



COMUNE DI PALAU

PROVINCIA DI OLBIA-TEMPIO

INTERVENTI PER IL SUPERAMENTO DELLE PROBLEMATICHE IDRAULICHE DEI CANALI COPERTI" LISCIA CULUMBA" (CODICE PGRA SS G258 002 A) E PALAU EST" (CODICE PGRA SS G258 001)

INTERVENTI RELATIVI A "PALAU EST" - CANALE LICCIA (CODICE PGRA SS G258 001)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

ELABORATO :				RELAZIONE GEOLOGICA		
REVISIONI				ALLEGATO L	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL		CODICE	
01	consegna	Dic. 2023			NOTE	

Il Progettista:
Dott. Ing. Fabio Cambula

Il Responsabile del Procedimento:
Dott. Giovanni Tiveddu

Indice

1. Premessa	2
2. Inquadramento cartografico e nel vigente PAI	3
3. Breve sintesi delle previsioni progettuali.....	6
4. Assetto geologico di inquadramento.....	8
4. Rilevamento geologico: definizione dell'origine e natura dei litotipi presenti nell'area in esame	12
5. Lineamenti geomorfologici, processi morfologici, dissesti in atto e potenziali che possono interferire con l'opera da realizzare e loro tendenza evolutiva.....	15
6. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.....	16
7. Caratterizzazione sismica	18
8. Criteri di programmazione, risultati delle indagini in sito e di laboratorio, tecniche adottate con motivato giudizio sulla affidabilità dei risultati ottenuti	22
9. Scelta dei parametri geotecnici di progetto, riferiti alle caratteristiche dell'opera, caratterizzazione geotecnica e geomeccanica del sottosuolo	23
10. Caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo in relazione alle finalità da raggiungere con il progetto, effettuata sulla base dei dati raccolti con le indagini eseguite	28
11. Dimensionamento del manufatto	29
12. Considerazioni in merito alla stabilità globale del pendio	29
13. Conclusioni tecniche.....	29

ALLEGATI:

CARTOGRAFIA TEMATICA

IGM Scala 1:25.000

Stralcio IGM Storico Scala 1:8.000

CTR Scala 1:10.000

Stralcio CTR Scala 1:4.000

Ortofoto Scala 1:10.000

Ortofoto Scala 1:5.000

Carta Litologica Scala 1:6.000

Carta delle Permeabilità Scala 1:6.000

RELAZIONE GEOLOGICA

OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA AL PROGETTO DI RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO “CANALE LICCIA” – PALAU EST E CANALE BARAGGE -VECCHIO MARINO.

1. Premessa

Su incarico del Comune di Palau il sottoscritto dr. geol. Roberto Tola, ha redatto la presente **RELAZIONE GEOLOGICA RELATIVA AL PROGETTO DI RISANAMENTO IDROGEOLOGICO AMBITO “CANALE LICCIA” – PALAU EST**

La Relazione Geologica è stata predisposta in seguito alle risultanze emerse dagli studi e dalle indagini effettuate, nonché dagli elaborati prodotti in fase di progettazione, allegati al presente Studio.

Esso si propone di verificare, sulla base delle risultanze degli studi effettuati nell'unità geomorfologica e fisiografica entro la quale è ubicata l'area in studio, che gli interventi in oggetto e le opere ad essi connesse non determinino incrementi del livello di pericolosità e rischio esistenti nel PAI, ovvero non causino in alcun modo l'incremento o il trasferimento a monte, a valle, o nelle aree comunque circostanti, del livello di pericolosità e rischio da frana riconosciuti attualmente dal PAI.

Le principali condizioni vincolanti la realizzazione di opere quali quella in progetto sono contenute:

- nel D.M. 11.03.88, sostitutivo e integrativo del D.M. 21.01.81, relative Circolari Ministeriali, e successive modificazioni, che impongono per qualsiasi opera che incida in modo rilevante sul terreno, o che lo interessi con movimenti di materiale, appropriate campagne geognostiche atte a verificare l'interazione terreno - opera. Infatti opere quale quella in esame non possono essere considerate separatamente, ma devono essere esaminate nel contesto nel quale sono inserite.
- la domanda in oggetto deve necessariamente tenere conto del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, aggiornato con Delibera G.R. n. 54/33 del 30 dicembre 2004), in applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b. del PAI, nei casi in cui è espressamente richiesto dalle suscritte norme, i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità molto elevata, elevata e media da frana sono accompagnati da uno Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica predisposto secondo i criteri indicati nell'articolo n° 25 delle Norme di Attuazione del P.A.I. e nell'Allegato F.

Il Comune di Palau, nell'ambito della approvazione del PUC in adeguamento al PPR e al PAI, ha predisposto gli Studi di Compatibilità Idraulica e Geologica-Geotecnica in ottemperanza all'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione (N.A.) del PAI. Da questo studio, inoltre è stata stralciata un'area compresa entro la fascia dei 2000 metri dalla linea di costa, costituente l'area di interesse del PUL (PIANO DI UTILIZZO DEI LITORALI) ai sensi dell'art.8 comma 2 bis, delle NTA del PAI, per la quale si richiede l'approvazione della zonizzazione della pericolosità da frana.

Tuttavia allo stato attuale è in attesa di approvazione da parte dell'Autorità di Bacino e adottato preliminarmente

Da tale perimetrazione l'area in esame si trova in parte, in un area appartenente alla **classe Hg1** (Pericolosità moderata).

Nelle Norme di Attuazione del P.A.I. si afferma:

Articolo 34_Disciplinazione delle aree di pericolosità moderata da frana (Hg1).

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse

naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

L'articolo citato mostra come l'intervento in oggetto risulti ammissibile alle prescrizioni riportate nelle Norme di attuazione del PAI.

Occorre sottolineare inoltre che le trasformazioni connesse alla realizzazione dell'intervento in oggetto non precludono la possibilità di eliminare o ridurre ulteriormente le condizioni di pericolosità e di rischio esistenti.

2. Inquadramento cartografico e nel vigente PAI

Dal punto di vista urbanistico il sito in esame è incluso tra le zone C1.01 destinato alle espansioni di edilizia residenziale e in particolare la viabilità esistente; gli interventi risultano compatibili con tali destinazioni d'uso.

La zona oggetto di studio dal punto di vista cartografico è così distinta:

- Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000;
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 foglio 428 Arzachena.
- Foglio n. 428, sez. IV "Palau" dell'I.G.M.I. (scala 1:25.000);
- Foglio n. 428, sez. 010 CTR (scala 1:10.000);
- Cartografia P.A.I.;
- Elaborati Progettuali

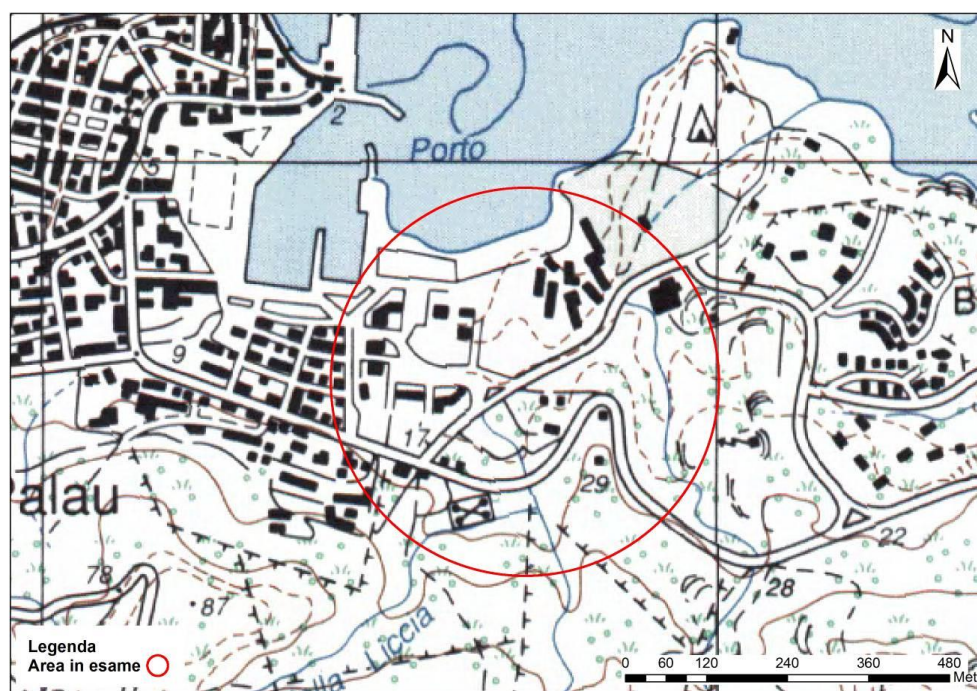


Fig. 1: Inquadramento Topografico stralcio I.G.M. dell'area d'intervento

L'area in cui è previsto l'intervento è ricompresa in un'area classificata dal vigente P.A.I. in **Hg1**, così come evidenziato dallo stralcio cartografico riportato in fig. 2, estratto dallo studio effettuato dal Comune di Palau in base all'art. 8 comma 2 bis del PAI.

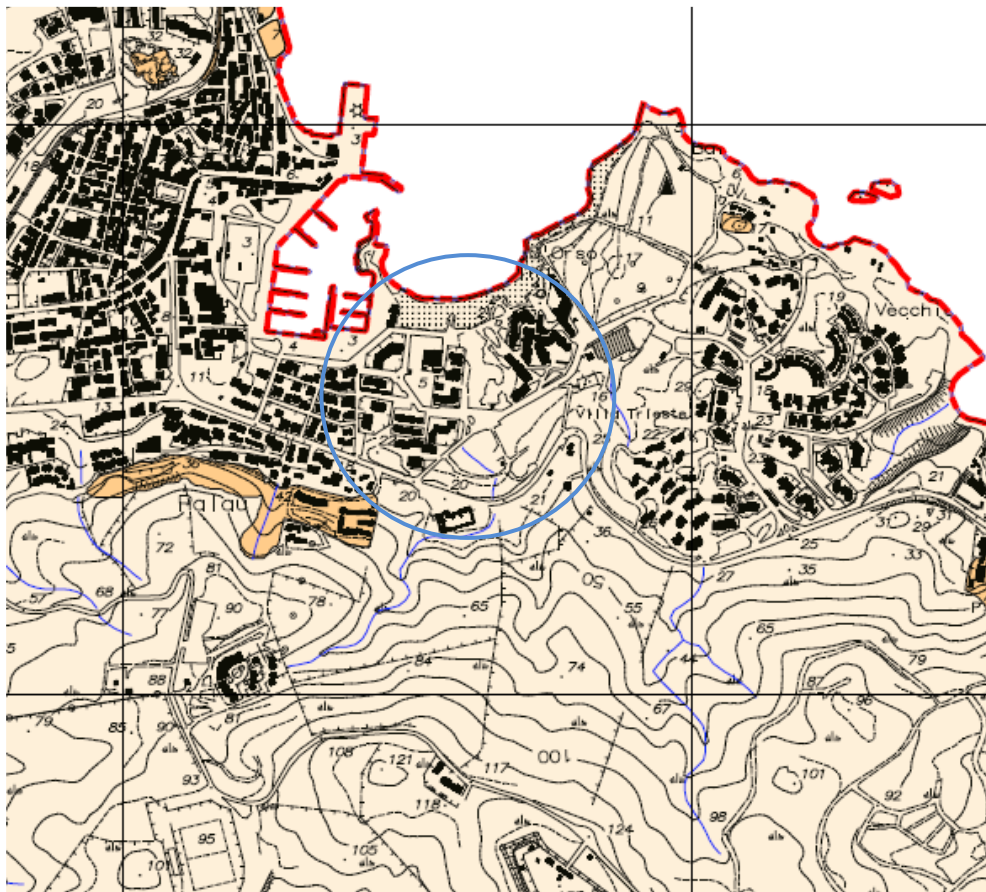


Figura. 2 Stralcio carta della Pericolosità da frana fascia costiera 2000 metri

- Hg1
zone con fenomeni franosi presenti o potenziali marginali
- Hg2
zone con frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici, zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
- Hg3:
zone con frane quiescenti con tempi di riattivazione pluriennali o pluridecennali
zone di possibile espansione areale di frane quiescenti, zone con indizi geomorfologici di instabilità dei versanti, potenziali frane di neoformazione presumibilmente in tempi pluriennali o pluridecennali.
- Hg4
Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali. Zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva. Zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti.

