigla

USS). Periodo di riferimento Oligocene – Aquitaniano. La Formazione è ben visibile nelle trincee stradali del sovrappasso per San Gavino Monreale con la sua classica colorazione vinaccia.

- Unità di Bruncu Mois rappresentata da basalti, andesiti basaltiche ed andesiti da subafiriche a fortemente porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Ol; in colate e cupole di ristagno principalmente di ambiente subacqueo (lave a pillows). (Sigla BNS). Periodo di riferimento Oligocene – Miocene. I litotipi affiorano diffusamente nel tratto posto in prossimità delle stazioni di Servizio a NW di Sardara e sul vecchio tracciato della S.S. 131 a ridosso dell'abitato di Sardara
- Formazione della Marmilla rappresentata da marne siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. (Sigla RML). Periodo di riferimento Aquitaniano – Burdigaliano Inf. Affiorano diffusamente in gran parte del settore in argomento specie nei tratti in trincea e costituiscono il substrato dei sedimenti quaternari di natura alluvionale. La giacitura è in genere suborizzontale e localmente inclinata in direzione SW
- Unità Di Cuccuru Aspru rappresentata da basalti, da alcalini a transizionali, trachibasalti e basaniti talora con noduli peridotitici. (Sigla UCU). Affiorano diffusamente nel tratto posto in prossimità dello svincolo per Collinas e immediatamente oltre il Km 58+500.
- Litofacies nel Subsintema di Portoscuso rappresentate da ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. I ciottoli sono di natura marnoso-arenacea o di vulcanite dell'apparato vulcanico di Sardara o addirittura paleozoici. Periodo di riferimento Pleistocene sup. Tali litofacies si appoggiano al substrato oligomiocenico della Formazione della Marmilla. (Sigla PVM2a). Affiorano distintamente in alcuni settori prossimi alla viabilità come in località Bruncu Ortu Comidu a Sud del sovrappasso Villanovaforru, nel tratto in prossimità del Ponte Corti Ardana prima dello svincolo per Collinas e nelle aree circostanti lo stesso.
- Coltri eluvio-colluviali rappresentate da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. Si rinvencono in corrispondenza dell'abitato di Sardara e in alcuni tratti del tracciato come ad esempio in prossimità del tratto SE del sovrappasso Villanovaforru

- Depositi alluvionali terrazzati del periodo olocenico rappresentati da sabbie con subordinati limi ed argille e depositi alluvionali recenti ed attuali a carattere sabbioso ghiaioso e limoso in corrispondenza dei principali corsi d'acqua.

Dal punto di vista tettonico occorre segnalare che l'area in argomento è posta in un settore che è parte integrante del sistema di faglie normali, ad alto angolo, del bordo occidentale della Fossa del Campidano.

Gli ultimi studi supportati da dati gravimetrici evidenziano per il settore in questione una maggiore inclinazione e rigetto per le faglie bordiere orientali ("faglie maestre"), rispetto a quelle occidentali e fanno così assumere alla fossa tettonica un profilo leggermente asimmetrico a semi – grabhen (Balìa et al. 1984-1991).

Il substrato cristallino paleozoico nelle parti più profonde della fossa dovrebbe trovarsi a profondità di oltre 2000 metri, al di sotto dei sedimenti e vulcaniti calcaree oligomioceniche e dei depositi oligomiocenici.

Di seguito alcune sezioni di letteratura.

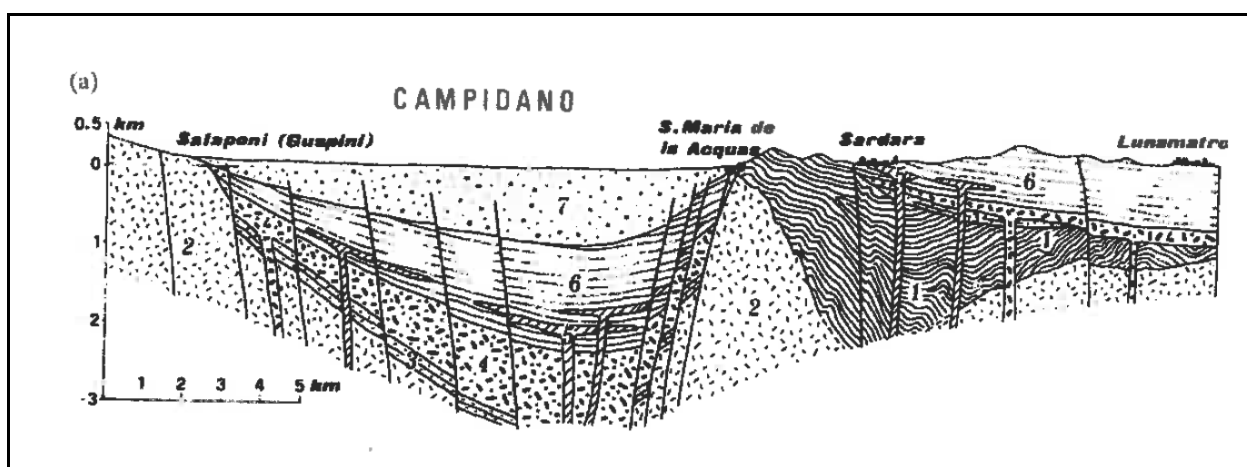
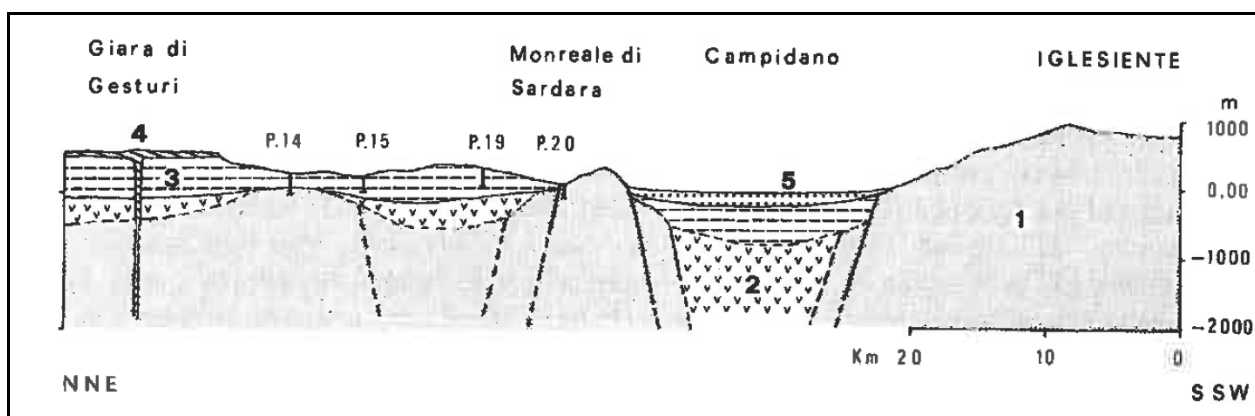


Figura 36: sezioni geologiche trasversali per l'area di Sardara tratte da Loddo et al, 1982 e Balìa et al. 1991)

Più in dettaglio si osserva che il sistema della faglie bordiere presenta nel settore in argomento un orientamento NW-SE che si sovrappone quasi all'asse stradale nel tratto tra Sanluri e Sardara (sino al tratto in cui la nuova S.S. 131 si separa dal vecchio tronco in prossimità dell'abitato di Sardara – sez. 78 circa) e si ripete con un sistema a gradinata, diretto, in modo parallelo, anche nell'area territoriale di San Gavino Monreale. Solo nell'area di Sardara il sistema tensionale mostra la presenza di elementi fragili aventi andamento circa ortogonale (ENE-WSW) a quello principale come quello che isola la successione paleozoica delle Terme di Sardara – Castello di Monreale, delimitata immediatamente sul lato Sud del Castello o che separa la Formazione di Ussana da quella della Marmilla proprio in prossimità del sovrappasso "San Gavino Monreale".

Altro elemento di importanza tettonica è la cosiddetta soglia di "Guspini-Sardara" ossia la faglia trasversale che divide il bacino campidanese in due settori principali (Oristano e Cagliari).

La struttura tettonica del settore è quindi di particolare interesse ai fini della ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche del settore. La presenza di lineamenti ortogonali ad andamento NW-SE e ENE-WSW frammenta il substrato e attraverso tali strutture si verificano zone preferenziali per la circolazione delle acque di infiltrazione verso il basso e dei fluidi termominerali/idrotermali verso l'alto (zona di Santa Maria Is Aquas).

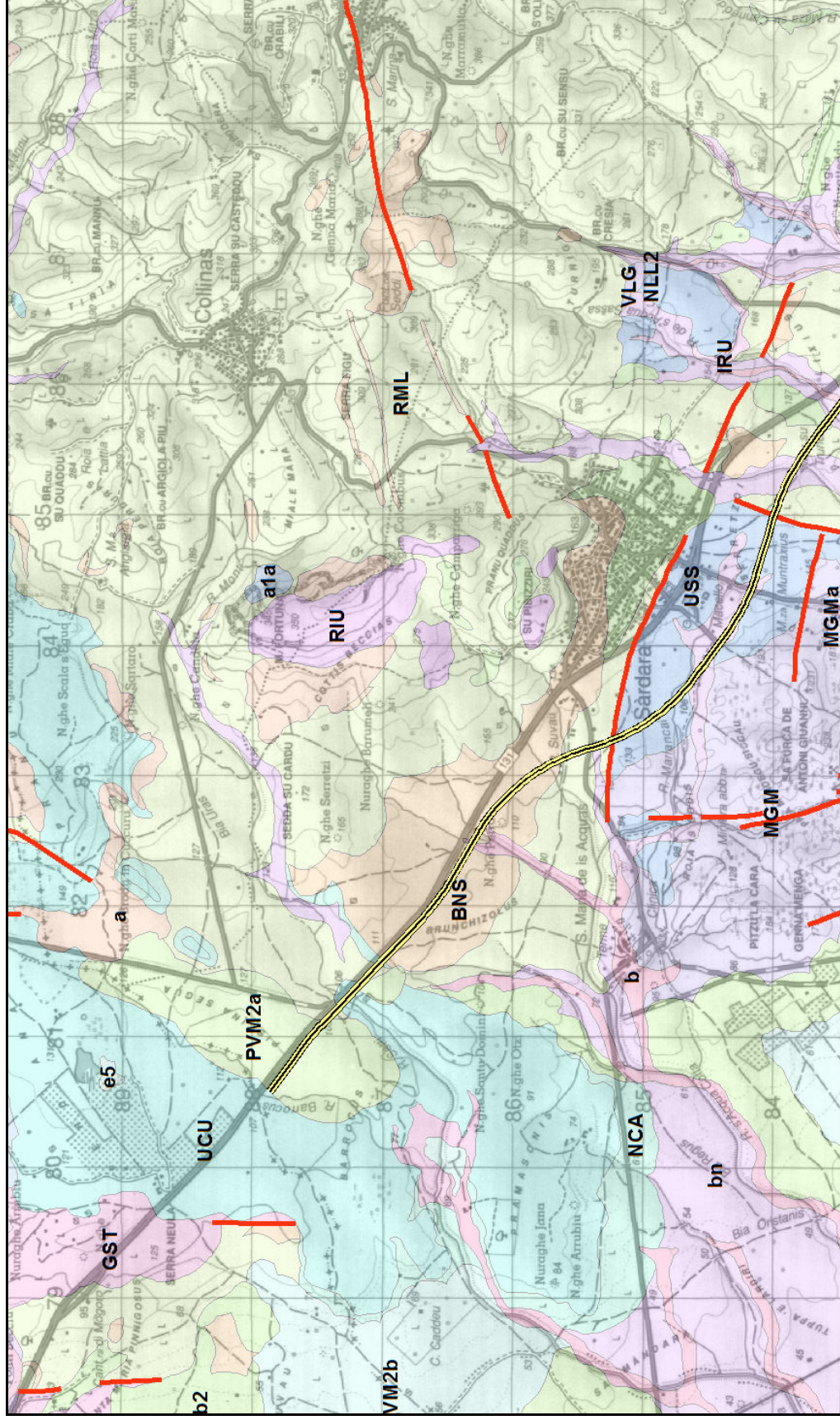


Figura 37: carta geolitologica del settore di Sarda – scala 1:50.000

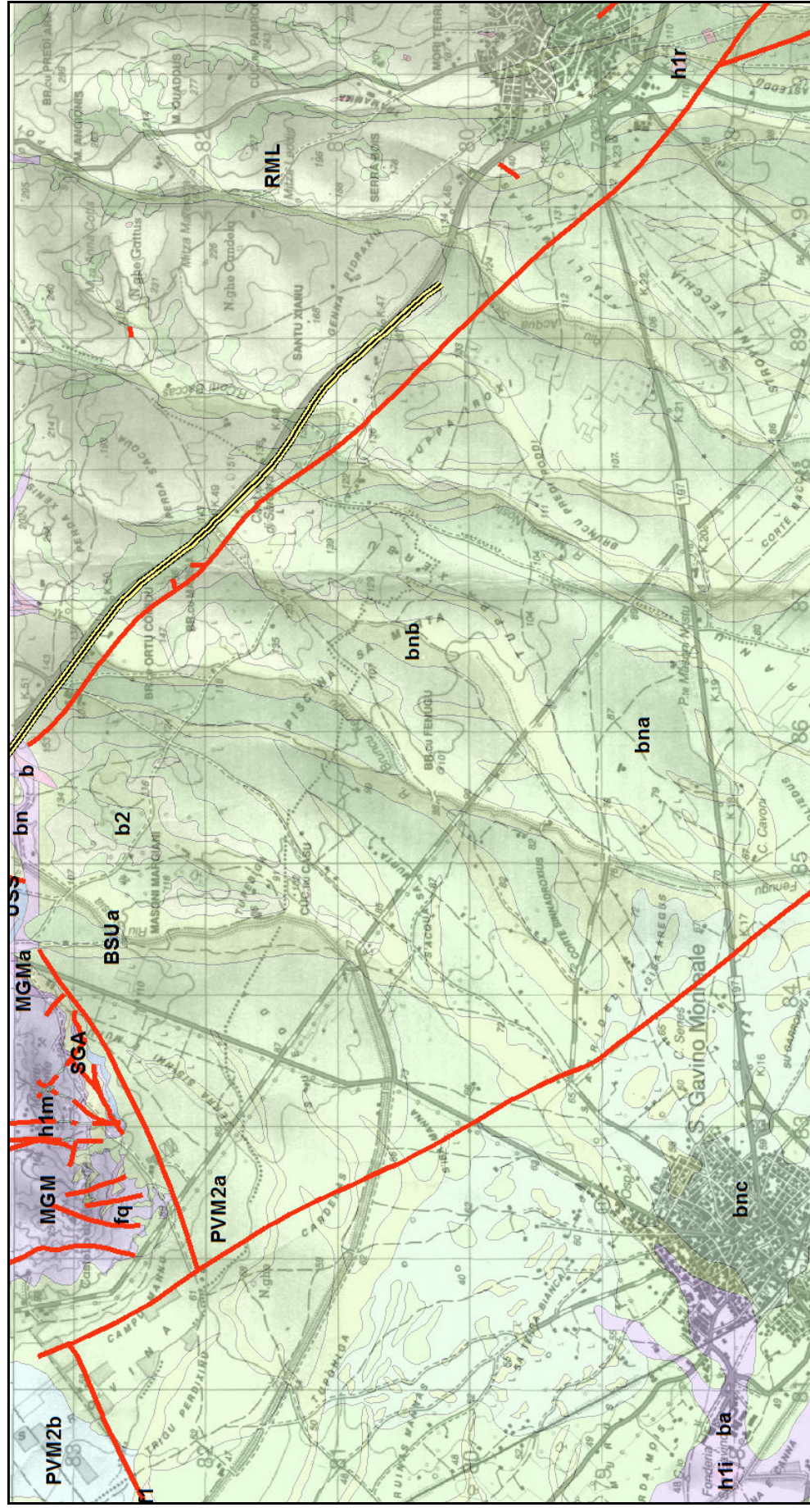


Figura 38: carta geolitologica del settore Sanluri –Sardara – scala 1:50.000

f) Caratteristiche geopedologiche e uso del suolo

L'ambiente pedologico del territorio deve essere visto in relazione soprattutto alle formazioni geolitologiche presenti, ai loro diversi aspetti morfologici, vegetazionali, ed al loro uso (presente e passato). Pertanto i suoli, nell'ambito delle aree di intervento, sono stati suddivisi prevalentemente in funzione della roccia madre dalla quale derivano e della relativa morfologia. Il livello tassonomico raggiunto nella classificazione (Soil Taxonomy) è quello del sottogruppo. E' stata inoltre effettuata un'analisi delle componenti pedologiche anche attraverso l'individuazione delle unità paesaggistico-ambientali. In via del tutto generale si rileva che i suoli risultano fondamentali per le seguenti funzioni:

- assumono un ruolo di grande rilievo nell'accrescimento delle piante e nell'ampliamento della biodiversità;
- hanno una funzione importantissima nella regimazione delle acque superficiali e nell'impinguimento delle falde sotterranee.

