



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna

Servizio Progetti e Costruzioni



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”
CIG- 7291196547- CUP: I86B05000050002**

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO DELL'ELABORATO

Studio di compatibilità geologica e geotecnica

ID ELABORATO

R.20

SCALA

-

CODIFICA ELAB

R.20-ENAS539Rrsp165R0

Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche e coordinatore di progetto:
Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

GALBO
DAMIANO
02.05.2019
14:37:20
UTC

Responsabile della progettazione impianti elettrici e TLC:
Ing. Giovanni Gabellone (H.E. s.s.)

Responsabile progettazione strutturale e geotecnica:
Ing. Pietro Diliberto (S.T.P. s.r.l.)
Collaboratori:
Ing. Ettore Galbo (H.E. s.s.)

Responsabile rilievi GPS/LS:
Geom. Alberto Bianco
Collaboratori:
Geom. Lorenzo Verme (H.E. s.s.)

Responsabile della progettazione idraulica:
Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)
Collaboratori:
Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)
Prof. Ing. Gabriele Freni
Ing. Fulvio Galbo (H.E. s.s.)
Ing. Piera De Luca (H.E. s.s.)

Responsabile coordinamento sicurezza in fase di progetto:
Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)
Collaboratori:
Ing. Giampiero Pili (S.T.P. s.r.l.)
Ing. Giovambattista Lombardo (H.E. s.s.)

GALBO MARIANO
02.05.2019
14:49:00 UTC

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Stefano Serra



(Capogruppo Mandataria)



(Mandante)



Prof. Ing. Gabriele Freni
(Mandante)

Mario Strinna



Dott. Geol. Mario Strinna
(Mandante)



Società cooperativa
(Mandante)

0	Aprile 2019	PRIMA EMISSIONE	STP	PD	DG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	RED.	VER.	APPR.



Sommario

A. PREMESSA	2
B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO	3
C. SINTESI DA PROGETTO ESECUTIVO	8
1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRATIGRAFICO	11
1.1 Caratteristiche tettoniche e stratigrafiche dell'area vasta.....	11
1.2 Caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche del territorio.....	17
1.2.1 Idrografia superficiale e caratteristiche idrogeologiche	18
1.2.2 Permeabilità nel contesto dell'area sensibile	21
1.3 Inquadramento climatico	22
1.3.1 Parametri meteo climatici.....	23
2 ANALISI DELLA COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA DA FRANA.....	26
2.1 - Premessa:	26
2.2 Verifica di compatibilità geologica e geotecnica	28
2.2.1 Quadro normativo di riferimento	28
2.2.2 Pericolosità geologica del territorio	30
3 GEOMECCANICA DEL TERRENO	32
3.1 Premessa	32
3.2 Considerazioni geomeccaniche.....	33
3.3 Stima dei parametri geotecnici da prove S.P.T	37
3.4 Stima dei parametri geotecnici caratteristici delle litologie presenti	38
4 VERIFICA SISMICA A RIFRAZIONE	43
4.1 Valutazione complessiva dell'intervento, compatibilità con le norme del PAI e sua fattibilità.....	46
4.1.1 Criteri di ammissibilità ai sensi delle NAT del PAI.....	47
4.2 Piano di manutenzione.....	48
4.3 Piano di monitoraggio	48
5 CONCLUSIONI.....	48



A. PREMESSA

Per la verifica dei terreni interessati dagli interventi nell'ambito del progetto di *"Ristrutturazione Linea Coghinas I e II – Ristrutturazione della Vasca terminale della linea Coghinas 1° in località Porto Torres - Ristrutturazione della Vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas - Ristrutturazione della Vasca terminale della linea Coghinas 2° in località Truncu Reale-Sassari"*, è stato richiesto un aggiornamento dello studio di Compatibilità geologica e geotecnica, redatto nel 2014 in fase di progetto definitivo, su incarico dell'Ente Acque della Sardegna, dal Dott. Geol. Angelo Vigo. Lo scrivente prendendo atto della documentazione messa a disposizione, ha riverificato le aree da un punto di vista geologico e geotecnico, con particolare riferimento:

- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del sedime di intervento al fine di definire la sequenza dei terreni;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale;
- Definizione delle caratteristiche litotecniche basata su documentazione disponibile, edita e inedita;
- Verifica della pericolosità da N.A del P.A.I.

Nello specifico, il sito nel 2014 rientrava tra le aree classificate a pericolosità geologica e geotecnica media (Hg2): Titolo III - Cap. I Art. 23 comma 6 lett. b → *subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica di cui agli articoli 24 e 25, nei casi in cui lo studio è espressamente richiesto dagli articoli: 8, comma 9; 13, commi 3, 4 e 8; 19, comma 4; 22, comma 4; 27, comma 6; 28, comma 8; 29, comma 3; 31, comma 6; 32, comma 4; 33, comma 5; Allegato E; Allegato F.*

L'areale di Truncu Reale, rientra in aree esposte alla probabilità di eventi del tipo Sinkhole, così come vengono attualmente contemplati dalla RAS sulla base dell'art. 31 comma 8 delle N.A. del P.A.I. → *Nelle sole situazioni in cui il pericolo di frana scaturisce da fenomeni gravitativi denominati SINKHOLE (crollo/subsidenza indotti da cavità sotterranee naturali, carsiche o di dissoluzione; o antropiche, estrattive) è consentita nelle aree pericolose la realizzazione, in materia di patrimonio edilizio, pubblico e privato, e in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, di nuove costruzioni, ristrutturazioni, restauro conservativo previo studio dettagliato dell'area da effettuarsi con l'estensione e le modalità previste nel protocollo tecnico "tipo" approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino*



L'area in progetto, facendo riferimento alla campagna di indagini geognostiche pregressa (redazione progetto definitivo) sia di tipo indiretto (sismica a rifrazione) che di tipo diretto (sondaggi geognostici), dalle quali sono stati ricavati gli elementi litostratigrafici necessari alla verifica di pericolosità del sito, sono stati definiti dallo scrivente abbastanza esaustivi ai fini di un riferimento tecnico a supporto del presente elaborato. In particolare sono stati eseguiti:

- a) n. 2 profili sismici a rifrazione con determinazione e restituzione tomografica delle velocità delle onde P; b) n.3 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT in foro e prelievo di campioni disturbati e semidisturbati.

Nello specifico i dati di dettaglio sono stati acquisiti tramite esperienze pregresse svolte dallo scrivente nello stesso contesto territoriale e osservazione (dirette) di evidenze litologiche (Litofacies nella Formazione di Mores → **RESa**: calcareniti, calcari bioclastici, calcari nodulari a componente terrigena) in affioramento nell'area, costituente il principale substrato di tutto il territorio sensibile.

Si evidenzia:

- Area a pericolosità idraulica → Assente;
- Area a pericolosità geomorfologica → Assente (agg. Dic. 2018).

B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO

L'area interessata dallo studio è situata all'esterno del contesto urbano di Sassari, in località denominata *Lu Saltu di La Pera*, ad una quota di circa 80 mt s.l.m.m. in una situazione sub pianeggiante compresa tra la Ferrovia statale e la strada Vicinale di La Crucca.

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

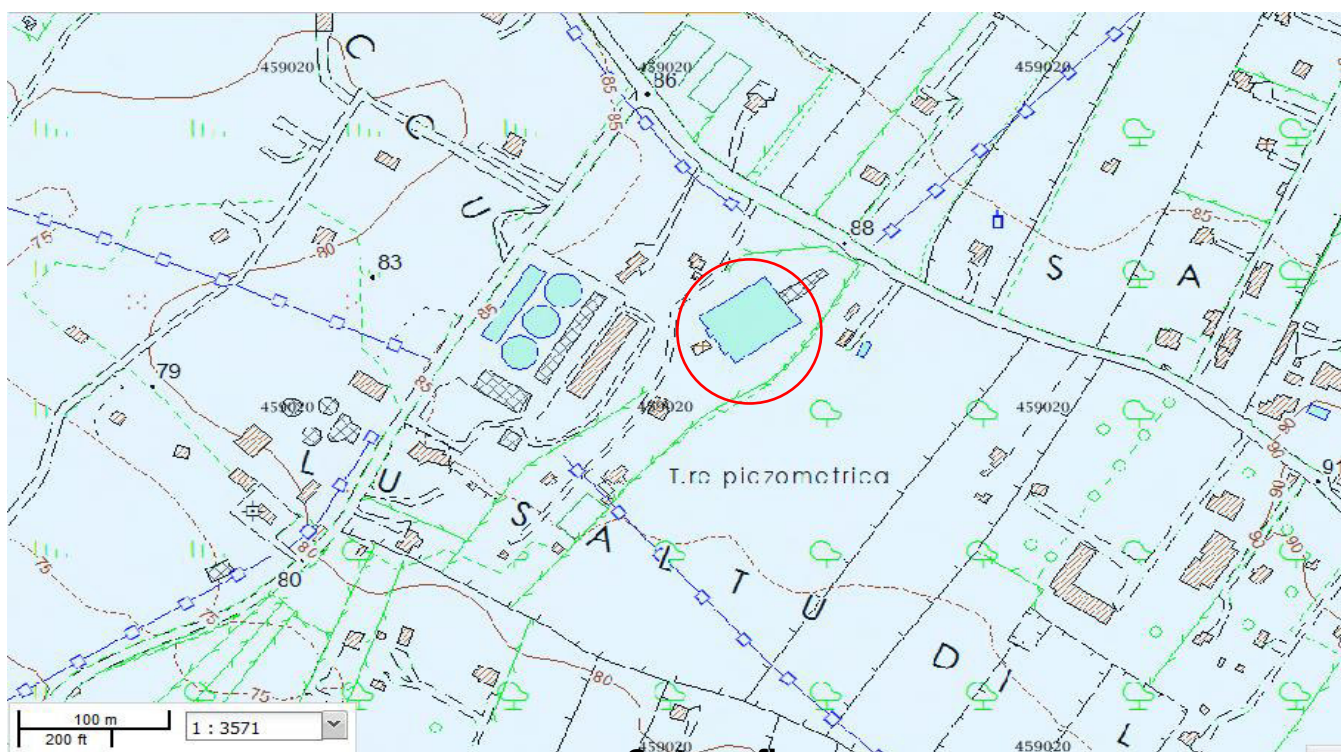
- Foglio I.G.M. N. 459 sez. IV quadrante denominato "La Crucca" alla scala 1:25.000;
- Foglio 459-020 della Carta Tecnica della Sardegna alla scala 1:10.000 denominato "Ottava"

Coordinate Km Gauss-Boaga (Fuso 32)

- **X** = 1456006.1003 **E**
- **Y** = 4512708.1711 **N**



Figura 1 – Inquadramento su foto aerea lotto in esame

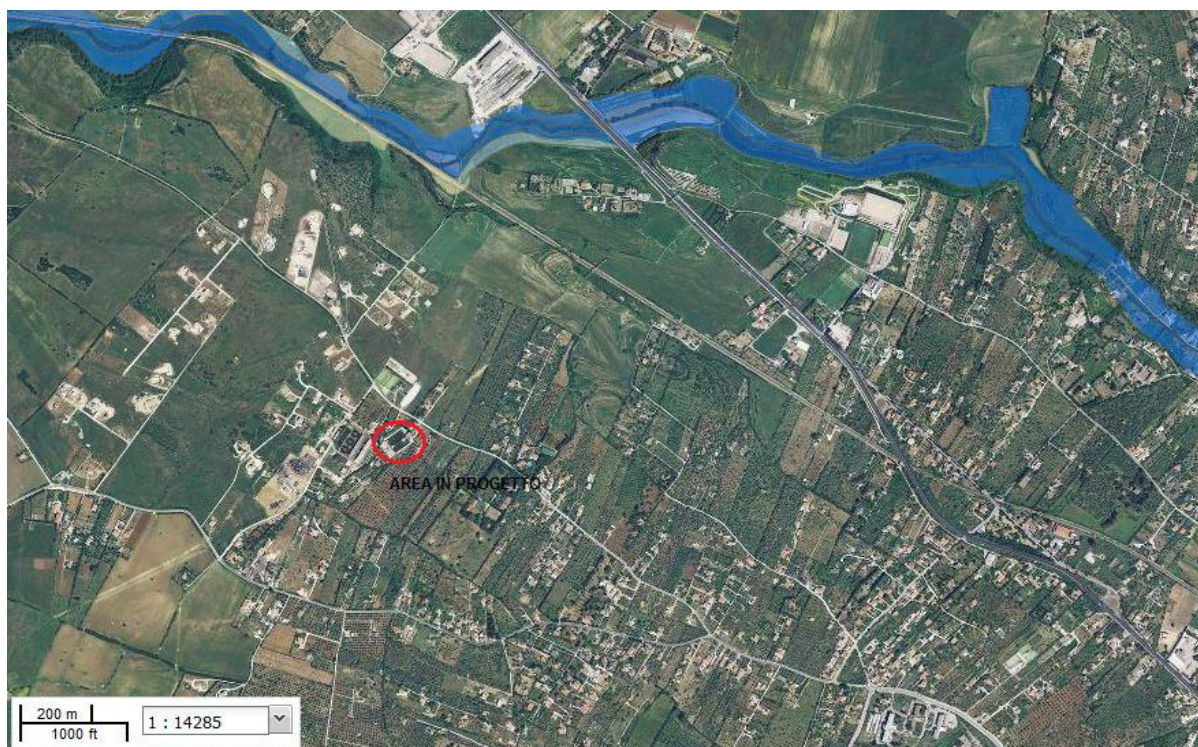
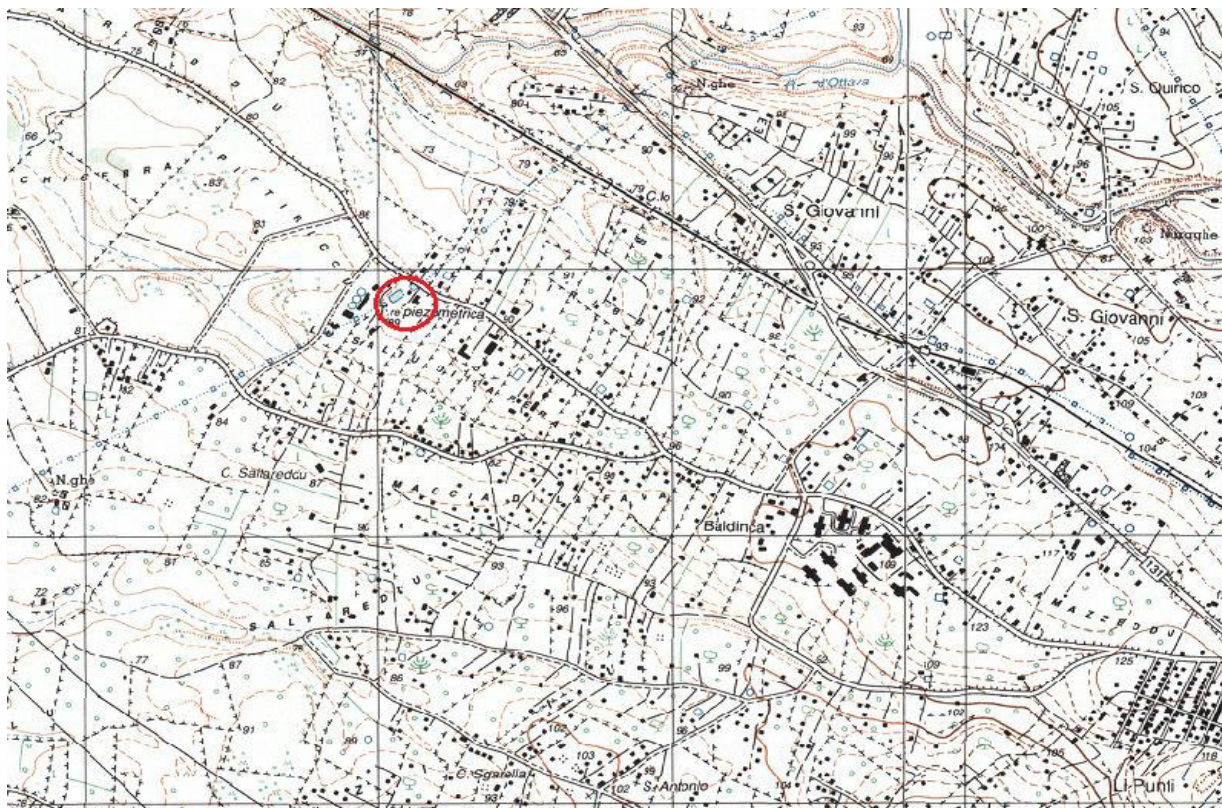


