



**COMUNE DI PORTO TORRES**  
Regione Autonoma della Sardegna

## **STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICO - GEOTECNICA**

ai sensi dell'art. 8 delle norme di attuazione del p.a.i.  
e secondo quanto previsto dagli artt. n° 24 e 25 delle Norme stesse



### **Studio di Compatibilità Geologico - Geotecnica**

#### **Relazione**

I tecnici incaricati	Il Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Alberto Luciano Dott. Geol. Stefano Conti	Dott. Ing. Claudio Vinci  <b>Novembre 2014</b>

## Indice generale

1 Premessa.....	3
2 Metodo di studio .....	4
3 Risultati dell'analisi territoriale .....	9
3.1 Aspetti geologici.....	9
3.2 Acclività orografia.....	12
3.3 Idrografia superficiale .....	15
3.4 Morfologia e processi evolutivi.....	16
3.5 Pericolosità geologica del territorio .....	21

# 1 Premessa

La presente relazione descrive gli aspetti tecnici ed i risultati dello studio di compatibilità geologico geotecnica ed idraulica del nuovo Piano Urbanistico Comunale di Porto Torres prevista dall'Art. 8 Comma 2. delle Norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna (di seguito P.A.I.).

Va premesso che nel corso dello svolgimento dell'incarico, la Regione Sardegna con Deliberazione n. 3 del 07 maggio 2014 ha adottato in via preliminare, ai sensi della L.R. n.9 del 06/12/2006 uno studio denominato: *“Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel subbacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo”*, finalizzato alla predisposizione della Variante Generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna, prevista dall'art.37 comma 1 delle vigenti Norme di Attuazione del P.A.I.

Lo studio ha comportato un processo di revisione ed approfondimento del P.A.I. vigente esteso a tutto il territorio del sub bacino n° 3 Coghinas-Mannu-Temo, all'interno del quale è collocato il territorio di Porto Torres.

All'interno dell'iter di adozione dello studio, la Regione ha aperto un confronto con le Amministrazioni pubbliche per l'acquisizione di osservazioni e dei pareri tecnici che attualmente si trova in una fase di conclusione.

Nell'ambito di questa procedura di confronto, i risultati dello studio di dettaglio eseguito a scala comunale ed illustrato nella presente relazione sono stati presentati quali osservazioni tecniche allo studio regionale e attualmente si trovano in una fase di valutazione da parte dell'Ente.

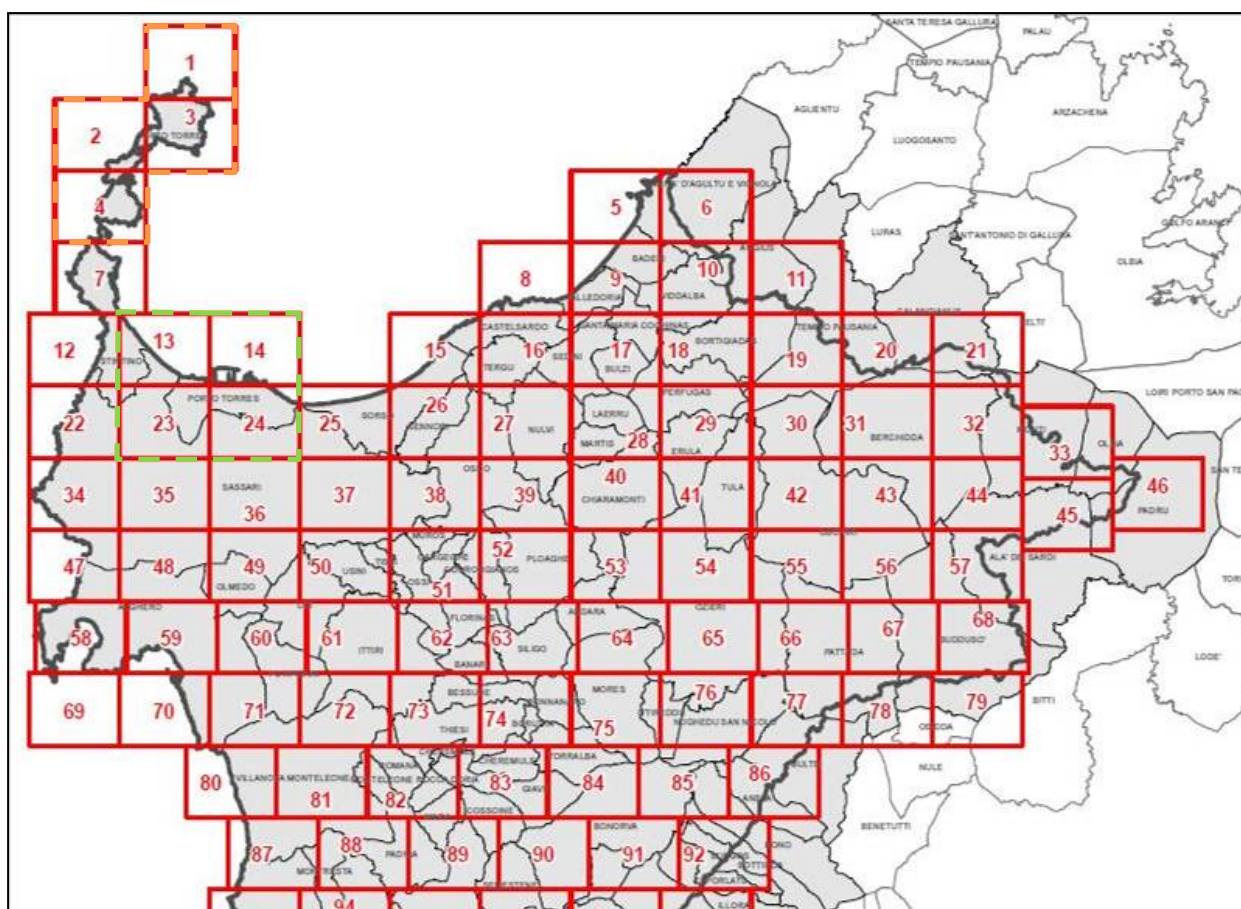
## 2 Metodo di studio

Punto di partenza per l'analisi di dettaglio condotta in ambito comunale è stato lo Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo sviluppato dall'equipe di professionisti incaricati dalla Regione Sardegna (di seguito Studio Regione).

In particolare il territorio comunale è interamente ricompreso nelle tavole:

Tavole 01, 02, 03 e 04 Isola Asinara;

Tavole 13, 14 e 23, 24 Isola madre.



In particolare si è assunta alla base delle analisi di dettaglio e degli approfondimenti, la Carta di instabilità potenziale dei versanti prevista dalla procedura indicata nelle linee guida Pai.

Questo elaborato, come noto, è il risultato di una operazione di “map overlay” che coinvolge tre tematismi: litologia, acclività dei versanti e uso del suolo, che vengono combinati tra loro attraverso l’attribuzione di una serie di valori numerici .

Il risultato finale è una cartografia dove viene rappresentata la propensione al dissesto del territorio.

Questo tematismo è utile principalmente nelle fasi preliminari in quanto permette di individuare a scala globale le aree con propensione al dissesto attorno alle quali focalizzare le analisi di maggior dettaglio indirizzate a definire le reali condizioni geomorfologiche dei versanti.

In quest’ottica si è ritenuto adeguato il grado di approfondimento raggiunto dallo studio della

regione pertanto è stata accolta interamente la cartografia di base prodotta dallo studio predetto.

L'analisi del territorio è stata sviluppata su una cartografia di dettaglio che comprende, oltre alla cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e alla cartografia IGM in scala 1:25.000, la cartografia Aerofotogrammetrica del Comune di Porto Torres, che copre tutto il territorio comunale con dettaglio di scala 1:4.000, mentre il tratto costiero ad est della zona industriale è disponibile con un dettaglio 1:2.000 e nell'intorno del centro urbano è disponibile un dettaglio cartografico in scala 1:1.000.