Questo significa che, se in un bacino si favorisce la realizzazione di un equilibrio ecologico tra suolo, vegetazione e clima, allora qualsiasi evento meteorico, anche di notevole entità, non solo non sarà in grado di apportare notevoli danni all'interno del bacino ed alle aree ad esso limitrofe, ma il bacino stesso sarà in grado di accumulare in falda una maggiore quantità di risorse idriche, avendo il suolo una maggior capacità di infiltrazione.

Il tracciato dell'opera compreso tra Sanluri e Sardara, sino all'altezza della sez. 120 circa, poco oltre il Canale Mitza su Truncu, ricade interamente all'interno dell'unità di paesaggio rappresentata dai sedimenti terziari di tipo marnoso della F. della Marmilla. I suoli di questa Unità, sulla base della cartografia analizzata sono classificabili, secondo la classificazione U.S.D.A., nell'ambito dei *TYPIC*, *VERTIC XEROCHREPTS*, *TYPIC XERORTHENTS*, subordinatamente *XEROFLUVENTS*. Il profilo è solitamente del tipo A-Bw-C, A-Bk-C e A-C, da mediamente profondi a profondi, con tessitura da franco sabbiosi a franco sabbioso argillosi, da permeabili a mediamente permeabili, subalcalini, saturi. Le aree hanno una prevalente utilizzazione agricola. Nelle aree prossime alla Formazione di Ussana i suoli sono invece classificabili nei *TYPIC*, *LITHIC XERORTHENTS*, *TYPIC*, *LITHIC XEROCHREPTS*, *CALCIXEROLIC XEROCHREPTS*. I profili sono invece del tipo A-C, A-Bw-C e A-Bk-C, da poco profondi a profondi, da franco sabbiosi a franco sabbioso argillosi, da permeabili a mediamente permeabili, da neutri a subalcalini, saturi.

Sui substrati rappresentati dalle metamorfiti e aree circostanti (area di Sardara) i suoli sono ascrivibili nelle categorie TYPIC, DYSTRIC, LITHIC XERORTHENTS E TYPIC, DYSTRIC, LITHIC XEROCHREPTS, subordinatamente PALEXERALFS E HAPLOXERALFS, ROCK OUTCROP, XEROFLUVENTS. Si tratta di suoli con profilo A-C, A-Bw-C e subordinatamente roccia affiorante, da poco a mediamente profondi, da franco sabbiosi a franco argillosi, da permeabili a mediamente permeabili, subacidi, parzialmente desaturati.

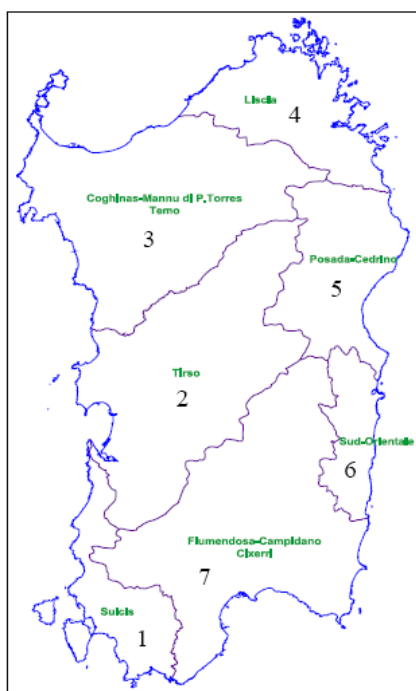
Sulle rocce effusive prevalgono invece i ROCK OUTCROP, LITHIC XERORTHENTS, subordinatamente XEROCHREPTS con rocciosità e pietrosità affiorante, con profilo A-R e subordinatamente A-Bw-R, poco profondi, franco argillosi, permeabili, neutri, saturi.

Con riferimento all'uso reale del suolo si osserva che il settore pianeggiante è quasi interamente interessato da seminativi semplici e colture orticole a pieno campo, oltre ad una forte infrastrutturazione del territorio in corrispondenza delle aree prossime ai centri urbani di Sardara e Sanluri.

L'area oggetto di studio e nella quale saranno comunque eseguiti gli approfondimenti ambientali si sviluppa all'interno della infrastruttura viaria esistente.

g) Inquadramento idrogeologico

➤ idrografia superficiale



Il settore in questione ricade all'interno di un'area che secondo la distribuzione dei bacini idrografici della Sardegna riportata anche nel Piano di Assetto Idrogeologico, è a cavallo del Tirso e del Fluminimannu – Campidano – Cixerri. Una ripartizione più di dettaglio inquadra l'area in argomento tra il sub bacino del Flumini Mannu di Pabillonis, in cui ricade gran parte del tracciato (dalla sez. 13 al confine con il territorio di Mogoro - Km 58+500) e del Flumini Mannu (dal Km 47+000 alla sez. n. 13).

Il limite del bacino idrografico del Flumini Mannu di Pabillonis è posto lungo un allineamento tra gli abitati di Collinas e Villanovaforru.

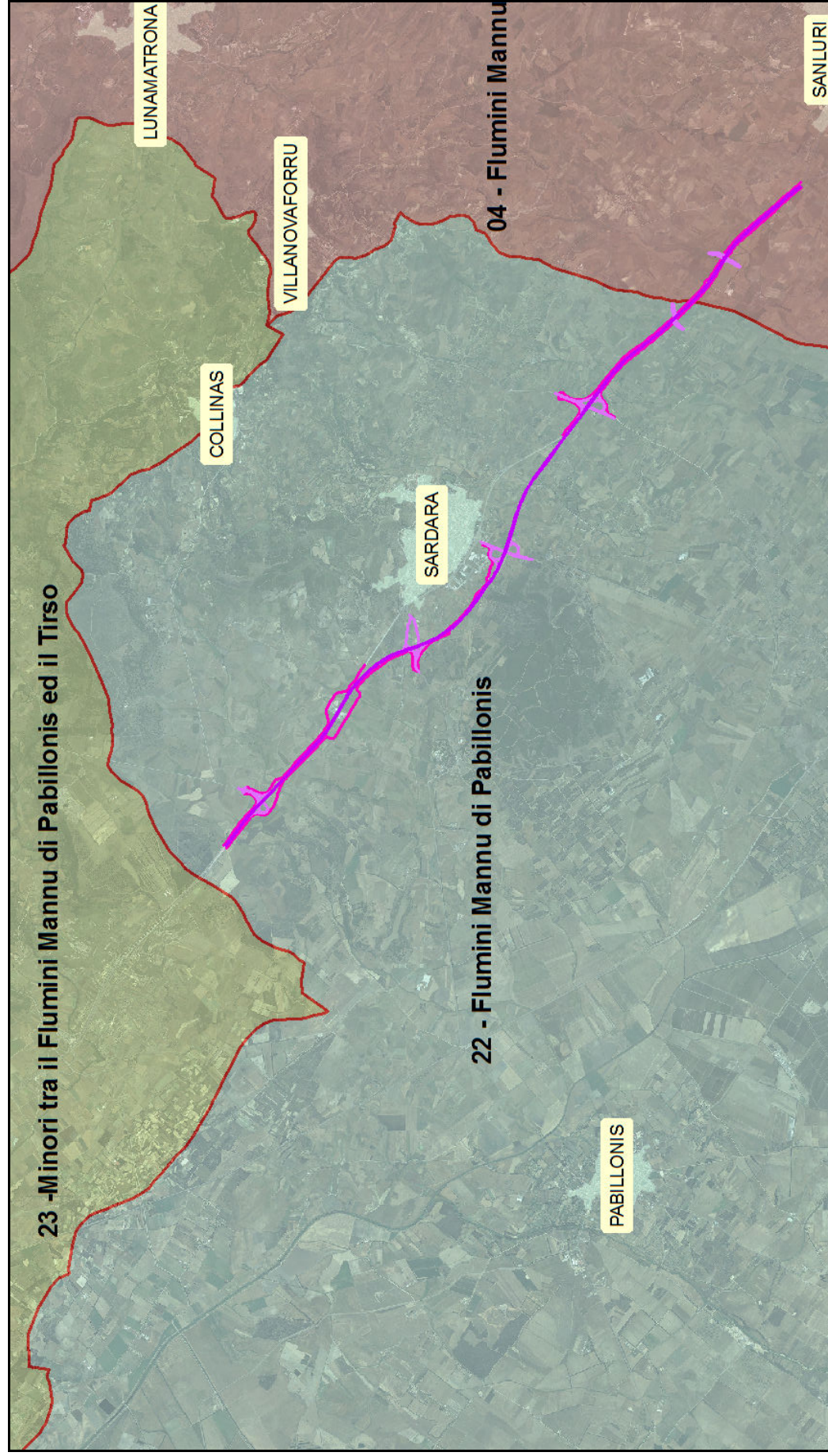


Figura 39: rappresentazione schematica della suddivisione dei bacini idrografici, in magenta la traccia della S.S. 131

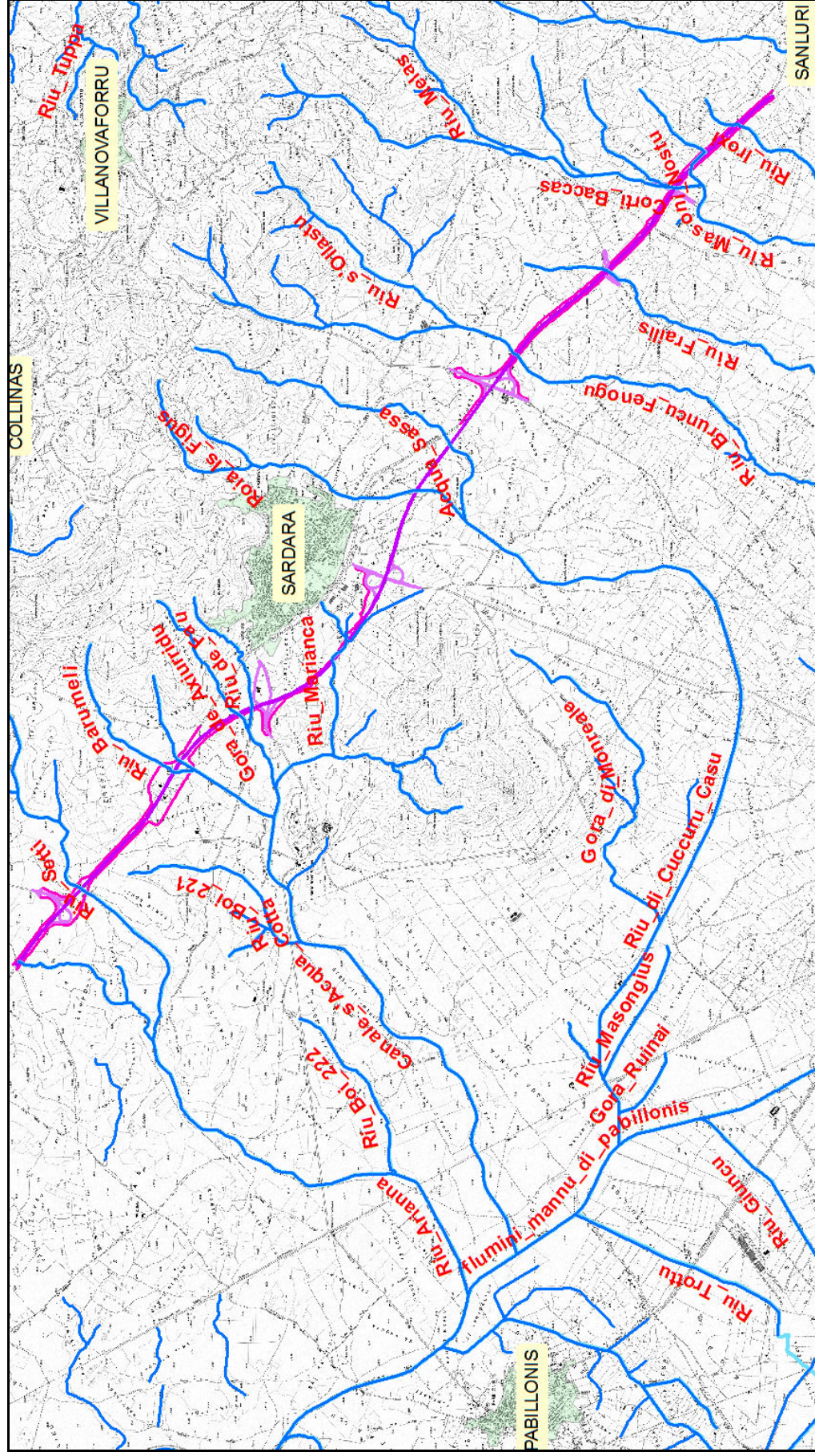


Figura 40: rappresentazione schematica dell'idrografia del settore (rappresentazione con scala di 1:50.000 ca.)