Cartografia

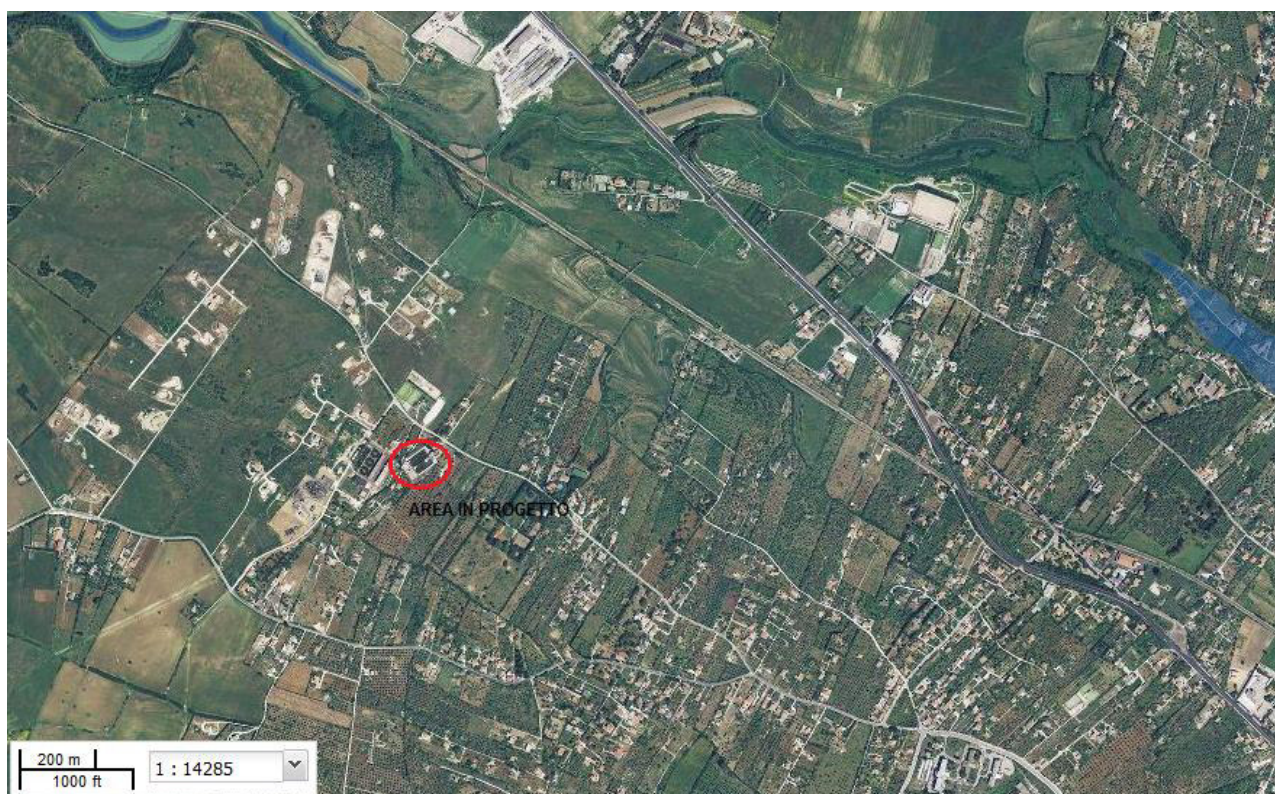


*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo

C.T.R 459-020 ÷ I.G.M 459 sez IV



PSFF - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate in ambito P.S.F.F. aggiornate alla data del 17.12.2015



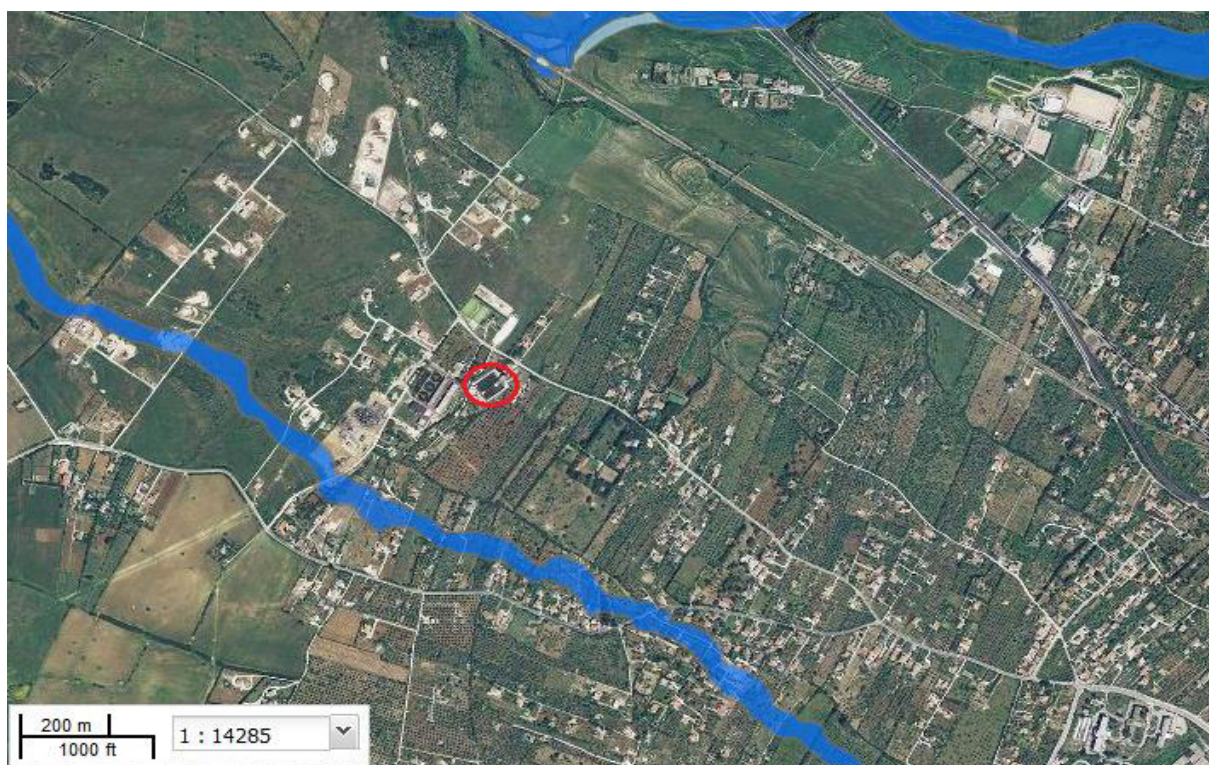
Pericolo Idraulico REV. 41 Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31/01/2018.



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo



Pericolo geomorfologico REV 42 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018



Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate a seguito di studi derivanti all'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. aggiornate alla data del 31/01/2018.



C. SINTESI DA PROGETTO ESECUTIVO

L'area è stata sottoposta a vincolo idrogeologico per gli effetti della Deliberazione N. 37/15 del 30.7.2009 della G.R., in base ai quali il C.F.V.A. ha esteso il vincolo idrogeologico di cui al Regio Decreto Legge 30.12.1923, n. 3267 alle aree delimitate dal PAI come aree di pericolosità da frana ai sensi della deliberazione della Giunta regionale n. 54/33 del 30 dicembre 2004 e s.m.i.

Attualmente (Rev 42 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018) l'area non evidenzia nessuna criticità legata alla pericolosità geomorfologica da frana, né tantomeno idraulica. La perimetrazione presente all'interno del portale Regionale della Sardegna evidenzia una rimanenza, esterna al progetto, di pericolosità da frana verso SW circoscritta (Rg2).

Il progetto Definitivo prevedeva la ristrutturazione della vasca terminale della Linea Coghinas in località Truncu Reale, consistente sia nel semplice risanamento delle strutture esistenti (vasca e condotte), sia nella realizzazione dei seguenti nuovi manufatti (schema semplificato a pag. 9):

- Linea By-Pass di alimentazione Tottubella, costituito da un torrino di disconnessione in c.a. a sezione circolare con raggio di 4,70 metri e altezza fuori terra di 8,25 metri, fondata su basamento monolitico in c.a. intestato a circa 4,60 metri di profondità dall'attuale p.c, con relativi tratti di condotte e camera di manovra;
- Demolizione e ricostruzione delle opere di erogazione e della relativa camera di manovra, su una platea in c.a. intestata a circa 4,40 metri di profondità;
- Realizzazione di camere interrato a profondità superiori a 4,00 metri, destinate alle opere di sezionamento, misura ed erogazione nei diversi rami di alimentazione.

In fase di sviluppo del Progetto Esecutivo, di concerto con la Stazione Appaltante, ENAS, sono state apportate delle variazioni all'organizzazione funzionale idraulica del sistema Truncu Reale, semplificandolo e migliorandone la futura fase di gestione. In tal senso, oltre a confermare gli interventi di ripristino strutturale corticale delle vasche, è stata prevista la realizzazione dei seguenti nuovi manufatti (ved. Planimetria di seguito):

- Nuova vasca di distribuzione e relativa camera di manovra in uscita;
- camera di sezionamento in ingresso in c.a.;



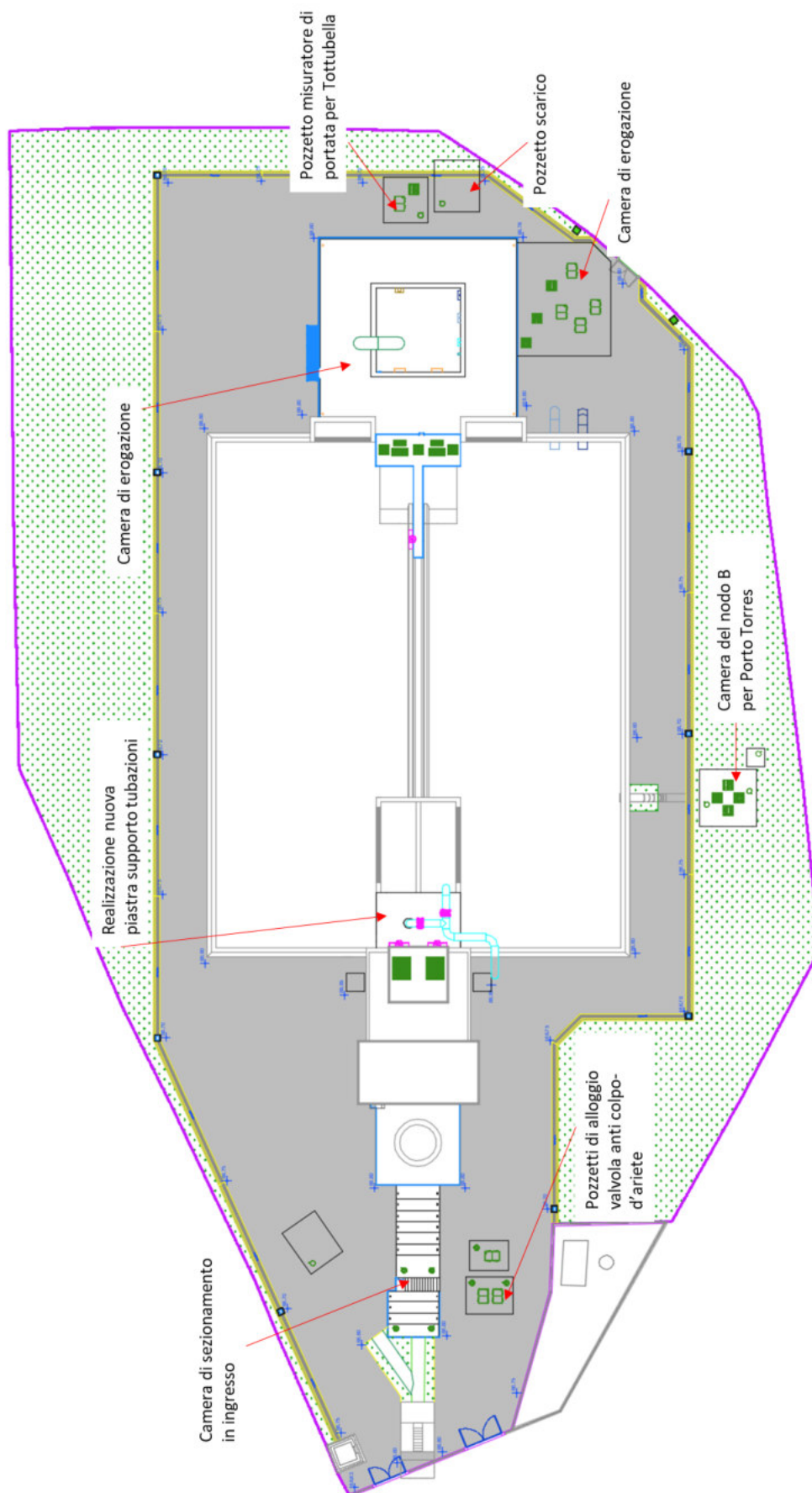
- pozzetto in c.a. per l'alloggiamento degli organi di sezionamento e misura sul by-pass generale della vasca.
- pozzetti in c.a. per l'alloggiamento delle valvole anticipatrice del colpo d'ariete;
- pozzetto in c.a. per l'alloggiamento delle erogazioni per Porto Torres e la zona industriale di Truncu Reale;
- Pozzetti in c.a. per l'alloggiamento degli organi di misura per le portate in uscita verso Tottubella;
- Pozzetto in c.a. di scarico.

È, inoltre, previsto il rifacimento della copertura dell'esistente pozzetto per la misura della portata in ingresso. Tale copertura verrà realizzata mediante blocchi in calcestruzzo amovibili.

Inoltre, verrà realizzata una piastra in c.a., avente dimensioni in pianta pari a (5,90x9,00) m e spessore di 0,30 m come supporto per le nuove tubazioni in ingresso in vasca provenienti da Porto Torres.



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo





1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRATIGRAFICO

1.1 Caratteristiche tettoniche e stratigrafiche dell'area vasta

I lineamenti fisiografici del territorio di Sassari, nella Sardegna nord-occidentale, derivano essenzialmente dall'evoluzione tettonica Terziaria e Quaternaria della Sardegna. La strutturazione crostale dell'isola si è realizzata durante l'orogenesi Varisica, che ha interessato tutto il Basamento Sardo con intense deformazioni, un metamorfismo sincinemato e un importante magmatismo post-collisionale. Il basamento sardo è un segmento della catena varisica europea, separatosi dall'Europa solo nel Miocene inferiore (Burdigaliano). Le strutture fondamentali del basamento trovano la loro prosecuzione in Provenza e Catalogna (Alvarez, 1972; Arthaud & Matte,

1966; 1977; Cherchi & Montadert, 1982; Edel et al., 1981; Gattacceca et al., 2007; Matte, 2001) secondo la posizione pre-deriva Miocenica del blocco sardo-corso.

Circa un terzo dell'isola è coperto da sedimenti e vulcaniti del Carbonifero superiore-Permiano, del Mesozoico e del varisiche (Carmignani, Conti, Funedda et al; 2008). Terziario. Le formazioni più rappresentate sono di età miocenica; esse, infatti, affiorano con continuità da Golfo di Cagliari a quello di Sassari e rappresentano da sole oltre la metà degli affioramenti delle coperture post-

I maggiori spessori sono raggiunti nella "fossa sarda" (Vardabasso, 1962) o "rift sardo" (Cherchi & Montadert, 1982), in realtà costituiti da una serie di bacini sedimentari terziari (Oggiano et al., 2009) che interessano una fascia