Altri strumenti utilizzati nell'analisi territoriale sono stati:

- il modello digitale del terreno DTM di precisione, con passo di campionamento di 1 m fornito dalla regione Sardegna; questo strumento descrive in modo dettagliato l'andamento del terreno e copre gran parte del territorio comunale.
- l'archivio delle immagini satellitari e delle ortofoto mosaicate fornite dalla Regione Sardegna, tra cui le ortofoto mosaicate 2k della costa del 2008 che coprono anch'esse gran parte del territorio Comunale;
- la Carta Geologica del territorio comunale (Isola madre) redatta nell'ambito del PUC, con scala 1:10.000 da una equipe tecnica coordinata dall'Università degli studi di Sassari;
- la Carta Geologica dell'isola dell'Asinara prodotta dal Parco Nazionale dell'Asinara in scala 1:10.000;
- La cartografia tematica prodotta dal P.U.C. in scala 1:10.000 (carta geologico-tecnica, carta idrogeologica, carta dell'uso del suolo, carta della copertura vegetale)

Attraverso il DTM di precisione è stata poi elaborata una carta di dettaglio delle acclività dei versanti che ha permesso di definire e delineare in maniera precisa quei contesti geomorfologici influenzati dal fattore acclività.

Nell'ambito dell'attività di studio è stato inoltre approfondito il dettaglio conoscitivo sulla geologia, in particolare lungo il tratto costiero ed urbano e ove lo studio della pericolosità geologica è stato sviluppato con scala di dettaglio 1:2.000.

Per la ricostruzione storica dei fenomeni geomorfologici e di dissesto relativi al territorio comunale di Porto Torres, nonché per completare il quadro conoscitivo del territorio, è stato analizzato in maniera critica il materiale presente all'interno di archivi o studi scientifici realizzati da enti o istituzioni pubbliche, ed è stata aperta una collaborazione continua con l'ufficio tecnico del Comune di Porto Torres per la raccolta ed analisi di informazioni di carattere geognostico connesse con la realizzazione di opere di edilizia pubblica e privata.

La documentazione più significativa utilizzata per lo studio è raccolta nella tabella che segue:

Documento	Ente attuatore
Progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI)	ISPRA
Progetto speciale per la valutazione delle piene (VAPI)	GNDICI-CNR
Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia	ISPRA
Progetto sinkhole	ISPRA
Catasto Speleologico Regionale (CSR)	Regione Sardegna
Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana	Regione Sardegna

nel subbacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo (2014)	
Piano di Stralcio delle Fasce Fluviali	Regione Sardegna
Interventi di salvaguardia della fascia costiera e delle infrastrutture nel perimetro urbano (2014)	Comune di Porto Torres
Perizia geologica sul dissesto verificatosi in un tratto della via corbezzoli (2013)	Comune di Porto Torres
Indagini geofisiche e geologico tecniche per lo studio dell'erosione costiera del Lungomare-Promontorio di Balai (2002)	Comune di Porto Torres
Idrodinamica del moto ondoso lungo la fascia costiera compresa tra il porto industriale di Porto Torres e Punta San Gavino (2001)	Comune di Porto Torres
Progetto per la realizzazione di una pista ciclabile nel territorio comunale di Porto Torres (1998)	Comune di Porto Torres
Archivio progetti edilizia privata	Comune di Porto Torres

Una fase cardine nello sviluppo dello studio è stata infine l'analisi geomorfologica supportata da una puntuale attività di campo che ha permesso di distinguere le forme ed i processi caratteristici del territorio con particolare riferimento ai processi evolutivi caratteristici del territorio.

L'insieme delle informazioni raccolte è rappresentato nella Carta geomorfologica e dei fenomeni franosi di cui alle tavole Morfo – 1a-1b, 2a-2b, 3a-3b-3c-3d.

Sulla base del materiale informativo raccolto è stata infine elaborata la carta della pericolosità geologica dell'intero territorio comunale con una scala di dettaglio 1:10.000 estesa a tutto il territorio ed un approfondimento in scala 1:2.000 nel tratto urbano e nel tratto di falesia rocciosa.

Per la distinzione nelle singole classi di stabilità si è fatto riferimento ai criteri utilizzati per la redazione del PAI ed in particolare ai criteri assunti dal più recente studio di approfondimento sviluppato per il sub bacino 3, di cui si ripropone la tabella di sintesi.

Classe	Intensità	Descrizione
Hg0	Nulla	Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente - Classe non prevista nelle <i>Linee Guida del PAI</i> Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi
Hg1	Moderata	Aree con pericolosità moderata aventi classi di instabilità potenziale limitata o assente - classe 2 e classe 1.
Hg2	Media	Aree con pericolosità media con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, falesie lungo le coste (stabili e o vegetate); zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento), zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi ovvero corrispondenti alla classe di instabilità potenziale media (classe 3). Aree percorse da incendi con pendenza maggiore del 20% e caratterizzate da copertura alberata e/o boschiva. Cave attive. Paleofrane o DGPV stabilizzate. Presenza di doline, di cavità sotterranee naturali, , o artificiali di vecchia fattura per cui non vi sono evidenze di colassi o cedimenti.
Hg3	Elevata	Aree con pericolosità elevata con frane di crollo e/o scorrimento quiescenti, fenomeni di erosione delle incisioni vallive. Fronti di scavo instabili lungo le strade; aree nelle quali sono state svolte in passato attività minerarie che hanno dato luogo a discariche di inerti, cave a cielo aperto, cavità sotterranee con rischio di collasso del terreno e/o subsidenza, siti minerari dismessi; aree interessate in passato da eventi franosi nelle quali sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza. Classe di instabilità potenziale forte (classe 4), pareti in roccia (fra cui falesie a mare aventi tali caratteristiche), orlo di scarpata o di terrazzo (potenzialmente instabili per pendenza e altezza), frane di crollo quiescenti, frane di scorrimento quiescenti, fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato (calanchi).
Hg4	Molto Elevata	Aree con pericolosità molto elevate con manifesti fenomeni di instabilità attivi o segnalati nel progetto AVI, IFFI o dagli Enti interpellati o rilevate direttamente dal Gruppo di lavoro. Classe di instabilità potenziale massima (classe 5), frane di crollo attive (compresi falde e coni di detrito attivi e canali in roccia [e non] con scarico di detrito), frane di scorrimento attive, o scivolamenti rapidi in roccia, detrito, fluidificazione di terreni sciolti superficiali, piccole frane (attive), deformazioni gravitative profonde di versante attive, crolli e fenomeni di instabilità lungo l'intaglio stradale. Cavità sotterranee naturali o artificiali soggette a processi di crollo o sprofondamento ovvero sinkhole. Falesie marine in arenarie, marne , calcari marnosi terziari e/o pleistocenici.

Va precisato comunque il dettaglio raggiunto dall'analisi eseguita ha permesso di verificare in maniera pressoché puntuale le singole situazioni evidenziate dall'analisi geomorfologica e dunque l'attribuzione di una determinata classe di pericolosità è sempre stata subordinata alla effettiva presenza, accertata attraverso un riscontro diretto, di fenomeni potenzialmente pericolosi.

Pertanto non è stata applicata una corrispondenza diretta tra il riconoscimento di una o più condizioni descritte nella tabella soprastante e l'attribuzione di una determinata classe di pericolosità, ma si è sempre operata una valutazione concreta basata sul singolo caso.

Nella attribuzione delle classi di pericolosità, come criterio di base sono stati seguiti i seguenti principi:

Hg4 le aree a pericolosità molto elevata comprendono fenomeni di instabilità perlopiù attivi in grado di condizionare fortemente l'uso del territorio;

Hg3 le aree a pericolosità elevata comprendono perlopiù fenomeni quiescenti e potenziali in grado di condizionare l'uso del territorio;

Hg2 le aree a pericolosità media comprendono perlopiù fenomeni attivi o quiescenti che condizionano in maniera lieve l'uso del territorio.