Sulla base di quanto sopra rappresentato, si osserva che il tracciato della S.S. 131 intercetta diversi compluvi che dalle zone di confine del bacino idrografico disposte a NE, drenano le acque in direzione SW verso il tributario principale del Flumini Mannu di Pabillonis (che appunto scorre in direzione NW-SE nei pressi dell'abitato di Pabillonis). Le acque del tratto dalla sez. 0 alla sez. 13 ca. ricadono nel bacino idrografico del Flumini Mannu e vengono drenate dalle vaste opere di bonifica del Canale delle Acque Alte di Sanluri per convergere sul Flumini Mannu all'altezza dell'abitato di Serramanna. In dettaglio si osservano le seguenti intercettazioni:

Tratto A: Km 47+000 - sovrappasso della sezione n. 34:

In tale settore vengono intercettati diversi corsi d'acqua.

Sez 0 : Rio Iroxi. Corso d'acqua orientato in direzione NE-SW che dopo un percorso di circa 3,5 km si raccorda al suo tributario rappresentato dal Rio Masoni Nostu. Drena le acque di un bacino idrografico di scarsa estensione valutabile in circa 0,28 Km². Allo stato attuale non è osservabile alcun deflusso. Nel tratto compreso tra la sez. 0 e la sez. 5, attraverso due tubolari con appositi pozzetti di raccolta rispettivamente posizionati nella sez. 4 e tra la sez. 4 e 5, vengono drenate le acque della piattaforma e del tratto a monte della viabilità dove converge un piccolo compluvio (ex parte apicale del Rio Masoni Nostu) che prima alimentava il Rio Masoni Nostu. Attualmente tali acque vengono convogliate, attraverso un fosso di confine, direttamente nel Rio Iroxi.

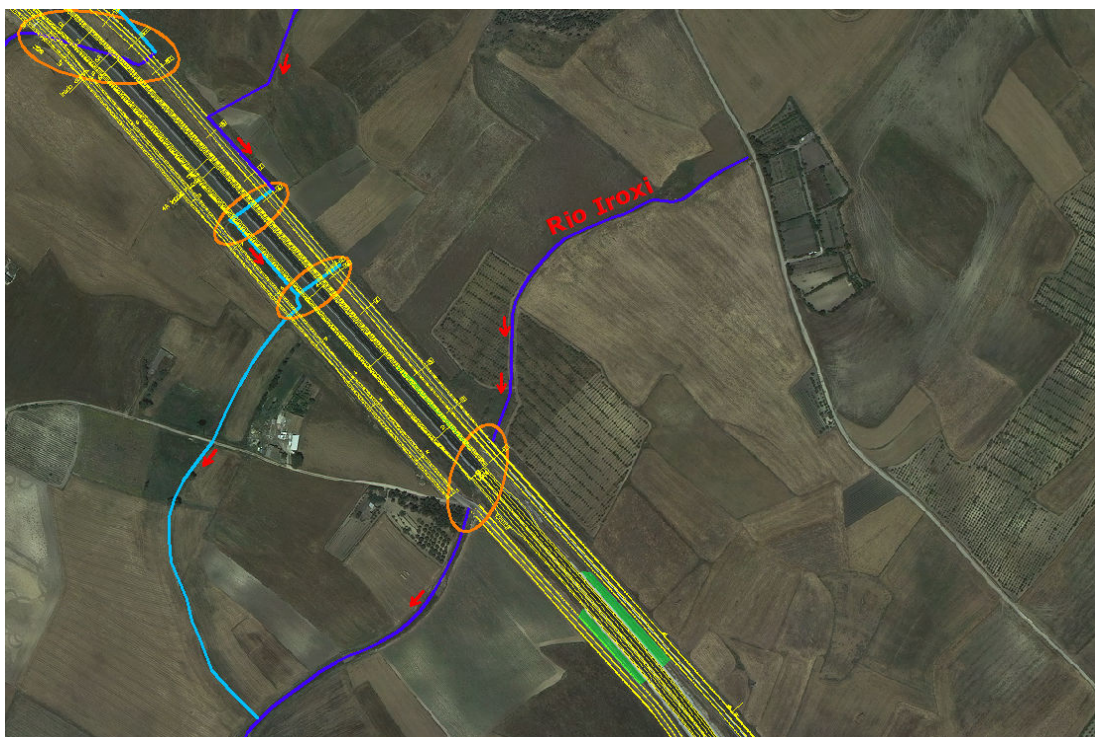


Figura 41: drenaggio acque tra la sez. 0 e sez. 5

Sez 14 : Rio Masoni Nostu. In corrispondenza del sovrappasso della sez. 14 si innestano due corsi d'acqua che drenano le acque del settore del bacino idrografico che confina quasi con l'abitato di Villanovaforru. Le due aste montane del Rio Corti Baccas e del Rio Masusecci si raccordano nel tratto iniziale del sovrappasso e vengono convogliate sul lato Est dello stesso in corrispondenza di due ponti, sia sulle complanari che sulla S.S. 131. Dal tratto di monte, parallelamente all'asse stradale principale, vengono drenate anche le acque della piattaforma provenienti dalla sezione 6 alla sezione 17 circa e lo scolo di un vascone freatico ubicato sul lato NW di monte del sovrappasso. A valle della viabilità le acque anzidette danno origine al Rio Masoni Nostu che prosegue il suo percorso in direzione Sud per convogliare le acque direttamente nel Canale delle Acque Alte di Sanluri nei pressi della Stazione di Sanluri Stato.

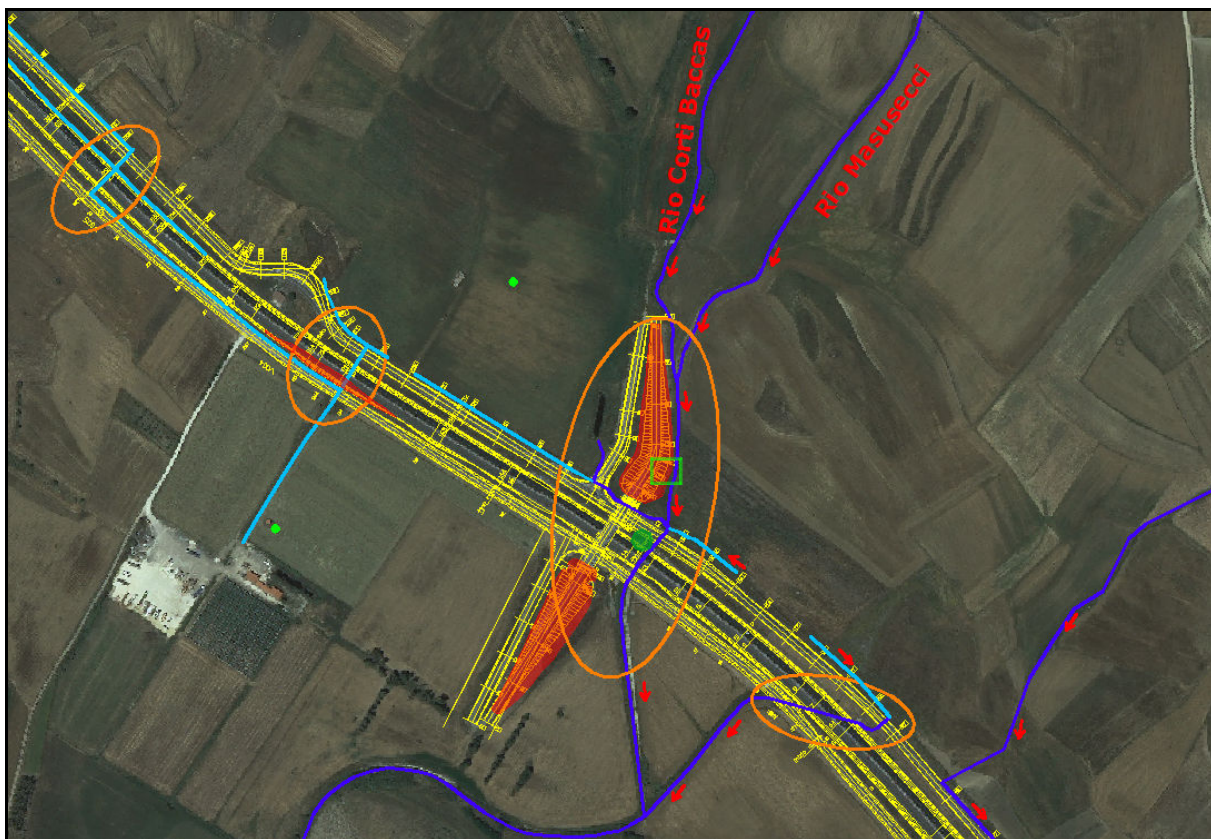


Figura 42: sistema di drenaggio tra la sez. 6 e la sez. 17

In corrispondenza della sez. 18 e per raccordo delle cunette anche nella sez. 29, sono presenti due tubolari con annessi pozzetti di raccolta che permettono il drenaggio delle acque della piattaforma di un settore particolarmente esteso, sino al sovrappasso della sez. 34. In sintesi le acque, nel tratto a monte della complanare, seguono il percorso in direzione SE dalla sez. 34 alla sez. 29, e al di sotto della S.S. (e tra questa e la

complanare ovest) sino alla sez. 18. Il recapito finale in corrispondenza della sez. 18 avviene in un fosso di confine. Non è possibile allo stato attuale verificare se le acque recapitate proseguano nello scorrimento o vengano trattenuate in corrispondenza di un sottostante vascone di accumulo.



Figura 43: drenaggio delle acque nel tratto compreso tra la sez. 18 e sez. 34

Sez 34 : Rio Frailis. In corrispondenza del sovrappasso della sez. 34 vengono drenate le acque del Rio Frailis che presenta un limitato bacino idrografico avente estensione pari a circa 0,6 Km².

Anche le acque della piattaforma provenienti dalla sez. 35 vengono drenate in direzione SE verso il pozzetto esistente. In quest'ultimo convergono anche le acque di infiltrazione e meteoriche provenienti dalla zona del rilevato Est sia dal lato SE che sul lato NE del medesimo.

Il Rio Frailis, dopo un percorso di circa 5 km in direzione SW, converge sul Rio Bruncu Fenogu nel territorio di San Gavino Monreale.

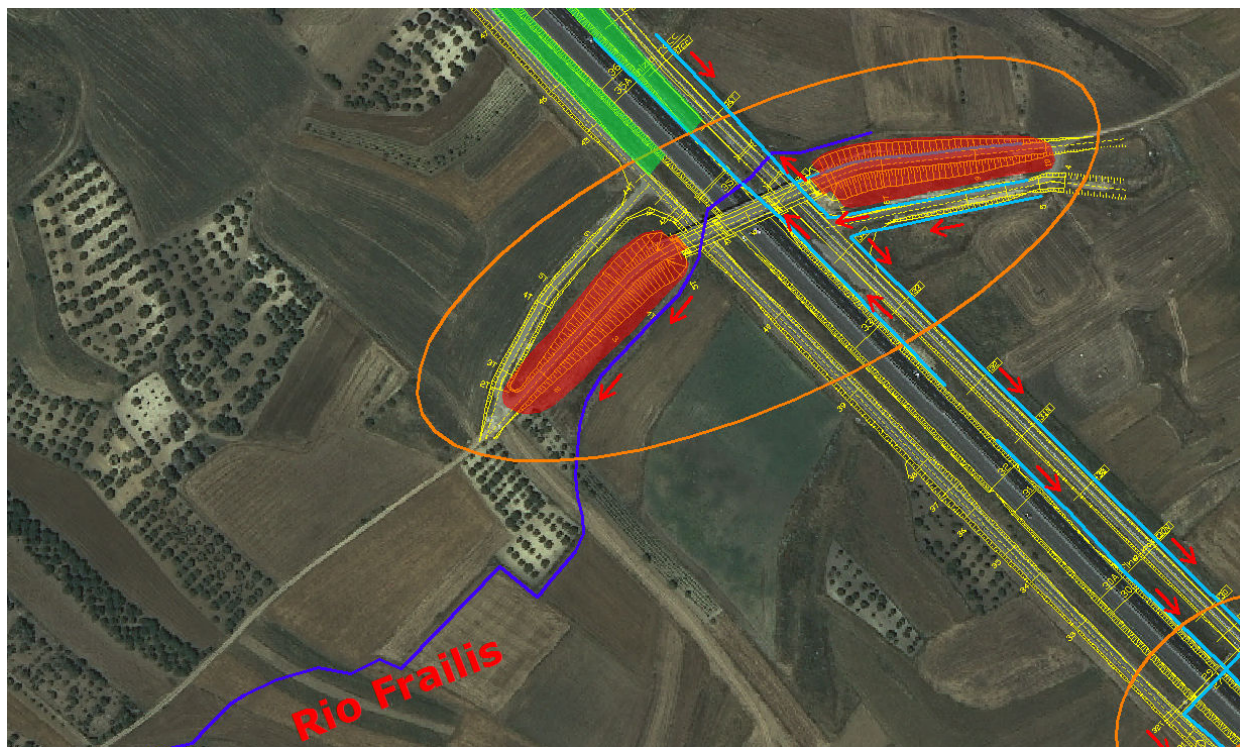


Figura 44: sovrappasso sez. 34 - Rio Frailis

Tratto B: dal sovrappasso sezione n. 34 a sovrappasso Villanovaforru

Sez. 58A - Rio Bruncu Fenogu: Il corso d'acqua si estende sino ai limiti con l'abitato di Villanovaforru e drena le acque di un bacino idrografico particolarmente esteso. Il suo percorso si snoda in gran parte con un andamento rettilineo, parallelo alla strada provinciale per Villanovaforru. In esso convergono alcuni affluenti, in sinistra idrografica, tra cui il più importante è il Rio S'Ollastu.

Sul corso d'acqua convergono inoltre i deflussi superficiali provenienti dalla piattaforma stradale di tutto il rilevato compreso tra le sezioni 47 e 57 nonché tutte le acque del sovrappasso Villanovaforru, attraverso numerosi tubolari di drenaggio sia al di sotto del sovrappasso che della complanare Est.

Il Rio Bruncu Fenogu (chiamato anche Rio de sa Pixina) prosegue il suo percorso in direzione SW verso il territorio di San Gavino Monreale e dopo aver raccolto le acque del Rio Frailis, si raccorda direttamente al Flumini Mannu di Pabillonis proprio a SE dell'abitato di San Gavino Monreale.



Figura 45: Rio Bruncu Fenogu

Tratto C: sovrappasso Villanovaforru – Sovrappasso San Gavino Monreale

Sez. 95 Rio Acqua Sassa e sez. 116 Canale Cuccuru Casu.