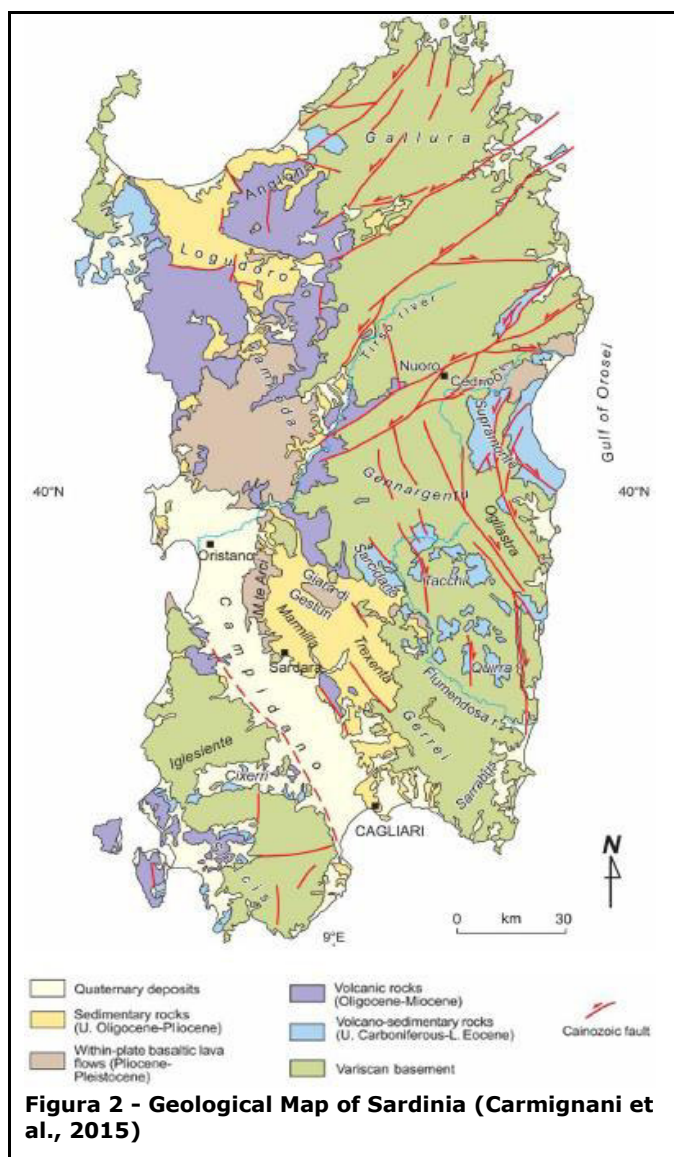


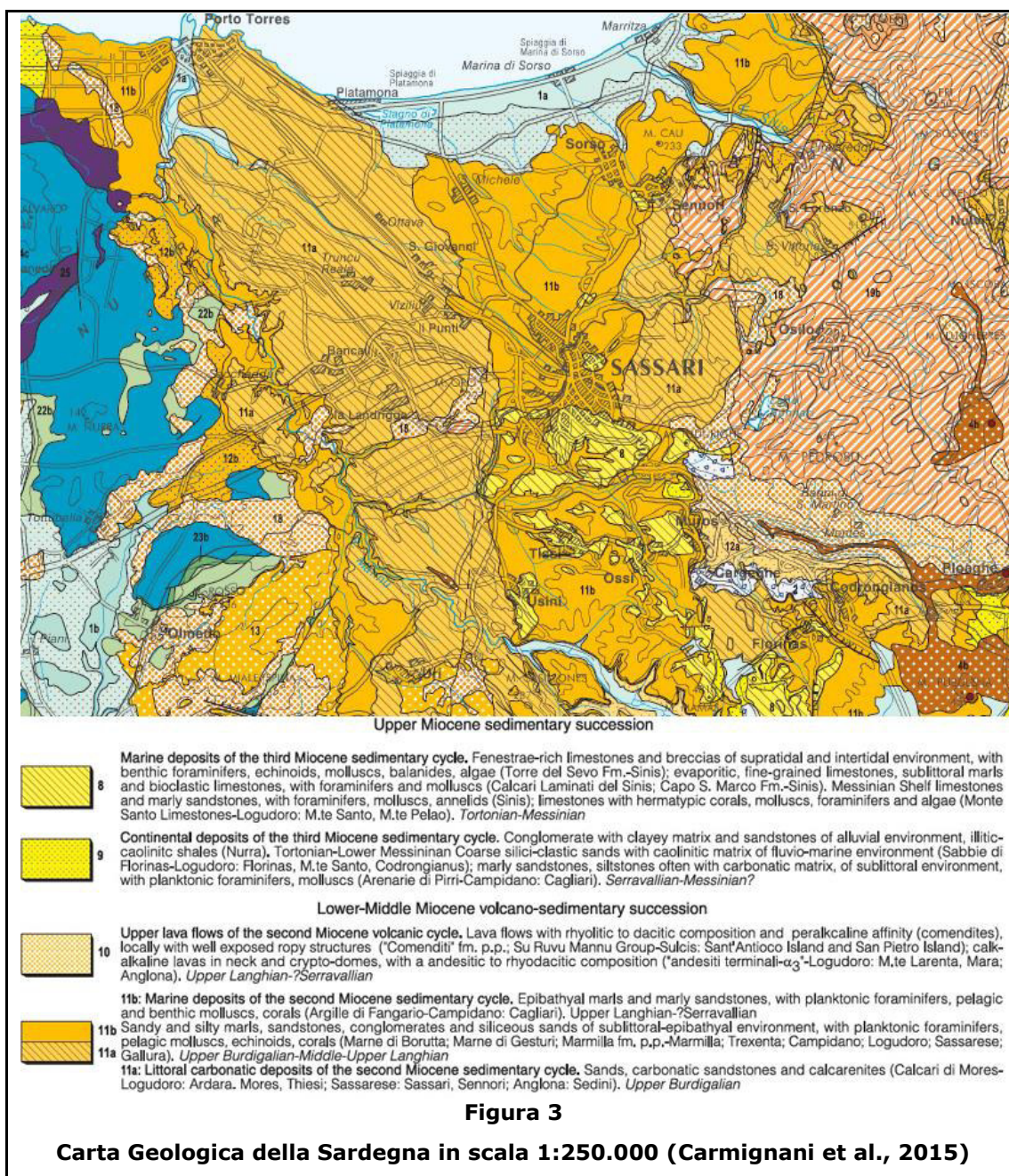
Figura 2 - Geological Map of Sardinia (Carmignani et al., 2015)



**"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"**
Progetto esecutivo

meridiana, più o meno continua tra il Golfo di Cagliari e quello di Sassari.

Dopo la sua evoluzione varisica, la Sardegna, benché al di fuori della zona orogenica alpina, si è trovata ai margini di due aree caratterizzate da fenomeni orogenici importanti: i Pirenei e gli Appennini. Successivamente, essa è stata interessata, prima a ovest e poi a est, da due episodi di rifting ad evoluzione oceanica: l'apertura del Bacino Balearico nel Burdigaliano e l'apertura del Tirreno centro-meridionale nel Miocene superiore-Pliocene.





Lavori recenti (Carmignani et al., 1994a, Oggiano et al., 2009, Oggiano et al., 2011) hanno evidenziato come la Sardegna sia stata interessata dalla tettonica collisionale terziaria, con sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti che inducono importanti transpressioni (Carmignani et al., 1992a; 1994a; 2004; Pasci, 1997), con sovrascorrimenti del basamento paleozoico sulla copertura post-varisica (M. Albo, M. Tuttavista, Supramonte), e transtensioni (bacini di Chilivani-Berchidda, Ottana), (Oggiano et al., 1995).

Nella successione oligo-miocenica sono intercalati prodotti vulcanici calcalcalini (ciclo vulcanico calcalcalino oligo-miocenico) riferibili alla subduzione nord-appenninica e alla relativa distensione post-collisionale (Beccaluva et al., 1994; Carmignani et al., 1994a; 1994c; 2001c; Lecca et al., 1997). Gli ultimi prodotti vulcanici riconosciuti nell'Isola sono rappresentati da basalti intraplacca connessi con l'apertura del Tirreno meridionale, attribuiti al ciclo vulcanico ad affinità alcalina, transizionale e subalcalina del Plio-Pleistocene.

La tettonica trascorrente di età oligo-aquitaniense rappresenta uno dei più importanti eventi deformativi della copertura post-varisica sarda da riferire alla collisione continentale terziaria tra la placca apula e il margine sud-europeo (Carmignani et al., 1992a; 1994a; Pasci, 1997; Pasciet al., 1998). In sintesi, la Sardegna settentrionale resta caratterizzata da una tettonica trascorrente sinistra (Oggiano et al., 1995), in cui si sono sviluppati limitati bacini transtensivi orientati NE-SW (bacino di Chilivani-Berchidda, Ottana, ecc.) e importanti strutture transpressive. A questi bacini e alle faglie che li strutturano, sembrano essere correlate le effusioni vulcaniche oligo-aquitaniense.

Con il Burdigaliano superiore in tutta l'Isola si ha un cambiamento del regime deformativo, che da trascorrente (con ampie zone soggette a transpressione e transtensione), diventa distensivo. Durante questo periodo sulla terraferma, depositi trasgressivi del Burdigaliano superiore-Langhiano si rinvengono nel Logudoro e nel Sassarese proseguendo in mare nel Golfo dell'Asinara. In questo settore, la distinzione tra le strutture trascorrenti oligo-aquitaniense e i depositi associati ("1° ciclo") dalle strutture distensive del Burdigaliano e i relativi sedimenti ("2° ciclo") è facilitata dal fatto che le faglie dei due eventi hanno direzioni fortemente differenti.

Il bacino del Logudoro è un semi-graben, orientato NNW che si estende dall'altopiano di Campeda a sud fino alla zona di Ittiri e Ploaghe a nord; il margine occidentale è limitato da una serie di faglie dirette mentre quello orientale è caratterizzato dalla



trasgressione miocenica su un substrato costituito prevalentemente dalle vulcaniti aquitaniane-burdigaliane.

I sedimenti, procedendo da est verso ovest, mostrano un'evoluzione da ambienti prossimali a distali. Il riempimento del bacino è costituito da tre sequenze stratigrafiche principali: la più antica in quest'area è rappresentata esclusivamente da vulcaniti del Miocene inferiore e relative epiclastiti (1° ciclo tettono-sedimentario oligo-miocenico); la seconda sequenza è una successione sedimentaria costituita alla base da sedimenti clastici grossolani tipici di ambiente alluvionale, da conoide prossimale a delta, che passano a calcari litorali e sabbie, seguiti da siltiti e marne arenacee epibatiali (2° ciclo tettono-sedimentario oligo-miocenico). Questa seconda sequenza ha un'età che va dal Burdigaliano superiore fino al Langhiano, poggia con rapporti di onlap sulle sottostanti vulcaniti ed epiclastiti ed è interrotta superiormente da una superficie erosiva; la terza sequenza deposizionale (3° ciclo tettono-sedimentario oligo-miocenico) che arriva fino al Tortoniano-(?)Messiniano, è costituita da sabbie fluvio-marine alla base e da calcari di piattaforma interna ricchi in alghe (Mazzei & Oggiano, 1990).

Gli stessi aspetti stratigrafici e strutturali sono evidenti anche nel bacino di Porto Torres che si sviluppa a NW, con cui il bacino del Logudoro è collegato tramite una complessa zona di trasferimento che inverte la geometria dei bacini. Le faglie NNW che strutturano i due bacini non affiorano con continuità: in genere si configurano come ristrette zone di taglio più che come singole superfici e, spesso, sono state riattivate a più riprese, sia durante l'evoluzione dei bacini miocenici che nel Pliocene.

Le successioni interessate dalla deformazione oligo-miocenica sono ricoperte in discordanza dagli espandimenti basaltici di età pliocenica, la cui messa in posto è collegata a un nuovo ciclo vulcanico connesso alla dinamica estensionale che ha interessato la Sardegna e il Tirreno nel Plio-Pleistocene; le datazioni radiometriche delle rocce vulcaniche hanno, infatti, fornito età comprese tra 5,3 e 0,14 Ma (Beccaluva et al., 1985). In sintesi, l'evoluzione sedimentaria nella Sardegna Settentrionale è caratterizzata da numerosi cicli trasgressivo-regressivi, fra loro alternati.

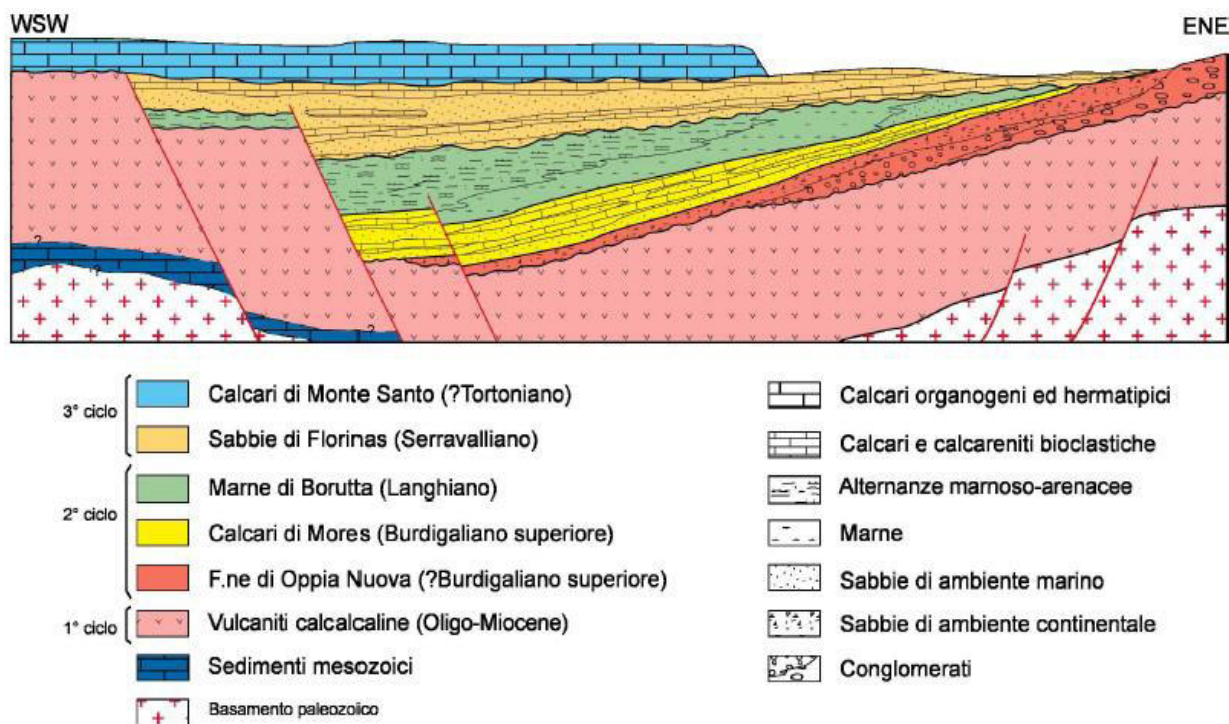


Figura 4

Schema stratigrafico del Bacino del Logudoro (da Funedda et al., 2000)

Poiché il bacino di sedimentazione del Logudoro-Sassarese è stato interessato durante il Miocene da diverse oscillazioni eustatiche e da instabilità tettonica, sono state distinte differenti unità litostratigrafiche, riconducibili a due cicli sedimentari marini miocenici. Le unità stratigrafiche più significative, sono le seguenti:

- Formazione di Oppia Nuova (Burdigaliano medio-sup.): consiste di depositi silicoclastici di ambiente continentale, caratterizzati da transizioni verticali e laterali da sabbie grossolane, talvolta conglomeratiche, quarzoso-feldspatiche, a sabbie più fini e stratificazione piano- parallela o incrociata. Il passaggio verso l'alto a sabbie marine fossilifere e a calcari sabbiosi testimonia la graduale sommersione e lo stabilirsi di condizioni marine di un ambiente di piattaforma interna, che caratterizza la successiva unità (Barca, Spano et al., 2000);
- Calcari di Mores (Burdigaliano superiore): le facies prevalenti consistono in biocalcareni detritico-organogene da biohermali a biostromali, deposte in ambiente di piattaforma medio-esterna; talvolta si presentano più friabili in conseguenza di una maggiore componente sabbiosa. Questa unità include sabbie quarzoso-feldspatiche, talvolta cementate, probabilmente legate a fasi regressive



minori, tipiche di un ambiente caratterizzato da fondali costieri sabbiosi con livelli fossiliferi ricchi in echinidi, bivalvi e foraminiferi. Tali litologie poggiano generalmente con contatto netto sui prodotti piroclastici o sui tufi calcarei.

- Marne di Borutta (Burdigaliano superiore-Langhiano superiore): quest'unità, tipica di un processo di sedimentazione in ambiente marino profondo (circalitorale – epibatiale), poggianti sui calcari e sabbie dei "Calcari di Mores", affiora nel Sassarese e nel settore nord-occidentale e centrale del Logudoro. E' costituita da strati di marne, marne argillose, sabbie calcaree, che si alternano a strati marnoso arenacei, con livelli fossiliferi ed a livelli decimetrici più siltosi e cementati, con bioturbazioni (Barca et al., 2000).
- Sabbie di Florinas (Langhiano superiore- Serravalliano medio-sup.): la loro deposizione riguarda un periodo di breve emersione, per cui poggiano in discontinuità sulle "Marne di Borutta" e sui "Calcari di Mores", lungo una superficie erosiva. Si tratta di sabbie microconglomeratiche incoerenti, costituite da elementi quarzoso-feldspatici, indicanti un prolungato trasporto fluviale, con intercalate biocalcareni litorali. Affiorano soprattutto nei dintorni di Florinas e a sud di Ploaghe.
- Calcari di Monte Santo area sensibile (Tortoniano-Messiniano inf.): è legata a una nuova fase trasgressiva (3° ciclo sedimentario miocenico), nella quale si depositarono calcari detritico-organogeni, di piattaforma con paleobatimetria che non superava probabilmente i 15-20 metri. Affiora in particolare in gran parte del tessuto urbano di Sassari.

Il complesso sedimentario miocenico, risulta in prevalenza ricoperto da colate basaltiche (tipicamente localizzate sulla sommità di altopiani) appartenenti al ben noto ciclo magmatico effusivo plio-quadernario e da litologie continentali quadernarie (nell'area di studio). Durante il Quadernario, l'instabilità climatica e i processi di erosione hanno generato soprattutto depositi di versante, falde di detrito e depositi colluviali frequenti alla base di scarpate carbonatiche. Depositi alluvionali ciottolosi a elementi eterometrici grossolani e non cementati, costituiti da clasti appartenenti alle litologie affioranti, soprattutto calcarei e basaltici, affiorano lungo i corsi d'acqua presenti nell'area.



1.2 Caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche del territorio

I lineamenti morfologico-strutturali di un territorio sono il risultato della combinazione di processi geodinamici legati sia all'azione di forze endogene (orogenesi, vulcanismo, tettonica, ecc.) sia esogene (agenti esterni come vento, acque correnti, gravità, ecc.), responsabili di processi di erosione e di sedimentazione, condizionando il modellamento delle superfici esposte. Il quadro morfologico del territorio di Sassari e i suoi dintorni rispecchiano la costituzione geolitologica e strutturale del Logudoro nord-occidentale, che conserva i segni d'importanti eventi geologici, legati al sistema di rifting Oligo-Miocenico, all'Orogenesi Alpina e alla neotettonica quaternaria, cui si attribuiscono la riattivazione delle lineazioni tettoniche e il ringiovanimento delle forme di rilievo.

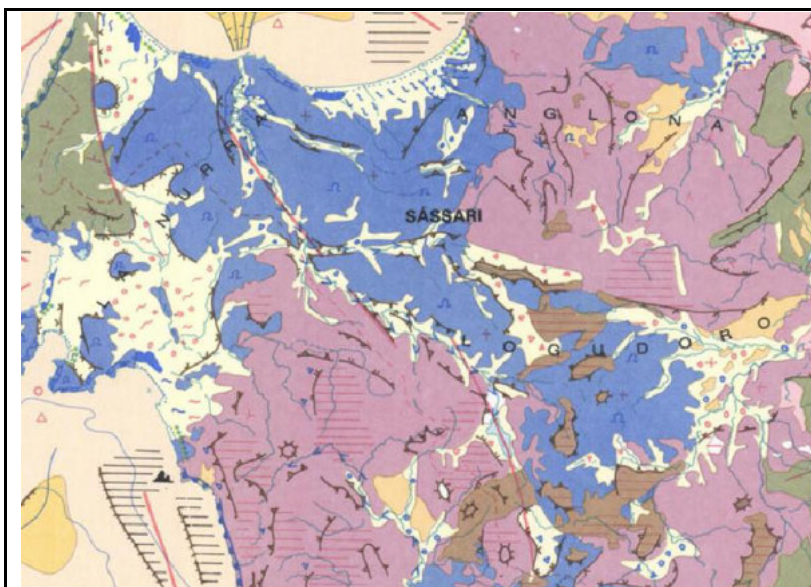


Figura 5 - Stralcio della Carta Geomorfologica della Sardegna (1:250.000)

Più a sud di Sassari, il paesaggio si contraddistingue per la presenza di superfici strutturali come plateaux basaltici, mesas su rocce calcaree e rilievi collinari asimmetrici dal profilo caratteristico (cuestas), separati da valli larghe con versanti dolci o poco acclivi. La presenza di rilievi tabulari emergenti e isolati rispetto alla morfologia circostante è il risultato di processi di erosione differenziale, che hanno determinato un'inversione del rilievo, per via dell'arretramento di tratti di versante e dello scalzamento dei margini, poiché l'erosione si manifesta preferenzialmente sui litotipi meno resistenti e competenti (sedimenti terziari e quaternari), non protetti dai banchi di roccia calcarea e/o dalle colate basaltiche.