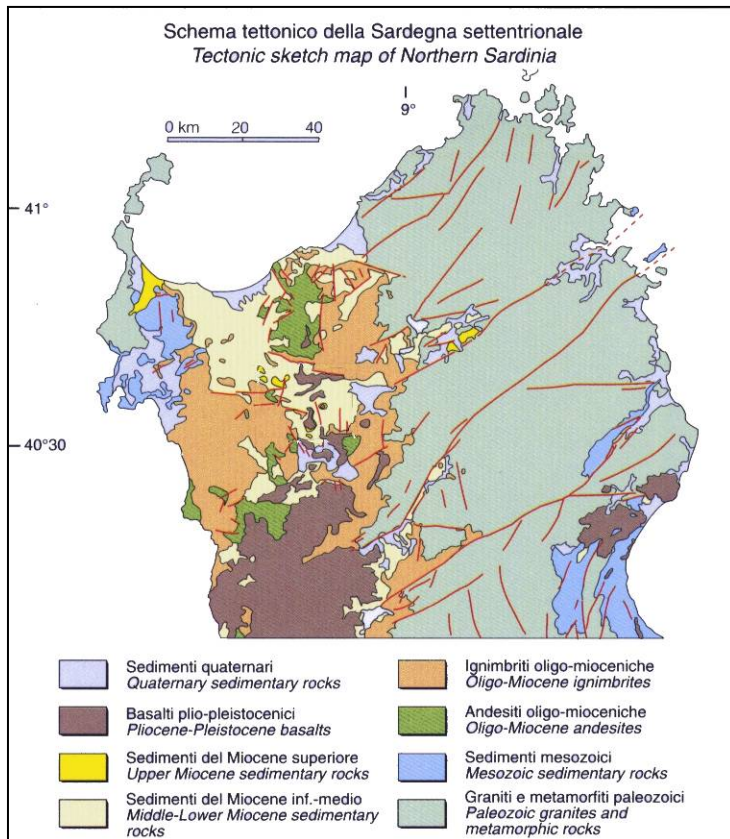
Hg1 le aree a pericolosità lieve comprendono aree caratterizzate da condizioni generali di stabilità dei versanti .



## 3 Risultati dell'analisi territoriale

### 3.1 Aspetti geologici

Il territorio di Porto Torres si sviluppa sul margine occidentale di un semi-graben, di età terziaria noto in letteratura come bacino di Porto Torres (Thomas & Genesseeux, 1986), colmato da vulcaniti e sedimenti di ambiente marino di età compresa tra l'Oligocene sup ed il Miocene sup.



La geometria di questa importante struttura tettonica è tale per cui sul lato occidentale emergono le formazioni più antiche rappresentate dal basamento paleozoico e dalle coperture mesozoiche della Nurra, mentre sul lato orientale prevalgono i sedimenti marini miocenici.

Nella figura a lato si riporta lo schema tettonico della Sardegna Settentrionale tratto da: A. Funedda, G. Oggiano, S. Pasci: *The Logudoro basin: a key area for the tertiary tectono-sedimentary evolution of North Sardinia*

### Isola Asinara

Le informazioni di carattere geologico assunte alla base dello studio sono quelle derivanti dalla Carta Geologica dell'Isola dell'Asinara edita dall'Ente parco in scala 1:10.000 e rappresentata nelle Tavole Geo/Os-2a e Geo/Os-2b.

In sintesi nell'Isola dell'Asinara affiorano in prevalenza litotipi che compongono il basamento cristallino paleozoico, rappresentati da rocce intrusive e metamorfiche coinvolti nell'orogenesi ercinica.

Sotto il profilo strutturale, nell'isola dell'Asinara emerge il nucleo di una antica catena montuosa strutturatasi durante l'orogenesi ercinica a seguito della collisione tra i blocchi continentali Gondwana e Armorica accompagnata dalla subduzione dell'Oceano Sud Armoricano.

Gli studi più recenti hanno distinto due complessi metamorfici sovrapposti che rappresentano i due margini continentali, separati da una spessa fascia milonitica ed un complesso intrusivo tardo-ercinico costituito da monzograniti a grossi individui di K-feldspato accompagnato da un corteo filoniano in prevalenza aplo-pegmatitico.

Il complesso metamorfico geometricamente più basso affiora da Fornelli sino a Punta Scomunica (Complesso Metamorfico di Medio grado) è costituito in prevalenza da micascisti e paragneiss con

intercalazioni di quarziti e anfiboliti.

Su di esso è sovrascorso un complesso costituito in prevalenza da migmatiti e ortogneiss (complesso Metamorfico di Alto grado) che occupa la parte più settentrionale dell'Isola; tra i due complessi si localizza una fascia milonitica potente da qualche metro sino a qualche decina ed un ortogneiss (Ortogneiss di Cala d'Oliva).

I due complessi giustapposti durante la collisione ercinica hanno poi condiviso le successive fasi deformative erciniche e una volta esumati sono stati interessati dalla tettonica fragile terziaria responsabile della generale immersione assiale delle strutture planari e lineari del basamento (scistosità e pieghe) verso est.

Sotto il profilo litotecnico le litologie metamorfiche mostrano all'affioramento una scistosità pervasiva con giaciture da sub verticali a molto inclinate verso N - NE sulla quale si sovrimpone un campo di fratturazione articolato relazionato alle fasi tettoniche tardive di esumazione del basamento e ripreso poi dalle fasi tettoniche più recenti.

Le formazioni intrusive presentano un aspetto massivo; anche queste sono attraversate da un campo di fratturazione generalmente spaziato.

Il basamento roccioso è perlopiù affiorante, con coperture pedogenetiche sottili o assenti.

### **Isola Sardegna**

Nel territorio ricompreso nell'isola madre prevalgono invece formazioni di età compresa tra il mesozoico ed il terziario.

La disposizione dei terreni in affioramento è il risultato di una fase tettonica disgiuntiva attiva durante il Terziario che ha dato luogo all'apertura di un bacino subsidente con geometria a semigraben che si approfondisce verso ovest, successivamente colmato da sedimenti marini e continentali terziari.

Il territorio di Porto Torres, si viene a collocare sul margine occidentale di questa struttura; sul lato ovest affiorano le formazioni più antiche sulle quali si è strutturato il bacino terziario, rappresentate dalle formazioni calcareo dolomitiche mesozoiche, sul lato orientale trovano invece ampio sviluppo le sequenze sedimentarie mioceniche che colmano la struttura. Interposte tra il basamento mesozoico e le formazioni sedimentarie mioceniche, affiora una stretta cintura di vulcaniti, anch'esse di età terziaria, messe in posto durante le prime fasi della tettonica terziaria.

Le sequenze mesozoiche comprendono formazioni che vanno dal Trias medio (Muschelkalk) al Giurassico superiore (Malm); sono rappresentate in prevalenza da calcari e dolomie, in genere ben cementate, disposte in strati di media potenza.

Tutta la sequenza mesozoica è interessata da un blando piegamento, ad assi Est - Nord Est che determina un sistema di sinclinali e anticlinali aperte, a loro volta intersecate da faglie distensive dirette N 60° o Nord Sud. Sono prevalenti giaciture sub-orizzontali o poco inclinate.

Direttamente sovrapposte sul basamento mesozoico vi sono delle ignimbriti saldate a composizione riodacitica che affiorano lungo una stretta fascia a ridosso della zona industriale e si immergono al di sotto della sequenza sedimentaria miocenica. Queste vulcaniti, sono state datate all'Oligocene sup. sono composte da litologie generalmente ben saldate disposte in banchi di spessore metrico, con intercalati episodi cineritico pomiceo talvolta interessati da una alterazione anche intensa.

La sequenza sedimentaria miocenica affiora per tutto il settore centrale e orientale del territorio comunale. Sono distinguibili diversi litotipi che rappresentano diversi ambienti deposizionali che si sono susseguiti sia in ordine temporale, marcando un progressivo approfondimento del bacino miocenico che in senso trasversale in relazione alla reciproca collocazione all'interno del bacino

stesso.

Alla base la sequenza ed in prossimità del margine del bacino si ritrovano dei sedimenti clastici continentali caratterizzati da conglomerati, depositi di spiaggia o depositi lacustri, passanti lateralmente e verso l'alto a biocalcareni e calciruditi caratteristici di ambienti di più alta energia, seguiti ancora da sedimenti marnoso arenacei finemente stratificati che testimoniano l'istaurarsi di un ambiente di mare più profondo.

L'età di queste formazioni può essere inquadrata tra il Burdigaliano e il Serravalliano.

I termini più recenti della sequenza miocenica affiorano tra la zona industriale e Fiume Santo e sono rappresentati da delle argille e conglomerati di ambiente alluvionale.

Tutta la sequenza mostra una giacitura sub-orizzontale con debole inclinazione verso il settore sudorientale.