L'area in cui è previsto l'intervento è ricompresa in un'area classificata dal vigente P.A.I. in E4, così come evidenziato dallo stralcio cartografico riportato in fig. 3.

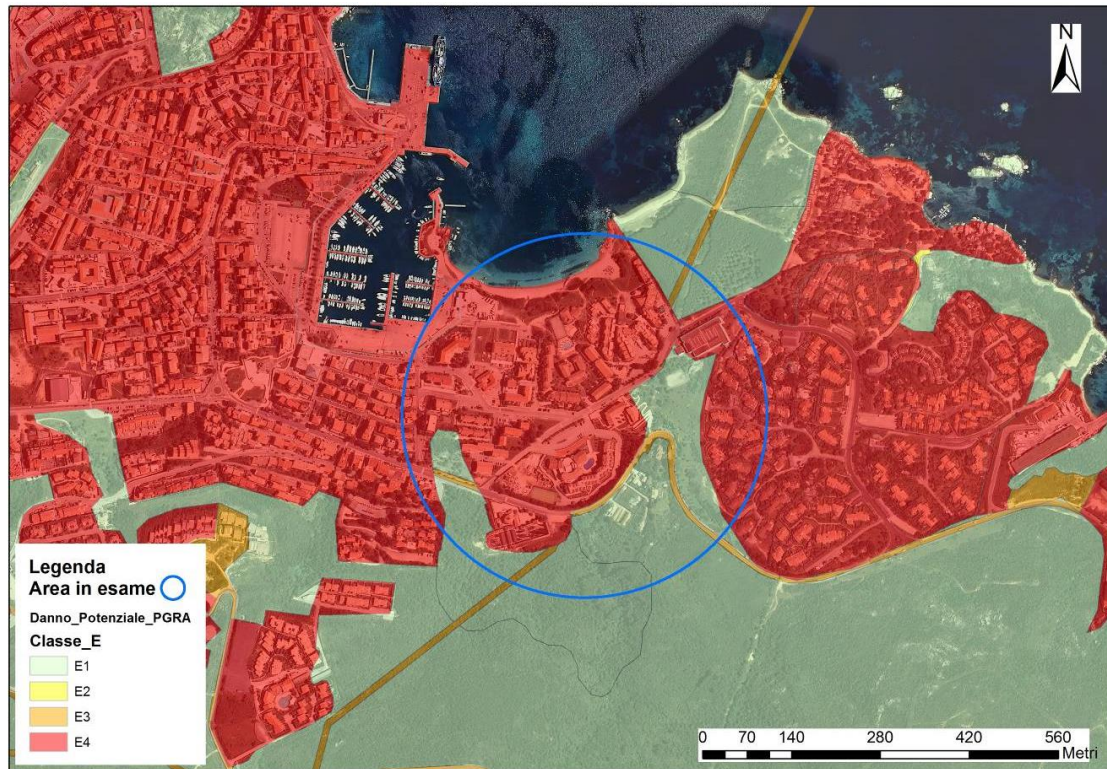


Figura. 3 Elementi a rischio

In una parte dell'area di intervento, quella situata tra la via Capo d'Orso e la via del Vecchio Marino, ricade in Hi4 e pertanto vige il regime di salvaguardia e si applicano le NTA del PAI che nel caso di interventi come quello in esame prevedono la redazione di uno Studio di Compatibilità Idraulica.



Figura. 4 Pericolosità idraulica

3. Breve sintesi delle previsioni progettuali

Criticità

La criticità fondamentale è rappresentata dalla necessità di regolare il deflusso idraulico nella porzione dell'edificato del centro abitato di Palau situata ad est, tra la via Capo d'Orso e il porto, lungo la quale convergono alcuni compluvi naturali con sbocco al porto tra cui i principali sono Canale Licia (oggetto del presente intervento) e il Canale Baragge; tali compluvi, nei tratti a monte della via Capo d'Orso scorrono con le caratteristiche di alvei naturali a cielo aperto, mentre a valle della strada scompaiono e sono sostituiti da tratti di tubolari o scatolari realizzati soltanto in corrispondenza delle interferenze principali con la viabilità ed in adiacenza agli edifici; nella progressiva costruzione di tali opere non sono state considerate la morfologia del terreno, che determina le vie di deflusso in caso di piena, e non sono stati sviluppati adeguati calcoli idraulici di dimensionamento. La costruzione di opere artificiali di vario genere, realizzate senza tenere conto della presenza di tali compluvi, determina continui allagamenti in occasione di eventi meteorici anche non particolarmente intensi.

Il lavoro si propone di **intercettare il deflusso naturale a monte della via Capo d'Orso** mediante la sistemazione e risagomatura del canale naturale di guardia che si sviluppa a monte del perimetro del cimitero, lato sud, la demolizione e ricostruzione dell'attraversamento stradale e la realizzazione di un canale artificiale in calcestruzzo che si sviluppa a valle dello stesso, lungo la strada privata e successivamente lungo la via del Vecchio Marino, prima di convergere con il canale Baragge e raggiungere lo sbocco a mare mediante un'unica linea di deflusso a cielo aperto.

In tal modo si eviterà che in caso di eventi meteorologici anche non eccezionali, la maggior parte del deflusso dei bacini idrografici denominati "Liccia Est" "Ovest" e "Cimitero" venga incanalato e deviato verso il settore est, lungo la viabilità, preservando la porzione di edificato attualmente esposta al pericolo di allagamento. Il bacino residuo che include la porzione edificata a valle della via Capo d'Orso è di dimensioni tali da poter essere gestito con la rete di acque meteoriche cittadina.

Nell'intervento si rende inoltre necessario effettuare la **pulizia dell'alveo** naturale a monte dell'imbocco dell'attraversamento della via Capo d'Orso, attualmente gravata da una fitta e intricata vegetazione, costituita da macchia mediterranea che ostruisce il regolare deflusso delle portate.

Infine si rende necessario intervenire per la **risagomatura e il ripristino della sezione trasversale** del canale naturale presente a monte del cimitero, la cui sezione incisa è di forma trapezoidale con dimensioni crescenti da monte verso valle rivelandosi idonea al transito di portate di piena verso la sottostante via Capo d'Orso.

Soluzione progettuale

La soluzione proposta consiste nella realizzazione di una linea di deflusso in parte naturale ed in parte artificiale costituita dai seguenti elementi principali:

- Canale naturale di guardia esistente, che si sviluppa ai piedi del versante a monte del perimetro cimiteriale e raggiunge a cielo aperto la via Capo d'Orso in corrispondenza dell'attraversamento e della confluenza con l'alveo del Canale Licia (Est); il canale raccoglie i contributi del sub-bacino Ovest e del sub-Bacino del Cimitero;
- Canale artificiale parzialmente chiuso, che convoglia le portate del settore Ovest e del settore Est verso lo sbocco a mare attraverso la via del Vecchio Marino e passando per la confluenza con il Canale Baragge. La nuova via di deflusso si snoda dapprima lungo una strada privata e successivamente lungo la via del Vecchio Marino sino alla sezione dove confluisce il Canale Baragge. Il tratto comune terminale prima dello sbocco a

mare è incluso in altro intervento progettuale, peraltro coordinato con il presente per quanto concerne la parte idrologico-idraulica e la definizione della confluenza.

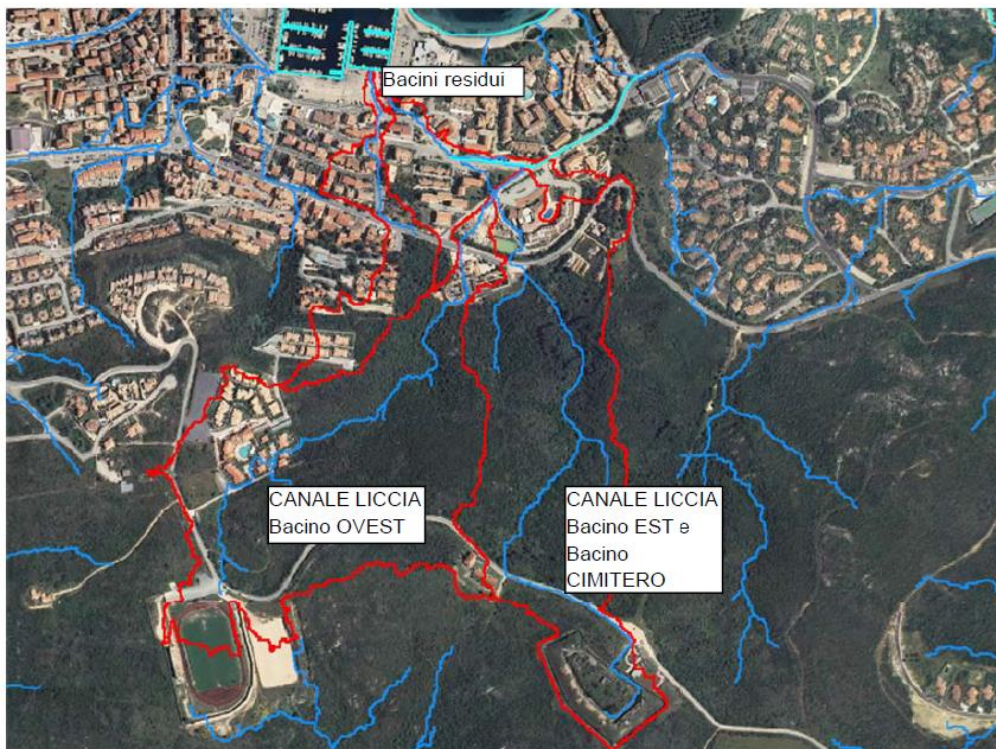


Figura 5 Reticolo e bacini idrografici nell'area in esame Palau Est

La sintesi delle lavorazioni sono così descritte:

- pulizia dell'alveo da detriti e vegetazione trasportati dalle piene e che si ritengano ostacolo per il normale deflusso della corrente all'imbocco dell'attraversamento di via Capo d'Orso;
- pulizia e risagomatura del canale naturale situato ai piedi del versante a monte del perimetro del cimitero lungo il lato sud;
- realizzazione di protezioni antiersive con scogliera di massi ciclopici rinverdita;
- demolizione di pavimentazioni stradali in conglomerato bituminoso e successiva ricostruzione con sottofondo in calcestruzzo e manto di usura in asfalto;
- scavi a larga sezione per dare luogo a canali artificiali a sezione rettangolare e in generale ad opere d'arte;
- demolizione e rimozione dell'attuale attraversamento della via Capo d'Orso, costituito da un sottopasso in blocchi di pietra granitica nel segmento di monte sede della vecchia strada e due tubolari in cemento situati al di sotto del sedime dell'attuale viabilità;
- realizzazione del nuovo attraversamento del corso d'acqua al di sotto della via Capo d'Orso, a sezione rettangolare e con calcestruzzo armato e connessione idraulica e strutturale con il canale naturale a monte e con quello artificiale a valle;
- realizzazione del canale artificiale in cemento armato, a sezione rettangolare di dimensioni 3.00x 3.00 m, in alcuni tratti a cielo aperto e per i restanti costituito da un'alternanza di segmenti con superficie carrabile in griglie di acciaio o tratti con copertura in c.a.;
- realizzazione di struttura in acciaio zincato a caldo per costituzione di griglia carrabile, in profili commerciali (Travi IPE o HEA) e con griglie in acciaio pressofuso;
- riempimento dei cavi aperti per la realizzazione del canale a ridosso delle pareti mediante materiale arido derivante dagli scavi o proveniente da cava;

- realizzazione della nuova linea della rete di distribuzione idrica lungo i lati del canale mediante tubazione in ghisa sferoidale di diametro 80 mm ed eventuali nuovi allacci alle utenze;
- realizzazione di barriera di protezione stradale in legno-metallo;
- opere di finitura.