La principale caratteristica morfologica del Sassarese, costituito prevalentemente da litologie calcareo-marnose della serie marina miocenica, è offerta da una serie di pianori (es. Serra Secca, San Quirico, Zinziodda, ecc.) costituenti un'estesa area ad andamento quasi tabulare declinante a nord-ovest verso il Golfo dell'Asinara e la pianura della Nurra, mentre a sud-est il terreno è prevalentemente collinare. Il territorio, adagiato su un tavolato calcareo-marnoso è costituito localmente da valli e gole, più o meno incise che ne interrompono la continuità.

Per quanto riguarda la giacitura delle bancate calcaree e calcareo-marnose è, salvo lievi ondulazioni, quasi dovunque sub-orizzontale; l'assetto strutturale delle formazioni calcaree assunto nel territorio di Sassari presenta un andamento monoclinale, con pendenza oscillante tra gli 8° e i 12° verso NO. Poco più a sud di Sassari, l'andamento monoclinale della successione è interrotto lungo la linea Rio Mascari - Valle di Bunnari da una faglia il cui rigetto si aggira intorno ai 40 metri sia a "Sa Crabola" sia in prossimità di "Chighizzu". Questa lineazione tettonica è caratterizzata da una serie di valli più o meno incise, fra cui quella di Rio Mascari, Sa Crabola, Badde Olia Bunnari, ecc .., situate a ESE dell'area in esame. Lungo tali valli si possono osservare versanti e ripide pareti in rocce calcaree, in particolare in località Costa Chighizzu e Scala di Giocca, un'alternanza di strati di calcari detritico-organogeni e calcareniti, formano costoni rocciosi verticali o molto acclivi con esposizione sud-orientale. Queste forme di rilievo, sia per la giacitura dei litotipi affioranti (stratificazione e alternanza di calcari e calcari marnosi) sia per esposizione topografica sono interessate da processi di versante legati alla gravità, con potenziali fenomeni d'instabilità legati a crollo e/o ribaltamento, localizzabili a margine delle pareti verticali o subverticali che bordano i tavolati rocciosi a Est.

1.2.1 Idrografia superficiale e caratteristiche idrogeologiche

Il territorio in esame appartiene all'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O) del Mannu di Porto Torres. Il bacino del Riu Mannu di Porto Torres, si sviluppa in una vasta area della Sardegna nord-occidentale, all'interno dell'area denominata "Fossa Sarda", che è stata interessata in diversi periodi da ripetute trasgressioni e regressioni marine e da numerose manifestazioni vulcaniche. È caratterizzato da un'intensa idrografia dovuta alle varie tipologie rocciose attraversate (vulcaniti oligo-mioceniche, complesso sedimentario miocenico, calcari mesozoici della Nurra, vulcaniti plio-pleistocenici e depositi quaternari).

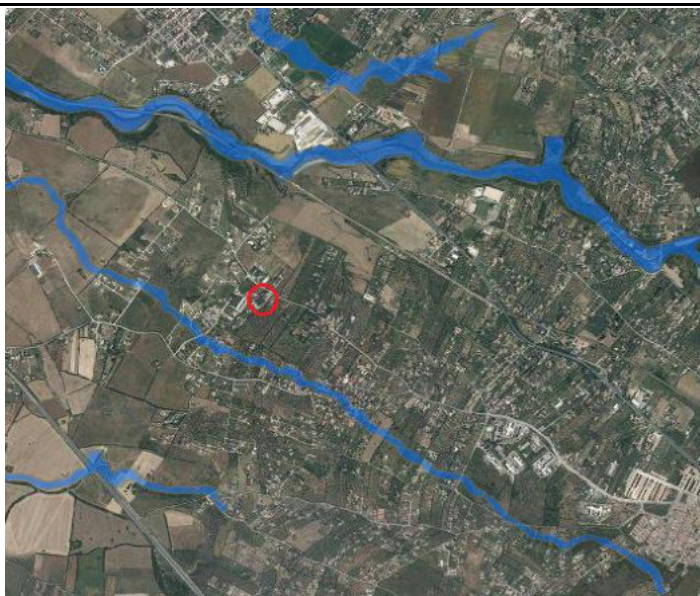
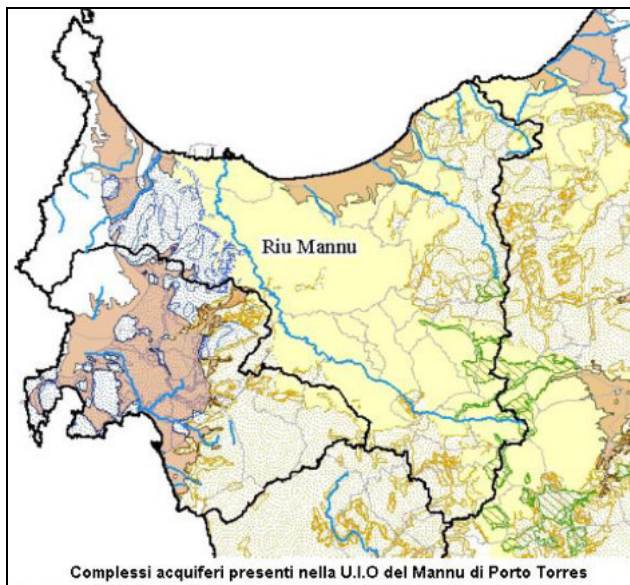


Figura 6 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate a seguito di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. aggiornate alla data del 31/01/2018.

Nell'area esaminata non sono rilevabili sorgenti e non si evidenzia un reticolo idrografico vero e proprio, soprattutto verso Sud. Infatti, si interseca una depressione assimilabile ad un impluvio potenziale di I° ordine (Horton-Strahler) ma costantemente privo di deflusso idrico. L'esame della ricerca della falda freatica (archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo - ISPRA legge 464/84) potenzialmente presente nell'areale ha evidenziato la localizzazione mediamente superiore ai 30 metri). In funzione di tale evidenza è facile supporre che l'acquifero sia costituito dalle calcareniti ed abbia uno spessore compreso tra 50 e 80 metri, sino al raggiungimento delle sottostanti ignimbriti, costituenti un basamento pressoché impermeabile.



Il Riu Mannu è il fiume più importante della Sardegna settentrionale, nasce dal monte Sa Figu (376 mt), si sviluppa in direzione sud est-nord ovest per una lunghezza di circa 65 chilometri fino a sfociare nel golfo dell'Asinara nei pressi di Porto Torres. L'area nella quale si sviluppa il corso d'acqua è caratterizzata da una serie di colline di media altezza, da falsipiani e tavolati modellati nei sedimenti calcarei di età miocenica. I suoi emissari hanno un andamento lineare, ortogonale alla linea di costa. L'idrografia



di del territorio è caratterizzata in prevalenza da corsi d'acqua a regime torrentizio; la frequenza delle incisioni vallive è funzione del diverso grado di permeabilità delle formazioni geologiche di copertura, soprattutto in corrispondenza delle grosse bancate calcarenitiche.

Tra le principali aste fluviali riveste particolare importanza il Rio Ottava, che scorre a NW di Sassari su un'area d'impostazione tettonica, con andamento est-ovest. Il complesso acquifero, nell'ambito dell'unità

idrografica omogenea del Mannu di Porto Torres, che caratterizza il settore in esame, è l' Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Sassarese.

Tale complesso acquifero, in base alla litologia componente è costituito da una o più unità idrogeologiche con caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee. In particolare si possono distinguere:

1. Calcari, calcareniti, arenarie marnose con subordinate marne e siltiti, conglomerati e arenarie, sono caratterizzati da permeabilità complessiva medio-alta; da medio-bassa a medio-alta per porosità nei termini detritici, medio-alta per fessurazione e/o carsismo nei termini carbonatici;
2. Marne, marne arenacee e siltose, conglomerati a matrice argillosa con subordinate arenarie, calcareniti e sabbie, con locali intercalazioni tufacee. Sono caratterizzati da permeabilità complessiva medio-bassa per porosità; localmente medio-alta per porosità nei termini sabbioso-arenacei.



Le formazioni affioranti nel settore in studio sono rappresentate da terreni della successione sedimentaria marina del Miocene, e localmente da una debole copertura di depositi quaternari costituiti da falde di detrito, da depositi alluvionali e colluviali.

Dal punto di vista idrogeologico i sedimenti marini miocenici, si comportano come rocce variamente permeabili, in funzione della presenza di livelli marnoso-argillosi (non acquiferi), che in genere si alternano a strati sabbioso-arenacei (acquiferi). I calcari oligo-miocenici presentano una parziale capacità di immagazzinare acqua e sono da considerarsi rocce semipermeabili, poiché la relativa permeabilità è legata sia alla porosità interstiziale sia alla presenza di discontinuità nell'ammasso roccioso (permeabilità per fessurazione o per carsismo).

Terreni a media permeabilità sono le rocce calcareo-marnose e arenacee in cui il grado della permeabilità è legato alla presenza di fratture, di livelli argillosi intercalati ai pacchi calcarei o arenacei e, in via subordinata, all'effetto della loro alterazione; di permeabilità variabile possono essere considerati sedimenti sabbiosi e conglomeratici più o meno cementati.

Terreni con permeabilità scarsa o impermeabili sono rappresentati dalle marne argillose-arenacee della Formazione delle Marne di Borutta. Le bancate di calcari organogeni sono intercalate da livelli lenticolari di marne e marne calcaree, che trattengono l'acqua dei calcari sovrastanti dando luogo in genere a falde sospese. I depositi quaternari, rappresentati da coltri detritiche e da alluvioni grossolane a elementi etrometrici, allo stato sciolto o semicoerente, sono terreni a buona circolazione idrica per l'intrinseca porosità primaria, sede di falde freatiche superficiali.

1.2.2 Permeabilità nel contesto dell'area sensibile

La permeabilità è una proprietà caratteristica delle terre/rocce ed esprime l'attitudine delle stesse a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa quindi si manifesta con la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee. Poiché i terreni e le rocce non sono corpi omogenei, è intuibile che all'interno degli stessi varino sia le caratteristiche chimico-fisiche, che le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità, la permeabilità per le litologie considerate, non è rappresentata da un unico valore del coefficiente "K" (in cm/s) ma da un intervallo di questo.

Geologicamente nell'area sensibile affiorano rocce della serie marina miocenica rappresentati dalla litofacies nella Formazione di Mores, sovrastanti livelli di marne, marne argillose e marne calcaree ("Marne di Borutta"), che talvolta s'intercalano agli stessi calcari organogeni.



I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento (tab. 1) possono essere suddivisi in 2 classi di permeabilità:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

- ✓ Classe 1- Permeabilità medio-alta per fessurazione: comprende la Litofacies di Mores caratterizzati da calcari bioclastici, calcari arenacei e calcareniti con permeabilità medio-alta per fessurazione e carsismo, localmente medio-bassa [$10^{-2} > K > 10^{-5}$];
- ✓ Classe 2- Permeabilità da bassa a impermeabile: comprende le marne, marne argillose, marne arenacee della "Formazione di Borutta" (Langhiano). Questi sedimenti presentano scarsa permeabilità per porosità e per fessurazione e, spesso costituiscono il letto su cui si accumulano le acque che s'infiltrano nelle bancate calcaree sovrastanti dando così origine a falde sotterranee medio-profonde, [$10^{-9} \geq K$].

In sintesi, non esistono condizioni attuali in cui l'attività in oggetto possa interferire con la geologia e l'idrologia del settore. Da quanto su esposto si evince che la struttura in progetto non aumenta il livello di rischio idraulico poiché non comporta ostacolo al naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee nell'area.

1.3 Inquadramento climatico

L'area in esame mostra caratteri orografici omogenei con il territorio di Sassari, localizzato a ESE. Il territorio si sviluppa su una superficie calcarea che declina verso il Golfo dell'Asinara e si presenta a sud-est con un andamento prevalentemente collinare mentre a nord-ovest con un'ampia estensione pianeggiante (area della Nurra). Dal punto di vista altimetrico il territorio è situato per tutta la sua superficie tra m.0 e m.489 s.l.m con un'altitudine media di 225 metri sul livello medio del mare.

Per delineare i caratteri climatici dell'area vengono analizzati e descritti i principali parametri meteorologici: temperatura, piovosità e ventosità. A tal fine in primo luogo



sono stati acquisite le serie storiche dei dati pluvio-termometrici rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno.

In termini generali il territorio di Sassari è caratterizzato da un clima mediterraneo, tipico di gran parte della Sardegna, definito da un periodo di surplus idrico contrapposto a un altro, più lungo, di forte deficit, caratterizzato da elevate temperature. Un clima quasi bi-stagionale, condizionato dalla presenza di due fasi critiche, una invernale per le basse temperature, ed una estiva per la scarsa quantità di precipitazioni disponibili (Mitrakos, 1991).

L'area è inoltre, solo per una modesta parte, condizionata dalla presenza del mare, influenza che viene meno per la presenza dei primi rilievi del basamento miocenico o per la presenza di formazioni collinari che raggiungono il mare con notevoli pendenze. Mentre più significativa è l'influenza di fattori legati alle attività antropiche, in particolare nel centro urbano e nelle aree industriali e artigianali, ma anche nelle aree coltivate che investono ampie superfici. La mancanza d'importanti rilievi determina un'uniformità delle caratteristiche macroclimatiche dell'area. Lo studio delle variabili climatiche è stato effettuato attraverso l'analisi dei dati rilevati dalla stazione termo-pluviometrica di Sassari, posta a 224 m s.l.m. su una serie derivata da più di 40 anni di osservazioni.

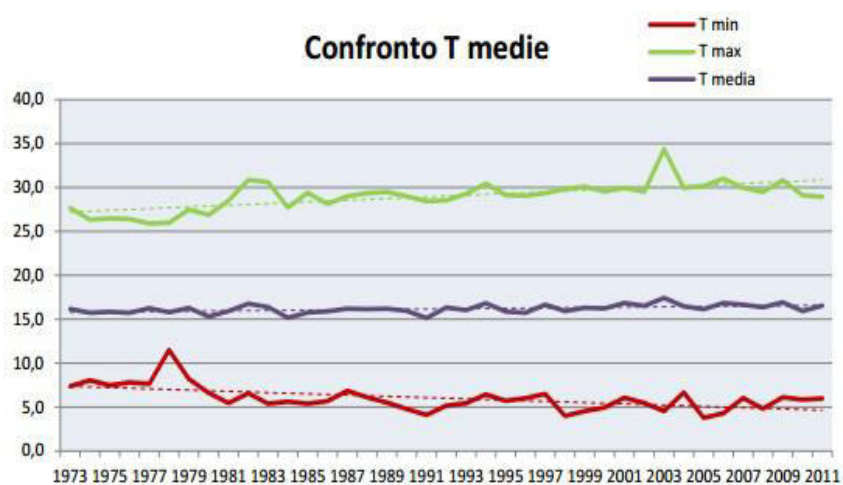
1.3.1 Parametri meteo climatici

Temperatura

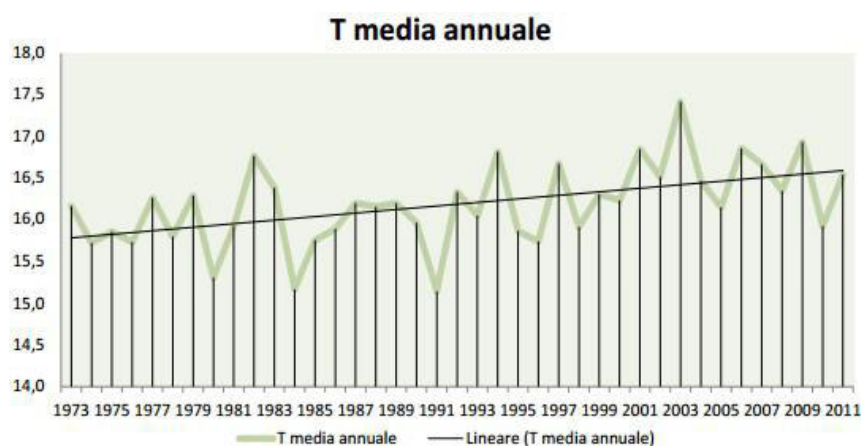
L'andamento medio annuo delle temperature rilevate dal 1973 al 2011 (riportato nei grafici sottostanti) ci permette di fare alcune considerazioni significative. Il valore medio della temperatura risulta pari a 16,2°C. Il picco corrisponde al valore medio del 2003, di 17,4°C, mentre il valore più basso corrisponde a 14,2°C del 1976. Nel periodo di tempo considerato è possibile notare che negli anni l'andamento delle temperature medie minime è in continua diminuzione, mentre si registra un aumento delle medie massime. La temperatura media annuale ha avuto un aumento significativo, anche se non lineare, tra il 1992 e il 2003, per poi attestarsi negli ultimi anni su valori più stabili. Tuttavia, la media annuale è aumentata di circa 2°C dal 1970 a oggi.



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo



Confronto tra la T medie minime invernali e le T massime medie estive



Trend della temperatura media annuale rilevata dal 1973 2011. In questo lasso di tempo si è registrato un percepibile e discontinuo incremento dei valori.

Diagramma temperature, serie 1973-2011

Pluviometria

Per quanto riguarda l'entità delle precipitazioni su base annuale, nel sito dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Regione Sardegna sono stati reperiti i dati relativi agli anni dal 1986 al 2007.