Le litologie più rappresentate sono i calcari organogeni e le calcareniti che affiorano nel settore centrale dell'area indagata, e la sequenza di siltiti e marne che emerge sia a ridosso della zona industriale che nel settore orientale, lungo il tratto costiero.

I calcari organogeni e le calcareniti, mostrano un aspetto massivo, con giunti di stratificazione poco marcati, sono composti in prevalenza da bioclasti e frammenti di alghe incrostanti tenuti assieme da un cemento carbonatico. In ragione dell'elevato contenuto in carbonato, queste litologie sono interessate da processi di dissoluzione carsica testimoniati da forme tipiche quali cunicoli, condotti e cavità che perlopiù si presentano in forma relitta con riempimenti di argille residuali.

La roccia presenta in genere una fratturazione spaziata che suddivide l'ammasso roccioso in blocchi di grandi e medie dimensioni.

Le marne e siltiti sono caratterizzate da una struttura omogenea, con livelli planari o obliqui paralleli evidenziati principalmente da processi di erosione selettiva. In riferimento alla resistenza, questi litotipi possono essere classificati al più come una roccia tenera o molto tenera, facilmente disagiabile.

L'ammasso roccioso nel suo insieme si presenta molto compatto, attraversato da pochi giunti di fratturazione, molto spazati e persistenti.

Le formazioni più recenti sono rappresentate dai depositi quaternari che comprendono dei depositi di spiaggia antichi, conservati in piccoli lembi lungo un terrazzo marino collocato qualche metro sopra l'attuale livello del mare ed attribuibili al Tirreniano, seguiti da depositi continentali probabilmente Wurmiani, costituiti da argille sabbiose, sabbie argillose, sabbie e limi, con un colore tipicamente rossastro.

Nelle valli principali che ospitano i corsi d'acqua più importanti (Rio Mannu e Rio di Ottava, Fiume Santo) si individuano infine dei depositi alluvionali attuali e recenti composti in prevalenza da sabbie, limi e limi argillosi.

### **3.2 Acclività orografia**

L'orografia del territorio è stata analizzata con il supporto del Modello Digitale del terreno (DTM) con passo un metro fornito dalla Regione Sardegna che copre la quasi totalità del territorio comunale, oltre che attraverso l'analisi della cartografia disponibile.

Attraverso il DTM è stata calcolata la Carta dell'Acclività dei versanti rappresentata nelle tavole ACC/Os -1a, 1b e ACC/Os-2a, 2b. Nell'analisi si è scelto di adottare la legenda proposta nelle Linee guida per l'adeguamento dei piani urbanistici comunali al PPR e al PAI, predisposte dalla Regione Sardegna (edizione 2008) che prevede la distinzione di 8 classi di acclività, in quanto si è ritenuto che potesse offrire una visualizzazione più completa rispetto a quella derivante dalla legenda proposta dalle linee guida del PAI (che prevede 5 classi).

Il territorio compreso nell'isola madre è caratterizzato da una morfologia prevalentemente pianeggiante o lievemente ondulata, la maggior parte del territorio è ricompresa nelle classi di acclività inferiori al 20%. Le aree a maggior acclività sono distribuite lungo i versanti dei rilievi mesozoici, lungo la falesia rocciosa e lungo i versanti che delimitano le valli piatte impostate sulle formazioni terziarie.

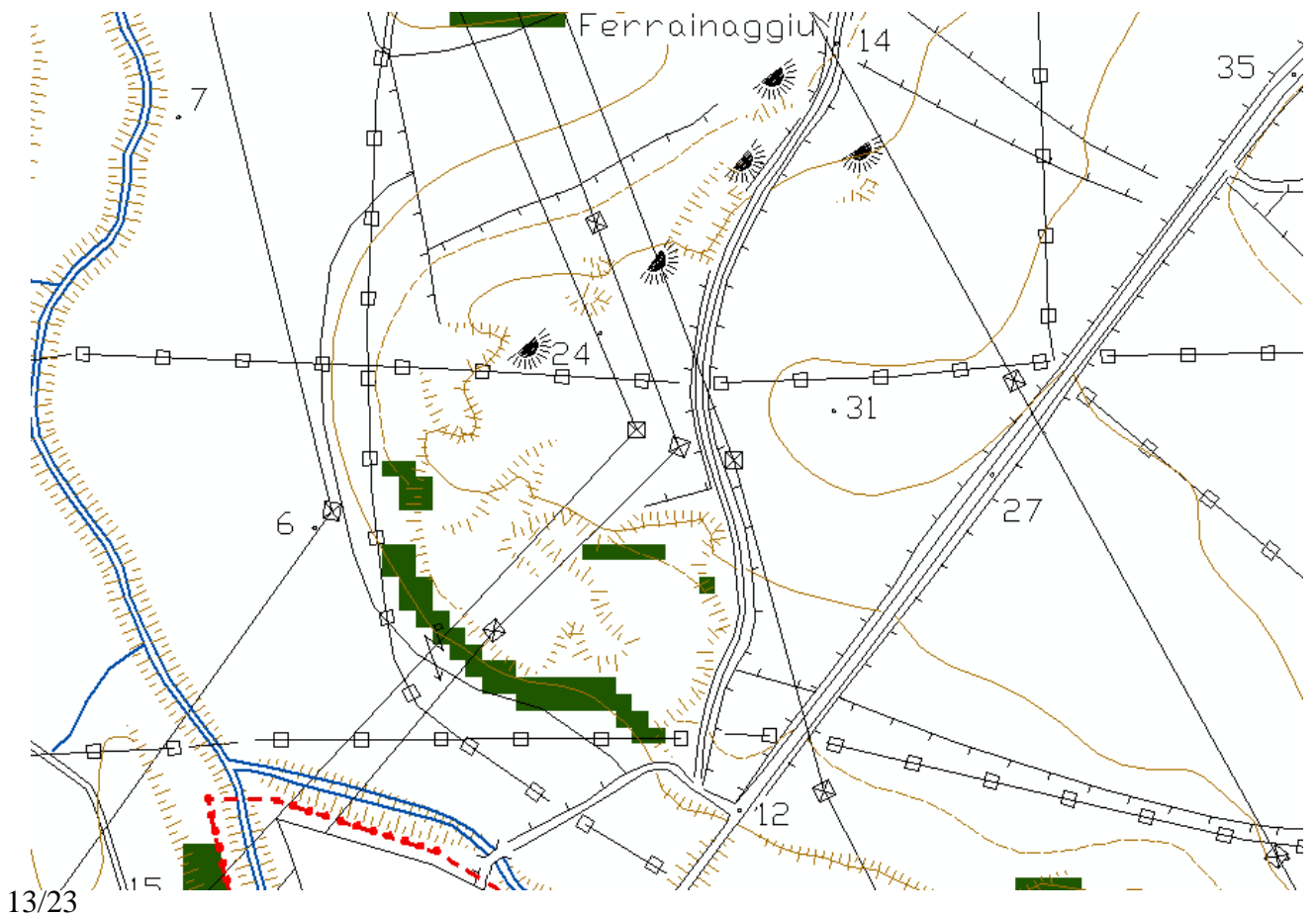
Il dettaglio di scala del DTM ha permesso di evidenziare anche piccole scarpate e rotture di pendio ed è stato pertanto molto utile per individuare contesti più sensibili in relazione alla stabilità dei versanti.

A titolo di esempio nella figura che segue si riporta una immagine delle zone di Farrainaggiu dove sono presenti delle cave di età romana; nel disegno si è sovrapposta la carta dell'acclività dei versanti sulla base topografica 1:4.000 del Comune di Porto Torres, per semplificare la lettura sono state decolorate le aree con acclività < 20%.