In tale settore sono presenti due viadotti (viadotto n. 2 e n. 3) che permettono il drenaggio del Rio Acqua Sassa (tra le sez. 89 e 95) e del Rio Cuccuru Casu (tra le sez. 108 e 117A). Quest'ultimo corso d'acqua si snoda a ridosso dell'abitato di Sardara e dopo aver ricevuto le acque del Rio Acqua Sassa, a circa 500 metri di distanza dalla Statale, prosegue il suo percorso verso il territorio di San Gavino Monreale. A monte di quest'ultimo abitato, sulla Strada Provinciale Sardara-San Gavino M., il corso d'acqua è stato rettificato ed orientato in direzione NW per effetto delle bonifiche operate intorno alla fine del 1800.

Un affluente secondario che converge direttamente sul Rio Cuccuru Casu a valle della S.S. 131 è rappresentato dal canale che ha origine dall'abitato di Sardara e che raccoglie parte delle acque della zona sottostante l'abitato convogliandole in direzione Est, verso l'attraversamento esistente in corrispondenza della sez. 130.

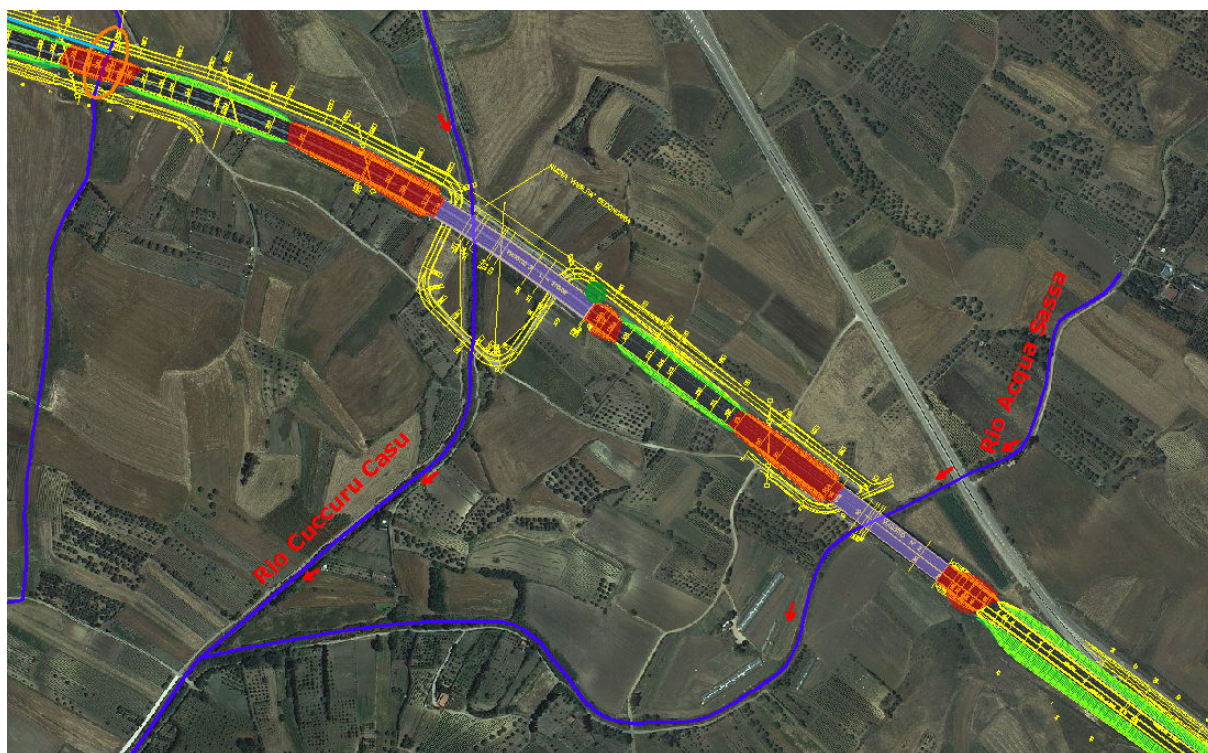


Figura 46: Rio Cuccuru Casu

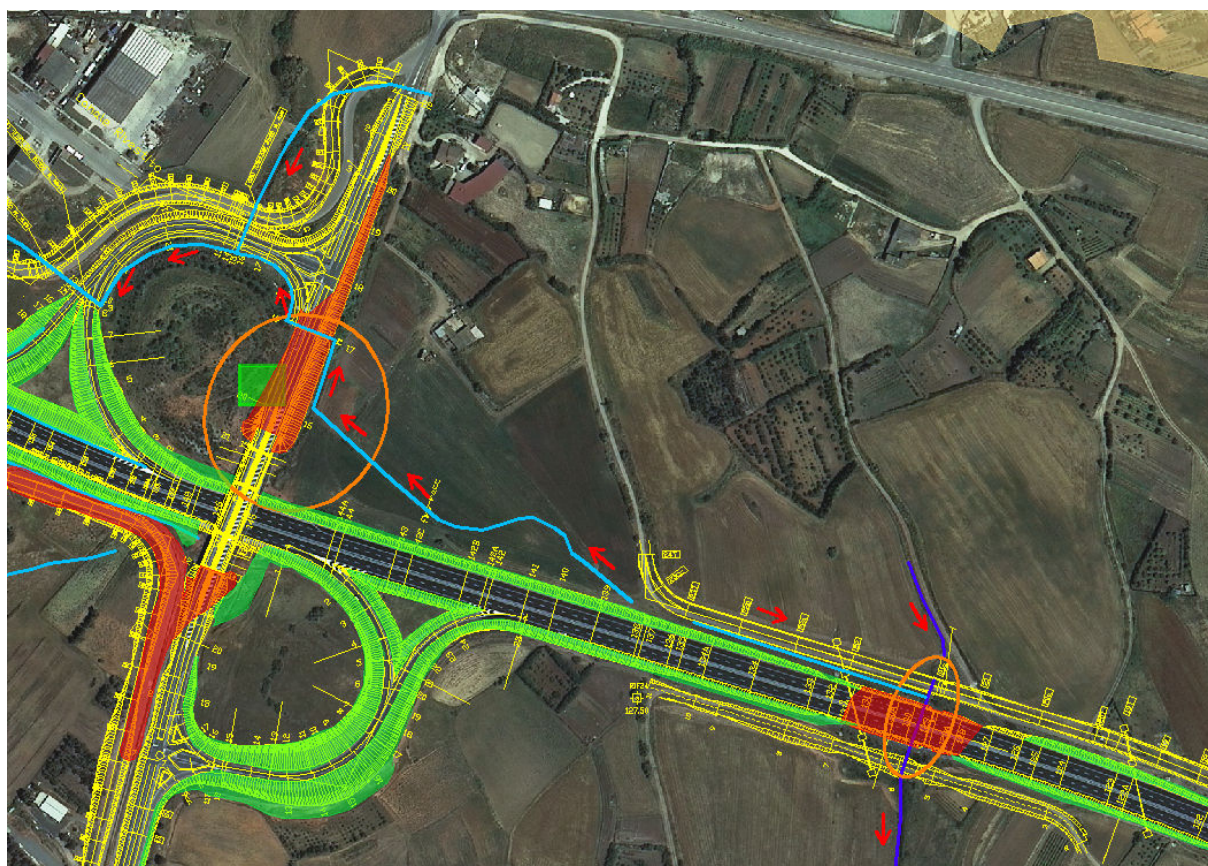


Figura 47: sovrappasso sez. 130

Tratto D: Sovrappasso San Gavino Monreale - Sovrappasso Pabillonis

Sez. 175 - Rio Marianca: Tutte le acque del settore del sovrappasso di San Gavino Monreale, fatta eccezione per quanto converge nella sez. 130, viene drenato in direzione NW verso il Rio Marianca. Quest'ultimo ha origine in prevalenza dai deflussi dell'urbano e da un compluvio canalizzato sul lato della complanare Ovest, che si sviluppa a partire dal raccordo tra il sovrappasso e la Strada per San Gavino Monreale. Più a valle il corso d'acqua raccoglie le acque provenienti dalla zona del rilevato posto tra le sezioni 197 e 200 e che costituisce la spalla del viadotto n. 4. Sempre a valle di questa confluenza, riceve le acque del comparto paleozoico posto a monte di Santa Maria de Is Acquas (compluvio del Roia Landiri Marras e altri compluvi secondari che si raccordano in sinistra idrografica) e si raccorda al Canale S'Acqua Cotta, a valle dell'impianto termale.

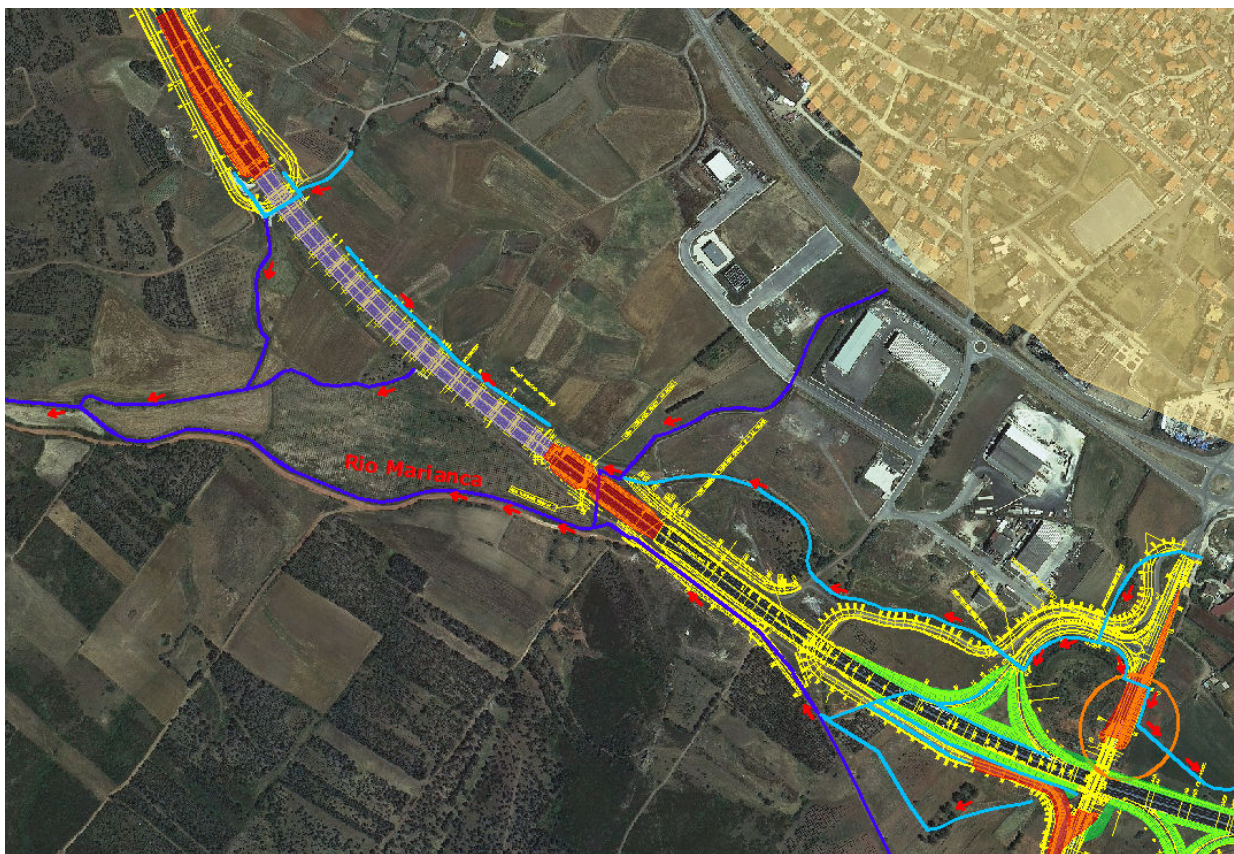


Figura 48: Rio Marianca

Tratto E: Sovrappasso Sovrappasso Pabillonis – Km 58.500

Sez. 124 - Rio De Fau: Si tratta di un piccolo compluvio che ha origine in prossimità della vecchia S.S. 131 e che raccoglie le acque di deflusso del settore dell'intero sovrappasso. Il corso d'acqua si raccorda al Gora de Axiurridu circa 200 metri a valle della S.S.

Sez. 230A – Gora de Axiurridu: Anche questo corso d'acqua ha un bacino idrografico estremamente limitato che, assieme al Rio de Fau, drena le acque delle colline poste a NW dell'abitato. A valle della Statale prosegue il suo percorso per circa 1 km al fine di raccordarsi al tributario principale del Canale Acqua Cotta.

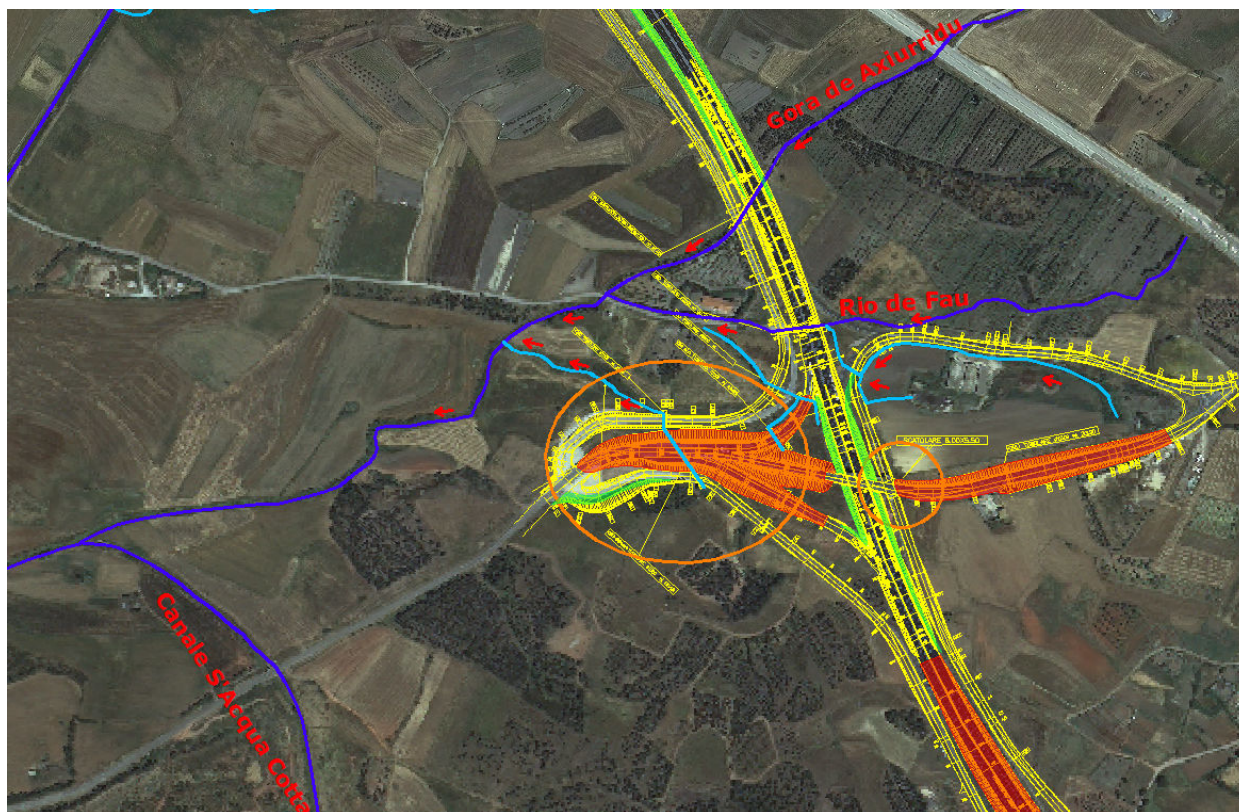


Figura 49: Rio de Fau e Gora de Axiurridu e sistema di drenaggio del sovrappasso

Sez 257 - Gora Piscina Perra: Analogamente ai precedenti, ha un bacino idrografico scarsamente esteso e drena le acque del primo apparato collinare sovrastante la S.S. 131. Riceve le acque del Rio Barumeli, il cui percorso è stato leggermente modificato a monte della complanare Est. Il corso d'acqua drena i deflussi provenienti dalla piattaforma stradale e provenienti dal settore circostante il rilevato che si sviluppa tra le sezioni n 251 e 263. Circa 400 metri a valle della Strada Statale, in sinistra idrografica, si immette un piccolo compluvio che trae la sua origine poco più a monte della vecchia sede stradale della 131. Circa 1 km a valle della nuova S.S., il Gora Piscina Perra, con un percorso rettilineo orientato in direzione NNE-SSW, si immette sul Canale Acqua Cotta. Quest'ultimo con andamento sub rettilineo orientato NE-SW, si raccorda sulla destra idrografica del Flumini Mannu di Pabillonis a NE dell'abitato.