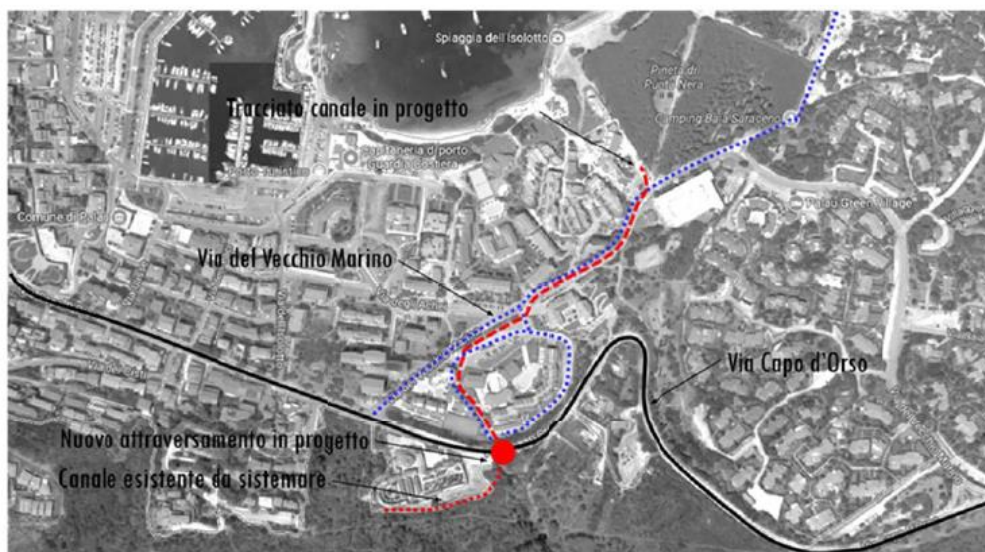


Figura 6 individuazione intervento

4. Assetto geologico di inquadramento

La geologia dell'area in esame è caratterizzata dalla presenza di formazioni metamorfiche, da formazioni granitiche con i prodotti di alterazione da essi derivati, e da terreni colluviali.

Le metamorfiti affioranti nella zona in esame appartengono al Complesso Metamorfico di Alto Grado, si tratta di sequenze paleozoiche sedimentarie tettonizzate e metamorfosate durante l'orogenesi ercinica, successivamente sono state intruse dal vasto batolite sardo tardoercinico.

Il basamento paleozoico sardo è un segmento della Catena Ercinica sud-europea che dalla maggior parte degli autori è considerata una catena collisionale con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal Siluriano, collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo borroviano (datato a 339-350 Ma; Del Moro et alii, 1991) e magmatismo durante il Devoniano superiore e il Carbonifero (Matte, 1986; Carmignani et alii, 1994a).

Secondo Carmignani (1992a; 1994a) la geometria collisionale della Catena ercinica è ancora riconoscibile. Il margine armoricano sovra scorso è rappresentato da un Complesso Metamorfico di Alto Grado mentre il margine subdotto è rappresentato dal Complesso Metamorfico di Basso e Medio Grado strutturato in un edificio a falde e caratterizzato da una zoneografia barroviana prograd (Carmignani et alii, 1979; Franceschelli et alii, 1989), a sua volta suddiviso in Falde Interne e Falde Esterne, che affiora nella Sardegna Centrale e sudorientale.

Il complesso metamorfico di alto grado si trova a nord della linea Posada-Asinara che lo separa dal complesso metamorfico di medio e basso grado affiorante a sud di tale lineamento.

Il complesso metamorfico di alto grado si può interpretare come una falda cristallina accavallata sulle metamorfiti di medio grado della linea Posada-Asinara.

I litotipi affioranti nell'area in esame sono dati da migmatiti in facies anfibolica di pressione intermedia, caratterizzate dall'associazione sillimanite+muscovite, sillimanite+K-feldspato.

All'interno del complesso migmatitico sono presenti ortogneiss granodioritici. Questi presentano caratteri composizionali e tessiturali costituiti da gneiss monzogranitici, con relitti di cristalli di K-feldspato in cui si possono osservare relitti di tessiture occhiadine.

Le migmatiti possono essere suddivise in metatessiti e diatessiti (Ashworth, 1985). Nel Complesso Migmatitico sono registrati e datati due eventi tettonometamorfici principali e due secondari, attribuiti all'orogenesi ercinica.

Nell'area in esame sono presenti migmatiti in facies di diatessiti, queste sono le rocce anatettiche più diffuse. Esse costituiscono circa il 70% dell'intero complesso migmatitico presente nel foglio 428 della Carta Geologica alla scala 1:50.000: affiorano principalmente tra il Golfo delle Saline e Palau, in minore misura intorno a Golfo Aranci, Porto Rotondo, Porto Cervo e nella zona a NE di Punta Rossa (Isola di Caprera).

In esse è evidente una notevole mobilitazione di fusi anatettici che danno luogo a strutture agmatitiche, nebulitiche, a schlieren, stromatiche o discontinue. Spesso all'interno delle diatessiti si rileva la compresenza di leucosomi a composizione trondhjemitoidale, del tutto simili a quelli rinvenuti all'interno delle metatessiti, accanto ai leucosomi a composizione granitica di natura anatettica.

Questi ultimi sono talora discordanti sulle strutture stromatiche principali. A volte i rapporti osservabili sul terreno indicano per alcuni leucosomi trondhjemitoidi una precedenza rispetto a quelli a composizione granitica.

Il litotipo dominante è costituito da migmatiti stromatiche che a tratti sfumano in modo più o meno discontinuo ad agmatiti, a migmatiti a schlieren, fino a nebuliti.

In queste ultime la roccia assume un aspetto d'insieme granitoide, nel quale le strutture precedenti sono completamente obliterate restando soltanto sottili festonature di spessore millimetrico o centimetrico. Nelle diatessiti è relativamente abbondante il feldspato alcalino che, assieme a plagioclasio, quarzo e biotite, costituisce la paragenesi fondamentale.

Degna di nota è, talvolta, la presenza di abbondante muscovite "tardiva" in corrispondenza di importanti segregazioni di fuso.



Figura 7 Diatessiti litoidi affioranti a monte dell'area di intervento



Figura 8 Diatessiti particolare della struttura

Sempre legato al complesso metamorfico di alto grado, a sud dell'area in esame e all'interno delle diatessiti, affiorano gli ortogneiss, si presentano come tipi granodioritici essenzialmente equigranulari, spesso con lineazioni mineralogiche ben marcate tali da conferire alla roccia l'aspetto di tettoniti.

Immediatamente a nord, in contatto con le diatessiti, affiorano diffusamente i litotipi magmatici intrusivi di composizione granitoide, sono parte del complesso granitoide della Sardegna centro-settentrionale (batolite sardocorso) la cui formazione è da ricondursi all'Orogenesi Ercinica, che ha interessato l'Europa meridionale nel Paleozoico. Le formazioni granitiche affioranti nell'area sono costituite da monzograniti.

Questi fanno parte dell'unità intrusiva di Palau la quale è costituita da quattro termini litologici distinti

cartograficamente. Si tratta essenzialmente di monzograniti a tessitura orientata che tendono ad assumere carattere leucocrato e tessitura isotropa. Queste litofacies formano un corpo intrusivo allungato in direzione NW-SE e delimitato a sud dall'esteso affioramento di basamento metamorfico di Palau, e a sud ovest dall'unità intrusiva di Barrabisa. L'unità di Palau probabilmente ha la sua continuità cartografica verso Nord nelle isole dell'arcipelago de La Maddalena dove, allo stato attuale delle conoscenze, è possibile ritrovare la stessa architettura intrusiva delineata nel Foglio Arzachena.

I monzograniti affioranti nell'area in esame sono dati dai Monzograniti in facies di Palau

Le sue caratteristiche distintive sono la tessitura inequigranulare, talvolta porfiroide, con abbondanti fenocristalli di K-feldspato di taglia compresa fra 1 e 4 cm in una massa fondamentale a grana media a quarzo, plagioclasio e K-feldspato xenomorfi.

Sono facilmente individuabili motivi strutturali di flusso magmatico, riconoscibili per l'isorientazione dei cristalli di K-feldspato allungati e di inclusi microgranulari femici allungati, che conferiscono alla roccia una tessitura marcatamente orientata. La giacitura delle superfici di fluidalità magmatica ha direzioni comprese fra N100 e N140, e immersioni preferibilmente verso NE, che sono congruenti con la direzione di sviluppo cartografico dell'intrusione.

La facies di Palau è confinante con quelle di Capo d'Orso e di Porto Rafael tramite contatti localmente sfumati, che indicano messe in posto sub-contemporanee.

Le diatessiti del complesso migmatitico si presentano spesso fortemente alterate, tale alterazione è evidente sia in maniera areale sia localizzata, queste azioni di degradazione danno luogo alla formazione di prodotti di alterazione che in modo discontinuo ricoprono il basamento addolcendone le forme.

Questi prodotti di alterazione a volte trasportati in prevalenza da acque di ruscellamento diffuso o disceso per gravità, assumono il massimo della loro potenza in corrispondenza di piccole depressioni dove formano una leggera coltre eluviale.

In condizioni naturali il prodotto della alterazione del bedrock, in relazione alla pendenza dei versanti ed alla copertura vegetale, in parte permane in situ ed in parte tende ad accumularsi nelle aree morfologicamente depresse (compluvi).

Per quanto riguarda i monzograniti, si osserva che la precoce tettonizzazione unita all'intensa fratturazione di queste rocce ne ha favorito una veloce ed avanzata alterazione, evidente sia in maniera areale sia localizzata. Queste azioni di degradazione danno luogo alla formazione di prodotti di alterazione che in modo discontinuo ricoprono il basamento intrusivo.

L'azione degli agenti esogeni (aria, acqua, vento) ha determinato sul complesso litoide processi di degradazione superficiale dando origine al classico "sabbione granitico".

Questo contiene una certa frazione argillosa, che è il risultato di una serie di fenomeni di alterazione fra i quali si ha la caolinizzazione dei feldspati consistente nella formazione di caolino e di altri minerali argillosi a causa di fenomeni di idratazione e di idrolisi.

I sabbioni assumono il massimo della potenza in corrispondenza delle piccole depressioni dove producono un manto di copertura eluviale di spessore variabile.

Non sempre il passaggio tra il granito compatto ed il sabbione prodotto dalla loro degradazione avviene in maniera repentina, talvolta si realizza senza soluzione di continuità attraverso uno strato intermedio di granito arenizzato che, nonostante conservi l'originaria struttura della roccia madre, ne ha però perso completamente la compattezza.



Figura 9 Banco di granito arenizzato nei pressi dell'hotel Posada



Figura 10 granito arenizzato, si osserva l'originaria struttura della roccia madre

La più diffusa tipologia di deposito di versante riscontrata nel corso del rilevamento geologico di superficie è rappresentata da depositi eluvio-colluviali e detrito di versante, i quali costituiscono una coltre mediamente poco potente ma continua derivante dal lento disfacimento delle rocce del bedrock granitoide e trasportate in prevalenza da acque di ruscellamento diffuso o disceso per gravità.

Nell'area oggetto di studio, le formazioni alloctone sono costituite da depositi clastici granulari poco elaborati di genesi colluviale ed eluviale, prevalentemente costituiti da frammenti litici spigolosi policristallini mediamente centimetrici di roccia granitoide più o meno alterata associati a singoli cristalli di quarzo, immersi in una matrice a granulometria variabile da sabbiosa a limo-argillosa. L'alterazione anche spinta della componente feldspatico-plagioclasica e dei minerali femici produce una discreta componente fine ascrivibile granulometricamente ai limi e alle argille, che va a costituire la matrice fine dei depositi terrigeni, talora percentualmente preponderante rispetto allo scheletro clastico più grossolano. Tali sedimenti, ad esclusione della parte superiore pedogenizzata, a meno di rimaneggiamenti antropici, risultano in genere ben addensati, pseudocoerenti, con colorazione che può tendere al marrone chiaro fino all'ocra, a causa di fenomeni di ossidazione, caratteristici in particolare dei livelli più antichi.

This is a detailed topographic map of a coastal region in Sardinia, Italy. The map shows the coastline with various towns and settlements. Key locations include Porto Rafael, Palau, BBA, VASTRONE, and RAZZICCHEDDU. The map is color-coded to show different types of terrain: red for urban areas, green for forested or mountainous regions, and yellow for lower-lying land. A blue circle highlights a specific area on the coast, and a green area is marked with 'MGT' and 'OTG'. The map also shows various geographical features like rivers, streams, and hills. The map is oriented with North at the top.

4. Rilevamento geologico: definizione dell'origine e natura dei litotipi presenti nell'area in esame

Di seguito si procederà ad una sintetica descrizione (Fonte: Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000) solamente delle formazioni (riportate in ordine cronologico dalla più antica alla più recente) presenti nell'area:

Complesso Migmatitico Ercinico - Migmatiti (Precambriano)

12

metamorfiti di medio grado che affiorano sulla linea Posada-Asinara.

La litologia di questa formazione è costituita da migmatiti, nello specifico diatessiti (MGD) che mostrano una certa eterogeneità di tipologie tessiturali e composizionali.