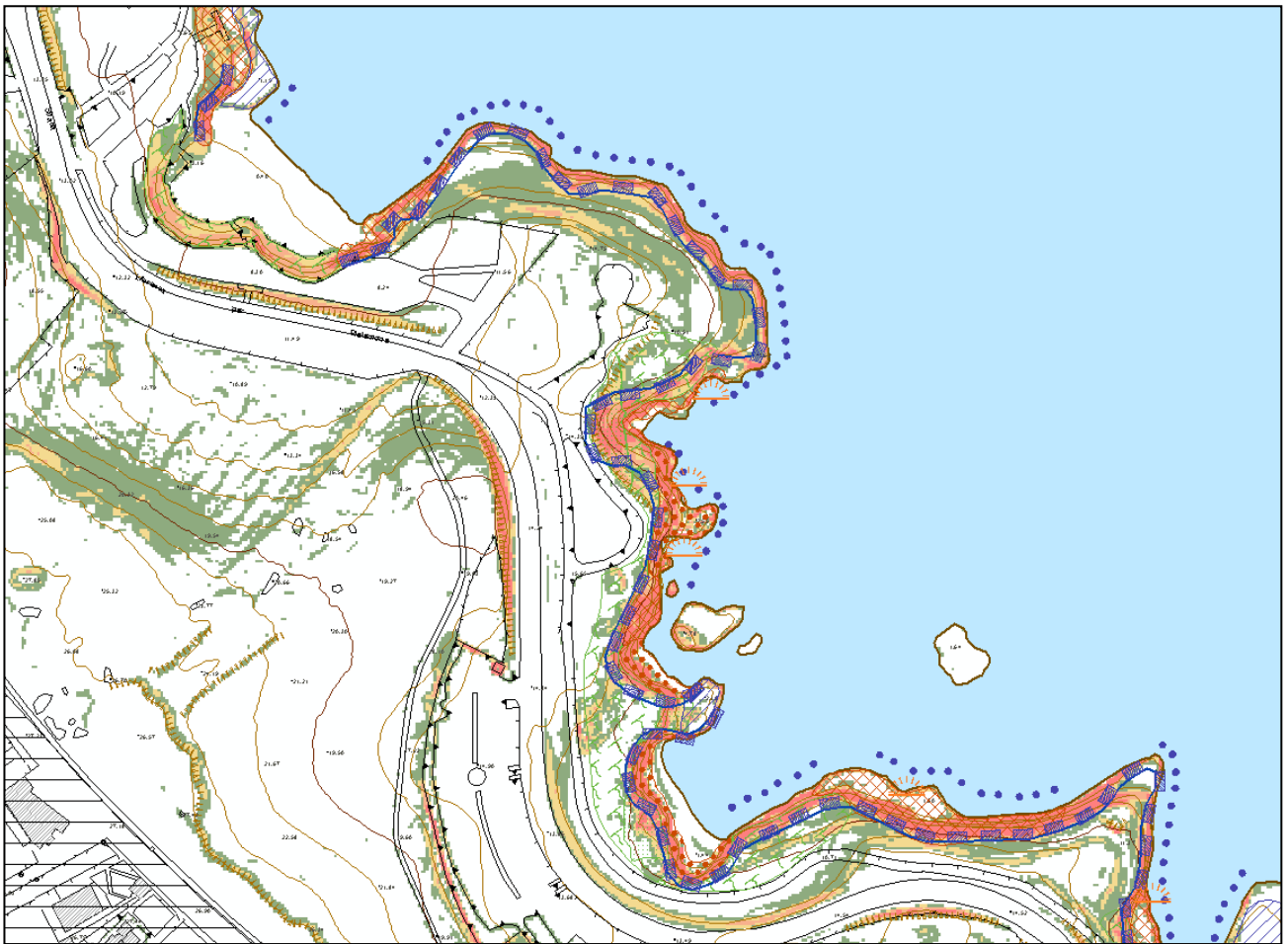
Come evidenzia l'immagine, il dettaglio della carta permette di distinguere agevolmente le pareti sub verticali dei fronti di cava così come le rotture di pendio che corrispondono alle testate di strato, molto evidenti anche le sponde incise dell'alveo del Rio Mannu.



Nella figura sotto la stessa area è stata rappresentata attraverso la Carta Tecnica regionale in scala 1:10.000 con sovrapposta la carta dell'acclività dei versanti calcolata sulla base del modello digitale del terreno in scala 1:10.000 fornito dalla regione.



E' evidente come il supporto cartografico possa influenzare la scala di rappresentazione. Nella figura che segue un altro esempio del tratto costiero di Balai dove sullo stesso supporto (Acclività > 20% + Aerofotogrammetrico 1:2.000) sono stati sovrapposti gli elementi morfologici distinti nella analisi.



Molto diverse sono le condizioni orografiche del territorio dell'Asinara, caratterizzato da una morfologia più accidentata, dove condizioni di acclività elevata si raggiungono in larghe porzioni dell'isola.

Le caratteristiche orografiche del territorio sono in larga parte condizionate grado di competenza delle formazioni affioranti sull'isola e alle condizioni di giacitura.

Le condizioni più critiche per quanto riguarda l'acclività dei versanti si raggiungono in corrispondenza delle ripide pareti delle falesie rocciose nel tratto costiero esposto a Nordovest ed in generale lungo i versanti (in prevalenza esposti a sud o a nordovest) dei rilievi principali.

### **3.3 Idrografia superficiale**

Anche per quanto riguarda l'idrografia superficiale dobbiamo fare una distinzione tra il territorio dell'Asinara ed il territorio compreso nell'isola principale.

Nell'isola dell'Asinara sono presenti numerosi piccoli bacini idrografici con sbocco diretto al mare, per la totalità attraversati da corsi d'acqua a carattere intermittente attivi solo a seguito di eventi piovosi.

Il reticolo idrografico è di tipo dendritico con pattern fortemente condizionati dall'assetto strutturale del basamento.

Il territorio compreso nell'isola principale si distribuisce invece su due bacini idrografici principali: il bacino del Rio Mannu ed il bacino del Fiume Santo-Rio d'Astimini a cui se ne aggiunge un terzo che sfocia originariamente nello stagno di Gennano ove attualmente sorge il complesso industriale.

I corsi d'acqua principali sono dunque il Rio Mannu, con il suo affluente destro Rio d'Ottava ed il Fiume Santo; entrambi a carattere permanente.

Il rio Mannu ed il Rio d'Ottava drenano la porzione di territorio impostata sulle formazioni marnoso arenacee Terziarie.

Il reticolo idrografico su queste litologie è impostato su un sistema di valli e compluvi, dal fondo piatto, spesso delimitati da scarpate rocciose originatesi a seguito di processi di dilavamento e scalzamento al piede non più attivi nelle condizioni attuali.

Il pattern di distribuzione del reticolo è estremamente semplice e poco ramificato in stretta relazione con l'elevata capacità di infiltrazione delle acque superficiali tipico di contesti carsici.

Il bacino idrografico di Fiume Santo drena invece il settore occidentale del territorio comunale in larga parte occupato dalle formazioni mesozoiche.

Anche qui si osserva un reticolo idrografico poco ramificato, ospitato in ampi compluvi arrotondati o a fondo piatto; solo il corso d'acqua principale e nel tratto più vicino alla foce mostra un carattere permanente mentre le aste secondarie ed il tratto più a monte del Fiume Santo hanno carattere intermittente.

Nel settore compreso tra i rilievi di Monte Alvaro- Monte Rosè ed i rilievi di Monte Elva, i bassi valori di acclività determinano difficoltà di drenaggio in parte affrontati con la realizzazione di alcuni canali artificiali.

Tutto il settore a ridosso della zona industriale ricade all'interno del bacino idrografico di Gennano che sfocia nell'omonimo stagno interrato negli anni 60-70 con la infrastrutturazione dell'area industriale.

Il bacino si sviluppa su un'area pianeggiante, al contatto tra le formazioni mioceniche ed il basamento mesozoico. Gran parte dell'area sottesa ricade all'interno dell'area industriale e dunque ha una rete di deflusso di tipo artificiale.



### **3.4 Morfologia e processi evolutivi**

I risultati dell'analisi geomorfologica sono rappresentati nelle seguenti tavole:

Morfo/Os 1a -1b, relative al territorio sull'isola principale in scala 1:10.000;

Morfo/Os 2a - 2b, relative al territorio sull'isola Asinara in scala 1:10.000;

Morfo/Os 3a, 3b, 3c, 3d relative al tratto costiero e urbano, sull'isola principale con dettaglio di scala 1:2.000.

L'isola dell'Asinara nel suo insieme presenta una morfologia aspra, collinare condizionata dall'assetto strutturale del basamento paleozoico e derivante da un lungo periodo di emersione e di esposizione agli agenti meteorici.

Sotto il profilo fisiografico, l'isola è composta da 4 sistemi di rilievi principali separati da istimi.