Figura 50: Gora Piscina Perra

Sez. 280 – Rio Setti: costituisce uno dei corsi d’acqua più importanti intercettati dalla sede stradale in studio. Il suo bacino idrografico è arealmente esteso sino al limite con l’abitato di Collinas. L’impermeabilità del substrato determina un forte sviluppo della rete idrografica che da origine ad un pattern di tipo sub dendritico.

L’asta principale presenta un orientamento prevalentemente in direzione NW-SE e riceve le acque del Rio Perdosu sulla destra idrografica poco a monte della S.S..

Il ponte Corti Ardana della vecchia S.S. è stato affiancato da una struttura più recente al fine di facilitare l’ampliamento della viabilità. Sul Rio Setti convergono i deflussi meteorici e di ruscellamento superficiale provenienti dalla svincolo per Collinas.

Il corso d’acqua, dopo aver ricevuto le acque del Rio Barocus, che viene intercettato dalla sede stradale proprio in corrispondenza del Km 58+500 al limite territoriale con Mogoro), dà origine al Riu Arianna, affluente principale del Flumini Mannu di Pabillonis proprio a ridosso dell’abitato.



Figura 51: rio Setti

➤ Idrologia sotterranea

Con riferimento all'idrologia sotterranea si evidenzia che gran parte del territorio in esame costituisce un complesso idrogeologico ben caratterizzato e relativamente semplice in funzione dei suoi aspetti morfologici e geologici. Solamente in corrispondenza del settore di Sardara gli aspetti tettonici tendono a complicare ed influenzare notevolmente il quadro idrogeologico locale le cui caratteristiche devono perciò essere inquadrare in un vasto scenario di evoluzione strutturale.

In via del tutto generale è già stato osservato che il tracciato tra Sanluri e Sardara si sviluppa in gran parte all'interno del comparto affiorante e sub affiorante della Formazione della Marmilla e delle alluvioni plio quaternarie. Nel settore di Sardara sono invece presenti, oltre a parte delle unità citate, diverse formazioni geologiche legate alla presenza di metamorfiti, vulcaniti oligomioceniche e plioceniche.

Sulla base della Carta geolitologica, accorpando le principali Formazioni ed Unità, è stato possibile definire preliminarmente una cartografia di tipo idrogeologico distinguendo i litotipi in base al diverso grado di permeabilità. Si è giunti così a suddividere lo stesso territorio in unità cartografiche a permeabilità omogenea (*Unità Idrogeologiche*). La permeabilità delle diverse Formazioni è stata ricavata da

un'indagine bibliografica preliminare, dalla carta litologica e dai manuali della Regione Autonoma della Sardegna. Alle permeabilità dei substrati, sono stati poi sovrapposti i tematismi lineari e puntuali (idrografia, pozzi, ricostruzione dell'andamento della falda laddove i dati sono disponibili o sufficienti etc.)

Per ciò che concerne la descrizione delle classi di permeabilità si riporta sinteticamente la descrizione delle suddivisioni effettuate nel territorio:

- Unità delle alluvioni plio quaternarie rappresentata da depositi alluvionali; conglomeratici, arenacei, argillosi, a permeabilità per porosità complessiva medio-bassa nei livelli più fini e localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana.
- Vulcaniti plio quaternarie: permeabilità complessiva per fessurazione da medio bassa a bassa in funzione del grado di fessurazione. In presenza di facies particolarmente fratturate permeabilità per fessurazione medio-alta
- Unità detritico carbonatica miocenica superiore (F. della Marmilla): permeabilità complessiva medio bassa per porosità, localmente medio alta nei termini sabbioso-arenacei
- Unità detritico carbonatica oligo-miocenica inferiore (F. di Ussana) permeabilità per porosità bassa, a tratti maggiormente elevata nei livelli conglomeratici
- Vulcaniti oligomioceniche: permeabilità complessiva per fessurazione medio-bassa
- Unità Metamorfica Superiore Paleozoica La permeabilità complessiva è bassa per fessurazione.

Occorre precisare che la precedente distinzione, in assenza di sicure prove di permeabilità che consentano l'esatta determinazione del coefficiente K, è stata effettuata sulla base dei dati riportati in letteratura e dall'insieme delle osservazioni di campagna relative agli aspetti litologici, giaciture etc. E' comunque possibile che la permeabilità di certi litotipi, in seno alla medesima formazione, possa essere differente perchè al limite delle classi di permeabilità.

Dal punto di vista idrogeologico sulla base dei seguenti dati e osservazioni:

- variazioni di permeabilità delle serie stratigrafiche
- andamento strutturale
- analisi dei dati derivati dalla presenza di pozzi e vasconi evidenti alle osservazioni di campagna e censiti nel database ISPRA o nella CTRN
- ubicazione di pozzi censiti nel database provinciale (pratiche trasferite dal Genio Civile alla Provincia) e posizionati nella cartografia (dati gentilmente

concessi dalla Provincia del Medio Campidano) ma dei quali non sono disponibili informazioni idrogeologiche

- documentazione del Piano di caratterizzazione delle stazioni di servizio ubicate alla S.S. 131 KM 56+233 (sia Ovest che Est) della Q8 per i quali sono disponibili alcuni dati relativi all'andamento della falda derivati dall'analisi dei piezometri eseguiti (documentazione gentilmente concessa dalla Provincia del Medio Campidano)

il meccanismo di circolazione generale può essere così interpretato e differenziato:

- Tratto Sanluri – Sardara. Le infiltrazioni che avvengono in seno alle coltri detritiche e ai terreni del settore collinare sovrastante la S.S. 131 (area Collinas, Villanovaforru, Sardara) tendono ad alimentare verso SW (verso la pianura alluvionale e il semi grabhen del Campidano) le falde freatiche delimitate inferiormente o dalle litologie marnoso argillose della F. della Marmilla o da livelli argillosi della sequenza alluvionale. Lo stesso dicasi dell'alimentazione delle falde profonde che avviene ugualmente in tale direzione specie in corrispondenza del gradino tettonico diretto connesso al semi Grabhen. La piana antistante presenta infatti sia un locale livello freatico superficiale testimoniato dalla presenza di diversi pozzi freatici, sia un potenziale sviluppo di un acquifero multifalda per effetto della variazioni della serie deposizionale alluvionale (anche in questo caso testimoniato da alcuni pozzi trivellati). In quest'ultima, la presenza di sedimenti più o meno fini intervallati alla deposizione di materiali ciottolosi e sabbiosi più grossolani, consente infatti la formazione di falde sospese che sono state intercettate con le opere di trivellazione (come dimostrano alcuni dati relativi a pozzi trivellati, tratti dal database ISPRA). Il livello statico della falda freatica, specie in prossimità dell'area a monte del sovrappasso della sez. 14 è circa 1-2 metri al di sotto del p.c. come osservabile in alcuni scavi che intercettano la falda delimitata inferiormente da litologie marnoso-argillose.

Nel settore a valle si ha a disposizione unicamente un valore presunto da un pozzo trivellato ubicato immediatamente a Sud del sovrappasso citato, nel quale sono stati segnalati un livello statico di - 7,0 metri e rinvenimenti di due falde sovrapposte (a -10 metri e a -70 metri)

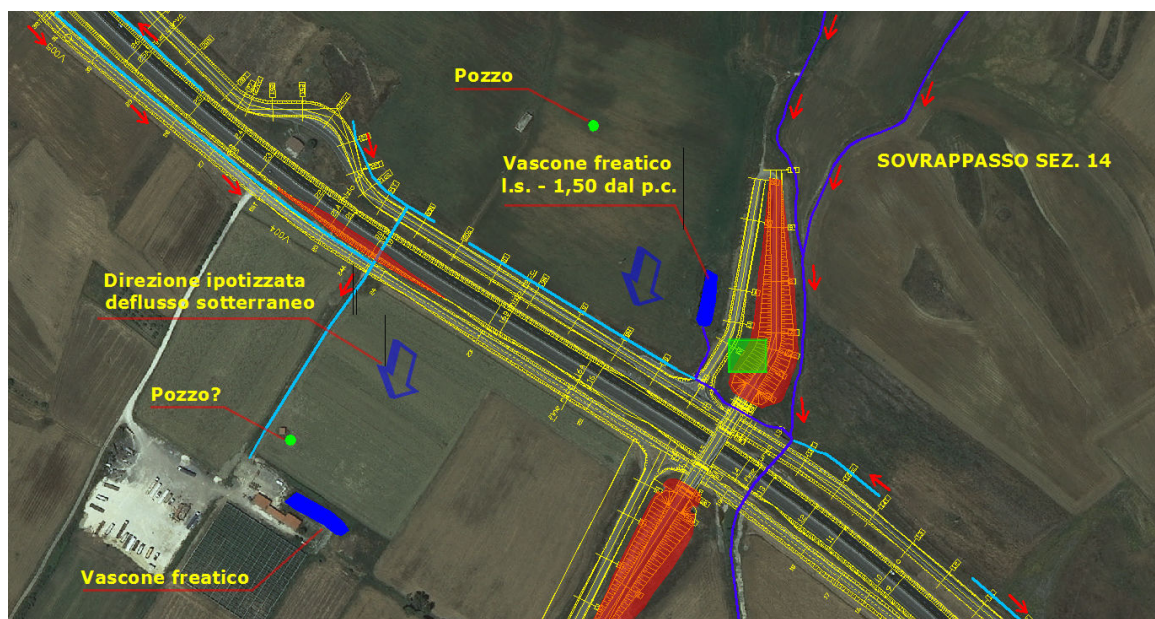


Figura 52: situazione della falda in prossimità della sez. 14

Tale situazione è presumibilmente simile in prossimità dei maggiori corsi d'acqua come ad esempio anche nell'area del sovrappasso Villanovaforru e in prossimità dell'attraversamento del Rio Cuccuru Casu. Anche in questo caso il deflusso della falda è ipotizzato sempre in direzione SSW con potenziali falde freatiche a monte e valle della SS. 131 (con livelli statici di qualche metro al di sotto del p.c. nel tratto a monte) ma con evidenze della presenza di un acquifero multifalda con livello statico di circa - 8,0 metri e rinvenimento a - 40 metri e - 82 metri nel tratto a valle della viabilità.



Figura 53: settore Rio Cuccuru Casu, andamento della falda

Si può quindi ipotizzare che nell'area pianeggiante posta a SW del tratto stradale, sino alla sezione 122 ca. sia ipotizzabile la presenza locale di un acquifero multifalda con un livello freatico entro la prima decina di metri. Nel tratto a monte della viabilità, in funzione dello spessore dei sedimenti alluvionali terrazzati in corrispondenza dei principali avvallamenti, il livello di falda può essere di qualche metro al di sotto del p.c.

- Sardara, aree in prossimità del sovrappasso San Gavino Monreale. L'area presenta una notevole variabilità geologica e tettonica che condiziona in maniera sostanziale il meccanismo di circolazione idrica subsuperficiale e sotterranea. Dal settore NE dell'abitato le acque di infiltrazione che provengono dall'apparato collinare, tendono a spostarsi verso SW e vengono bloccate per opera dello sbarramento strutturale legato alla faglia diretta che mette in contatto la Formazione di Ussana con quella della Marmilla (proprio in prossimità del margine SW dell'abitato). Le acque tendono quindi ad essere immagazzinate nel lato di monte (intercettate da pozzi freatici e trivellati) permettendo quindi l'accumulo e drenaggio lungo l'allineamento in direzione NW-SE. Il livello statico derivato da alcuni dati in possesso evidenziano una profondità di - 9,0 metri e sino a - 15 metri nell'area compresa tra l'abitato di Sardara e la S.S. 131 a cui potrebbe quindi essere connesso un primo livello freatico che potrebbe spingersi anche a profondità inferiori dal p.c. in alcuni settori prossimi ai corsi d'acqua (Rio Marianca). La falda è in genere intercettata o al passaggio stratigrafico tra la Formazione di Ussana e le metamorfiti paleozoiche o all'interno delle stesse metamorfiti.



Figura 54: situazione dei pozzi in prossimità dell'abitato di Sardara

A Sud del sovrappasso, lungo la strada per San Gavino Monreale, dai dati provenienti dal database ISPRA, si osserva un livello statico di circa - 15 metri e profondità di rinvenimento variabile da - 17 a -28 metri su livelli di fratturazione differenti delle metamorfiti.