Complesso Intrusivo - Complesso plutonico del Carbonifero superiore – Perminano – Monzograniti

Come riportato nel paragrafo precedente le formazioni granitoidi presenti nell'area fanno parte del Batolite Sardo-Corso.

Queste rocce intrusive presentano varietà di facies derivanti dai diversi gradi sia di orientazione delle tessiture che di variabilità di grana. I Monzograniti affioranti nell'area fanno parte della facies di Palau (PAU_a).

L'area su cui verranno realizzate le opere, insistono su questa formazione.

Sono inoltre presenti orto gneiss (OTG), si presentano come tipi granodioritici essenzialmente equigranulari, spesso con lineazioni mineralogiche ben marcate tali da conferire alla roccia l'aspetto di tettoniti.

Complesso Filoniano tardo ercinico

Le manifestazioni filoniane rilevate nell'area in studio sono da considerarsi un diretto effetto della tettonica connessa alla fase distensiva dell'Orogenesi Ercinica. Rappresentano infatti il prodotto del riempimento di fratture in rocce intrusive granitoidi per venuta di fluidi magmatici lungo le stesse. Sono rappresentate da rocce di differente chimismo ma probabilmente riconducibili a corpi intrusivi derivanti da un'unica camera magmatica, per le analogie che esse presentano dal punto di vista classificativo e giaciturale. Il corteo filoniano è costituito da porfidi granitici, filoni e stocks di composizione dacitica e rio-dacitica, filoni e ammassi aplitici, filoni idrotermali a prevalente quarzo, filoni a composizione intermedia (dioritica e quarzo andesitica), filoni di gabbro porfirici, filoni basaltici.

Coltri eluvio-colluviali (Olocene)

Si tratta essenzialmente di detrito immerso in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica che hanno subito trasporto per gravità nullo o limitato.

Le spiagge attuali sebbene siano il risultato di processi selettivi a carico anche di sedimenti relitti, ovvero formazioni sedimentarie fossili eredi di livelli eustatici precedenti, riesumate, rierose e risedimentate, la composizione mineralogica dei sedimenti costituenti gli arenili è, in generale, influenzata dal sottostante sostrato cristallino.

Le spiagge sono confinate in celle sedimentarie ben delineate per assetto geomorfologico ma anche piuttosto povere in spessore di volumi sabbiosi e con bassifondi rocciosi ripetutamente in affioramento.

L'area attraversata dalle reti in progetto e il suo intorno ben si prestano alla definizione della litostratigrafia locale, vista la presenza di sezioni stradali continue e fronti di scavo, che per la loro continuità spaziale e la loro vicinanza all'area indagata hanno consentito la caratterizzazione dei litotipi rilevati, rendendo possibile localmente l'osservazione diretta di sequenze litostratigrafiche ben esposte, la misurazione delle potenze della coltre alteritica e di eventuali formazioni alloctone, nonché la descrizione dello stato di alterazione della formazione granitoide. Al contrario, in alcune aree urbanizzate, non è stato possibile risalire alla litologia sottostante, pertanto con questo elaborato, possiamo solo ipotizzare la composizione litologica, ma non il suo stato di alterazione. Relativamente a questo aspetto si rimanda alla relazione geologica che dovrà contenere e individuare le litologie ed il loro grado di alterazione anche attraverso indagini geognostiche utili per potere pianificare al meglio operazioni e tecniche di scavo.

Lo stato di alterazione della roccia granitoide lungo le sezioni osservate può essere definito moderato nella porzione più superficiale, tendente al leggermente alterato con l'incremento della profondità, con una consistenza crescente della roccia che da semicoerente diviene sub-litoide, fino a litoide. Senza una precisa soluzione di continuità, si ha la transizione alla roccia madre, disturbata tettonicamente e fittamente iniettata da filoncelli e vene di quarzo.

Il grado di alterazione raggiunto nell'area in studio dalle rocce granitoidi è piuttosto omogeneo, con spessori della coltre alteritica autoctona che raramente superano il mezzo metro.

In particolare, in alcune sezioni di scavo, all'interno dell'area in studio è stato possibile osservare una transizione evidente da una facies moderatamente alterata, semi coerente (in cui la struttura della roccia madre è riconoscibile), dello spessore compreso tra 0.20 e 2,00 m, ad una facies nettamente coesiva con granodioriti tonalitiche da sub-litoide a litoide in facies semilapidea.

Alla base di questa sequenza, che è possibile definire quale sequenza-tipo per l'area di indagine (definibile anche come una unità geologico-tecnica che tende a comportarsi in maniera omogenea rispetto ad un dato tipo di problema geologico e geotecnico), giunge senza una precisa soluzione di continuità, alla roccia litoide, massiva o fratturata. All'interno di questa sequenza si osservano trovanti o affioramenti di roccia litoide, spesso di notevoli dimensioni.

La coltre di materiale colluviale è presente con una certa continuità al tetto della roccia granitoide, con una potenza media di pochi decimetri. La transizione tra le due formazioni, in sezione, è netta e ben delineabile.

Sulla base degli elementi di litostratigrafia locale raccolti in sede di rilevamento e attraverso l'osservazione diretta di alcune sezioni di scavo presenti lungo il tracciato stradale è possibile affermare che i Canali Liccìa e Baragge, nei tratti interessati dal progetto di sistemazione idraulica, sono impostati su roccia intrusiva da compatta a fratturata con i suoi prodotti di erosione.

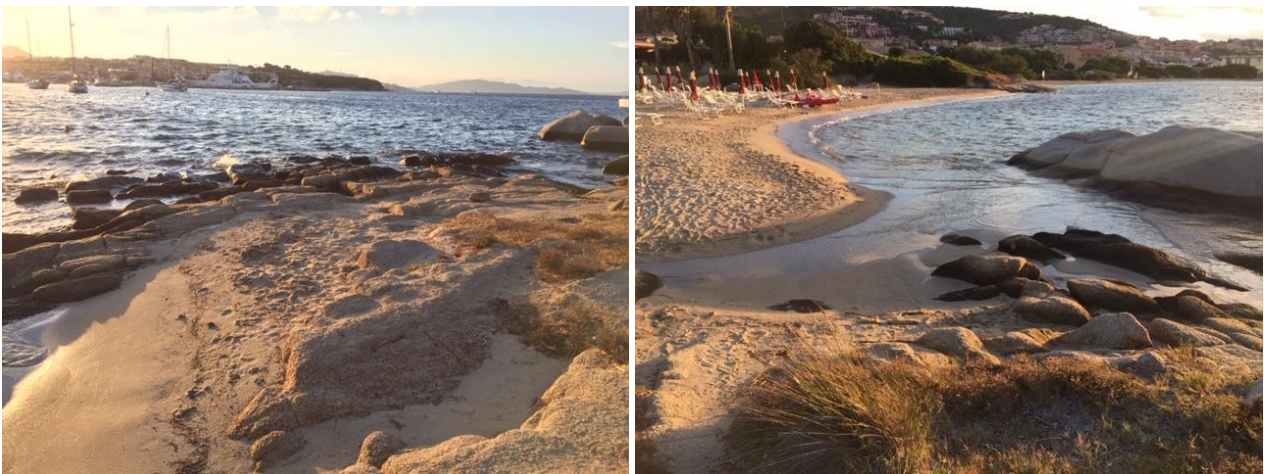


Figura 12 - Monzograniti in affioramento nello sbocco a mare del Canale Baragge



Figura 13 - Monzograniti fratturati in corrispondenza del Canale Baragge

La coltre di materiale alterato è presente con una certa continuità al tetto della roccia intrusiva, con una potenza che varia da pochi decimetri fino a superare il metro. La transizione tra le due formazioni, in sezione, è netta e ben delineabile.

Si segnala che nella fase di scavo si incontrerà la formazione litoide e sub litoide, questo comporterà l'utilizzo di mezzi meccanici anche con l'ausilio del martellone.

In allegato è riportata la carta geologica in scala 1: 6.000 con ubicazione dell'area di intervento.

5. Lineamenti geomorfologici, processi morfologici, dissesti in atto e potenziali che possono interferire con l'opera da realizzare e loro tendenza evolutiva

L'assetto geomorfologico del territorio è fortemente condizionato dalla struttura ed evoluzione geologica del settore nord-orientale della Sardegna. Da un punto di vista geologico l'area è rappresentata da affioramenti di rocce intrusive e metamorfiche, le prime riferibili al ciclo magmatico ercinico e comprendenti monzograniti, le seconde appartenenti al basamento metamorfico

Dal punto di vista geomorfologico la zona in studio presenta evidenti e stretti rapporti con i caratteri litologici delle formazioni in affioramento.

La morfologia della zona è generalmente condizionata dalla tettonica rigida che ha interessato il settore.

L'assetto morfologico dell'area è il risultato dell'azione combinata di diversi agenti del modellamento terrestre quali la dinamica sui versanti, legata all'erosione ed al trasporto di suolo e detrito.

Il complesso metamorfico, grazie all'elevato grado di maturità raggiunto, è caratterizzato perlopiù da pendii generalmente dolci, anche se localmente possono assumere un andamento più accidentato dove si intensificano le azioni dovute al ruscellamento diffuso durante le stagioni di pioggia.

Il complesso metamorfico, grazie all'elevato grado di maturità raggiunto, è caratterizzato perlopiù da pendii generalmente dolci, anche se localmente possono assumere un andamento più accidentato dove si intensificano le azioni dovute al ruscellamento diffuso durante le stagioni di pioggia.

Nonostante questo, nell'area non sono presenti fenomeni di instabilità derivanti da frane profonde. L'intervento in progetto è ubicato all'interno del centro abitato di Palau. I rilievi dell'area non sono degni di nota, la quota massima è di 127 metri nella località Baragge.

Il settore in esame è contraddistinto da versanti con acclività prevalentemente comprese tra il 5 ed il 25%, le quali tendono ad inasprirsi con l'aumentare delle quote.

Nell'area in studio sono presenti elementi idrici che pur essendo di scarsa rilevanza, a causa di una inadeguata regimazione, in occasione di eventi atmosferici anche non rilevanti, causano allagamenti nelle zone a valle all'interno del centro abitato. Tali elementi idrici sono il Canale Licia e il Canale Baragge.

Nelle aree granitiche, legate all'orogenesi ercinica, si osservano morfologie generalmente più aspre, connesse a un minor grado di evoluzione del rilievo. I versanti sono caratterizzati dalla presenza di diaclasi, tor e inselberg.

Su questi versanti dominano le micro e macro forme legate all'alterazione dei graniti e dovute principalmente ad idrolisi. In particolare nei silicati questo processo chimico genera i maggiori prodotti di alterazione, sviluppandosi preferibilmente in condizioni di sottovento e in punti non particolarmente esposti alla luce del sole.

I principali processi che agiscono sull'area sono soprattutto di natura fisica. Tra gli altri processi erosivi, le rocce subiscono una disaggregazione anche a causa dello sbalzo termico tra giorno e notte e fra le diverse stagioni, in ciò favorite dai fitti sistemi di diaclasi.

Visti i principali lineamenti dell'unità fisiografica e la natura cristallina del substrato, si può affermare che l'assetto morfologico generale dell'area è da ascrivere prevalentemente all'azione demolitrice ed erosiva degli agenti atmosferici, che rappresentano senz'altro i più efficaci fattori di disaggregazione della roccia sana, determinando l'insorgere di processi di alterazione chimica (processi di idrolisi dei silicati) e degradazione fisica di media intensità, in dipendenza diretta dalle attuali condizioni morfoclimatiche. Il più rilevante tra gli agenti del modellamento terrestre nell'area in esame, sebbene abbastanza rallentato, è rappresentato dalla dinamica sui versanti legata all'erosione ed al trasporto di suolo e detrito ad opera dell'acqua e della gravità. Il fattore innescante dell'erosione è rappresentato dalla pioggia battente: l'impatto delle singole gocce di pioggia col suolo può determinare il distacco di piccole porzioni della coltre superficiale, già intaccata dai processi di degradazione sopra descritti, rendendole disponibili al trasporto lungo il pendio. Inoltre questo fenomeno, in dipendenza dalla natura del terreno, può localmente determinare la compattazione dello strato più superficiale del suolo riducendone la permeabilità, facilitando lo scorrimento superficiale delle acque a discapito dell'infiltrazione ed incrementandone l'azione erosiva di presa in carico e trasporto.