Il settore settentrionale, più ampio, ospita il sistema di rilievi più importante che culmina in Punta della Scomunica che con i suoi 408 m s.l.m. rappresenta la cima più alta dell'isola.

Le litologie prevalenti sono rappresentate da metamorfiti di alto grado comprendenti orto-gneiss, migmatiti e micascisti, fortemente orientati in direzione NO-SE con immersione degli strati verso NE.

Questo nucleo montuoso si raccorda verso sud attraverso la piana di Campo Perdu ai rilievi collinari di M.te Ruda (215 m s.l.m.) strutturati anche essi su micascisti.

Il settore centro meridionale dell'isola è dominato di rilievi di P.ta Tumbarinu (241m) e P.ta Marcuzza (195 m), delimitati a nord e a sud da due profonde insenature a Rias: Cala Marcuzza e Cala Sgombro di Dentro, in corrispondenza di quest'ultima si ha il punto più stretto dell'isola largo appena 285 m.

La porzione che si affaccia all'interno del golfo è occupata dai monzograniti carboniferi mentre il lato occidentale è ancora dominato da micascisti attraversati da un importante sistema filoniano.

Nel settore più meridionale dell'isola si distinguono i rilievi granitici di P.ta Maestra di Fornelli (265m) caratterizzati da ampie superfici rocciose denudate frammentate da un sistema di fratturazione composto da più famiglie di giunti intersecate tra di loro.

Sul margine più meridionale dell'isola e più a sud nell'Isola Piana riemerge il basamento metamorfico che conserva le tracce di una antica piattaforma di abrasione marina coincidente con un periodo di innalzamento del livello del mare.

Questo sistema di rilievi mostra una immersione generalizzata verso Est, che determina una marcata simmetria del profilo costiero. La costa occidentale è caratterizzata da una alta falesia poco accessibile che in corrispondenza di Punta della Scomunica supera i 200 m di altezza.

Sul lato orientale predomina invece una costa bassa, di tipo a Rias, legata all'ingressione marina nelle valli incise nel basamento durante i cicli glaciali che si sono succeduti nel Pleistocene.

Alto elemento condizionante per l'assetto morfologico del territorio è la forte orientazione del basamento metamorfico caratterizzato da una scistosità marcata immergente verso NE che determina condizioni di reggi poggio nei versanti esposti a sudovest evidenziato da un aumento dell'acclività dei versanti.

A questo si sovrappone una marcata fratturazione del basamento dominata da sistemi diretti NE-SO e N-S sulla quale si snoda in gran parte il reticolo idrografico.



Tra gli aspetti morfologici più caratteristici dell'isola sono state evidenziate le *falesie rocciose* che caratterizzano in prevalenza la costa esposta a NO, direttamente lambite dal mare o materializzabili in ripidi versanti in arretramento attivo.

Associate a queste forme sono frequenti *frane di crollo* e le forme di accumulo al piede della falesia o all'interno di *canaloni in roccia* che solcano la falesia, nicchie di frana per scalzamento alla base e forme di dilavamento concentrato.

Tra le forme di dilavamento sono state evidenziate gli *orli di scarpata* derivanti da processi di arretramento del versante, le aree con evidenti *incisione d'alveo* e le aree caratterizzate da forme di *dilavamento diffuso e concentrato*

Tra le forme strutturali sono stati evidenziati i *filoni in rilievo* particolarmente evidenti a P.ta Romasinu e sul settore di Punta Grabara caratterizzati da una morfologia in rilievo che si allungano parallelamente alla direzione degli strati.

Le forme ad *inselberg* dei rilievi granitici alle quali si associano in generale forme di esumazione quali tor o cataste di blocchi.

Imponenti sono anche le forme di disfacimento in ambiente subaereo quali i *tafoni* impostati sia su litologie intrusive come quelli distinti a P.ta Romasinu che su litologie metamorfiche come riconosciuto presso P.ta della Scomunica e P.ta Antoniera.

I principali processi evolutivi sono legati alla dinamica costiera con arretramento delle falesie rocciose e dei ripidi versanti che si affacciano al mare in particolare sulla costa esposta a Ovest nordovest, che si esplicano attraverso fenomeni di crollo e piccole frane di scivolamento difficilmente distinguibili singolarmente al dettaglio cartografico utilizzato.

Nelle aree denudate e con acclività accentuata assumono particolare importanza anche i fenomeni di dilavamento superficiale con forme di erosione accelerata che possono influire con la gestione del territorio.

Il territorio compreso sull'isola principale presenta una morfologia molto più dolce.

Ad ovest, la morfologia è caratterizzata dalla presenza dei rilievi collinari impostati sulle formazioni mesozoiche separati tra loro da vaste aree sub pianeggianti. La cima più alta è quella di Monte Alvaro (342 m s.l.m.), seguono M.te Elva (118 m), M Elveddu (72 m) ed i rilievi di N.ghe Margone (58 m).

È tipica la forma dolce e arrotondata di questi rilievi frutto di un lungo periodo di emersione e modellamento del versante.

Le acclività dei versanti sono in media comprese tra il 10 ed il 40%; acclività più elevate si registrano nelle porzioni di versante che delimitano la valle del Fiume Santo e sul versante occidentale di M.te Alvaro.

Lungo i versanti il basamento roccioso è perlopiù affiorante e presenta una copertura vegetale a macchia mediterranea. Le analisi condotte anche attraverso sopralluoghi ed accertamenti in campagna permettono di definire una sostanziale stabilità dei versanti.

Nel territorio comunale sono presenti due cave attive: la cava di Monte Alvaro e cava di Monte Rosè, oltre a due aree di cava storiche: una piccola area a sud di monte Rosè e la Cava di Nanni Doro ubicata sotto il viadotto di Fiume Santo lungo la SP 25.

Tra le forme morfologiche individuate dallo studio sono state distinte alcune scarpate rocciose sulla

sponda destra della valle del Fiume Santo e alcune rotture di pendio più modeste tra i rilievi di Margone e Monte Elva.

Gli unici processi evolutivi in grado di influire sull'uso del territorio sono legati a fenomeni di crollo attivo o potenziale individuati su alcune scarpate rocciose presso la foce del Fiume Santo o in corrispondenza dei fronti della ex Cava Nanni Doro.

Forme di dilavamento superficiale più spinto sono state osservate sul versante occidentale del rilievo di M.te Alvaro, in corrispondenza dei tratti di versante più acclivi. Si tratta comunque di fenomeni di erosione superficiale a carico dei sottili ricoprimenti di suolo che non hanno riflessi sulla stabilità complessiva del versante.

Ad est dei rilievi carbonatici mesozoici si apre una vasta area pianeggiante impostata sulle formazioni sedimentarie mioceniche.

Si può distinguere una zona centrale, interposta tra i rilievi mesozoici e il Rio Mannu, in gran parte occupata dall'area industriale, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, con quote mediamente comprese tra 5 e 25 m s.l.m., che originariamente ospitava lo stagno di Gennano. Questo settore è stato in gran parte trasformato attraverso le opere di infrastrutturazione dell'area industriale.

Il tratto costiero è in gran parte protetto dalle opere portuali con ampie zone completamente trasformate dall'intervento antropico.

La porzione compresa tra la foce de Fiume Santo e il molo industriale è invece caratterizzata da una costa bassa, rocciosa, in cui si alternano piccole insenature con fondo sabbioso.

Ad est del Rio Mannu, si apre una vasta area pianeggiante, dolcemente ondulata, con superficie topografica compresa mediamente tra 20 e 50 m s.l.m. delimitata verso mare da una falesia ripida in gran parte impostata su roccia.

Questo ampio tavolato è inciso dal Rio Mannu e dal suo affluente destro, Rio d'Ottava, che scorrono in valli a fondo piatto, dal profilo sinuoso, riempite dai sedimenti alluvionali e delimitate a tratti da pareti ripide con fronti anche verticali.

Nell'ultima parte della vallata del Rio Mannu, prima della foce sono state evidenziate alcune modifiche di origine antropica legate alla realizzazione della ferrovia.

Gli interventi eseguiti hanno in parte modificato il decorso naturale del fiume spingendolo a ridosso della sponda sinistra, attraverso la realizzazione di un argine artificiale ed il ritocco del fronte roccioso.