In questo periodo si è registrata una piovosità media di 615,9 mm con un massimo di 877,4 mm fatto registrare nel 2002 e un minimo di 354,4 mm, relative all'anno 2006. Di seguito viene riportato il grafico del cumulo di precipitazione relativo al periodo Ottobre 2010 - Aprile 2011 in Sardegna.



L'area del Comune di Sassari per quanto riguarda la quantità di precipitazioni annue non presenta caratteristiche differenti rispetto alle aree limitrofe. In questo contesto, già di per sé tendenzialmente siccitoso, occorre evidenziare che nell'ultimo cinquantennio ci sono stati periodi, anche abbastanza lunghi, con precipitazioni al di sotto della media. Questa variazione del regime pluviometrico, accompagnata dalle variazioni climatiche e da un aumento dei processi di degrado del suolo, ha fatto sì che la Sardegna sia tra le regioni d'Europa a maggiore rischio di desertificazione.

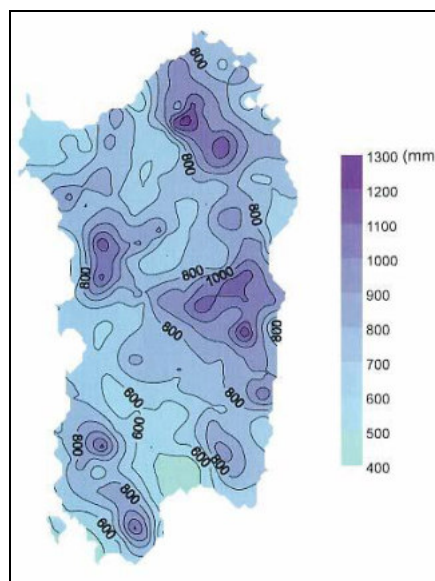


Figura 7- Estratto altezza

Per questo motivo, con Deliberazione della Giunta del 29 agosto 2002, n. 29/17, ha predisposto uno stanziamento per la realizzazione di un Sistema Informativo Geografico (GIS) per il monitoraggio delle aree del territorio regionale a rischio di desertificazione.

Ventosità

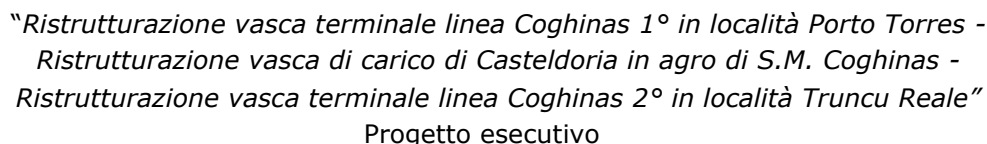
% provenienza venti per intensità									
Classe velocità	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	Direzione non definita
Calma (V<1m/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	30.9
Vento debole (1.0 ÷ 5.5 m/s)	2.0	3.6	4.2	16.8	11.4	6.5	5.9	10.5	-
Vento moderato (5.5 ÷ 10.7 m/s)	0.2	0.6	0.4	1.1	1.7	1.2	1.2	1.9	-
Vento forte (10.7 ÷ 17.4 m/s)	0.006	0.03	0.01	0.05	0.08	0.04	0.06	0.03	-
Burrasca (>17.4 ÷ 5.5 m/s)	0	0.0011	0.0003	0.0009	0.0012	0.0009	0.0018	0.0014	-

Fonte: Documento preliminare per il Piano Energetico Ambientale Comunale.

Ventosità nella stazione anemometrica di Preda Niedda (SS)

Si riporta un riepilogo delle misure di velocità e direzione rilevate nel periodo 1997-2009, dall'anemometro situato all'interno della stazione ubicata nella zona industriale Preda Niedda a Sassari. La direzione prevalente del vento è nord-ovest ed ovest.

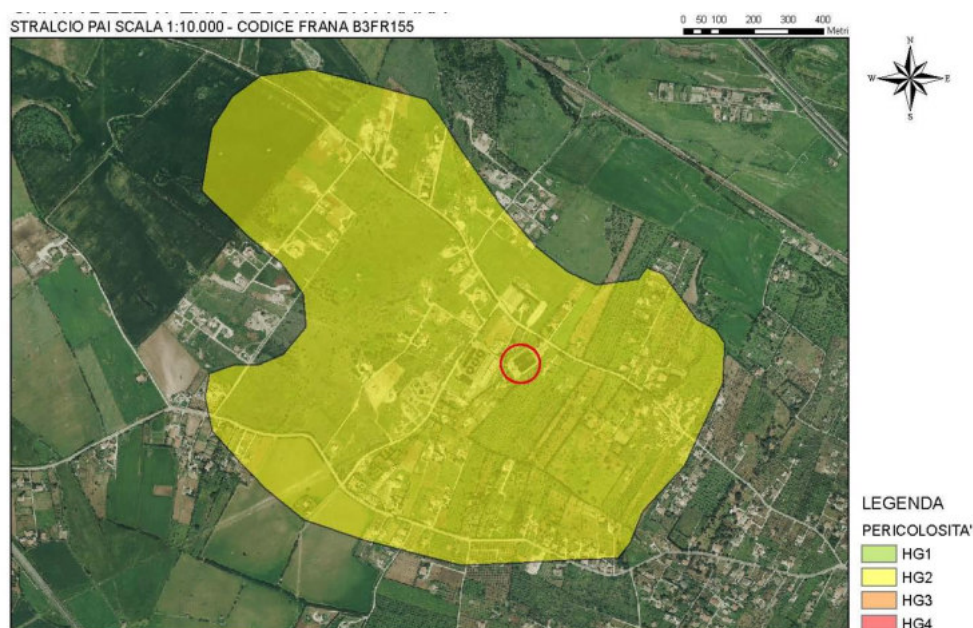
Nota: in sintesi, Sassari presenta un clima temperato caldo di tipo mediterraneo. Gli inverni sono miti e umidi, le estati calde e secche. Le precipitazioni si concentrano soprattutto nei mesi invernali e autunnali. I dati pluviometrici differiscono a seconda dell'altimetria e della distanza dal mare, la media nel territorio comunale è di 588,2 mm/anno, ma notevoli differenze si riscontrano nelle stazioni localizzate nell'area urbana e in particolare nei quartieri meridionali, fino a un massimo di 647,7 mm/anno presso la stazione meteorologica di Serra Secca, posta a 310 metri sul livello del mare. Secondo la Classificazione di Koppen il territorio di Sassari presenta un clima temperato



2 ANALISI DELLA COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA DA FRANA

il territorio interessato dall'intervento ricade nella tavola sub-bacino Coghinas-Mannu-Temo, non risulta perimetrato all'interno di aree interessate da pericolo di inondabilità (Hi) e aree a pericolosità geomorfologica da frana (Hg). Lo studio pregresso del 2014 redatto dal Dott. Angelo Vigo, nella fase definitiva per EAS, evidenziava che il sedime ricadeva su un'area a pericolosità geologica perimetrata nell'ambito del PAI approvato nel 2007 ed identificata col codice frana B3FR155 (Fig.9).





Lo studio ha evidenziato che i calcari sono "cariati" per dissoluzione carsica ma che le cavità sono "fossili" in quanto parzialmente o totalmente riempite da terre rosse. Inoltre nell'ambito degli approfondimenti idrogeologici sottolinea che la presenza di numerose cavità riempite dalla terra rossa nei livelli più superficiali dell'ammasso roccioso, testimonia l'assenza di circolazione idrica, come verificato dalla misura dei livelli piezometrici nei pozzi che testimoniano l'assenza di falde entro i primi 40 m di profondità. Inoltre le verifiche eseguite hanno consentito di escludere la presenza di forme macrocarsiche in corrispondenza dell'area interessata dall'intervento in progetto.

Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica è predisposto in applicazione dell'Art. 33 comma 2 lettera b) delle NTA del PAI Sardegna, in quanto l'intervento ricade in area a pericolosità geomorfologica Hg2. In applicazione dell'art. 33 delle NTA del PAI Sardegna lo studio:

- a. è firmato da un ingegnere esperto in geotecnica e da un geologo, ciascuno per quanto di competenza, iscritti ai rispettivi albi professionali;
- b. valuta il progetto con riferimento alla finalità, agli effetti ambientali;
- c. analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali dell'area interessata;
- d. verifica e dimostra la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI;
- e. prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato agli interventi in progetto.



Ammissibilità del progetto: l'ammissibilità del progetto è definita dall'art. 33 comma 2/3 lettera b) → *gli ampliamenti e le nuove costruzioni nei lotti interclusi dei centri edificati definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/1971 → l'adeguamento degli impianti esistenti di depurazione delle acque e di smaltimento dei rifiuti.* La pericolosità presente che la interessa da instabilità potenziale è dettata dalla franosità Hg2 media. Dall'analisi delle tavole del P.A.I. e dalle schede degli interventi relativi al quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto franoso, non si sono evidenziati e/o rilevati fenomeni franosi conosciuti e censiti dall'archivio AVI-CNR e IFFI, né pericolosità riconducibili a dissesti per crollo, ribaltamento e colate detritiche.

2.2 Verifica di compatibilità geologica e geotecnica

2.2.1 Quadro normativo di riferimento

Nel seguito si farà riferimento alle Norme di Attuazione (N.A.) del Piano per l'Assetto idrogeologico (PAI) come coordinate a seguito della Delibera del Comitato Istituzionale n. 3 del 27.10.2015.

Le N.A. del PAI originariamente redatte ai sensi del DPCM del 29/09/1998 sono state coordinate con il PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni) redatto ai fini del D.Lgs. 49/2010.

In sintesi il quadro di riferimento della pianificazione idrogeologica regionale si compone di diversi strumenti: il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) ed il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

- ⇒ Il PAI (definitivamente approvato nel Luglio 2006) è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico;
- ⇒ Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) costituisce un approfondimento ed integrazione necessaria al P.A.I. in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali (intese come fasce di pericolosità idraulica) e le cui misure di salvaguardia sono divenute operative per la quasi totalità delle regioni fluviali a partire dal 2012;
- ⇒ Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione, ha come obiettivo generale la riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni sulla salute



umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

Per l'elaborazione dello studio si è fatto riferimento alla normativa vigente generale e di settore di seguito riportata:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) della Regione Sardegna ai sensi della L. 18 05.1989 n. 183;
- Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione, ha come obiettivo generale la riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni sulla salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.
- L.R. 23/1985;
- D.P.R. 380/2001 "testo unico dell'edilizia";
- L.R. 4/2009;
- L.R. 8/2015;
- Piano Paesaggistico Regionale;
- D.M. 14.01.2008 norme tecniche per le costruzioni e s.m.i.;
- D.Lgs 152/2006 s.m.i.,
- Piano Urbanistico Comunale e relative N.T.A,
- Regolamento Edilizio Comunale.
- D.M. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e relative istruzioni tecniche (Circolare LL.PP. 24.09.1988, n. 30483);
- Composizione dello studio di compatibilità secondo allegato F- La relazione geologica che integra lo studio di compatibilità geologica e geotecnica deve comprendere e illustrare (sezione B del D.M. 11.03.1988 e DM 14.01.2008 e succ. modificazioni);
- La relazione geotecnica che integra lo studio di compatibilità geologica e geotecnica deve comprendere e illustrare (sezione B del D.M. 11.03.1988 - DM febbraio 2018) - Per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4, è ammesso il metodo della combinazione unica A1+M1+R3;



- O.P.C.M 20 marzo 2003, n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e la successiva n. 3519 del 28/04/2006;
- Circolare n. 617 C.S.LL.PP. del 02/02/2009;

2.2.2 Pericolosità geologica del territorio

La tipologia degli interventi in progetto (definitivo del 2014) secondo quanto previsto dalla N.A. del PAI (Art.33 comma 2 lettera b): nelle aree in classe di pericolosità media da frana (Hg2) sono consentiti gli ampliamenti e le nuove costruzioni nei lotti interclusi dei centri edificati, definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/197.

In funzione di ciò, tale area è sottoposta dallo scrivente a delle considerazioni sulla Compatibilità geologica e geotecnica secondo l'allegato "F" del PAI della Sardegna, in ottemperanza al Capo III - Art. 33 delle norme di attuazione del P.A.I. secondo cui è necessario verificare con uno studio geologico e geotecnico che la sollecitazione indotta dalle opere sia compatibile con le caratteristiche del terreno interessato dalla pericolosità franosa.

Ad oggi (2019) il sedime (opere in essere della fase progettuale esecutiva) riverificata la pericolosità del territorio attraverso il portale Regionale aggiornato al 2015 (PSFF), al 2016 (PGRA), al 2018 (Pericolosità/Rischio geomorfologico rev. 42 ÷ Pericolosità/Rischio idraulico rev. 41 ÷ Art. 8 Idraulica), e Comunale, non evidenzia criticità legata a nessuna situazione di rischio sia da pericolosità idraulica sia da pericolosità da frana. Una criticità da frana si rileva a non meno di 150m dalle opere in progetto, quale risultante residua della tavola B3FR155 codice frana.

L'area sensibile, su cui è inserito il nostro progetto, per la sua posizione topografica e/o morfologica non ha dimostrato una particolare predisposizione all'allagamento e si colloca perciò in una zona, pressoché, priva di rischi idraulici. L'analisi dei luoghi conferma una situazione geomorfologica locale stabile, una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita con ottima caratterizzazione meccanica del substrato essenzialmente carbonatico. Allo stesso è associata la minima presenza di una copertura quaternaria a giacitura orizzontale e omogenea di materiale detritico alluvionale e/o eluvio-colluviale, costituito essenzialmente da livelli derivati dalla stessa alterazione del substrato.

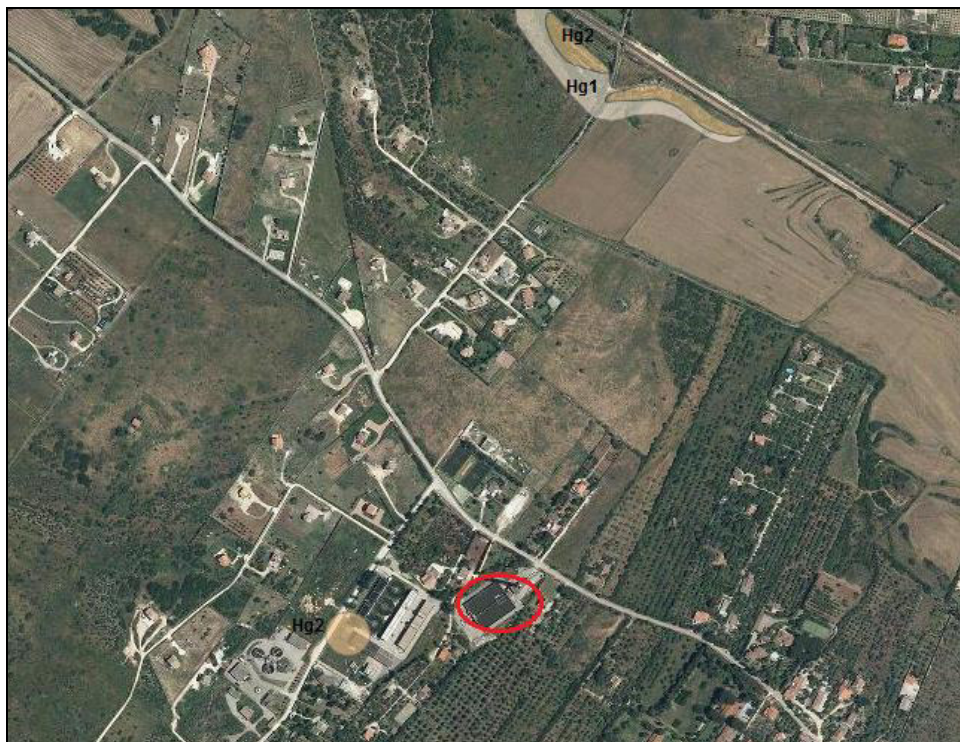


Figura 9 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018.

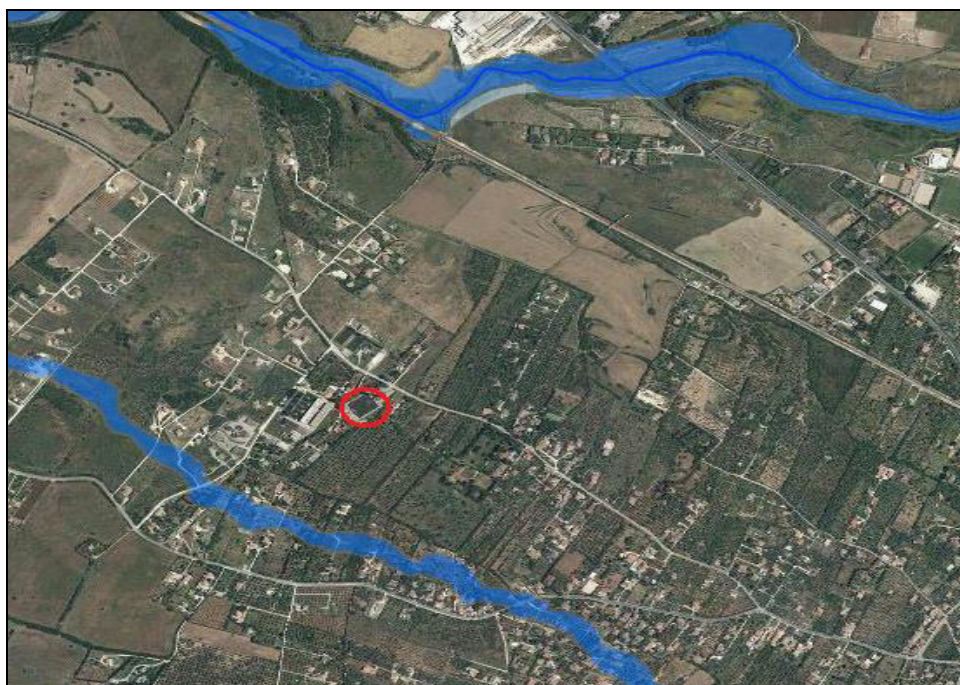


Figura 10 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate a seguito di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. aggiornate alla data del 31/01/2018.