In prossimità degli spartiacque le acque di origine meteorica danno vita a scorrimenti non organizzati e diffusi (acque di dilavamento laminare), i quali già di per sé possono avere un effetto erosivo discreto. Detta tipologia di scorrimento evolve successivamente, con l'approssimarsi dell'impluvio, in piccoli rivoli ramificati, fino a concentrarsi, ove le condizioni al contorno lo consentano, in un letto torrentizio propriamente detto. I fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato hanno potenzialmente un effetto erosivo medio - elevato, in dipendenza da fattori predisponenti quali la pendenza, l'uso del suolo e la natura del substrato litologico.

Quanto fino ad ora affermato permette di concludere che, fatte salve alcune eccezioni, l'area in studio è soggetta a fenomeni morfodinamici di intensità tale da non determinare, salvo in casi straordinari, processi di erosione accelerata o concentrata molto intensi, improvvisi o generalizzati, sia in ragione della buona qualità del substrato (inteso come roccia madre e alterazioni) che per la presenza a monte di una copertura arbustiva caratterizzata per lo più da macchia mediterranea che esercita una azione stabilizzante.

6. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea

Nell'area in esame non sono presenti corsi d'acqua degni di nota. L'unità fisiografica in esame non presenta un reticolo idrografico stabile, sono presenti di alcune linee di impluvio, presumibilmente impostate lungo direttrici tettoniche, in cui si verificano occasionali riattivazioni direttamente connesse ad afflussi meteorici particolarmente intensi (regime occasionale, alimentazione per corrivazione). L'effimero reticolo idrografico è del primo grado e le aste presentano andamento sub-rettilineo, orientato secondo la linea di massima pendenza.

I corsi d'acqua presenti nell'area in esame sono quelli interessati dall'intervento di regimazione idraulica e sono dati dal Canale Licia e dal Canale Baragge.



Figura 14 - Reticolo idrografico nell'area di Palau Est

Questi presentano un pattern sub dendritico impostato sui principali sistemi di fratture e con un ordine di gerarchizzazione secondo Horton – Strahler che varia dal primo al secondo ordine.

Dal punto di vista idrogeologico la formazione metamorfica è caratterizzata da una permeabilità piuttosto bassa per porosità, mentre aumenta la permeabilità per fessurazione.

Ad un sottostante substrato di roccia compatta fa seguito uno spessore di roccia $\pm$ fessurata; queste fessure devono la loro origine sia a fenomeni di decompressione sia a sforzi tettonici, si presentano più pronunciate nella parte più superficiale dove è minore il carico litostatico, la zona fratturata è caratterizzata da una permeabilità inferiore a 10^{-7} m/s. In superficie la coltre di alterazione si presenta con un buon grado di permeabilità ($K > 10^{-6}$ m/s), il passaggio tra le due zone a diversa permeabilità è graduale, la circolazione idrica sotterranea avviene lentamente nelle fratture, mentre è più veloce nella zona porosa.

Dall'esame delle caratteristiche di permeabilità (caratteristica intrinseca e/o acquisita delle formazioni rocciose), sia primaria (per porosità) che secondaria (per fessurazione), sono state istituite alcune classi di permeabilità relativa, intesa non in senso assoluto ma come valore relativo esistente tra le diverse classi litologiche esaminate.

In base all'eterogeneità delle formazioni presenti si definiscono:

- Permeabilità bassa ($10^{-4} > K > 10^{-7}$ cm/sec.) - per fessurazione, le formazioni prevalentemente metamorfiche e intrusive, quindi sottoposte a sollecitazioni tettoniche che hanno generato in esse soluzioni di continuità, parzialmente obliterate da materiale argilloso e con fratturazioni la cui tendenza, in genere, è a serrarsi a breve profondità (2-4 mt), riducendo notevolmente il potere drenante nei confronti dell'acqua meteorica d'infiltrazione; inoltre il diverso orientamento di tali fessure e fratture favorisce una certa dispersione sotterranea dei potenziali flussi idrici. Tali caratteristiche vengono attribuite alle facies metamorfiche.
- Permeabilità media ($10 > K > 10^{-4}$ cm/sec) - per porosità: le formazioni a granulometria grossolana o quantomeno eterometrica con matrice non esclusivamente argillosa, ma anche sabbiosa, contribuiscono a conferire alle coltri colluviali metamorfiche una certa capacità, seppur contenuta entro modesti valori, di immagazzinamento idrico. –

rientrano in questa categoria i depositi riferibili al sabbione granitico. Tali litologie costituiscono e rappresentano inoltre un serbatoio idrico importante.

Allegato allo Studio è presente la Carta delle permeabilità del sito in Scala 1.6000

I materiali potenzialmente acquiferi sono dati dalla coltre di alterazione superficiale in corrispondenza dei fondovalle.

I principali processi che agiscono sull'area sono soprattutto di natura fisica. Tra gli altri processi erosivi, le rocce subiscono una disaggregazione anche a causa dello sbalzo termico tra giorno e notte e fra le diverse stagioni, in ciò favorite dai fitti sistemi di diaclasi.

I prodotti della erosione meccanica vengono poi presi in carico dai corsi d'acqua e dallo scorrimento superficiale.

Quest'ultimo è facilitato dalla stagione autunnale ed invernale, in quanto dopo la stagione secca, le prime piogge non riescono ad attraversare lo strato superficiale e indurito del suolo, generando pertanto scorrimento e ruscellamento superficiale.

L'esame della morfologia e della idrogeologia locale ed i risultati delle verifiche e degli approfondimenti del caso, mostrano come nel sito in cui è ubicato l'edificio non siano in atto processi di dissesto idrogeologico in atto e potenziale tali da poter influenzare in alcun modo l'opera oggetto del presente studio.

7. Caratterizzazione sismica

Per ciò che riguarda i parametri e i coefficienti sismici, in base alle norme tecniche per le costruzioni, contenute nel D.M. 17/01/18, si devono definire i parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione. La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

Lo "stato limite" è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

I coefficienti sismici vengono determinati in base alla posizione geografica del sito (latitudine e longitudine) e sono funzione di parametri caratteristici definiti dalla normativa.

Le N.T.C. 2018 fissano i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e aggiornano le norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone.

L'art. 2 dell'Ordinanza OPCM 3274 del 2003 prevede che siano le Regioni, sulla base dei Criteri generali indicati dallo Stato ad individuare, formare ed aggiornare l'elenco delle zone sismiche.

Le Zone Sismiche sono fissate in numero di quattro, in funzione di quattro valori significativi delle accelerazioni sismiche di progetto.

In particolare la classificazione sismica del territorio nazionale è articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

Tutta la Sardegna appartiene alla Zona Sismica 4.

L'assegnazione a tutto il territorio regionale della Sardegna a questa zona è stata in seguito confermata nell'Ordinanza del 2006 (OPCM 3519).

Parametro	Riferimento D.M. 17/01/18	Osservazioni / Considerazioni
V_N Vita nominale	Tabella 2.4.I	La vita nominale (V_N) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.
Classe d'uso	Punto 2.4.2	Suddivisione delle costruzioni in conseguenza all'interruzione di operatività o di un eventuale collasso.
C_U Coefficiente d'uso	Tabella 2.4.II per la Classe III	Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso.
V_R Periodo di riferimento per l'azione sismica	Punto 2.4.3	Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U : $V_R = V_N \times C_U$
Categoria del sottosuolo	Tabella 3.2.II	Da definire in relazione al valore di propagazione delle onde di taglio V_S .
Categoria topografica	Tabella 3.2.III	È funzione delle caratteristiche della superficie topografica

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_r) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (PV_r) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r).

Il periodo di riferimento dell'opera (V_r) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d'uso (C_U), funzione della Classe d'uso della costruzione.

Per la definizione della categoria di sottosuolo in riferimento alle condizioni topografiche, nell'ambito dell'approccio semplificato alla definizione delle V_S , si può fare riferimento alla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018 che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S .

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I.

Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

In relazione alla classe e alla vita nominale, il periodo di riferimento V_R da considerarsi per le azioni sismiche risulta di **50 anni**.

Per quanto riguarda l'intervento in oggetto, sono stati considerati cautelativamente i parametri:

- Vita nominale (V_N): **50 anni**
- Classe d'uso: II ($C_U = 1.0$)
- Periodo di riferimento azione sismica ($V_R = V_N \times C_U$): **50 anni**

Per quanto riguarda le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nel caso in esame per la categoria di sottosuolo viene selezionata la categoria **A**.

Nel caso specifico si osserva che il basamento lapideo granitico spesso affiorante o comunque individuato ad una profondità inferiore ai metri 3,00 dal piano di campagna.

Le caratteristiche dei graniti in relazione alla velocità di propagazione delle onde di taglio si è fatto riferimento a numerosi studi eseguiti nel settore e nel quale la velocità di propagazione è ricompresa da un minimo di 1000 fino ad un massimo di 2000 m/sec.

Per le categorie topografiche, vista la conformazione orografica del sito ed in riferimento alla tabella 3.2.III delle N.T.C. 2018 viene utilizzata la categoria **T1**.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \cdot CU$$

Il valore del coefficiente d'uso CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Relativamente all'opera in Progetto si riassumono i relativi parametri:

Vn: 50 anni

Classe d'uso: II

Cu: 1,00

Vr: 50

Categoria del sottosuolo: A

Categoria topografica: T1

Le NTC 2018 stabiliscono il principio per cui le azioni sismiche sulle costruzioni si individuano in relazione alla pericolosità del sito definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** su roccia (suolo tipo A) e del corrispondente spettro di risposta elastico.

L'azione sismica, per il sito di edificazione e per la tipologia di costruzione definita (vita nominale, coefficiente d'uso), deve essere valutata relativamente allo Stato Limite da considerare.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono i seguenti:

Stati limite	PVR	
	Probabilità di superamento nei periodi di riferimento Vr	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
(SLE)	SLD	63%
Stati limite ultimi (SLU)	SLV	10%
	SLC	5%

Fissata la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR per ciascun Stato Limite considerato, va determinato il periodo di ritorno (T_r) dell'evento sismico da considerare.

A seconda dei diversi stati limite si ottengono i seguenti tempi di ritorno T_r

Stati limite	Tempi di ritorno T_r (anni)	
SLE	SLO	30
	SLD	50
SLU	SLV	475
	SLC	975

In corrispondenza dei diversi stati limite si riportano di seguito i valori dei parametri A_g , F_0 e T^*C nel sito in esame

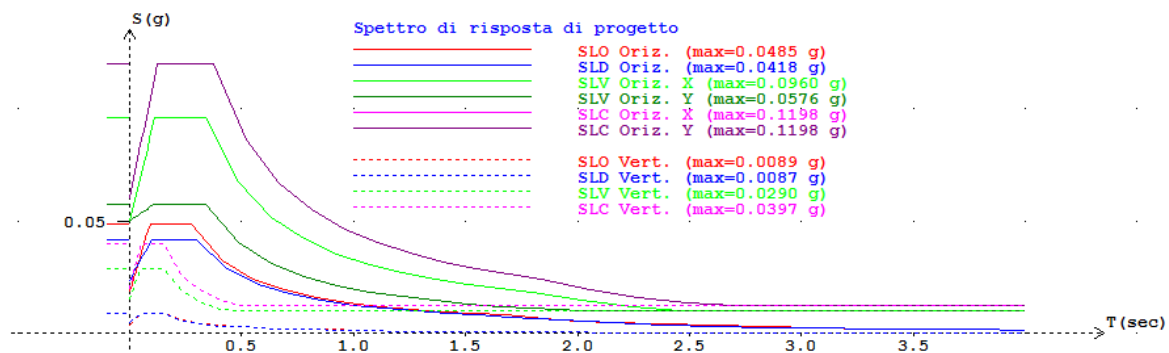


Figura 15 - Analisi sismica dinamica e verifica degli spettri

I parametri individuati permettono di stabilire che la pericolosità sismica di base relativa all'intervento in progetto non pregiudica la sua realizzazione.

Per tale elaborazione è stato utilizzato il software dedicato "Spettri versione 2.1 <http://www.ingegneriasoft.com>

8. Criteri di programmazione, risultati delle indagini in sito e di laboratorio, tecniche adottate con motivato giudizio sulla affidabilità dei risultati ottenuti

Vista la posizione dell'area in esame all'interno delle aree perimetrate in seguito agli studi dell'art. 8 c. 2 bis del P.A.I. (Hg1), si è ritenuto opportuno effettuare dapprima un approfondito studio geologico e geomorfologico finalizzato alla individuazione di eventuali fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziali.