Nel tratto a monte, il Rio Mannu, analogamente al Rio d'Ottava scorre in un alveo naturale lievemente incassato nei sedimenti sabbioso limosi, che si snoda in maniera sinuosa in un'ampia vallata incisa nelle formazioni mioceniche.

L'alveo di magra, presenta delle sponde perlopiù stabili, ricoperte da una vegetazione spontanea; l'unica situazione di evoluzione attiva è stata individuata a monte del ponte Colombo, dove è riconoscibile una situazione di erosione laterale di sponda dovuta alla interferenza con le pile del viadotto.

Nella zona di giunzione tra il Rio Mannu ed il Rio d'Ottava (Loc. Leccari) si distingue poi una vasta area di ristagno sommersa in gran parte dell'anno.

Tra le forme morfologiche legate alla dinamica fluviale sono state evidenziate le scarpate rocciose che si delineano al bordo delle valli del Mannu ed del Rio d'Ottava. Si tratta di forme perlopiù relitte originatesi attraverso processi di scalzamento alla base attivi in epoche passate e con regimi idraulici differenti dall'attuale.

Comprendono fronti rocciosi molto acclivi fino a verticali impostati perlopiù su calcari bioclastici.

Alcuni di questi fronti mostrano fenomeni di crollo diffuso o situazioni di erosione accelerata in conseguenza alla forte acclività.

L'ampio tavolato che descrive la restante porzione del territorio comunale presenta come detto, una morfologia dolce con acclività mediamente inferiori al 20%.

In gran parte dell'area affiorano dei calcari bioclastici e delle biocalcareniti che sfumano verso la costa in una sequenza marnoso arenacea di mare basso.

I calcari bioclastici e le biocalcareniti sono soggette a processi di dissoluzione chimica di tipo carsico che si manifestano attraverso forme ipogee e epigee.

Nel corso dello studio si è data particolare importanza alla ricerca e alla documentazione delle forme ipogee soprattutto in ambito urbano. A tale scopo sono state cartografate e distinte con simboli diversi le seguenti forme:

-*cavità carsiche*, comprendono le forme ipogee di origine carsica, con dimensione significativa. Tra queste sono state inserite anche le cavità presenti lungo la costa dove la dissoluzione carsica assume aspetti caratteristici legati alla interazione con il mare.

-*cavità segnalate*, sono state inserite con questa simbologia alcune cavità segnalate da testimonianze storiche ma di cui non si ha riscontro certo;

-*cavità osservate in scavi*, sono state cartografate i vuoti più significativi emersi nel corso di scavi connessi con la realizzazione di opere di fondazione;

-*sondaggi*, sono state cartografate con simbolo distinto le cavità profonde individuate da sondaggi realizzati nel corso di studi specifici o eseguiti a scopo geognostico;

-*sinkhole*, sono stati descritti con questa simbologia alcuni sprofondamenti di forma circolare riconosciuti in ambito urbano. In particolare sono state riconosciute due forme attive: via dei Corbezzoli e in via Balai, una forma sepolta ubicata sempre in regione serra Li Pozzi, ed una cavità presente lungo la costa.

Lo sprofondamento di via dei Corbezzoli si è manifestato nel febbraio del 2013 con l'apertura di un vuoto circolare con diametro pari a circa 4 m e profondità variabile tra 2 e 4 m. Il fenomeno è stato classificato come un cover collapse o cover subsidence legato in sostanza allo sprofondamento delle coperture eluvio colluviali poggianti sul substrato carbonatico miocenico legato al crollo di una cavità carsica (vedi Perizia geologica sul dissesto verificatosi in un tratto della via Corbezzoli – Geol. Giovanna Farina 2013). La struttura è stata infine ricolmata da un intervento dell'amministrazione comunale.

Lo sprofondamento di via Balai è una cavità circolare con diametro di 2 – 3 m e profondità di 2-4m ubicata nel cortile di un condominio, al confine con un terreno comunale.

Dalle testimonianze raccolte nel corso dei sopralluoghi è emerso che questa forma è attiva già dagli anni 70 ed è stata a più riprese colmata con detriti e materiale vario. Recentemente alla fine dell'inverno si è registrato un nuovo collasso dei materiali con i quali era stata colmata.

Il processo non è stato ancora studiato, l'ipotesi che si può formulare sulla base degli elementi raccolti è che vi sia un condotto carsico aperto che sfocia a pochi metri dal piano di campagna all'interno del quale rifluisce il materiale superficiale e di riempimento.

Un'altra forma, non attiva ed in parte mascherata da delle opere murarie è stata individuata nel corso dei sopralluoghi in un cortile privato in località Serra Li Pozzi, si tratta di un vuoto superficiale assimilabile ad un sinkhole dovuto al crollo della volta di un antico rifugio sotterraneo.

Un'altra struttura cartografata come sinkhole è una piccolo vuoto generato dal collasso del tetto di una ampia cavità individuata lungo la costa, su un terrazzo di abrasione antico collocato alcuni

metri sul livello del mare.

In linea generale, attraverso i dati raccolti, si può affermare che le strutture e fenomenologie di tipo carsico sono presenti in maniera diffusa su tutto il territorio ed in particolare su litotipi riconducibili ai calcari bioclastici. Le strutture censite hanno in media delle dimensioni modeste e sono rare le situazioni di interferenza con l'attività antropica.

Partendo da queste considerazioni si ritiene che questo tipo di manifestazioni non pongano particolari condizionamenti all'uso del territorio in quanto possono essere gestite e individuate attraverso un adeguato studio del sottosuolo come previsto dalla normativa vigente sulle costruzioni.

Tra le altre forme morfologiche sono state evidenziate le cave antiche dislocate lungo il tavolato carbonatico, talvolta delimitate da fronti rocciosi verticali che possono essere soggetti a fenomeni di crollo.

Tra le scarpate artificiali sono state evidenziate le scarpate stradali ed i fronti di scavo più importanti che possono essere soggetti a una evoluzione accelerata con piccoli crolli e fenomeni gravitativi superficiali. Tra questi i tratti più critici sono risultati: il fronte roccioso a valle di Piazza Amsicora, dietro la palestra dell'Istituto Nautico; il fronte di scavo che delimita su due lati il Campo sportivo Occone e le due scarpate ferroviarie a cavallo della galleria, nei pressi della stazione.

I processi evolutivi più significativi si riscontrano lungo il tratto costiero orientale che va dal porto civile fino al limite comunale col territorio di Sassari.

Questo tratto è caratterizzato da una costa alta a falesia con altezza compresa tra 10 e oltre 30 m sul livello del mare talvolta circondata da un terrazzo di erosione marina che si erge ad una quota di 2 - 3 metri.

Gran parte della falesia è impostata su roccia e precisamente su una alternanza di siltiti e sabbie di consistenza tenera e di aspetto perlopiù massivo e poco fratturato.

Il tratto più orientale della falesia, a partire da poco oltre la cappella di Bali lontano, è impostato invece su detriti di versante antichi riferiti al Pleistocene composti da sabbie argillose, limi, con clasti dispersi nella matrice, di colore tipicamente rossastro

Questi depositi compongono un antico terrazzo che si mantiene circa 10 m s.l.m. e poggiano su una antica superficie di abrasione marina collocata circa metro sopra il livello marino attuale modellata sul substrato carbonatico miocenico.

Tutto il tratto costiero è caratterizzato da un carsismo marino che da luogo a forme epigee e ipogee a diversa scala concentrate principalmente lungo i lineamenti strutturali della roccia.

La falesia è inoltre interessata da un processo di arretramento che si esplica attraverso il crollo progressivo di porzioni di roccia o fenomeni di scivolamento dei depositi pleistocenici.

Significativa è la presenza di un solco di battente ben sviluppato in tutto il tratto costiero a ridosso dell'abitato.

L'interferenza tra processi di tipo carsico e processi legati alla dinamica del moto ondoso ha guidato lo sviluppo di una serie di cavità costiere distribuite lungo la costa in coincidenza con le fratture principali.

L'interferenza di queste strutture con il contesto urbano è stata oggetto di uno studio di dettaglio recentemente promosso dall'Amministrazione Comunale a supporto del un progetto: *“linea di intervento 4.1.1 b. Interventi di salvaguardia della fascia costiera e delle infrastrutture nel perimetro urbano”*.