Le indagini svolte (2014) evidenziarono "l'assenza di cavità con discontinuità di modesto rilievo" e "la relativa continuità dell'ammasso roccioso testimoniata dal recupero pressoché totale dell'acque di perforazione a partire dalla profondità di circa 3 m dal piano di calpestio". Le opere in progetto non comporteranno scavi né sbancamenti importanti, migliorano nel contempo la funzionalità delle opere presenti, né determineranno una modificazione nell'equilibrio morfologico dell'area trattandosi di materiali essenzialmente litoidi, non comporteranno riduzione apprezzabile della capacità di bacino, né ostacolo incidente sullo scorrimento e/o smaltimento delle acque di precipitazione meteorica. Allo stato attuale, l'area di progetto ubicata in un paesaggio morfologico sub pianeggiante, non è interessata da processi gravitativi, vista la modesta pendenza, e la stessa antropizzazione urbanistica che lo contorna, né da fenomeni di erosione idrica concentrata. Pertanto, i processi morfogenetici attivi si limitano a fenomeni di dilavamento diffuso lungo le strade di lottizzazione ed a localizzata sedimentazione colluviale nelle aree libere. In sintesi: sono qui presenti le tipologie di terreni descritti in relazione geologica e che possono essere raggruppati secondo il seguente criterio geomeccanico:

Terreni del substrato granitoide Paleozoico:

- Litofacies : granodioriti biotitico-anfiboliche, a struttura inequigranulare, duri e compatti, diversamente fratturati

Terreni costituenti le coperture quaternarie:

- Depositi alluvionali: costituiti da materiali clastici, eterometrici, in genere incoerenti;
- Suoli colluviali derivanti dall'alterazione della roccia madre [di modesto spessore e poco profondi].

3 GEOMECCANICA DEL TERRENO

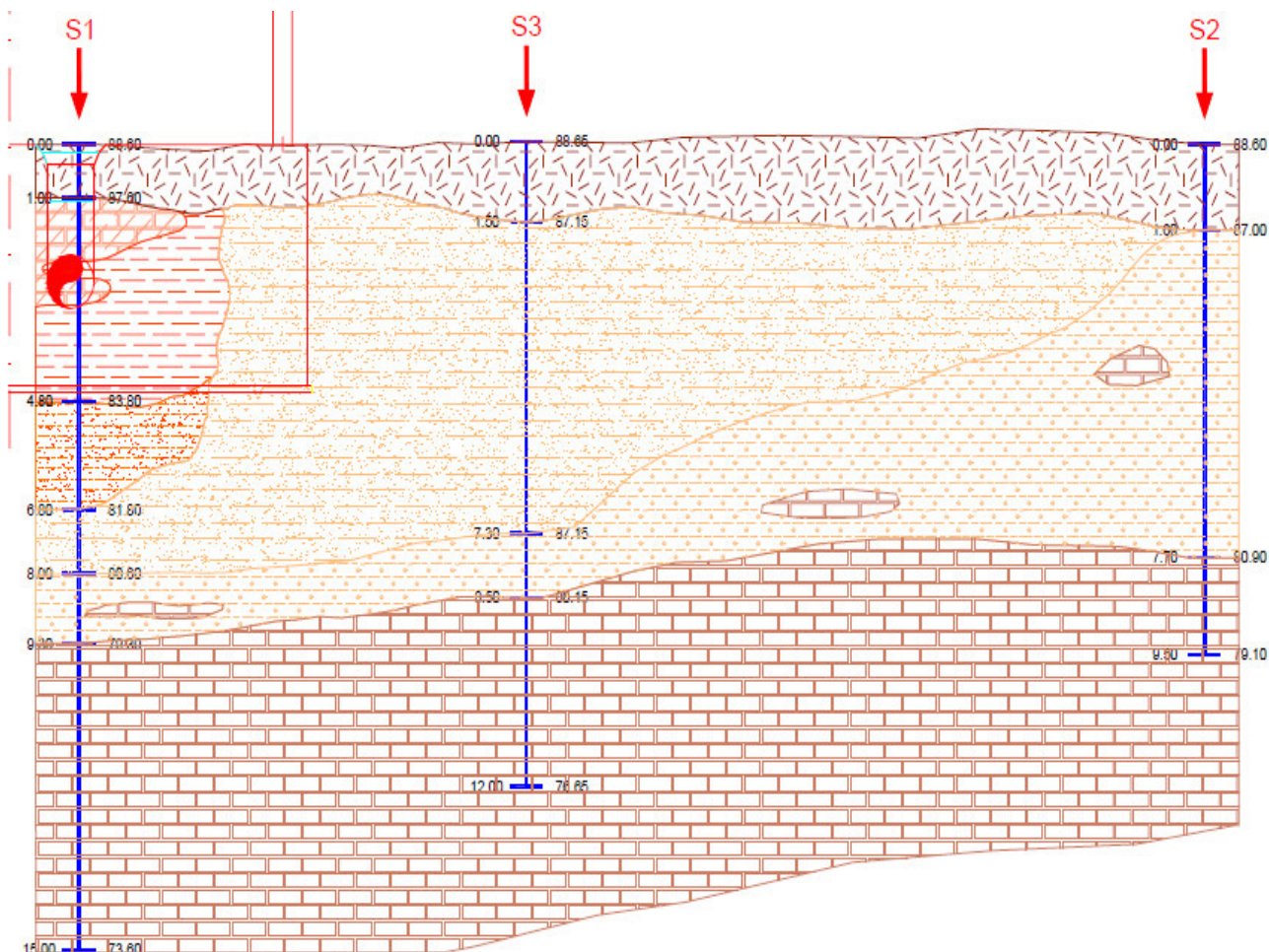
3.1 Premessa

Sulla scorta delle indagini geognostiche e sismiche svolte a supporto della progettazione definitiva redatta dal Dott. Angelo Vigo nel 2014, per conto dell'EAS, ritenuta dallo scrivente in base alle verifiche più che esaustiva, e per tale ragione se ne prende atto per le considerazioni che seguono, portando ad affermare che l'area sensibile è impostata principalmente su litologie essenzialmente carbonatiche. Superato il suolo o riporto potente meno di un metro, sciolto e rimaneggiato, in tutti i sondaggi compare una spessa coltre di alterazione dei calcari bioclastici ed organogeni.



3.2 Considerazioni geomeccaniche

Dalle risultanze delle indagini, si rileva che le sezioni stratigrafiche evidenziano, nei primi metri, una notevole variabilità in eteropia dei litotipi.



Superato il suolo o riporto potente meno di un metro, sciolto e rimaneggiato, in tutti i sondaggi è evidente una spessa coltre di alterazione dei calcari bioclastici ed organogeni. Esaminando il sondaggio STr1, si presenta inizialmente come un'alternanza di clasti calcarenitici sani o debolmente alterati, alternati ad alterazioni argilloso-ghiaiose, compatte e consistenti, del colore rossastro tipico della facies residuale dei calcari, nota come "terre rosse". Tale alternanza si ritrova sino a circa 4,80 metri dal p.c. ed indica un passaggio alla litofacies più massiva e cementata delle calcareniti (calcare organogeno o bioclastico) interessata da fratturazione e/o piccole paleo-cavità (probabilmente franate) generate per dissoluzione in ambienti paleoclimatici assai differenti. Le argille rosse, peraltro ben consolidate e ricche in matrice clastica grossolana, sono un chiaro segnale dell'assenza di fenomeni attivi e descrivono un contesto carsico relitto di scarsa rilevanza. Superati i 5.0 metri si ritrova un'altra facies



nei calcari, in particolare delle calcareniti, legata alla completa dissoluzione/argillificazione del cemento carbonatico che dà luogo ad un litotipo residuale friabile, nel quale non è più riconoscibile, se non in rari livelletti, la struttura originaria della roccia madre. Si tratta di intercalazioni di limi sabbiosi, talora argillosi specie nel primo tratto, e sabbie ghiaiose, con abbondanti incrostazioni carbonatiche, talora debolmente coerenti. Il litotipo calcarenitico si può riconoscere a partire dagli 8.0 metri di profondità, inizialmente alterato e parzialmente destrutturato, ma semilapideo, passante dai 9,30 metri sino a fondo foro a calcare bioclastico campionato in carote lapidee, talora debolmente cariate e fratturate, alternate a passaggi calcarenitici più terrigeni e friabili.

Esaminando il sondaggio STr3, realizzato a circa 9,50 metri di distanza dal sondaggio STr1, presenta una stratigrafia correlabile con il precedente, ma con alcune sostanziali differenze nei primi metri: non si registra, infatti, la presenza di livelli lapidei intervallati a terre rosse, ma da 1,50 a 7,30 metri di profondità si ritrova un'unica facies destrutturata e costituita in prevalenza da sabbie più o meno limose, miste ad argilla e a microclasti, fortemente incrostate di carbonato di calcio, talora debolmente cementate, specie in profondità dove comincia a riconoscersi la struttura della roccia. Questo livello si presenta più omogeneo e compatto rispetto alle corrispondenti quote del STr1, al quale può correlarsi agevolmente solo dai 4,80 metri in giù. In profondità, sino a fondo foro si rileva la facies lapidea, inizialmente nei termini più calcarenitici, di colore avana, costituiti da livelletti terrigeni e molto friabili, intervallati da sottili patine argillose grigiastre, passanti dopo qualche decimetro a calcari bioclastici più lapidei e tenaci.

Esaminando il sondaggio STr2 mostra una unica facies di alterazione meno destrutturata e più vicina ai caratteri tessiturali dell'originario calcare bioclastico, sebbene con la parziale dissoluzione del cemento carbonatico in una matrice friabile e pulverulenta, talora prevalente in livelletti limosi, compatti e molto addensati. In nessuno dei tre fori di sondaggio è stata rinvenuta la falda freatica e solo nel sondaggio STr2 alcuni livelli sabbiosi acquiferi hanno evidenziato modeste venute d'acqua, probabilmente derivanti da perdite o infiltrazione superficiale. Negli strati in roccia sono stati rilevati valori di RQD massimi del 55%.

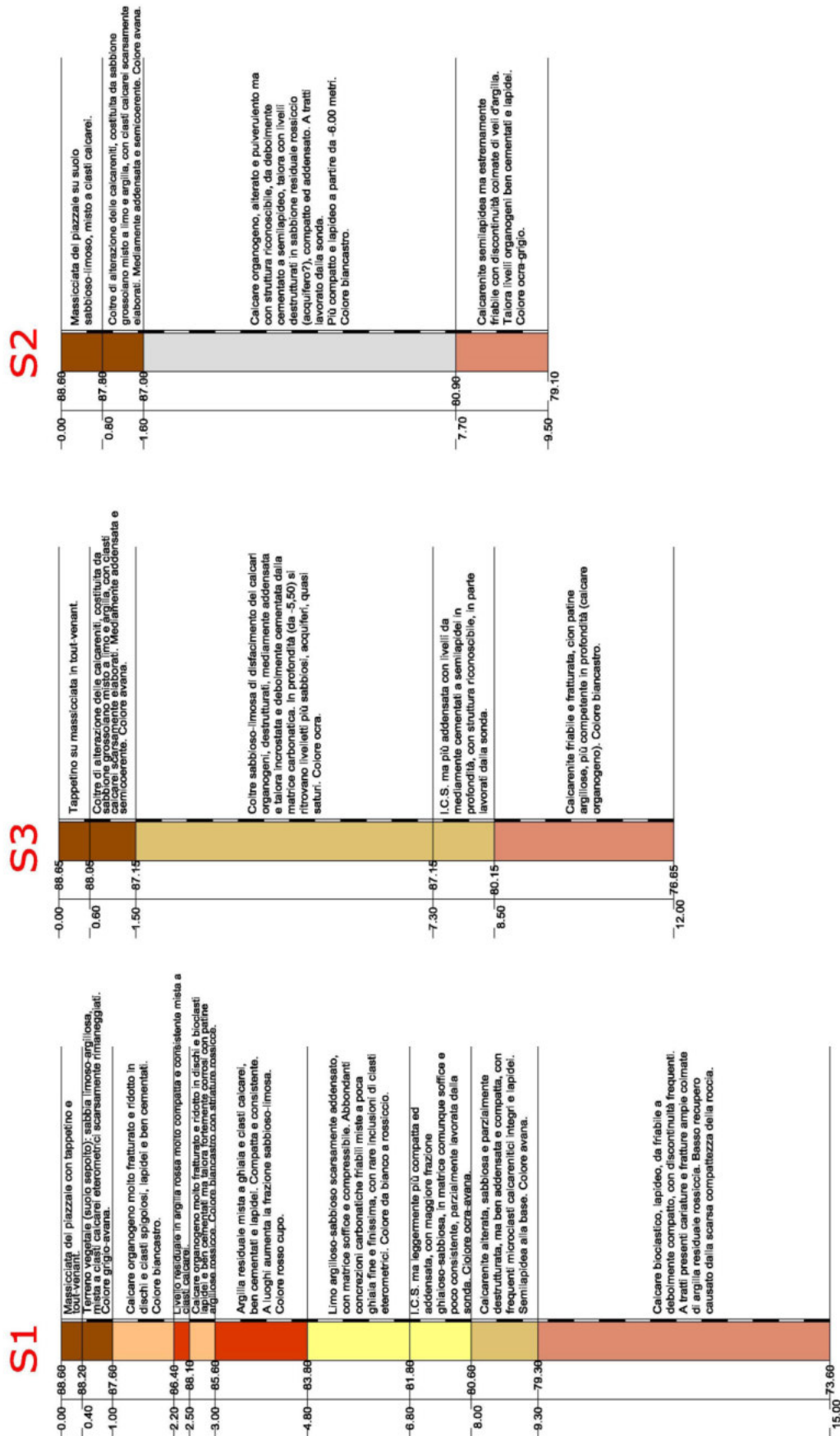
A livello locale, si osserva una sostanziale continuità in profondità, dove prevale la calcarenite, alternata a livelli di calcare organogeno o bioclastico, a partire da profondità comprese tra 7,50 e 9,30 metri. Al di sopra della roccia sana si ritrovano le facies di alterazione, in contatto eteropico, con un grado di destrutturazione crescente



dal sondaggio STr2 al sondaggio STr1, nel quale è presente un primo strato costituito da alternanze di roccia intensamente fratturata ma sostanzialmente sana e residui di argille, compatte ed estremamente consistenti. Tale peculiarità identifica, probabilmente, un orizzonte bioclastico superficiale scomposto localmente da discontinuità colmate dal materiale residuale: tale facies si può benissimo ricondurre a fenomeni di carsismo fossile, derivante da una circolazione idrica oramai estinta.



"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"
Progetto esecutivo





3.3 Stima dei parametri geotecnici da prove S.P.T

In riferimento alle prove discontinue, in foro di sondaggio, sono state eseguite prove SPT ed in laboratorio al fine di caratterizzare, sotto il profilo litotecnico, i litotipi sollecitati dalle azioni di progetto.

Di seguito si riporta lo schema a consuntivo delle indagini, comprensivo della conversione del numero di N_{spt} in N_{60} .

Sondaggio	Litotipo	Profondità (m)	NSPT	N ₆₀
STR1	Limo argilloso	7.0 – 7.45	9	8
STR2	Calcare bioclastico alterato	5.30 – 5.75	rif	rif
STR3	Sabbia limosa in matrice carbonatica	4.0 – 4.45	34	36
STR3	Sabbia limosa in matrice carbonatica - umida	5.0 – 5.45	26	30

I valori di NSPT evidenziano un comportamento nettamente disomogeneo per ogni verticale di sondaggio: ciò ben si accorda con l'assetto litostratigrafico rilevato durante le indagini caratterizzato da ampie variazioni latero-verticali delle principali litofacies alteritiche.

In particolare, spicca per il valore particolarmente contenuto rilevato in corrispondenza del sondaggio STR1, che conferma l'impressione di scarso addensamento e bassa resistenza al taglio osservata all'interno dello stesso strato omogeneo che va da 4,80 a circa 8,00 metri di profondità. Il carattere "puntuale" della prova e la presenza di livelli più incrostati in carbonato di calcio e ricchi in frazione sabbiosa, non consentono di generalizzare il risultato all'intero litotipo ma solo al livello indagato.

Le altre prove, al contrario, definiscono litotipi resistenti alla penetrazione e ben addensati nel sondaggio STR3, sino a giungere al rifiuto nel sondaggio STR2, eseguito sulla facies semilapidea.

Sondaggio	Litotipo	Ø deg	Cu Kg/cm ²	Ei (MPa)	Ed (KPa)
STR1	Limo argilloso	-	0.52	20	4950
STR2	Calcare bioclastico alterato	> 40	-	100	-
STR3	Sabbia limosa in matrice carbonatica	32.3	-	35	-
STR3	Sabbia limosa in matrice carbonatica - umida	31.7	-	31	-



3.4 Stima dei parametri geotecnici caratteristici delle litologie presenti

Nell'ambito dei rilievi di superficie, delle indagini dirette e indirette condotte sul sito di intervento, e delle prove di laboratorio, si è giunti alla definizione dei principali litotipi che caratterizzano l'assetto litostratigrafico. Le indagini hanno consentito di verificare la natura del substrato carbonatico, le condizioni di giacitura, la continuità verticale dell'ammasso roccioso (grado di fratturazione) e di identificare l'eventuale presenza di vuoti e discontinuità di rilievo, derivanti dall'alterazione per "carsismo" delle litologie carbonatiche.