Il lavoro si propone di intercettare il deflusso naturale a monte della via Capo d'Orso mediante la sistemazione e risagomatura del canale naturale di guardia che si sviluppa a monte del perimetro del cimitero, lato sud, la demolizione e ricostruzione dell'attraversamento stradale e la realizzazione di un canale artificiale in calcestruzzo che si sviluppa a valle dello stesso, lungo la strada privata e successivamente lungo la via del Vecchio Marino, prima di convergere con il canale Baragge e raggiungere lo sbocco a mare mediante un'unica linea di deflusso a cielo aperto.

Nell'intervento si rende inoltre necessario effettuare la pulizia dell'alveo naturale a monte dell'imbocco dell'attraversamento della via Capo d'Orso, attualmente gravata da una fitta e intricata vegetazione, costituita da macchia mediterranea che ostruisce il regolare deflusso delle portate.

Infine si rende necessario intervenire per la risagomatura e il ripristino della sezione trasversale del canale naturale presente a monte del cimitero, la cui sezione incisa è di forma trapezoidale con dimensioni crescenti da monte verso valle rivelandosi idonea al transito di portate di piena verso la sottostante via Capo d'Orso.

Le litologie interessate dalle lavorazioni sono rappresentate da monzograniti da alterati con i prodotti esso derivati a monzograniti sub litoidi.

Si segnala che nelle operazioni di scavo si incontrerà la formazione litoide e sub litoide, questo comporterà l'utilizzo di mezzi meccanici con l'ausilio di martellone pneumatico.

Per una quantificazione più puntuale si rimanda alla relazione geologica con relative indagini geognostiche. Gli approfondimenti del caso verranno sviluppati durante la progettazione definitiva.

Situazione geo-strutturale e geomorfologica. L'opera in progetto andrà ad insistere direttamente su materiali costituiti da litotipi rappresentati da monzograniti in posto da alterati a fratturate e compatte.

Indagini effettuate in base alle osservazioni di cui al punto precedente.

L'intervento si concentra sulla verifica nell'area dell'esistenza di elementi a rischio idrogeologico.

- Rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area in esame.
- Determinazione delle caratteristiche geotecniche dei materiali di sottofondazione.

Schematicamente la successione stratigrafica tipo è la seguente:

STRATO 1

I primi trenta/quaranta centimetri di suolo sono indicativi. La copertura di suolo s.s. è costituita principalmente da derivati provenienti dall'alterazione delle rocce circostanti affioranti. La parametrizzazione non è stata eseguita perché tale strato non interesserà direttamente l'intervento.

STRATO 2

Il secondo strato è costituito dalle rocce intrusive rappresentate da monzograniti con un moderato/elevato grado di alterazione e fatturazione superficiale, visibili nelle sezioni di scavo presenti, l'alterazione tende a diminuire con la profondità. Tale "strato" ha una potenza variabile dai 0.5 a 3.00 metri.

STRATO 3

Il terzo strato è caratterizzato da monzograniti in facie lapidea.

9. Scelta dei parametri geotecnici di progetto, riferiti alle caratteristiche dell'opera, caratterizzazione geotecnica e geomeccanica del sottosuolo

Sulla base delle risultanze del rilievo geologico e geomorfologico è possibile affermare che l'opera in progetto insiste, direttamente su materiali costituiti da formazioni quali monzograniti in posto da alterati a fratturati e compatti.

Si è ritenuto opportuno riportare i parametri geotecnici riferiti ai terreni interessati dagli interventi in progetto e affioranti nell'immediato intorno dell'opera stessa.

Litotipo: monzograniti in posto da fratturati e compatti.

Detti parametri sono stati individuati su due affioramenti rocciosi prossimi al piano di posa degli interventi previsti in progetto.

A tal proposito si è utilizzata la classificazione riconosciuta di Bieniawski o dell'indice RMR che individua cinque classi di possibile appartenenza dell'ammasso roccioso, per ciascuna delle quali fornisce una descrizione della qualità delle rocce (da ottima a molto scadente), una stima di massima della coesione (kg/cmq) e dell'angolo di attrito interno delle rocce (deg) e il tempo medio di autosostentamento per tratti di lunghezze variabili delle gallerie.

I parametri geotecnici sono stati individuati su due affioramenti rocciosi, alcuni prossimi al piano di posa delle fondazioni degli interventi realizzati e previsti in progetto, sul quale è stata effettuata la determinazione dell'indice RMR e la stima, secondo la classificazione di Bieniawski del 1989, della coesione e dell'angolo di attrito interno del materiale.

Il metodo RMR viene proposto da Bieniawski (1989) e consiste nell'assegnare un punteggio alla roccia, ricavato dall'analisi di cinque parametri:

- Resistenza a compressione monoassiale ottenuta tramite prove di compressione monoassiale, prove sclerometriche con martello di Schmidt ovvero Point Load Test. Nel caso in esame sono state effettuate prove sclerometriche ottenendo la misura della "durezza di rimbalzo" della roccia. Dalla prova è stato ricavato l'indice di rimbalzo R correlato poi alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$Su = 0,775R + 21,3;$$

- RQD, recupero percentuale modificato di un sondaggio, dato dal rapporto tra la somma degli spezzoni di carota aventi lunghezza maggiore di 10cm e la lunghezza totale della carota (DEERE et al., 1967); questo indice può essere derivato,

in mancanza di dati derivanti da sondaggio, tramite relazioni empiriche, dal parametro J_v (Volumetric joint count; ISRM, 1978). Questo è definito come la somma del numero di discontinuità per metro per ogni set di discontinuità contate perpendicolarmente ad ogni set.

Si può risalire da questo all'indice RQD tramite la relazione di Palmström (1982)

$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v$$

- Spaziatura delle discontinuità, valutata tenendo conto che la frequenza è pari al reciproco della spaziatura e che la frequenza dell'ammasso (λ_m) è pari alla somma delle singole frequenze (λ_i)
- Condizioni delle discontinuità, con particolare riferimento alla loro apertura, rugosità e grado di alterazione delle pareti e alla presenza o meno di riempimento,
- Condizioni idrauliche, espresse in termini di afflussi idrici in galleria o come rapporto tra la pressione dell'acqua nei giunti e le sollecitazioni naturali in sito, o ancora, in termini di condizioni qualitative generali (i.e. asciutta, umida, bagnata, stillicidio).

A ciascuno di questi parametri è assegnato un valore numerico ossia un punteggio, la somma dei singoli punteggi fornisce un indice di qualità dell'ammasso (detto RMR di base). Il valore finale, variabile tra 0 e 100, è tanto più alto quanto migliore è la qualità della roccia e permette di collocare l'ammasso roccioso in una delle cinque classi predefinite: ottima (classe I, RMR >80), buona, discreta, scadente e molto scadente (classe V, RMR <20).

Il valore di RMR di base può essere utilizzato, attraverso relazioni empiriche, per definire le proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso come il modulo di deformabilità, i parametri di resistenza al taglio (angolo di attrito e coesione). Nel caso in esame andiamo a verificare l'affioramento rappresentato da: monzograniti da alterati a fratturati e compatti. Questi parametri sono stati dedotti dalla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso attraverso le Prove di rimbalzo con il martello di Schmidt.

Le prove di rimbalzo con il martello di Schmidt sono state effettuate per misurare il valore della resistenza alla compressione delle rocce interessate dall'intervento.

Il principio di funzionamento consiste nel misurare il rimbalzo di un pistone metallico che sbatte sulla roccia per mezzo di una spinta proveniente da una molla.

A seconda della posizione del martello (da verticale ad orizzontale) vengono applicate delle correzioni.

La taratura avviene anche in base alla densità della roccia che nel nostro caso si aggira intorno ai 2500 – 2600 Kg/mc³ (valori bibliografici).

Allo scopo sono state individuate n°2 stazioni Strutturali (SS1, SS2), la prima (SS1) in prossimità del Canale Licia e la seconda (SS2) in prossimità del Canale Baragge, indicate in figura 15



Figura 16- Ubicazione stazioni sclerometriche

I risultati ottenuti con le prove sclerometriche effettuate con il martello di Schmidt si sono rivelate sostanzialmente omogenee, si tratta di litotipi caratterizzati da una discreta fratturazione che ha dato valori di resistenza medi.



Figura 17 - Stazione strutturale SS1 eseguita sul fondo dell'alveo a sud del Cimitero (Canale Liccia)

Stazione SS1	Rimbalzo	
LETTURA	VALORE medio	RESISTENZA MPa
1	30	
2	52	
3	50	
4	46	
5	30	
6	48	
7	48	
8	50	
9	50	
10	52	
MEDIA	45,6	56,64



Figura 18. Stazione strutturale SS2 in prossimità della scuola media (Canale Baragge)

Stazione SS2	Rimbalzo	
LETTURA	VALORE medio	RESISTENZA MPa
1	46	
2	42	
3	44	
4	36	
5	38	
6	40	
7	42	
8	38	
9	44	
10	46	
MEDIA	41,6	53,54

Per lo sviluppo della valutazione della qualità dell'ammasso roccioso attraverso l'indice RMR si è ritenuto corretto considerare la media dei valori di resistenza alla compressione uniassiale ricavato dalle n° 2 prove in situ, mentre per quanto riguarda i valori per la determinazione di RMR, sono stati utilizzati quelli considerati più rappresentativi, relativi alla stazione SS1.

Determinazione della qualità dell'ammasso roccioso		
Stazione Strutturale SS1		
Tipo litologico: MONZOGRANITI da fratturati a compatti		
Indice R.M.R. (Class. Bieniawski, 1989)		
PARAMETRO	VALORE	INDICE
RESISTENZA CARICO PUNTUALE	25-50 MPa	7
RQD	25 -50%	8
SPAZIATURA	200-600 mm	10
PERSISTENZA	10,0 m 3,0 m	2

APERTURA	1-5 mm	1
RUGOSITA'	rugosa	5
RIEMPIMENTO	Compatto < 5 mm	4
ALTERAZIONE	Leggermente alterata	5
CONDIZIONI IDRAULICHE	Asciutta	15
TOTALE R.M.R.		57
CLASSE III BIEN.	DISCRETA	

Il valore finale dell'indice RMR, variabile tra 0 e 100, è tanto più alto quanto migliore è la qualità della roccia e permette di collocare l'ammasso roccioso in una delle cinque classi predefinite: ottima (classe I, RMR >80), buona, discreta, scadente e molto scadente (classe V, RMR<20).

B	CLASSI DETERMINATE DAL VALORE TOTALE				
PUNTEGGIO	100-81	80-61	60-41	40-21	<21
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	molto buona	buona	discreta	scadente	molto scadente

PROPRIETA' DELLE CLASSI					
classe	I	II	III	IV	V
tempo medio di autosostentamento	20 annix15m h	1 annox10m h	1sett.x5m h	10 orex2.5m h	30 min x1m h
coesione (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
angolo di attrito (deg)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

La somma degli indici corrispondenti evidenzia una classe di appartenenza con valore "III" che definisce un ammasso roccioso discreto dal punto di vista qualitativo, con i parametri geotecnici posseduti da questi materiali. Tale classe denota un range di valori di Coesione "C" di 2 – 3 Kg/cm² e di angolo di attrito "Φ" di 25° – 35° ricavati da correlazioni matematiche.

RMR=Σ ni	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Classe di roccia	V	IV	III	II	I
Descrizione della roccia	molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
C(KPa)	<100	100-150	150-200	200-300	>300
f	<30	30°-35	35°-40°	40°-45°	>45°
Giudizio sulle difficoltà di scavo	Nessuna necessità	Può essere scavato facilmente. Frammentazione notevole	Discreta difficoltà	Si scava con difficoltà. Frammenti di notevoli dimensioni	Notevoli difficoltà di scavo
T L(m)	10 min 0,5	5 ore 1,5	1 settimana 3	6 mesi 4	10 anni 5

Tabella – Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (da Bieniawski, Z. T. 1979)

La classificazione di Bieniawski (1979) in base alle caratteristiche geomeccaniche, definisce l'ammasso roccioso in 5 Classi di roccia, partendo da quella molto scadente a quella ottima:

Classe V: molto scadente;

Classe IV: scadente;

Classe III: discreta

Classe II: buona

Classe I: ottima

A ciascuna di queste classi viene attribuito un giudizio sulle difficoltà di scavo.