Per quanto riguarda i fenomeni franosi emersi nel corso dello studio, compresi i fenomeni storici presenti negli archivi pubblici ed in particolare censiti dal progetto IFFI, si può riassumere che si tratta in prevalenza di fenomeni di crollo o scivolamento, concentrati principalmente lungo la falesia o lungo le scarpate sia artificiali che naturali impostate su formazioni litoidi.

A questi si aggiungono fenomeni di dilavamento diffuso o concentrato osservati lungo la costa, a carico delle coperture pleistoceniche o in generale in scarpate caratterizzate da forti acclività.

Questi processi sono stati rappresentati nella carta geomorfologica utilizzando gli stessi tematismi adottati dal progetto IFFI:

*-aree soggette a crollo:* sono state evidenziate con questo tematismo le aree in cui sono riconoscibili fenomeni di crollo e/o fenomeni di scivolamento attivi o quiescenti. Le situazioni individuate e segnalate sono distribuite principalmente lungo la costa dove peraltro il dettaglio di scala ha permesso di cartografarle singolarmente.

*-aree soggette a crolli diffusi:* sono state evidenziate con questo tematismo aree molto acclivi soggette a piccoli crolli ripetuti non cartografabili singolarmente;

*-aree soggette a frane superficiali diffuse:* comprendono delle aree, solitamente molto acclivi dove sono riconoscibili piccoli fenomeni di instabilità a carico delle coperture più superficiali non cartografabili singolarmente. Nello specifico, i casi individuati riguardano i fronti ripidi di falesia impostata su i sedimenti pleistocenici soggetti a piccoli scivolamenti superficiali e altre forme evolutive che coinvolgono lo l'orizzonte più superficiale di suolo.

### **3.5 Pericolosità geologica del territorio**

La sintesi del lavoro è rappresentata dalla carta della pericolosità geologica da frana del territorio comunale rappresentata nelle Tavole:

Hg/Os 1a -1b, relative al territorio sull'isola principale in scala 1:10.000;

Hg/Os 2a - 2b, relative al territorio sull'isola Asinara in scala 1:10.000;

Hg/Os 3a, 3b, 3c, 3d relative al tratto costiero e urbano, sull'isola principale con dettaglio di scala 1:2.000.

Nella legenda adottata sono state distinte 4 classi di pericolosità crescente (Hg1, Hg2 Hg3 e Hg4), secondo i criteri proposti nelle linee guida del Pai, considerando le aree non perimetrate come classe Hg0 ovvero a pericolosità assente.

Come scala di colori è stata adottata la scala proposta nelle Linee guida per l'adeguamento del PUC al PPR e al PAI.

Anche in questo caso, per una breve descrizione dei risultati conviene distinguere tra l'Isola dell'Asinara e il territorio compreso nell'Isola principale.

Nell'isola dell'Asinara le aree di pericolosità geologica emerse dalla analisi sono distribuite principalmente lungo la falesia rocciosa che caratterizza la costa nordoccidentale e lungo le aree denudate, ad acclività elevata distribuite lungo i versanti dei rilievi principali.

Tra le aree a pericolosità molto elevata Hg4 sono state incluse quelle porzioni di falesia ripida, caratterizzate da una evoluzione perlopiù attiva; tra queste: l'alta falesia a ovest di P.ta Maestra Fornelli, il tratto di falesia compreso tra P.ta Romasino e P.ta Tumbarino, il tratto di falesia al piede di M.te Ruda e la falesia sotto P.ta Grabara.

Tra le aree a pericolosità geologica elevata Hg3 sono state incluse quelle porzioni di falesia caratterizzate da fenomeni evolutivi perlopiù quiescenti, anche in questo caso le aree identificate riguardano la falesia lungo la costa occidentale.

Sono state perimetrate come aree a pericolosità media Hg2 i tratti di falesia bassa più protetti dal moto ondoso e le aree denudate caratterizzate da forte acclività impostate sui rilievi principali, dove si riconoscono fenomeni di erosione superficiale accelerata.

Nel territorio compreso nell'isola principale le situazioni di pericolosità geologica emerse dall'analisi sono connesse principalmente a:

- fenomeni di crollo e in generale arretramento delle scarpate rocciose distribuite lungo le valli dei corsi d'acqua principali o riguardanti scarpate di origine antropica,
- fenomeni di crollo e arretramento della falesia rocciosa sul tratto costiero orientale,
- fenomeni connessi con manifestazioni carsiche.

In particolare è stata definita una ampia zona classificata come area a pericolosità geologica moderata Hg1, comprendente tutto il settore caratterizzato dall'affioramento di litologie calcaree ben cementate interessate da manifestazioni carsiche diffuse, nella quale però non vi sono evidenze di processi attivi o quiescenti che possono condizionare l'uso del territorio.

Lo scopo principale di questa perimetrazione è stato quello di innalzare la soglia di attenzione durante la realizzazione di interventi in questo contesto sottolineando la necessità di un adeguato studio del sottosuolo mirato a individuare eventuali interferenze con fenomeni o processi carsici sepolti.

Tra le aree a pericolosità geologica media Hg2 sono stati inseriti i fronti di cava attivi di Monte Rosè e Monte Alvaro e l'area della ex discarica di Monte Rosè.

In Hg2 sono state inserite anche alcune porzioni di versante fortemente acclivi nei quali sono riconoscibili processi di erosione superficiale accelerata ma non vi sono indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi, tra questi sono inclusi: il versante ovest del rilievo collinare di Monte Alvaro ed un tratto di versante sulla costa orientale alla base di M.te Farrizza.

Con lo stesso criterio sono stati inseriti in Hg2 anche alcuni versanti acclivi e piccole scarpate individuati lungo i corsi d'acqua principali: Rio Mannu, Rio d'Ottava e Fiume Santo.

Sempre in Hg2 sono state inserite alcune aree all'interno del perimetro urbano tra i quali: il tratto di costa in località Acque Dolci, interessato da precedenti lavori di consolidamento e ripascimento.

All'interno del perimetro urbano sono state definite anche altre due aree a pericolosità media che comprendono dei settori in cui vi sono indicazioni della presenza di forme carsiche superficiali o bassa profondità che al momento non presentano interferenza diretta con edifici o infrastrutture ma che meritano un approfondimento di studio a scala locale.

Una di queste aree è localizzata tra via Balai e via E. Lussu e comprende un settore ove attraverso sondaggi e riscontri diretti acquisiti durante l'esecuzione di lavori di costruzione sono state raccolte diverse informazioni riguardanti la presenza di forme carsiche superficiali. In quest'area è stato riconosciuto anche uno sprofondamento classificabile come sinkhole (perimetrato come Hg4) e sono stati realizzati in passato degli interventi di consolidamento su due palazzine adiacenti.

La seconda area è stata localizzata tra la spiaggia della Renareda e lo Scoglio Lungo, in prossimità dell'Istituto Nautico, anche in questo caso le informazioni raccolte nel corso di precedenti indagini geognostiche indicano la presenza di vuoti a pochi metri di profondità dal piano campagna.

Una ulteriore area inserita in Hg2 riguarda la necropoli ipogeica di Su Crucifissu Mannu, dove sono presenti numerosi ipogei scavati in sottoterraneo.

Tra le aree a pericolosità elevata Hg3 sono state inclusi tratti di versante o fronti rocciosi naturali o artificiali interessati da fenomeni di crollo diffusi o processi di crollo quiescenti; tra questi alcune scarpate naturali lungo i corsi d'acqua principali e alcune scarpate artificiali individuate all'interno del perimetro urbano tra cui, le scarpate artificiali presso il tunnel ferroviario, in prossimità della stazione e le scarpate artificiali attorno al campo sportivo Occone.

Sempre in Hg3 sono state incluse le pareti rocciose artificiali e le zone di sviluppo in sotterraneo delle antiche cave romane di Ferrainaggiu.

Per quanto riguarda la falesia rocciosa che caratterizza il tratto orientale della costa, si è ritenuto di inserire in Hg4 tutte quelle aree ove sono effettivamente riconosciuti fenomeni attivi comprendenti crolli e scivolamenti superficiali, anche in forma diffusa, mentre la parte restante, comunque soggetta ad un progressivo processo di arretramento è stata perimetrata come Hg3.