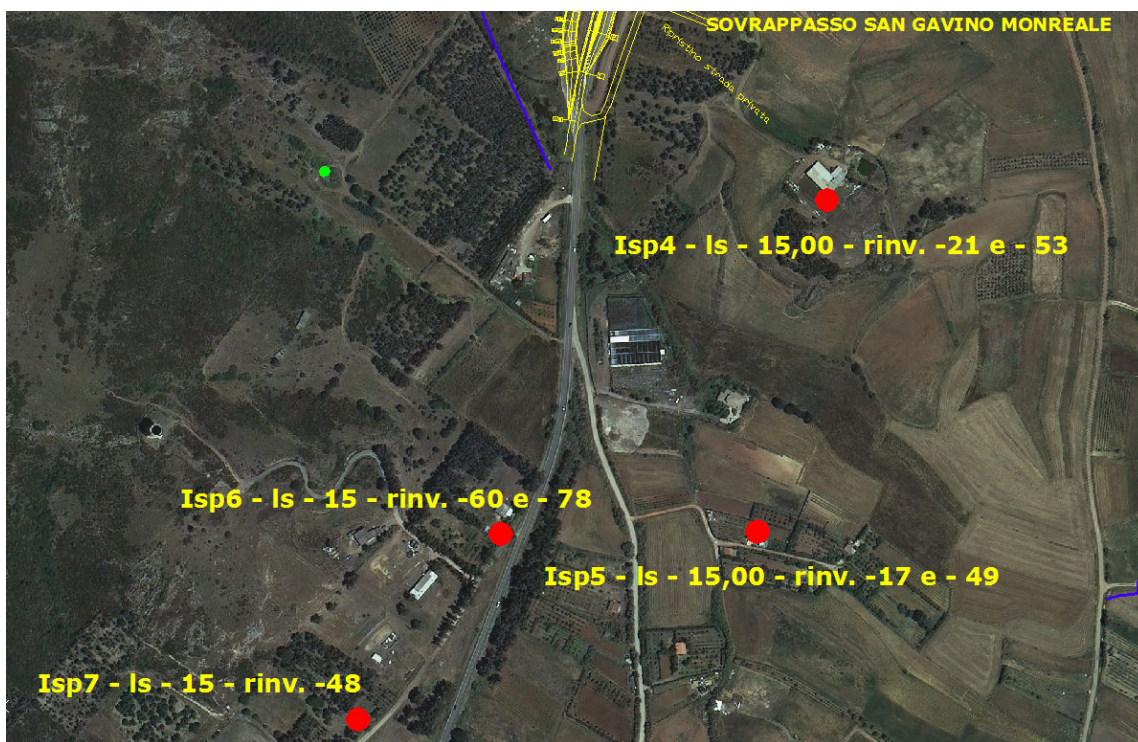


Figura 55: situazione pozzi a Sud del sovrappasso San Gavino Monreale

- Settore compreso tra il sovrappasso Pabillonis e il sovrappasso Collinas. I dati in possesso sono limitati e in via generale derivati solo ed unicamente dal piano di caratterizzazione delle aree di servizio. Si conferma il generale deflusso in direzione SW di una falda freatica caratterizzata da un gradiente abbastanza basso la cui alimentazione proviene dai settori collinari posti a NE. Non si esclude che in certi settori il livello statico della falda possa essere prossimo al piano di fondazione del rilevato come in prossimità della sez. 253.

Purtroppo la mancanza di dati significativi non consente di ricostruire con precisione l'andamento delle isopiezometriche ed isofreatiche.

L'andamento generale della circolazione sub superficiale suesposto che comunque vede un generale deflusso verso SW, spesso influenzato dalla struttura tettonica del settore, costituisce il quadro generale di riferimento su cui definire anche il sistema delle indagini e campionamenti.

QUADRO CONOSCITIVO, POTENZIALE DI CONTAMINAZIONE

A corredo di quanto sinora indicato, si osserva che con riferimento al quadro conoscitivo relativo all'utilizzo dei materiali utilizzati per la costruzione, allo stato attuale ci si può basare unicamente su dati scaturiti dalle osservazioni di campagna in quanto i dati messi a disposizione da parte della stazione committente sono comunque limitati ed insufficienti per consentire una accurata ricostruzione. Oggetto di studio, come più volte indicato, è il tratto stradale interessato dai lavori di costruzione a partire dal 1999 e sino al 2003 e compreso tra le progressive più volte citate. La planimetria allegata al presente studio evidenzia che oggetto dei lavori non è stato solo l'asse stradale principale della S.S. 131 ma anche le complanari Ovest ed Est.

Dalla sovrapposizione effettuata con le ortofoto del 1998-1999 con quelle dell'anno 2006 o 2010, è stato possibile osservare che in diversi punti il nuovo tracciato si sovrappone a quello già esistente della S.S. 131 mentre in alcuni tratti si allontana dal medesimo (in corrispondenza del tratto dalla Sez. 76 alla sez. 263 ca.).

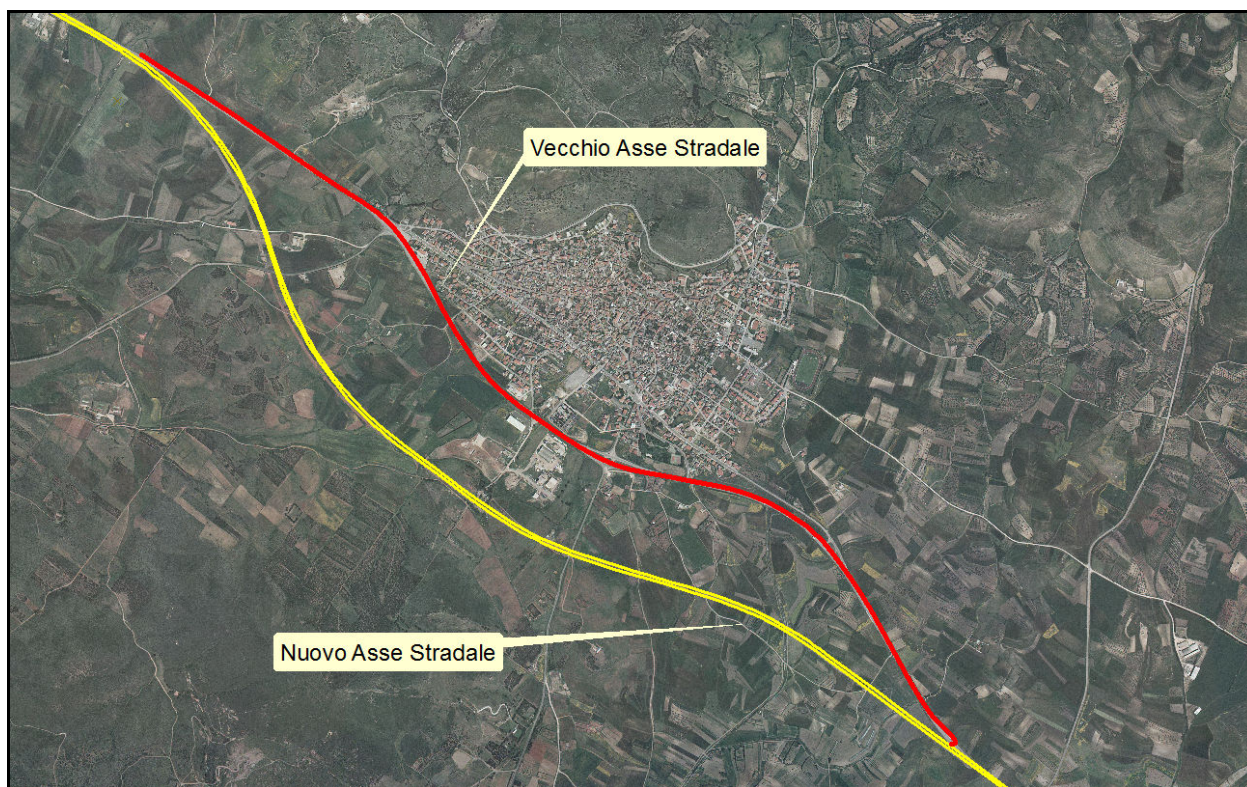


Figura 56: differenza del tracciato della S.S. 131 ante e post operam

L'opera ha comportato la realizzazione di infrastrutture che principalmente possono essere così distinte a partire dalla sez. 0 del Km 47+000 sino al Km 58+500:

- Sovrappasso alla sez. 14;
- Sovrappasso alla sez. 34
- Viadotto n. 1 sul Rio Pixina alla sez. 58 (Bruncu Fenogu),
- Sovrappasso Villanovaforru in corrispondenza della sez. 63A
- Viadotto n. 2 sul Rio Acqua Sassa (sez. 90)
- Viadotto n. 3 sul Rio Cuccuru Casu (sez. 112)
- Sovrappasso San Gavino Monreale (sez. 145)
- Viadotto n. 4 sul Rio Marianca (sez. 181)
- Sovrappasso Pabillonis (sez. 212)

Sul lato dell'asse principale sono state costruite inoltre le complanari che si estendono sino allo svincolo Collinas. Quest'ultimo svincolo, come già evidenziato nella presente, era preesistente alle lavorazioni.

La nuova opera infrastrutturale ha comportato l'utilizzo di materiali per sottofondo e per la realizzazione dei rilevati. Oggetto dell'indagine preliminare è infatti la verifica della qualità ambientale dell'area per effetto dell'utilizzo di tali materiali.

Per quanto è possibile osservare e sulla base delle informazioni raccolte, ai fini della costruzione sono stati utilizzati materiali basaltici nonché arenacei e materiali vulcanici provenienti da diversi settori tra i quali la miniera di Santu Miali di Furtei. In certi tratti anche la matrice caolinico-tufacea di alcuni materiali permette di definire una origine dei medesimi da tale comparto.

La mineralizzazione associata ad oro e rame della ex Miniera di Furtei è costituita da vari solfuri e solfati dei quali permane traccia in diversi settori del tracciato, sul bordo strada e in certi settori in leggera erosione delle scarpate sia del rilevato principale che delle complanari, dove sono osservabili stati di ossidazione dei solfuri di ferro. Oltre a quanto sopra rappresentato sono evidenti i segnali di passaggio di acque cariche di ossidati e solfati di ferro nella rete di drenaggio delle acque meteoriche (tubolari, pozzetti, cunette) provenienti dalla piattaforma stradale e dai rilevati, nonché tra gli elementi di sostegno (tensiter) dei rilevati.

La colorazione giallastra e rossastra rende riconoscibili i materiali in questione sia nelle cunette che nelle aree di deposito dei cavalcaviasa. In talune aree si osserva che il materiale è frammisto a litotipi di natura basaltica.



Figura 57: alcune situazioni legate alle ossidazioni riscontrabili sulla frazione solida e liquida

Esula dal presente studio qualsiasi considerazione di natura chimico - fisica, geotecnica e strutturale sulle opere esistenti (attraversamenti, ponti, tensiter, rilevati etc.) per via dei fenomeni connessi alla presenza di tali fluidi circolanti.

Trattandosi di un sito particolarmente esteso e nel quale risulta comunque difficile definire esattamente i diversi areali di utilizzo dei materiali provenienti dalla miniera di Furtei (tra l'altro i materiali provenienti dalle diverse cave sono frammisti gli uni agli altri anche se comunque sono distribuiti in tutto il tratto chilometrico in studio) e i quantitativi, al fine di programmare le attività di indagine sono state effettuate in via preliminare le seguenti azioni:

- Ricostruzione topografica dell'andamento dell'opera; a tal fine sono state utilizzate basi topografiche in parte ricostruite e sovrapposte all'ortofoto dell'anno 2010 (tavole allegate al presente studio). Laddove le basi non hanno una perfetta coincidenza con la realtà dei luoghi derivata dall'ortofoto,

è stata utilizzata quest'ultima ai fini dell'individuazione delle informazioni necessarie allo studio;

- Individuazione topografica dei principali settori della viabilità in trincea, della viabilità a livelli prossimi al piano di campagna originario, dei rilevati, dei viadotti;
- Individuazione planimetrica dei pozzetti e tubolari e ricostruzione delle modalità di deflusso delle acque meteoriche e interferenti con l'opera stradale;
- Individuazione dei settori nei quali sono evidenti, all'osservazione diretta, le ossidazioni e le variazioni cromatiche sulle acque e sulle opere;
- Valutazione delle condizioni geologiche;
- Valutazione delle condizioni idrografiche locali;
- Valutazione e identificazione di eventuali pozzi freatici e trivellati, vasconi e interpretazione sulla circolazione idrica sotterranea

In particolare ci si è soffermati nell'individuazione delle principali aree sorgenti potenziali di contaminazione individuabili nei settori nei quali lo spessore dei materiali costituenti il corpo del rilevato è elevato e dove quindi anche le evidenze delle ossidazioni sono notevoli. Tali settori sono individuabili in particolare nei rilevati costituenti i sovrappassi e in settori della viabilità principale e delle complanari nei quali lo spessore dei materiali è plurimetrico.

Accettata la tesi, in via preliminare, che i materiali provenienti dalla miniera di Furtei siano stati preferenzialmente utilizzati nei tratti della viabilità principale e secondaria posta più vicino al punto di carico (il materiale basaltico, può solo provenire dalle aree di cava prossime a Mogoro e quindi più vicine allo svincolo Collinas) e che gli stessi siano stati utilizzati comunque frammisti ad altri materiali sia nelle complanari che nell'asse principale (per sottofondo e rilevati), sulla base delle osservazioni dirette è stato possibile effettuare la seguente individuazione dei rilevati principali nei quali si presume che tali materiali siano presenti in quantità e spessore maggiore. Per semplificazione e per mancanza di dati oggettivi, non sono rappresentati nella cartografia allegata, gli strati di sottofondo per le aree in piano, per le aree di ricarica in corrispondenza dei ponti, tubolari e pozzetti di drenaggio (che comunque sono rappresentati e individuati cartograficamente per la presenza di acque e sedimenti aventi la classica colorazione legata all'ossidazione). Sono quindi stati individuati solo i tratti nei quali è ravvisabile all'osservazione diretta una particolare estensione e

spessore dei materiali costituenti il rilevato. I rilevati dei sovrappassi e in corrispondenza delle spalle dei viadotti, presentano in genere altezze di circa 5-6 metri.

- Sez. 0: Ponte ed attraversamento sul Rio Iroxi
- Sez. 4: Attraversamenti sulla S.S. 131 e sulle complanari,
- Sez. 5: Attraversamento sulla S.S. 131 e sulla complanare Est,
- Sez. 6: Attraversamento sulla S.S. 131 e sulle complanari,
- Sez. 13: Ponte sul Rio Masoni Nostu sia complanari che S.S. 131
- Sovrappasso sez. 14: Rilevati connessi al sovrappasso sostenuti in parte da elementi tensiter
- Sez. 18: Attraversamenti sulla S.S. 131 e sulle complanari,
- Sez. 27: Attraversamento sulla S.S. 131 e sulla complanare Est,
- Sovrappasso sez. 34: Rilevati connessi al sovrappasso sostenuti in parte da elementi tensiter
- Sez. 35: Attraversamenti sulla S.S. 131 e sulle complanari,
- Sez. 47-57: rilevato sostenuto da elementi in tensiter
- Sovrappasso Villanovaforru (sez. 63 A ca. e aree adiacenti), , rilevati in prossimità dello svincolo e attraversamenti tubolari sulle complanari
- Sez. 84-89: rilevato (spalla sx Viadotto Rio Acqua Sassa)
- Sez. 96-99: rilevato (spalla dx Viadotto Rio Acqua Sassa)
- Sez. 106-108: rilevato (spalla sx viadotto Rio Cuccuru Casu)
- Sez. 117A-121: rilevato (spalla dx viadotto Rio Cuccuru Casu)
- Sez. 128-131: rilevato attraversamento secondario
- Sovrappasso San Gavino Monreale e complanare Ovest in uscita verso Pabillonis.
- Sez. 173 – 180 Rilevato costituente la spalla sx del viadotto sul Rio Marianca. Il rilevato non presenta evidenze di ossidazioni, non si esclude che lo stesso sia stato pertanto costruito principalmente con materiali differenti da quelli provenienti dalla miniera di Santu Miali. In ogni caso è stato inserito ai fini della caratterizzazione ambientale al fine di verificarne lo stato effettivo
- Sovrappasso Pabillonis. Non figurano particolari evidenze; non si esclude che lo stesso sia stato pertanto costruito principalmente con materiali differenti da quelli provenienti dalla miniera di Santu Miali. In ogni caso è stato inserito ai fini della caratterizzazione ambientale al fine di verificarne lo stato effettivo

- Sez. 251-263A: rilevato e attraversamento Gora Piscina Perra
- Sez. 268-270: rilevato sia sulla S.S. 131 che complanare Est. Le evidenze sembrano suggerire una provenienza di fluidi ossidati solo dalla complanare Est
- Sez. 273-275. rilevato sia sulla S.S. 131 che complanari. Le evidenze sembrano suggerire una provenienza di fluidi ossidati solo dalla complanare Est
- Sez. 279-281: rilevato e ponte attraversamento Rio Setti. Le evidenze delle ossidazioni si manifestano solamente nel tratto del ponte in ampliamento sul lato Est
- Sovrappasso svincolo Collinas. Il sovrappasso era esistente. Sono state realizzate ex novo le complanari. Le evidenze di ossidazioni si manifestano unicamente dalla complanare Est

Si rimanda alla tavola allegata alla presente per una definizione topografica dei settori indicati precisando che comunque, anche se non individuati cartograficamente, laddove lo spessore dei materiali è minimo (anche per locale sottofondo) sono comunque presenti evidenze di ossidazioni più o meno marcate, in funzione dello stato chimico.