Partendo dalla Classe molto **scadente**, dove non c'è **nessuna difficoltà** nello scavo con normali mezzi meccanici, alla Classe **ottima** che presenta **notevoli difficoltà** nello scavo dove si ricorre all'utilizzo dell'esplosivo:

Classe V: non presenta nessuna difficoltà nello scavo;

Classe IV: è facilmente scavabile

Classe III: presenta una discreta difficoltà nello scavo

Classe II: si scava con difficoltà

Classe I: presenta notevoli difficoltà nello scavo

Nel nostro caso, l'ammasso roccioso, secondo la classificazione di Bieniawski, presenta **discreta difficoltà nello scavo**, il che comporta nella fase di sbancamento l'utilizzo di mezzi meccanici dotati di particolari martelli demolitori detti anche "martelloni".

10. Caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo in relazione alle finalità da raggiungere con il progetto, effettuata sulla base dei dati raccolti con le indagini eseguite

Il rilievo geomeccanico è stato eseguito su due stazioni strutturali (denominata SS1, SS2) site lungo il tracciato previsto in progetto.

Sono stati utilizzati i risultati della stazione strutturale **SS1** che rappresenta i valori più rappresentativi.

Esso è volto ad individuare i principali parametri geomeccanici e geotecnici delle rocce in affioramento, tramite la definizione dell'indice RMR (Classificazione di Bieniawski, 1989).

- Pertanto i parametri geotecnici utilizzati, ricavati attraverso la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso e riferiti alla roccia madre (monzograniti) rilevata sono i seguenti:

Indice RMR: 57 (Classe III Bieniawski)

Resistenza a compressione uniassiale; 56 MPa

Coesione 2,0 kg/cmq

Angolo di attrito interno 35°

Peso di volume 2600 kg/cmq

I parametri dei graniti arenizzati sono stati desunti da precedenti analisi di laboratorio su campioni similari alle litologie presenti nell'area in esame.

MONZOGRANITI							
STRATO	SPESSORE (m)	LITOTIPO	PARAMETRI NOMINALI				
			γ (Kg/cm ³)	γ_d (Kg/cm ³)	ϕ (°)	W %	C' (Kg/cm ²)
1	0,4						
2	0,4-3,00	monzograniti fortemente alterati	2100	1,96	37		0,24
3	> 3,00	monzograniti in facies lapidea	2600		35		2

Tabella parametri geotecnici

11. Dimensionamento del manufatto

Per il dimensionamento ed i particolari costruttivi relativi alle opere in oggetto si rimanda agli elaborati progettuali allegati al presente Studio.

12. Considerazioni in merito alla stabilità globale del pendio

Le risultanze dello studio geologico e geomorfologico mostrano come allo stato attuale non siano presenti nel versante posto a monte dell'intervento in progetto (a sud del Cimitero) e nel versante in prossimità del Canale Baragge, elementi di pericolosità idrogeologica e fenomeni di dissesto franoso in atto o potenziale tali da influenzare direttamente e/o negativamente le opere in progetto del presente Studio di compatibilità.

Le risultanze dello studio geologico e geomorfologico mostrano come allo stato attuale non siano presenti nei versanti indagati elementi di pericolosità idrogeologica e fenomeni di dissesto franoso in atto o potenziale tali da influenzare direttamente e/o negativamente le opere in oggetto del presente Studio di compatibilità.

Gli interventi in oggetto non determinano interferenze con le dinamiche di versante descritte e non ne innescano di nuove. Inoltre questi non vanno ad incrementare i carichi gravanti sul pendio posto a sud del Cimitero, (in quanto gli interventi previsti su tale versante si limitano ad una pulizia dell'alveo) impostato su litotipi quali migmatiti e monzograniti da fratturate a compatte lasciando invariata la situazione attuale in termini di stabilità gravitativa e "forze agenti" rispetto alle condizioni ex ante.

Pertanto non è stato ritenuto opportuno eseguire la verifica analitica di stabilità del versante.

13. Conclusioni tecniche.

Il progetto si propone di intercettare il deflusso naturale a monte della via Capo d'Orso mediante la sistemazione e risagomatura del canale naturale di guardia che si sviluppa a monte del perimetro del cimitero, lato sud, la demolizione e ricostruzione dell'attraversamento stradale e la realizzazione di un canale artificiale in calcestruzzo che si sviluppa a valle dello stesso, lungo la strada privata e successivamente lungo la via del Vecchio Marino, prima di convergere con il canale Baragge e raggiungere lo sbocco a mare mediante un'unica linea di deflusso a cielo aperto.

Nell'intervento si rende inoltre necessario effettuare la pulizia dell'alveo naturale a monte dell'imbocco dell'attraversamento della via Capo d'Orso, attualmente gravata da una fitta e intricata vegetazione, costituita da macchia mediterranea che ostruisce il regolare deflusso delle portate.

Infine si rende necessario intervenire per la risagomatura e il ripristino della sezione trasversale del canale naturale presente a monte del cimitero, la cui sezione incisa è di forma trapezoidale con dimensioni crescenti da monte verso valle rivelandosi idonea al transito di portate di piena verso la sottostante via Capo d'Orso.

Le litologie interessate dalle lavorazioni sono rappresentate da monzograniti da alterati con i prodotti esso derivati a monzograniti sub litoidi e marginalmente da diatessiti (migmatiti),

Si è provveduto alla caratterizzazione geomeccanica dei terreni per la realizzazione degli interventi in progetto.

A seguito del rilievo effettuato nell'area in studio è stata riscontrata una buona omogeneità per quanto riguarda il tipo litologico e il grado di alterazione.

Si individua nella zona di intervento una pericolosità media da frana **Hg1**. Per quanto attiene alla pericolosità idraulica, una parte dell'area di intervento, quella situata tra la via Capo d'Orso e la via del Vecchio Marino, ricade in **Hi4**.

Da tale perimetrazione l'area in esame si trova in un area appartenente alla **classe Hg1** (Pericolosità moderata).

Nelle Norme di Attuazione del P.A.I. si afferma:

Articolo 34_Disciplinazione delle aree di pericolosità moderata da frana (Hg2).

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

L'articolo citato mostra come l'intervento in oggetto risulti ammissibile alle prescrizioni riportate nelle Norme di attuazione del PAI.

Lo Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica dovrà verificare la compatibilità dell'intervento.

L'insieme dei dati raccolti e delle elaborazioni effettuate in sede di stesura del presente elaborato ha consentito di ricostruire il modello geologico e geotecnico del sottosuolo dell'area oggetto di studio. Nella stesura del presente elaborato si è fatto a tale fine riferimento anche alle risultanze di rilievi geologici e geomorfologici condotti in occasione di studi precedentemente effettuati nella zona in esame.

Le risultanze dello studio geologico e geomorfologico mostrano come allo stato attuale non siano presenti nell'area indagata elementi di pericolosità idrogeologica e fenomeni di dissesto franoso in atto o potenziale tali da influenzare direttamente e/o negativamente le opere in progetto del presente Studio di compatibilità.

Pertanto si può affermare che gli interventi previsti, non andranno ad influenzare le condizioni di stabilità globale del pendio e non si avrà l'effetto di modificare o incrementare il livello di pericolosità da frana Hg1 individuata e perimetrata dallo Studio di compatibilità relativo all'art. 8 c. 2 bis del P.A.I., gli interventi previsti non determineranno interferenze con le dinamiche di versante descritte in precedenza e non ne innescano di nuove, lasciando invariata la situazione attuale in termini di stabilità gravitativa e "forze agenti" rispetto alle condizioni ex ante.

A seguito dei rilievi effettuati è stata riscontrata una buona omogeneità per quanto riguarda il tipo litologico, il grado di alterazione e le condizioni generali delle formazioni in affioramento (aspetto, grado di alterazione, intensità di fratturazione etc.).

Al fine di individuare i principali parametri geomeccanici e geotecnici delle rocce interessate dall'intervento, è stato effettuato un rilievo geomeccanico eseguito su due stazioni Strutturali (SS1, SS2), la prima (SS1) in prossimità del Canale Luccia e la seconda (SS2) in prossimità del Canale Baragge

Sono stati utilizzati i risultati della stazione strutturale **SS1** che rappresenta i valori più rappresentativi con i seguenti parametri geotecnici:

Coesione 2,0 kg/cmq

Angolo di attrito interno 35°

Peso di volume 2600 kg/cmq

I parametri dei graniti arenizzati sono stati desunti da precedenti analisi di laboratorio su campioni similari alle litologie presenti nell'area in esame.

MONZOGRANITI							
STRATO	SPESSORE (m)	LITOTIPO	PARAMETRI NOMINALI				
			γ (Kg/cm3)	γ _d (Kg/cm3)	φ (°)	W %	C' (Kg/cm2)
1	0,4						
2	0,4-3,00	monzograniti fortemente alterati	2100	1,96	37		0,24
3	> 3,00	monzograniti in facies lapidea	2600		35		2

Tabella parametri geotecnici

I valori ottenuti mostrano chiaramente che i litotipi affioranti nell'area, possiedono caratteristiche geotecniche e geomeccaniche adeguate per andare a costituire la sede di fondazione delle opere in oggetto.

Quanto affermato consente di concludere attestando, sulla base delle risultanze degli studi e delle verifiche effettuate nell'unità geomorfologica e fisiografica entro la quale è ubicata l'area di indagine, che l'intervento in progetto non determina incrementi del livello di pericolosità e rischio individuati dallo studio di compatibilità a norma dell'art. 8 comma 2 previsti dalle N.d.A. del P.A.I., ovvero non causa né direttamente né indirettamente variazioni a monte, a valle, o nelle aree comunque circostanti, del livello di pericolosità e rischio da frana riconosciuti attualmente.

L'intervento sottoposto all'approvazione è stato progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente - fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile - e non preclude la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio.