➤ Suolo e riporto

Massicciata del piazzale (circa 0,45-0,60 metri) sovrapposta al suolo naturale, limoso-sabbioso, a tratti argilloso, con elevata frazione ghiaiosa e frequenti frustoli vegetali. La massicciata presenta caratteri tipici delle ghiaie grossolane, incoerenti e scarsamente addensate, mentre il terreno naturale sottostante presenta un'abbondante frazione fine che lo rende debolmente coerente, ma si presenta comunque scarsamente addensato e mediamente compressibile. Il colore è variabile dal grigio-avana della massicciata al bruno rossiccio del suolo sepolto. Dato lo spessore scarsamente rilevante, è stato considerato come un unico livello incoerente, con i seguenti parametri mutuati da contesti simili:

- $\gamma_{\text{nat}} = 14.72 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 25^\circ$
- $c' = 0.00 \text{ kPa}$

➤ Litofacies "terre rosse"

Alternanze decimetriche di clasti di calcare organogeno biancastro, compatti e lapidei, e livelli di argilla limosa rubefatta, mediamente consistente e compatta, con frequenti inclusi clacarei: si tratta della tipica facies di alterazione della roccia calcarea fratturata, nella quale i processi di dissoluzione chimica del cemento carbonatico determinano un progressivo disfacimento della roccia, che lascia il posto ad un litotipo residuale terroso, a matrice prevalentemente argillosa, fortemente arricchita in ferro, il quale tende ad ossidarsi dando il caratteristico colore rosso mattone. Il comportamento è prevalentemente coerente, per via della matrice argillosa, che però lega e trattiene solo in parte i frequenti livelli clastici, i quali si presentano invece fortemente attritivi. I parametri sono tratti in parte da letteratura ed in parte da studi dello scrivente su litotipi assimilabili.

- $\gamma_{\text{nat}} = 19.50 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 20^\circ$



- $c' = 6.25 \text{ kPa}$
- $c_u = 40.00 \text{ kPa}$

➤ Litotipo Tr1

Alterazione della facies del calcare bioclastico, del quale rimane prevalentemente una matrice fine biancastra, argilloso-limosa, pulverulenta e facilmente elasticizzabile anche in presenza di bassi contenuti d'acqua. Si tratta di un litotipo mediamente coerente, talora con locali incrementi dovuti a incrostazioni carbonatiche. La compressibilità è elevata, ma non determinabile mediante prove edometriche a causa della presenza di microclasti e noduli che renderebbero l'esecuzione della prova scarsamente significativa. Colore biancasto grigio. Facilmente scavabile.

- $\gamma_{\text{nat}} = 16.26 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat}} = 17.49 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 21^\circ$
- $c' = 24.04 \text{ kPa}$
- $c_u = 52.00 \text{ kPa}$

➤ Litotipo Tr2

Facies di alterazione delle calcareniti, sabbioso-limosa, con frequenti microclasti organogeni e incrostazioni carbonatiche. Si tratta di un litotipo semicoerente, a luoghi debolmente cementato dalla matrice carbonatica, che presenta una buona resistenza al taglio sia nel dominio attritivo che in quello coesivo. Da mediamente addensata ad ben addensata, soprattutto in profondità, dove si incontrano anche alcuni livelli acquiferi con deboli venute d'acqua. Colore da ocra ad avana. Scavabilità da buona a discreta.

- $\gamma_{\text{nat}} = 18.00 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat}} = 18.70 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 31^\circ$
- $c' = 34.41 \text{ kPa}$
- $c_u = 125 \text{ kPa}$
- $E_i = 35 \text{ MPa}$

➤ Litotipo Tr3

Calcare bioclastico e calcareniti parzialmente alterate, ma con struttura ancora riconoscibile, talora semilapidee e compatte, di colore ocra-biancastro. Rappresentano il termine sabbioso-limoso di passaggio alla roccia sana, talora con livelli conservati intatti e lapidei, al limite friabili. Si caratterizza per un'elevata resistenza al taglio ed un



buon addensamento che la rende scarsamente compressibile. Scavabile con difficoltà e solo con macchine di elevate prestazioni.

- $\gamma_{\text{nat}} = 20.21 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat}} = 20.25 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 34.6^\circ$
- $c' = 31.77 \text{ kPa}$
- $E_i = 31.0 \text{ MPa}$

➤ Litotipo Tr4

Calcareni ad elevata componente terrigena, talora in sottili lamine limoso-argillose. Lapidee, ma spesso estremamente friabili, passano con frequenza a livelli bioclastici più massivi e compatti, talora debolmente cariati con tracce di argille residuali rubefatte. Sotto il profilo geomeccanico sono da considerarsi una roccia scadente, poco coerente e scarsamente resistente al taglio, come dimostrano i parametri ottenuti con la teoria di Hoek e Brown. Questi ultimi, in senso assoluto, equivalgono comunque ad una terra di buona qualità. Scarsamente compressibile con buona permeabilità per porosità primaria. La scavabilità è modesta e potrebbe richiedere, al limite, l'utilizzo del martello demolitore.

- $\gamma_{\text{nat}} = 20.13 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat}} = 21.52 \text{ kN/m}^3$
- $\phi' = 16^\circ$
- $c' = 79.00 \text{ kPa}$
- $E_i = 100 \text{ MPa}$

3.5 – Prove di laboratorio geotecnico

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati 6 campioni, ubicati al di sotto del piano di fondazione previsto in progetto, secondo lo schema riportato nella Tabella seguente. Il campione STR3-C1 è stato prelevato mediante fustella (indisturbato), con infissione parziale di 0,20 metri, mentre il campione in roccia STR1-C2 è stato prelevato con doppio carotiere.

Sondaggio	Quota prelievo (m)	Tipo di prelievo	Prove di laboratorio
STR1 – C1	6.50 – 6.80	disturbato	Taglio diretto – Class. CNR UNI 10006
STR2 – C2	15.0 – 16.0	indisturbato	Compressione Monoassiale
STR3 – C1	7.0 – 7.20	Parzialmente disturbato	Taglio diretto
STR3 – C3	7.70 – 8.0	disturbato	Taglio diretto – Class. CNR UNI 10006



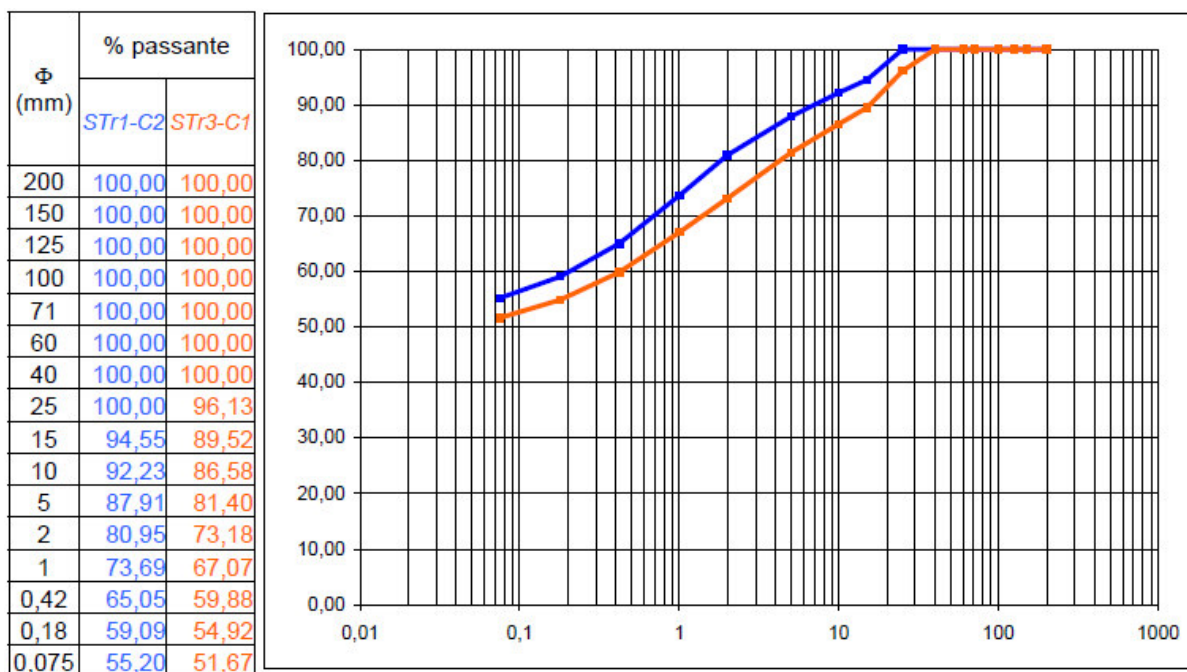
I valori di resistenza al taglio ottenuti sono riportati nella Tabella seguente:

σ (kPa)	STr1 - C1	STr3 - C1	STr3 - C2
	τ (kPa)	τ (kPa)	τ (kPa)
100	55,99	98,91	98,02
200	118,08	194,71	175,50
300	134,96	243,56	236,14

I Valori nominali dei parametri c' ed ϕ' sono riportati nella tabella seguente:

Campione	C (KPa)	ϕ (°)
STR1 - C1	24,04	21,6
STR3 - C1	34,41	35,9
STR3 - C2	31,77	34,6

L'analisi granulometrica per setacciatura (C.N.R. - anno V, n.23 Dic. 1971) condotta sui campioni STR1-C1 e STR3-C2 ha verificato su entrambi i campioni curve assai simili, con una netta prevalenza della matrice fine, limoso-argillosa che conferma quanto osservato in fase di indagine. Il campione STR1-C1 presenta un orientamento su granulometrie mediamente più fini rispetto al STR3-C2 con una differenza più netta nella frazione ghiaiosa che nel primo è pari a circa il 19% mentre nel secondo sfiora il 27%. La frazione più fine, composta da argilla e limo supera il 50% in entrambi i campioni, sebbene, da quanto osservato e dai risultati delle prove, sia lecito supporre che nel STR1-C1 prevalga nettamente la frazione argillosa, mentre nel STR3-C2 quella limoso-sabbiosa.



I Limiti di Atterberg (C.N.R. - UNI 10014) o di consistenza definiscono la variazione delle proprietà meccaniche di un terreno in funzione del suo contenuto d'acqua (w). Nella fattispecie, sono stati determinati, come richiesto dalla UNI - C.N.R. 10006, il limite liquido (WL) ed il limite plastico (WP) dei campioni. Il primo segna il contenuto d'acqua al passaggio fra lo stato fluido e lo stato plastico del campione, il secondo fra lo stato plastico e quello semisolido o pulverulento. Entrambe le prove si compiono sul passante al setaccio 0,42 mm.

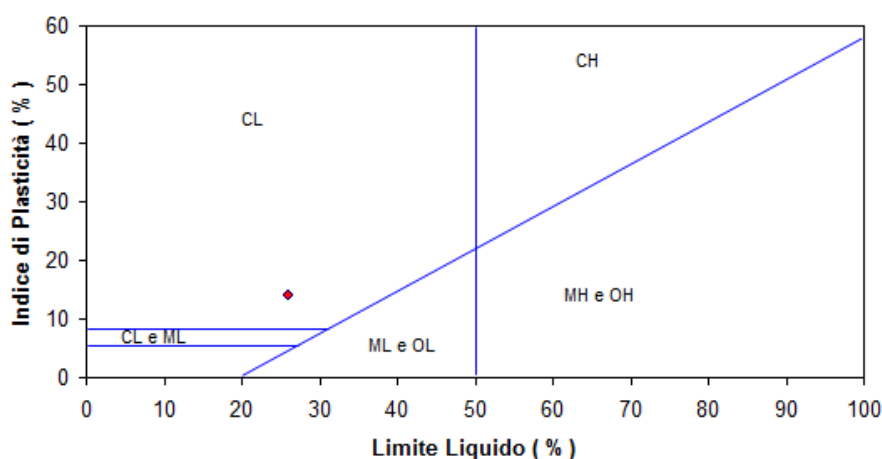
I limiti sono stati determinati soltanto nel campione STr1-C1 poiché il campione STr3-C2 presenta una matrice fortemente granulare e scarsamente plastica che non ha consentito l'esecuzione delle suddette prove. Nel caso del campione STr1-C1 entrambi i limiti si sono attestati su valori medi, con un WP pari a 14 e un WL pari a 26: il primo valore definisce una matrice facilmente plasticizzabile già a partire da un contenuto d'acqua che è pari quasi alla metà di quello rilevato nel campione naturale (24%), mentre il secondo indica una facile liquefazione della matrice del campione che ne annulla la resistenza al taglio. Ciò assume particolare rilievo nel caso di realizzazione di scarpate verticali. Il valore di IP che deriva è pari a 12.

Tali valori hanno consentito di risalire all'indice di consistenza del campione mediante la formula:

$$I_c = (W_L - W_N)/I_p$$



considerando l'umidità naturale W_N determinata in precedenza, è stato ottenuto un valore di I_c pari a 0,16 che lo classifica tra i terreni a consistenza fluido-plastica (Lancellotta, 1987), compressibili e dotati di scarsa resistenza al taglio. Il basso valore di I_p , inoltre, è problematico nel caso di scavi esposti, nei quali anche una minima variazione del contenuto d'acqua (brevi precipitazioni alternate a periodi secchi e soleggiati) induce rapide ed ampie variazioni di consistenza e resistenza al taglio, con possibile innesco di franamenti.



La Classificazione delle terre (C.N.R. - UNI 10006) ha tenuto conto della classificazione UNI-CNR 10006 la quale si fonda sull'analisi granulometrica e sulla determinazione dei limiti di consistenza del campione, sintetizzati attraverso l'indice di gruppo (IG): $IG = 0.2a + 0.005ac + 0,01bd$ dove:

- a = passante al setaccio 200 ASTM meno 35 (val. max = 40);
- b = passante al setaccio 200 ASTM meno 15 (val. max = 40);
- c = $WL - 40$ (min = 0, max = 40);
- d = $IP - 10$ (min = 0, max = 20).

I risultati hanno permesso di definire il campione STR1-C1 ricadente nel gruppo A6 mentre il campione STR3-C2 ricadente nel gruppo A4.

4 VERIFICA SISMICA A RIFRAZIONE

La verifica si è esplicata mediante profili sismici al fine di fornire un quadro conoscitivo sismo-stratigrafico propedeutico alla corretta ubicazione e profondità delle verticali di sondaggio. La scelta (verifiche 2014 Dott. A. Vigo) di tale tipologia di indagine è scaturita da un incontro tra Stazione Appaltante ed Agenzia del Distretto Idrografico, ritenendo più opportuno procedere all'utilizzo di metodi indiretti, in deroga a quanto previsto dal citato art.31, c.8 delle N.A. e al Protocollo tecnico "tipo" dedicato



alle aree a Sink-Hole, valido per le aree in classe di pericolosità molto elevata (Hg4). Tale scelta, pienamente condivisa da tutti i soggetti coinvolti, trova spiegazione nella prossimità del sedime ad aree con fenomeni carsici accertati, i quali, tipicamente, sarebbero potuti risultare di difficile perimetrazione con approcci più convenzionali.

Gli stendimenti (vedi relazione da progetto definitivo) sono stati ubicati secondo due direttrici che si intersecano approssimativamente in corrispondenza dell'area di futura ubicazione della vasca e delle relative camere di manovra. Come descritto nel Rapporto



Stendimento sismico

di Indagine redatto dal Dott. Geol. Alessandro Melis, gli stendimenti sono stati realizzati utilizzando 24 geofoni disposti con passo di campionamento (distanza intergeofonica) molto breve, pari a 3,0 metri per il profilo S1 e 2,5 metri per il profilo S2.

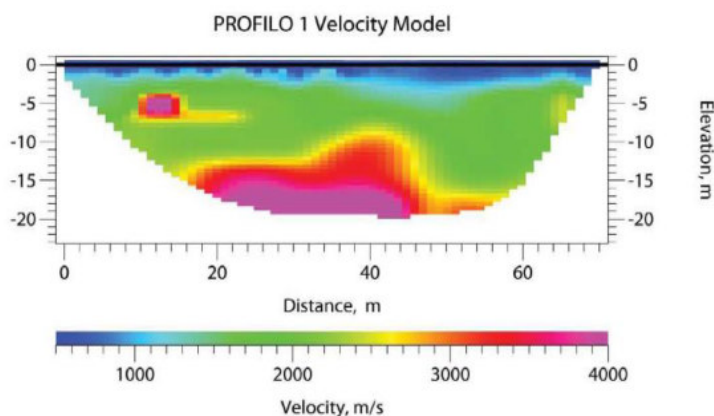
In entrambi i profili, il Dott. Angelo Vigo, evidenzia che si possono osservare diversi sismostrati, con un andamento della velocità delle onde P che mostra un netto incremento all'aumentare della profondità, mentre sono meno pronunciate le variazioni laterali, le quali sono comunque sempre presenti, in particolare nel Profilo 1. Detti sismostrati, come è noto, non sono direttamente correlabili al substrato in termini litologici, se non a valle di indagini dirette che ne "tarino" la risposta sismica, ma dipendono unicamente dall'elasticità e dalla densità del mezzo attraversato dalle onde elastiche. I campi di velocità più elevate corrispondono generalmente a substrati lapidei, compatti, poco fratturati e insaturi, mentre le velocità più contenute si registrano in litotipi lapidei assai fratturati e in terreni sedimentari sciolti e ricchi di matrice organica.