In via generale si osserva che comunque la viabilità è sempre confinata lateralmente dalle cunette di drenaggio e quindi è chiaramente identificabile il limite dell'ingombro e quindi anche indirettamente l'estensione areale occupata dai materiali costituenti i rilevati.

Potenziale di contaminazione

Da quanto sinora osservato ne deriva che le aree legate al deposito di materiali provenienti dalla Miniera di Santu Miali, possono essere potenzialmente contaminate da concentrazioni di solfuri misti di Fe e Cu, spesso associati da piccole quantità di altri metalli come As (la paragenesi principale è rappresentata dalla pirite, calcopirite, enargite).

Nei minerali sopraccitati, avvengono, nel tempo, reazioni di ossidazione che alterano le specie mineralogiche formando nuovi minerali. I solfuri dei metalli pesanti a contatto con l'atmosfera e con le acque superficiali e di falda vengono ossidati con solubilizzazione del metallo e produzione di acido solforico.

La presenza dei solfuri di metalli pesanti è quindi causa dell'acidificazione delle acque; a ciò consegue un incremento della biodisponibilità e mobilità dei contaminati nel suolo e nelle acque.

I rilievi in situ hanno comunque consentito di verificare che l'opera in questione non attraversa né centri di pericolo minerari né altre potenziali sorgenti di contaminazione non legate alle attività di costituzione dei rilevati (discariche autorizzate o incontrollate, cabine elettriche, edifici con copertura in cemento amianto e altri centri di pericolo).

In definitiva:

- le possibili fonti di contaminazione nonché i centri di pericolo che contengono le sorgenti primarie di pericolo (rilevati, strati di fondazione) e secondarie (aree potenzialmente contaminate in corrispondenza delle aree di scorrimento delle acque di drenaggio) sono quindi localizzate e confinate all'interno della sede stradale;
- gli indicatori principali derivati dall'analisi geologica e in funzione dell'analisi storico ambientale sono rappresentati prevalentemente da Cu, Fe, S, solfati, As e altri metalli secondari
- I potenziali percorsi di diffusione nell'area in questione possono essere così classificati:
 - Potenziale trasporto solido e deposizione nelle aree limitrofe, dalle acque provenienti dalle zone di contaminazione diretta;
 - Suolo e sottosuolo di appoggio dei rilevati;
 - solubilità nelle acque superficiali e sotterranee.

PIANO DI INDAGINE PRELIMINARE

Sulla base delle risultanze degli studi finora eseguiti, appare necessario definire un accurato piano di indagine che tenga comunque conto della situazione geologica, idrogeologica ed ambientale evidenziata.

Esso avrà l'obiettivo di verificare l'eventuale effettivo grado di contaminazione generato sul suolo, sottosuolo e sulle acque sotterranee dalla potenziale diffusione dei materiali provenienti dalla miniera di Santu Miali e definire ed integrare le conoscenze geologiche ed idrogeologiche dell'area in relazione all'eventuale dispersione dei potenziali contaminanti.

Il programma delle indagini viene di seguito esplicitato.

Programma delle indagini

Al fine di individuare le caratteristiche ed estensione della potenziale contaminazione gravante sull'area oggetto di studio, sono stati individuati gli elementi principali di rilievo dell'opera come descritto nei paragrafi che precedono. Sono state effettuate differenziazioni in settori di studio in funzione delle sezioni stradali riportate nell'allegato grafico.

All'interno dell'area di intervento, per la specifica situazione che si ritiene particolare e differente da casi classici di potenziale caratterizzazione, non è stata definita una maglia di campionatura sulla matrice suoli e sulla matrice acqua, ma ci si è basati sulle evidenze principali delineate dalle ossidazioni al fine di ottimizzare le stazioni di campionamento (sondaggi e prelievi) da tratto stradale.

Si prevedono:

- **n. 12 sondaggi ambientali sui rilevati per l'investigazione dei materiali costituenti i medesimi e della matrice ambientale suolo e sottosuolo al di sotto dei rilevati;**
- **N. 5 allestimenti a piezometro; alcuni sondaggi in funzione delle condizioni idrogeologiche locali e in funzione del reale rinvenimento di acqua, saranno infatti allestiti in maniera tale da consentire il monitoraggio delle acque sotterranee. La dislocazione dei piezometri sarà comunque tale da interessare unicamente areali al di fuori della sede stradale bitumata**
- **N. 14 campionamenti delle acque sotterranee presso pozzi privati a cui si aggiungono un massimo di ulteriori cinque campionamenti in corrispondenza dei sondaggi allestiti a piezometro.**

Sulla base delle determinazioni analitiche sulla matrice campionata dei materiali costituenti i rilevati, si rimanda ad una successiva fase l'esecuzione di test analitici, così come suggerito dagli ENTI, eventualmente utili anche per una futura progettazione di interventi di confinamento della potenziale contaminazione.

Per ciò che concerne **i sondaggi**, l'ubicazione è stata fatta seguendo una metodologia di tipo osservazionale e la scelta dei punti di campionamento si è basata sulle conoscenze acquisite sul sito, che hanno permesso di stabilire la localizzazione in funzione della distribuzione delle aree più vulnerabili e della distribuzione dei potenziali maggiori centri di pericolo (metodologia ragionata e con ubicazione soggettiva. L'ubicazione dei sondaggi ambientali è stata riportata su carta georeferenziata, con sistema di coordinate "Gauss - Boaga", in scala adeguata dalla

quale si evince l'accessibilità o meno dei mezzi. In particolare, considerato che gran parte dei sondaggi interesseranno la viabilità principale, si rende necessario eseguire le operazioni in condizioni di sicurezza nel pieno rispetto del codice stradale. Non è quindi prevista l'esecuzione di sbancamenti, movimenti terra o opere direttamente connesse alla realizzazione di piste di accesso in quanto tutte le aree di indagine da eseguire tramite sondaggio sono accessibili. Obiettivo dell'indagine, in funzione delle tipologie dei materiali esistenti è la definizione delle potenziali contaminazioni da minerali metallici. Gli elementi più comuni potrebbero essere così riassunti: Fe, Cu, As, S, solfati, a cui si associano altre specie minori. La suite chimica sarà definita nel proseguo della presente. I sondaggi ambientali a carotaggio continuo saranno spinti sino alla profondità indicativa di circa 8 metri e comunque fino al raggiungimento della profondità di almeno 1,50 metri al di sotto del suolo naturale di appoggio del rilevato. Si rimanda alla tavola in allegato per l'identificazione planimetrica dei punti di sondaggio.

Di seguito si riportano alcune specifiche inerenti le procedure per l'esecuzione dei medesimi.

Perforazioni a carotaggio continuo

I sondaggi dovranno essere eseguiti mediante perforazione a carotaggio continuo. Le modalità esecutive del sondaggio saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati consentendo il prelievo continuo di materiale rappresentativo (carote). La tecnica di perforazione deve essere adattata alla tipologia e alla natura del terreno, mediante la scelta appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona, della velocità di avanzamento. Il diametro da utilizzare sarà pari ad almeno 101 mm; la perforazione dovrà essere eseguita a velocità ridotta per evitare il surriscaldamento del terreno, ottenere carote indisturbate riducendo l'attrito tra aste e terreno e rigorosamente a secco, mantenendo le "battute" di dimensioni omogenee e non superiori a 50 cm. Al fine di evitare l'immissione di contaminanti di superficie in profondità, si dovranno sostenere le pareti del foro con tubazione di rivestimento provvisorie del diametro di 152 mm. La macchina di perforazione dovrà essere pulita sia prima dell'inizio di ogni perforazione che durante l'esecuzione di ogni perforazione; ugualmente i carotieri e le aste di raccordo dovranno essere posizionate su appositi cavalletti per impedire eventuali contatti diretti con sostanze potenzialmente inquinanti. Gli strumenti e le attrezzature impiegate nelle operazioni devono garantire l'integrità delle caratteristiche delle matrici ambientali, dei materiali costituenti i rilevati e la concentrazione delle sostanze contaminanti. Si deve

controllare l'assenza di perdite di olii, di lubrificanti e di altre sostanze dai macchinari, impianti e da tutte le attrezzature utilizzate. Nel caso di perdite, bisogna verificare che queste non provochino contaminazione del terreno. Si dovrà predisporre un'area delimitata per la decontaminazione delle attrezzature di lavoro: tale area dovrà essere impermeabilizzata utilizzando teli e sarà ubicata ad una distanza dal foro tale da evitare la diffusione dell'inquinamento alle matrici campionate. Gli utensili utilizzati dovranno essere decontaminati alla fine di ciascuna verticale, tramite vapore o acqua calda in pressione (idropulitrice). I fori di sondaggio, a campionamento ultimato, dovranno essere opportunamente richiusi o nel caso allestiti a piezometro in funzione delle disposizioni della Direzione Lavori.

Le operazioni di prelievo dei campioni devono essere compiute evitando la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata. In caso di pioggia è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche. Per il prelievo di campioni i criteri da adottare devono assolutamente garantire la determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti in ogni strato omogeneo di materiale solido e la separazione dei materiali che si distinguono per evidenze di inquinamento o per caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche e litologico-stratigrafiche.

Sarà dunque necessario:

- estrarre il materiale raccolto per mezzo del carotiere senza ricorrere a liquidi e disporlo in una canaletta di PE, mantenendone inalterate le caratteristiche stratigrafiche. Date le caratteristiche degli inquinanti, al fine di non produrre perdite, sarà conveniente prelevare il campione immediatamente dopo l'estrazione dal carotiere dal cuore della carota;
- descrivere, oltre alla stratigrafia, eventuali evidenze visive e/o olfattive di inquinamento e prelevare il campione alloggiandolo in apposito contenitore.

Le cassette catalogatrici dovranno essere identificate con la data di esecuzione, con il nome del sito e del sondaggio, con la profondità di perforazione, con la stratigrafia e con le relative foto. Si prevede la realizzazione dei seguenti sondaggi:

Sigla	Sezione	Tipologia	Coord. X (Gauss Boaga)	Coord. Y (Gauss Boaga)
S1	14	sovrappasso	1488387	4381219
S2	34	sovrappasso	1487608	4381838
S3	57	sovrappasso	1486770	4382680
S4	63A	sovrappasso	1486337	4382931

S5	87	c/o spalla	1485875	4383352
S6	117B	c/o spalla	1485252	4383800
S7	145	sovrappasso	1484432	4383363
S8	179A	c/o spalla	1483756	4384488
S9	211	sovrappasso	1483109	4385246
S10	254	S.S.	1482631	4386106
S11	280D	S.S.	1481263	4387186
S12	Sv. coll	complanare	1481104	4387414

Installazione dei piezometri

Nel caso in cui durante l'esecuzione dei sondaggi ambientali dovesse essere intercettata una falda acquifera (sia sulla base delle previsioni del piano di indagine che sulla base delle evidenze all'atto di realizzazione del sondaggio) si dovrà installare un piezometro al fine di campionare le acque sotterranee. Terminata pertanto la fase di campionamento dei terreni, si dovrà procedere secondo le seguenti modalità:

- perforazione a carotaggio, di tipo non ambientale, fino alla profondità di fondo piezometro;
- alesaggio del foro di perforazione di diametro pari a 101 mm al diametro minimo di 180 mm;
- realizzazione del piezometro mediante tubi piezometrici in PVC di diametro interno minimo pari a 4", microfessurati e ciechi. Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, prima dell'installazione, il foro deve essere riempito, (ritirando man mano i rivestimenti) fino alla quota 0.5÷1.5 m più in basso di quella di installazione del piezometro, con miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a presa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro. Indicativamente una miscela costituita da 30÷50 parti in peso di cemento, 6÷10 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi. Una volta avuta la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica. L'installazione seguirà le seguenti fasi:
 - a) prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
 - b) posa di uno strato di spessore 0.5 m di sabbia grossa pulita ($\varnothing = 1 - 4$ mm);

- c) discesa a quota del piezometro assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e finestrati prevista dalla direzione dei lavori. Nel caso di piezometri collegati a mezzo di tubi rigidi o semirigidi (PVC), comunque in spezzoni aggiuntabili senza filettatura, le giunzioni devono essere sigillate con teflon, loctite, ecc. ed innastrate in modo da garantire la perfetta tenuta. Il tratto finestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo. Le fessure avranno apertura ≤ 1 mm e la calza di geotessile avrà luce non superiore a 0.5 mm;
- d) posa di sabbia grossa ($\varnothing=1\div 4$ mm) pulita o materiale granulare pulito ($\varnothing=2\div 4$ mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti;
- e) posa del tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate ($\varnothing=1\div 2$ cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di $2\div 3$ cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando sui livelli di ghiaietto;
- f) riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità mediante miscela plastica identica a quella già menzionata, colata attraverso una batteria di tubi sottili ($3/8''\div 1/2''$) discesi al fondo del foro o utilizzando apposito tubicino (Rilsan) preassemblato esternamente al tubo in PVC. In alternativa si potrà colmare il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso. L'estremità superiore dei tubi sarà protetta con apposito tappo;
- g) sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), in luogo del chiusino standard potrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
- h) spurgo, collaudo del piezometro ed esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra; a questa fase

dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro. Per la lettura del livello dell'acqua si utilizzeranno sondine freatiche (scandagli elettrici). Lo spurgo dei piezometri sarà eseguito tramite sistema di air lift e le acque provenienti dallo spurgo saranno raccolte mediante autobotti o vasche di raccolta e smaltite secondo la normativa vigente dopo previa analisi.