Posada, lì settembre 2021

Dr. Geol. Roberto Tola

ALLEGATI

CARTOGRAFIA TEMATICA

IGM Scala 1:25.000

Stralcio IGM Storico Scala 1:8.000

CTR Scala 1:10.000

Stralcio CTR Scala 1:4.000

Ortofoto Scala 1:10.000

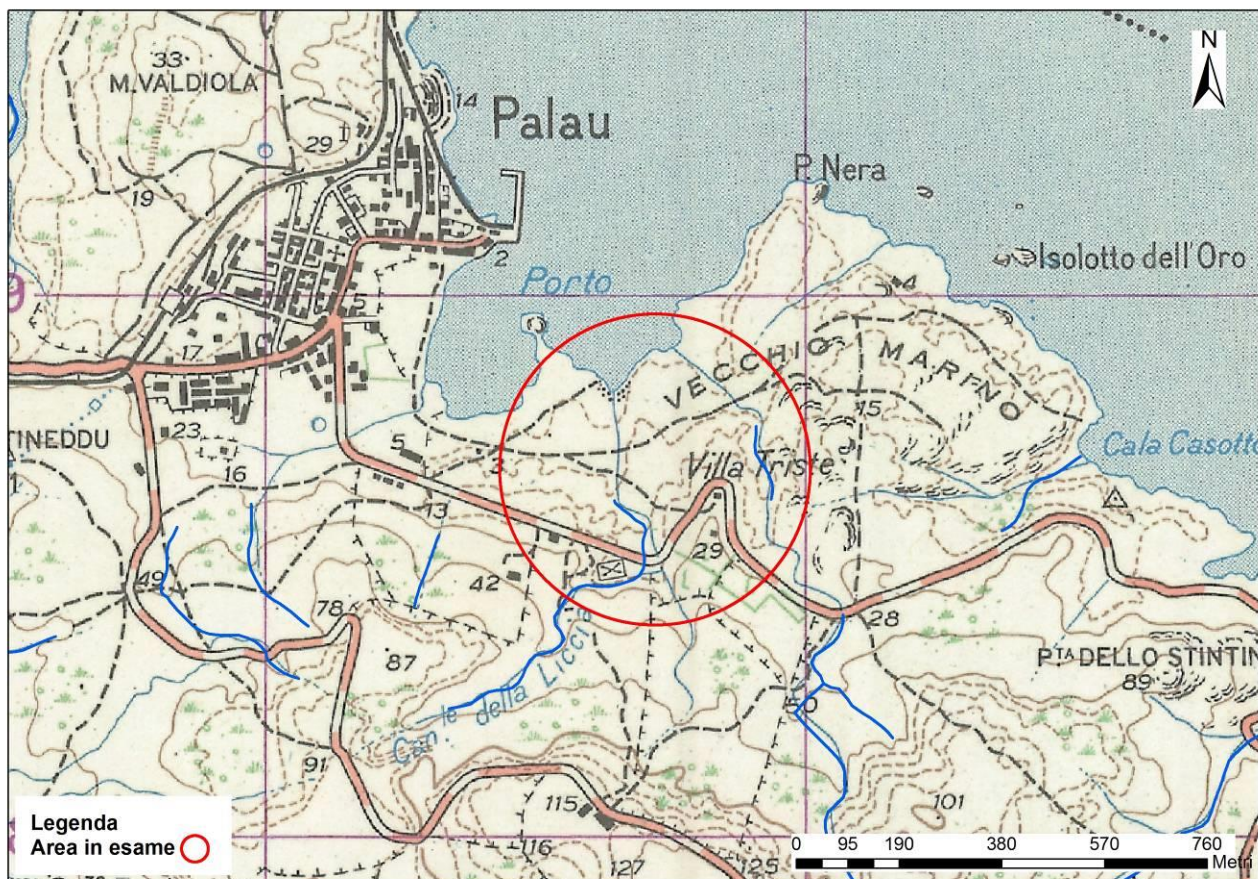
Ortofoto Scala 1:5.000

Carta Litologica Scala 1:6.000

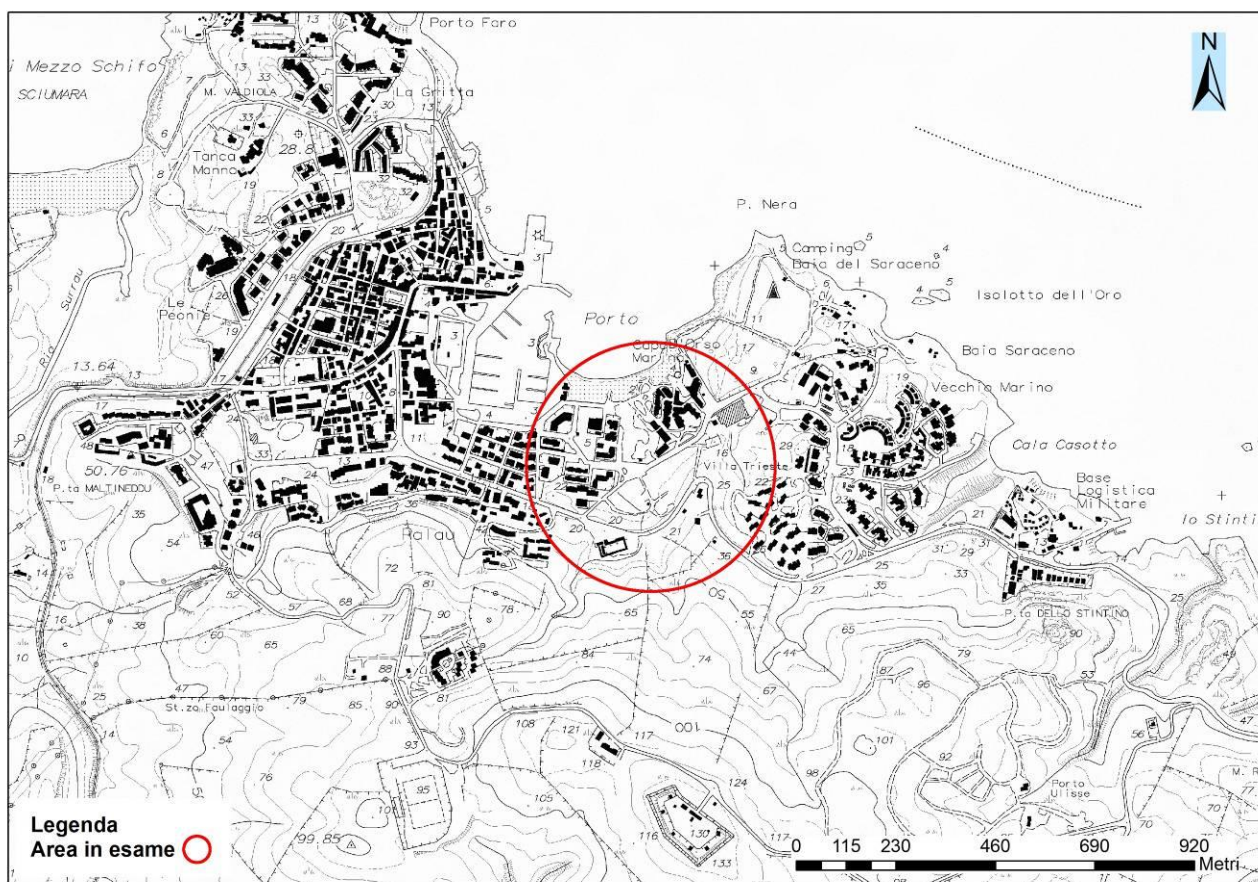
Carta delle Permeabilità Scala 1:6.000



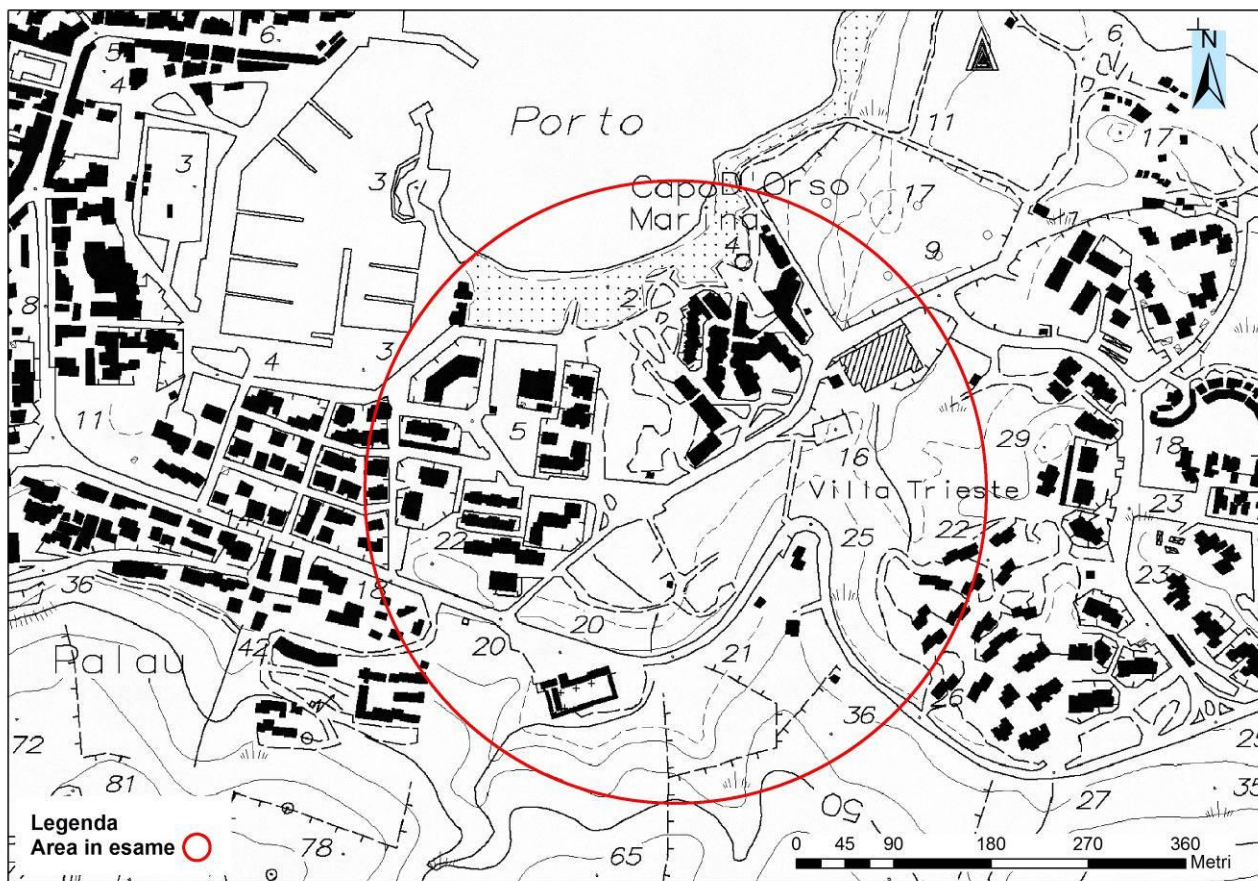
IGM_Scala 1:25.000



Stralcio IGM Storico_Scala 1:8.000



CTR Scala 1:10.000



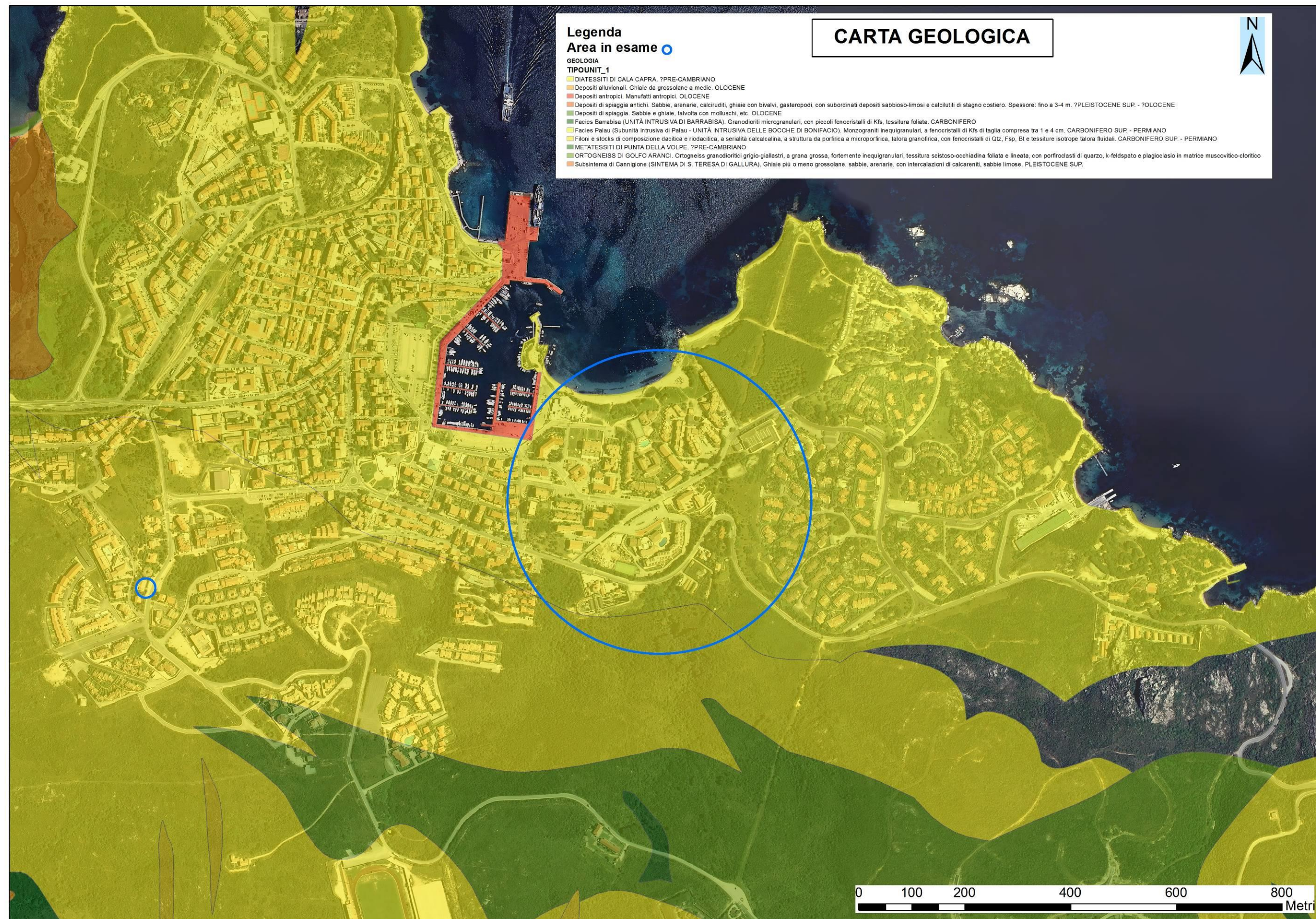
Stralcio CTR Scala 1:4.000



Inquadramento dell'area da Ortofoto Scala 1:10.000



Inquadramento dell'area da Ortofoto Scala 1:5.000



CARTA DELLE PERMEABILITA'



Legenda
Area in esame 
carta_permeabilita
PERM_TIPO

	Permeabilità alta per porosità
	Permeabilità bassa per fratturazione
	Permeabilità medio bassa per fratturazione

0 100 200 400 600 800 Metri