Nel corso della realizzazione dell'indagine dovrà essere rilevata la stratigrafia dei terreni attraversati nel corso dei sondaggi, dovrà essere redatto il verbale di campionamento dei terreni; dovrà essere descritto lo schema costruttivo del piezometro.

Si prevede l'allestimento a piezometro dei sondaggi S1, S2, S4, S7, S10 fatte salve eventuali variazioni riscontrate in sede di esecuzione degli interventi

Prelievo campioni

Prelievo dei provini dai sondaggi geognostici

Il prelievo dovrà essere eseguito secondo le seguenti modalità:

- 1) il campione dovrà essere formato immediatamente a seguito dell'estrazione del materiale dal carotiere: le aliquote previste saranno conservate in ambiente a temperatura controllata ($4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$);
- 2) Il materiale utilizzato per la preparazione dei campioni sarà rappresentativo di 1 m di carota e sarà sottoposto ai seguenti trattamenti:

- *asportazione* dei materiali estranei (vegetazione spontanea, radici);
- *setacciatura*, consiste nello scartare in sito la frazione maggiore di 2 cm così come indicato dal D.lgs. n° 152/06;
- *omogeneizzazione*, consiste nel rimescolamento del materiale all'interno di un ampio contenitore;
- *quartatura* è una operazione che consente, se necessario, di ridurre il volume e di ricavare da un unico campione due provini uguali e rappresentativi. Da eseguire secondo le metodiche IRSA-CNR Quad. 65.
- *confezionamento*: ogni campione sarà prelevato in due aliquote; ogni aliquota verrà introdotta su un contenitore in vetro da 1000 ml, opportunamente siglato. Una di queste sarà conferita al laboratorio chimico per la determinazione dei vari parametri, mentre l'altra sarà adeguatamente conservata in ambiente refrigerato a cura della ditta preposta per un periodo non inferiore a tre mesi, come duplicati di controllo, campioni per analisi in contraddittorio o campioni di riserva.

Tutti i contenitori dovranno essere etichettati e sigillati, con i dati relativi al prelievo, codice lavoro, ubicazione, profondità, data; inoltre gli stessi saranno direttamente siglati con pennarello indelebile.

Tutte le fasi descritte dovranno essere documentate fotograficamente e riportate in appositi moduli. Le foto dovranno mostrare il punto di prelievo del campione e l'area nel suo contesto.

Quindi, per ogni postazione - prelievo dovranno essere costruite delle tabelle riportanti le seguenti indicazioni:

- Comune e località;
- nome della ditta responsabile dell'esecuzione degli scavi;
- codice del lavoro;
- metodo di scavo;
- mezzo utilizzato;
- dimensione foro;
- numero progressivo del sondaggio e del campione;
- postazione prevista in planimetria (con coordinate Gauss-Boaga);
- condizioni meteo;
- data inizio e fine foro;
- descrizione litologica;
- caratteristiche del terreno;
- spessore degli strati intercettati;
- profondità degli strati dal piano campagna;
- profondità della falda dal piano campagna (se presente);
- profondità prelievo campioni dal piano campagna;
- denominazione del geologo responsabile.

Per quanto riguarda la campionatura in ognuna delle stazioni di campionamento saranno prelevati complessivamente n° 3 campioni prelevati dall'alto verso il basso con le seguenti modalità:

- **Materiale costituente il rilevato: campione 1** - composito (trattandosi verosimilmente e ipoteticamente di area con caratteristiche di omogeneità) per lo spessore complessivo del rilevato prevendo l'unione di almeno tre aliquote in funzione della verifica oggettiva dei risultati stratigrafici. Il campionamento composito non potrà essere attuato nel caso in fase di indagine si osservino situazioni stratigrafiche che possano distorcere l'eventuale risultato delle misurazioni per effetto dell'eterogeneità del materiale. Durante la fase esecutiva

la D.L. definirà e indicherà, in funzione delle risultanze, l'apposita condizione di campionatura.

- **Suolo, campione 2:** a partire dal piano di posa del rilevato (appoggio al terreno in posto, naturale) sino a - 0.50 metri di profondità;
- **Sottosuolo campione 3:** da - 0,50 metri a - 1,0 metri dal piano di campagna o di posa naturale del rilevato

Su ogni stazione si eseguirà un profilo della stratigrafia ed una descrizione dettagliata dei singoli campioni prelevati e quindi lo schema di campionamento sopra riportato verrà adattato alle effettive situazioni incontrate. Dalle 12 stazioni di campionamento sui terreni si prevede quindi di prelevare un totale di 36 campioni, sui quali verranno eseguite le determinazioni analitiche come riportate nel proseguo della presente.

Campionamento di acqua di falda

A seguito della ricostruzione operata è stato possibile individuare alcuni settori nei quali potenzialmente sono presenti risorse idriche sotterranee. Purtroppo non si hanno a disposizione dati complessivi sull'andamento delle isopiezometriche e l'andamento della falda può essere solamente ipotizzato sulla base dei dati disponibili e gentilmente concessi dalla Provincia del Medio Campidano o derivati dall'osservazione di campagna e del database ISPRA. Si individuano preliminarmente le seguenti stazioni di campionamento (14 in totale):

Sigla	Coord. X (Gauss Boaga)	Coord. Y (Gauss Boaga)
AS1	1488497	4380710
AS2	1488254	4381408
AS3	1488025	4381083
AS4	1486512	4382437
AS5	1486280	4382831
AS6	1485442	4383233
AS7	1485164	4383363
AS8	1485022	4384037
AS9	1484524	4383644
AS10	1483885	4384444
AS11	1482547	4386415
AS12	1482283	4386434
AS13	1482160	4386261
AS14	1481121	4386642

Ai punti indicati, qualora si dovesse intercettare la falda durante le operazioni di sondaggio, potrebbero sommarsi n. 5 ulteriori analisi sui piezometri previsti nello studio.

Ogni operazione di campionamento dovrà essere preceduta da un adeguato spurgo del piezometro tramite la rimozione di una quantità di acqua compresa tra 3 e 6 volte il volume di acqua contenuta nel piezometro. In caso di pozzo si dovrà superare la capacità di ritenuta del medesimo in modo da raggiungere il livello dinamico. Effettuato lo spurgo si dovrà prelevare il campione in modalità dinamica, a basso flusso, per ridurre la turbolenza e l'aerazione dell'acqua. Prima della campionatura dovrà essere misurato il livello piezometrico e la quota di fondo foro.

Prima di iniziare il riempimento dei recipienti destinati a ciascun campione, questi dovranno essere avvinati, ossia sciacquati con l'acqua proveniente dal piezometro stesso e precisamente con l'acqua estratta immediatamente prima del campionamento. Questa operazione assicura che il campione non venga in contatto con sostanze estranee eventualmente presenti nel recipiente o non venga diluito dai liquidi di risciacquo utilizzati per la sua pulizia.

Sarà necessario prevedere la filtrazione a NC 0.45µm e la stabilizzazione acida a pH=2 con HNO₃ U.P. al fine di impedire la precipitazione dei metalli.

Per ogni piezometro dovranno essere prelevate due aliquote, ciascuna delle quali costituita da: due bottiglie da 1 litro in vetro scuro o bottiglie di HDPE, preventivamente decontaminate, e se necessario, verranno condizionate in sito secondo i metodi IRSA CNR.

Tutti i contenitori dovranno essere etichettati con i dati relativi al prelievo, codice lavoro, ubicazione, profondità, data; inoltre gli stessi dovranno essere siglati con pennarello indelebile.

Una delle due aliquote dovrà essere trasferita al laboratorio analisi con l'ausilio di box frigo alla temperatura di + 4 °C circa e, sottoposti all'analisi nel più breve tempo, mentre la seconda dovrà essere conservata dal laboratorio di analisi in ambiente refrigerato per un periodo di almeno tre mesi.

Ciascun campione prelevato dovrà essere individuato da una sigla univoca eventualmente con numerazione progressiva relazionata al punto di prelievo.

I campioni prelevati devono essere conservati in contenitori appositi in funzione delle analisi a cui dovranno essere sottoposti. Quelli destinati alle determinazioni analitiche dei metalli, di azoto, fosforo e cianuri liberi, dovranno essere conservati in buste doppie di polietilene ad una temperatura inferiore ai 4°C.

METODOLOGIA ANALITICA

Le attività analitiche dovranno essere eseguite da laboratori pubblici o privati regolarmente accreditati che garantiscano di corrispondere ai necessari requisiti di qualità.

Saranno utilizzate metodiche riconosciute a livello nazionale e internazionale (IRSA-CNR - EPA).

Le analisi effettuate sui terreni per la ricerca degli elementi, così come indicato nella suite riportate nella tabella seguente, andranno condotte sulla frazione inferiore ai 2 mm e la concentrazione, espressa in mg/Kg, riferita alla sostanza secca.

I limiti di riferimento per i materiali costituenti il rilevato, suolo e sottosuolo, sono quelli riportati alla parte Quarta, titolo V, allegato 5, tab. 1 colonna B del D.Lgs 152/06.

Le analisi effettuate sui campioni d'acqua per la ricerca degli elementi, così come indicato nella suite riportata di seguito, saranno effettuate sul campione dopo filtrazione-filtro in nitrato di cellulosa da 0,45 μ .

I limiti di riferimento sono quelli riportati nella tab. 2 dell'allegato 5 parte Quarta del D. Lgs 152/06 per le acque sotterranee.

Al termine delle analisi sarà compilato per ciascun campione il relativo rapporto di prova, datato e firmato dal responsabile del laboratorio che riporterà:

- identificazione univoca del campione;
- elenco dei parametri con relativo risultato analitico;
- metodo di riferimento utilizzato;
- limite di quantificazione;
- giudizio sintetico.

Determinazione analiti:

Su tutti i campioni di terreno (materiali costituenti il rilevato e suolo) dovranno essere determinati i seguenti analiti con le seguenti metodiche di riferimento:

Parametro	metodo
Umidità	DM 13/09/1999 GU SO n. 248 21/10/1999 Met.II.2
Scheletro tra 2 cm e 2 mm	DM 13/09/1999 SO n. 185 G.U. n. 248 del 21/10/1999 Met.II.1, Met II.3
Arsenico	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007

Cadmio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Cobalto	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Cromo	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Cromo VI	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1983
Mercurio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Nichel	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Piombo	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Rame	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Selenio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Stagno	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Vanadio	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Zinco	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Cianuri liberi	EPA 9010B 1996 + EPA 9014 1995
Fluoruri	DM 13/09/1999 SO n. 185 G.U. n. 248 del 21/10/1999 Met.IV.2 DM 25/03/2002 GU n. 84 10/04
Alluminio	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007
Ferro	EPA 3051A 2007 + EPA 6010C 2007
Manganese	EPA 3051A 2007 + EPA 6020A 2007
Solfati	DM 13/09/1999 SO n. 185 G.U. n. 248 del 21/10/1999 Met.IV.2

Per ciò che concerne le acque sotterranee si propone:

Parametro	metodo
Arsenico	Man 29/03 APAT 3080 Man
Boro	Man 29/03 APAT 3110 Man
Cadmio	Man 29/03 APAT 3120
Cromo totale	Man 29/03 APAT 3150
Cromo IV	Man 29/03 APAT 3150
Rame	Man 29/03 APAT 3250
Ferro	Man 29/03 APAT 3160
Mercurio	Man 29/03 APAT 3200
Manganese	Man 29/03 APAT 3190
Nichel	Man 29/03 APAT 3220
Piombo	Man 29/03 APAT 3230
Selenio	Man 29/03 APAT 3260
Zinco	Man 29/03 APAT 3320
Solfati	Man 29/03 APAT 4140
pH	Man 29/03 APAT 2060
Temperatura	Man 29/03 APAT 2100
Conducibilità	Man 29/03 APAT 2030

SICUREZZA DELLE PRESTAZIONI

- D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81

Per l'esecuzione in sicurezza delle attività, occorrerà adottare particolari misure di sicurezza in riferimento sia alla tipologia dei luoghi (viabilità) e sia alla tipologia di inquinamento eventualmente presente in sito. Infatti, come già accennato, gli eventuali inquinanti potrebbero essere rappresentati per lo più da metalli pesanti, i quali non risultano essere tossici per contatto, mentre sono tossici per assimilazione. Si raccomanda l'uso di mascherine protettive per evitare l'inalazione delle polveri. Dovranno essere, comunque, rispettate le leggi in materia di sicurezza sul lavoro: D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione, redatta sulla base di apposito incarico, definisce gli studi di corredo all'elaborazione del modello concettuale preliminare e del piano delle indagini ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., per il tratto della S.S.131 compreso il Km 47+000 e il Km 58+500 e sue dirette pertinenze (Lavori di Costruzione degli svincoli altimetrici per Sardara e Villanovaforru ed adeguamento del tratto tra il Km 47+000 e il Km 58+500 – 3° lotto).

Sono stati presi in esame lo stato di fatto dei luoghi, l'inquadramento urbanistico – vincolistico e le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche idrogeologiche e geopedologiche della zona. Quindi, in conformità alle regole e norme tecniche stabilite dalle disposizioni vigenti in materia, è stato redatto questo documento contenente le indicazioni circa il quadro ambientale in cui si opera, nonché la sintesi degli interventi tecnici da effettuare in rapporto all'entità e alla tipologia dei lavori eseguiti.

Sulla base degli studi è stato elaborato un piano di indagine riferito all'analisi del suolo e delle acque sotterranee attraverso indagini mirate di sondaggi e campionamenti.

Nello specifico si intende attuare una campagna definita da n. 12 sondaggi ambientali e n. 14 campionamenti di acque sotterranee, dislocati in funzione delle maggiori evidenze di ossidazione dei materiali, della vulnerabilità e della possibilità di poter monitorare anche lo stato naturale dei luoghi con opere già esistenti (pozzi).

Sono state riportate alcune prescrizioni riguardo la realizzazione delle indagini, la suite chimica da utilizzare con le relative metodiche e in particolare i limiti di riferimento ai sensi del D. Lgs. 152/2006 che per i materiali costituenti il rilevati, suolo e sottosuolo, sono quelli riportati alla parte Quarta, titolo V, allegato 5, tab. 1 colonna B del D.Lgs 152/06.

Per le acque sotterranee i limiti di riferimento sono quelli riportati nella tab. 2 dell'allegato 5 parte Quarta del D. Lgs 152/06.

ALLEGATI DEL PRESENTE STUDIO:

Inquadramento topografico delle aree di intervento

Planimetria di dettaglio delle indagini dalla sez 0 alla sez. 137

Planimetria di dettaglio delle indagini dalla sez. 137 alla sez. 297

Data: 18/01/2016

Il Professionista
Dott. Geol. Antonello Frau