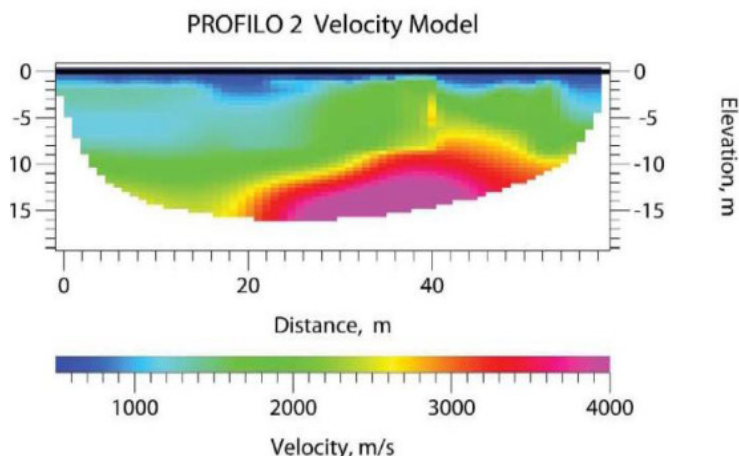
In entrambi i profili, si possono distinguere quattro campi di velocità prevalenti, crescenti con la profondità. Le più contenute si registrano nei terreni superficiali, accreditati di velocità inferiori a 800m/s sino a profondità massime di circa 2-3 metri e giacitura pressoché orizzontale. Oltre tale profondità le tomografie dei due profili differiscono in maniera abbastanza netta. Nel Profilo 1, fatta eccezione per una piccola anomalia di cui si riferirà in seguito, si registra il passaggio netto a campi di velocità con medie di 2000 m/s (in verde), che si mantengono costanti sino al successivo



sismostrato (giallo-rosso), con velocità comprese tra 2800 e 3500 m/s, rilevate a profondità di 7 metri al centro del profilo e oltre 16 all'estremità finale. L'ultimo sismostrato (viola) presenta velocità prossime ai 4000 m/s, e chiude la tomografia a 20 metri di profondità. Al di sotto del primo orizzonte, il Profilo 2 presenta un andamento latero-verticale assai più frastagliato, con un ampio sismostrato a bassa velocità (<1500 m/s) che interessa tutto il tratto iniziale sino a circa 7-8 metri di profondità, mentre nel tratto finale il contatto è netto e a profondità non superiori a 3 metri. Anche l'orizzonte sottostante, di conseguenza, presenta un andamento irregolare con una prominenza più superficiale sul settore centrale e finale del profilo ed un andamento assai più depresso nel tratto iniziale.

Nelle due tomografie sismiche non sono state registrate anomalie di rilievo legate alla presenza di vuoti carsici, che sarebbero chiaramente emersi come aree di bassa velocità ben delimitate, mentre è emersa una modesta anomalia di velocità in corrispondenza del tratto iniziale del Profilo 1, ad una profondità di circa 5-7 metri, dalla progressiva 9 alla 15, caratterizzata da velocità nettamente superiori (>3500 m/s) a quelle del contesto circostante sismostratigrafico limitrofo, probabilmente determinata da vecchie strutture interrate ed attualmente inutilizzate.





4.1 Valutazione complessiva dell'intervento, compatibilità con le norme del PAI e sua fattibilità

Premessa: l'intervento proposto, nello studio definitivo a corredo del progetto redatto su incarico dell'Ente EAS dal Dott. Geol. Angelo Vigo rientrava tra gli interventi ammissibili previsti dall'Art. 33 comma 2 delle NTA del PAI Sardegna, e nella fattispecie lettera b) *gli ampliamenti e le nuove costruzioni nei lotti interclusi dei centri edificati definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/1971.*

Inoltre secondo quanto previsto dalla N.A. del PAI (Art.33, Comma 3, punto b), nelle aree in classe di pericolosità media da frana (Hg2) sono consentiti: "Gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici."



La revisione dello studio (2019) effettuata a seguito della definizione del progetto esecutivo, dalla consultazione a scala Regionale della perimetrazione delle pericolosità



idrauliche (Hi) e da frana (Hg), PAI rev. 41 e 42, Art. 8 – PSFF – PGRA, non evidenzia nessuna criticità legata a qualsivoglia rischio.

L'unica criticità rimasta (Hg2) è stata circoscritta in un'area distante dal sito in progetto non meno di 150m.

4.1.1 Criteri di ammissibilità ai sensi delle NAT del PAI

La compatibilità del presente progetto alle prescrizioni e norme di attuazione del PAI è stabilita secondo i seguenti criteri:

1. esplicitazione dello studio di compatibilità redatto ai sensi dell'art. 25 NTA del PAI
2. verifica dei presupposti compatibilità ai sensi dell'art. 23 comma 9 lettera da a) a o)
3. Nelle aree di pericolosità idrogeologica perimetrate dal PAI gli scavi, gli sbancamenti, i riporti e i movimenti di terra necessari per gli interventi seguono i dettami dell'art. 19 comma 4 delle NTA del PAI.

Relativamente a quest'ultimo punto lo studio prima riportato evidenzia che nelle aree di pericolosità perimetrate dal PAI con classe Hg2, gli scavi, i riporti e i movimenti di terra necessari per gli interventi consentiti, se previsti, saranno eseguiti in modo tale che la realizzazione garantisca che non venga aumentato il grado di pericolosità o di rischio presente nell'area interessata.

Sulla base dello studio condotto ed in seguito alle verifiche effettuate, considerando la situazione ante e post intervento, si può affermare quanto segue:

- ✓ *non aumenta il livello di pericolosità idraulica e di rischio poiché l'opera non comporta variazioni nell'assetto idraulico e nel dissesto idraulico, senza variare la permeabilità e la risposta idrologica della stessa area;*

La struttura in oggetto, non risulta perimetrata in area a rischio/pericolosità idraulica/frana

- ✓ *non preclude la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio dalle aree limitrofe;*
- ✓ *non presenta una vulnerabilità tale da renderlo inadeguato rispetto alle finalità per il quale è stato progettato;*
- ✓ *garantisce condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, in quanto i lavori si svolgeranno senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;*
- ✓ *l'intervento è coerente con gli strumenti urbanistici vigenti.*



Le opere di che trattasi non determinano alcuna variazione del grado di pericolosità e/o di rischio rispetto alla situazione esistente, per tali ragioni non si prevedono misure di mitigazione e/o compensazione. Per quanto sopra esposto e sulla base delle risultanze dello studio condotto possiamo affermare che l'intervento in progetto è compatibile con lo stato dei luoghi e con le norme e prescrizioni del PAI Sardegna.

4.2 Piano di manutenzione

Il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti rappresenta il documento complementare al progetto degli interventi che prevede, pianifica e programma le procedure dell'attività di manutenzione al fine di mantenere nel tempo la funzionalità dell'intervento, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico dei vari manufatti.

Poiché l'intervento di che trattasi non influenza il grado di pericolosità e/o di rischio dell'area interessata ai fenomeni di allagabilità, non si ritiene opportuno supportare la progettazione del piano di manutenzione delle opere previsto dall'Allegato E alle NTA del PAI Sardegna.

Sarà cura del committente attuare gli interventi di manutenzione necessari al mantenimento nel tempo della corretta funzionalità degli interventi e delle loro caratteristiche tecniche, e della efficienza delle sue parti strutturali.

4.3 Piano di monitoraggio

Per le stesse ragioni espresse per il piano di manutenzione, poichè l'intervento di che trattasi non influenza il grado di pericolosità e/o di rischio dell'area interessata ai fenomeni di allagabilità, non si ritiene opportuno supportare la progettazione del piano di monitoraggio degli interventi previsto dall'Allegato E alle NTA del PAI Sardegna.

5 CONCLUSIONI

In conformità a quanto fin qui esposto si possono trarre le seguenti conclusioni, sulla scorta della relazione di compatibilità geologica e geotecnica redatta dal Dott. Angelo Vigo in fase di progettazione definitiva:

Stato di fatto

Lo studio del 2014 ha evidenziato che una porzione del territorio circostante l'impianto di sollevamento ENAS, è classificata a pericolosità Hg2 nell'ambito del PAI, a causa della presenza di cavità carsiche, accertata durante la fase di realizzazione ed ampliamento del vicino potabilizzatore gestito da Abbanoa S.p.A. Sulla base di detto



studio di compatibilità geologica e geotecnica redatto dal Dott. Geol. Angelo Vigo per verificare l'esposizione del sedime a fenomeni di sink-hole in senso lato, riporta che essa è stata indagata mediante metodi diretti ed indiretti volti essenzialmente a ricercare la presenza di cavità carsiche che potessero dar luogo a sprofondamenti per crollo di volte calcaree, in particolare per effetto delle sollecitazioni indotte dalle opere in progetto. Le indagini sismiche hanno rivelato un contesto privo di anomalie di velocità riconducibili a carsismo attivo profondo e confermano, in generale, la stasi di importanti fenomeni di dissoluzione chimica. Quest'ultima si limita agli orizzonti superficiali, più esposti all'azione delle acque meteoriche che producono un diffuso disfacimento della roccia, regressivo con la profondità. Esso è evidente nel confronto tra le stratigrafie ed i profili sismici, in particolare tra i log dei sondaggi STR1 e STR3 e il Profilo 2, che intersecano il centro della vasca del By-Pass, dove si possono rilevare litotipi alterati, da limo-argillosi a limo-sabbiosi, dei calcari bioclastici sino a profondità comprese tra 7,70 e 9,30 metri di profondità, inoltre le profondità indagate non evidenziano vuoti carsici ma solo un evidente aumento progressivo delle VP riconducibile alla maggiore compattezza ed elasticità della roccia. I litotipi presentano caratteristiche variabili da scadenti a buone, con un rapido incremento al progredire della profondità, cui corrisponde un'altrettanto rapida riduzione del grado di alterazione. La roccia lapidea si presenta come un'alternanza di livelli calcarenitici poco cementati e friabili e livelli di calcare organogeno più compatti e tenaci, localmente in eteropia di facies.

Stato di progetto e misure di mitigazione del rischio

La presente relazione di compatibilità (2019) ha verificato la compatibilità dei nuovi manufatti da realizzarsi. Le verifiche di sicurezza condotte agli stati limite sulle fondazioni delle strutture di nuova realizzazione hanno avuto esito positivo e i cedimenti, stimati in campo elastico, sono congruenti con il contesto rilevato.

- Nell'area d'interesse non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto né segni che ne lascino presagire l'occorrenza; non è stata riscontrata la presenza d'alcun elemento tettonico attivo, quali faglie o dislocazioni in genere, che possano favorire l'innescarsi di dissesti di qualsiasi natura e provocare ripercussioni sulla stabilità delle opere in progetto. I possibili fenomeni morfogenetici attivi, rappresentati dai processi di dilavamento diffuso, sono mitigati dalla presenza di coltre detritica superficiale stabilizzata da copertura vegetale, quindi non incidono in maniera rilevante (marginale) sulla stabilità dell'area di progetto. Le caratteristiche geotecniche dei terreni di



fondazione analizzati in situ, unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono le litologie, evidenziano la compatibilità degli stessi in funzione delle opere da realizzarsi.

- Geologicamente nell'area sensibile affiorano rocce della serie marina miocenica rappresentati dalla litofacies nella Formazione di Mores, sovrastanti livelli di marne, marne argillose e marne calcaree ("Marne di Borutta"), che talvolta s'intercalano agli stessi calcari organogeni. I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento (tab. 1) possono essere suddivisi in 2 classi di permeabilità:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

- ✓ Classe 1- Permeabilità medio-alta per fessurazione: comprende la Litofacies di Mores caratterizzati da calcari bioclastici, calcari arenacei e calcareniti con permeabilità medio-alta per fessurazione e carsismo, localmente medio-bassa [$10^{-2} > K > 10^{-5}$];
- ✓ Classe 2- Permeabilità da bassa a impermeabile: comprende le marne, marne argillose, marne arenacee della "Formazione di Borutta" (Langhiano). Questi sedimenti presentano scarsa permeabilità per porosità e per fessurazione e, spesso costituiscono il letto su cui si accumulano le acque che s'infiltrano nelle bancate calcaree sovrastanti dando così origine a falde sotterranee medio-profonde, [$10^{-9} \geq K$].

In sintesi, non esistono condizioni attuali in cui l'attività in oggetto possa interferire con la geologia e l'idrologia del settore. Da quanto su esposto si evince che la struttura in progetto non aumenta il livello di rischio idraulico poiché non comporta ostacolo al naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee nell'area.

- La falda freatica superficiale non è rilevabile nell'area d'indagine, entro i primi metri di profondità. La presenza della falda idrica più profonda è legata al grado di fessurazione del substrato carbonatico in posto.
- I dati sismici dell'area sensibile, con Coordinate Km Gauss-Boaga area vasta (Fuso 32) **X** = 1456006.1003 **E** - **Y** = 4512708.1711 **N** hanno fornito i seguenti valori per un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (NTC 2018)



definite, per ciascuna probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento, a partire dai tre parametri validi:

- a_g = accelerazione massima del terreno $[g/10]$;
 - F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
 - TC^* = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Dati sulla costruzione (spettri di risposta):
- Classe d'uso: 2 (normali affollamenti)
 - Vita Nominale: 50 anni
- Coefficiente d'uso: 1.000000
 - Vita di riferimento: 50.000000 anni
- **SLE** (N.T.C 2018)
 - Dati sulla costruzione (**SLO**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000 (**SLO**) Periodo di ritorno: 30.11 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0127 g \rightarrow F_0 = 2.5776 \rightarrow Tc^* = 0.1400 \text{ sec}$
 - Dati sulla costruzione (**SLD**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (**SLD**) Periodo di ritorno: 50.29 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0171 g \rightarrow F_0 = 2.5500 \rightarrow Tc^* = 0.1500 \text{ sec}$
 - **SLU** (N.T.C 2018)
 - Dati sulla costruzione (**SLV**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (**SLV**) Periodo di ritorno: 474.56 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0439 g \rightarrow F_0 = 2.5026 \rightarrow Tc^* = 0.3100 \text{ sec}$
 - Dati sulla costruzione (**SLC**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (**SLC**) Periodo di ritorno: 974.79 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0555 g \rightarrow F_0 = 2.5550 \rightarrow Tc^* = 0.3400 \text{ sec}$
 - Per il sito in progetto è stata verificata dallo scrivente, la compatibilità geologica e geotecnica in funzione delle criticità correlate alla tipologia progettuale, secondo l'Allegato F del P.A.I, da cui ne consegue:
 - La localizzazione geologica e geomorfologica degli interventi in progetto presenta una condizione litologica e geostrutturale piuttosto definita, con buona caratterizzazione meccanica dei litoidi di base, in associazione alla presenza di materiale detritico eluvio-colluviale di modesto spessore stabilizzato da copertura vegetale, soprastante lo stesso substrato.



- Dall'analisi dell'area, che degrada moderatamente da SE verso NNW, non si evidenzia la presenza di accumuli detritici instabili, né tanto meno di massi ciclopici in condizioni di equilibrio precario, trattandosi di una superficie sub pianeggiante, di natura rocciosa, modificata antropicamente dalle opere di urbanizzazione. Non sono state rilevate inoltre discontinuità tettoniche, responsabili della formazione d'incisioni profonde, di scarpate verticali o di repentine rotture di pendio;
- La mancanza di processi erosivi riconducibili al ruscellamento concentrato, di affioramenti rocciosi caratterizzati da scarpate o cornici verticali importanti e la presenza, anche se discontinua di una coltre superficiale stabilizzata da copertura vegetale, esclude e garantisce il manifestarsi di tale fenomeno erosivo;
- La stratigrafia dei terreni di fondazione analizzati in situ evidenzia la compatibilità degli stessi in funzione delle opere da realizzare. Trattasi, infatti, di terreni sufficientemente idonei dal punto di vista geomeccanico, trattandosi di litologie coerenti dure e compatte (graniti Varisici), talora sottostanti un debole spessore di materiale detritico incoerente diversamente addensato (alterazione);
- Nell'ambito degli interventi in progetto, appare oggettivamente verificata la stabilità della capacità portante dell'insieme terreno-fondazione, per l'incremento di tensione verticale indotta dalle nuove opere, secondo le modalità tecniche previste dal D.M. 11.03.1988 e succ. modificazioni, nonché NTC 2018.
- Sulla base del presente studio ai sensi dell'Art. 25 delle NA del PAI si evidenzia che in applicazione dei paragrafi 3.1.a) e 3.1.b) del D.P.C.M. 29.9.1998, come disposto dall'art. 23 comma 8 delle NA del PAI, nelle aree pericolosità idrogeologica sono consentiti esclusivamente gli interventi espressamente elencati negli articoli da 27 a 34. L'intervento di progetto è quindi realizzato nel rispetto delle condizioni ivi stabilite. Inoltre non trovano applicazione i divieti speciali stabiliti negli articoli: 8, comma 6; 9, comma 2; 14, comma 4; 20, comma 1; 27, comma 3, lettera f.; 32, comma 2; 33, comma 4.
 - L'intervento in esame non costituisce fattori di pericolosità né localmente, né a monte né a valle, rientra tra gli interventi ammessi nell'Art. 33 comma 2/3 lettera b) delle Norme di Attuazione del P.A.I..
 - La compatibilità del presente progetto, alle prescrizioni e norme di attuazione del PAI, è stabilita secondo i seguenti criteri:
 1. esplicitazione dello studio di compatibilità redatto ai sensi dell'art. 25 NTA del PAI;



2. verifica dei presupposti compatibilità ai sensi dell'Art. 33 comma 2/3 lettera b);

- Allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da:

a) migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;

in funzione dell'intervento in progetto il rischio di inondazione a valle ed a monte è assente, per la stessa assenza di un reticolo idrografico interferente.

b) migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;

non esistono trasformazioni del sito e pertanto azioni di progetto volte a peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti (assenti) e di stabilità dei suoli.

c) non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;

non risultano opere e progetti tale da compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica volta alla riduzione delle cause di pericolosità geologico e/o all'innescio dei fenomeni franosi lungo le aree.

d) non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate;

il sito non risulta oggetto di fenomeni di allagamento e non risulta incluso nelle aree a pericolosità idraulica del PAI, PSFF, PGRA, e pericolosità da frana.

e) limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;

trattasi essenzialmente di opere che non prevedono modificazioni dello stato dei luoghi a monte e a valle dell'area.



f) favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;

valgono le considerazioni fatte al punto d) e).

g) salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;

valgono le considerazioni fatte al punto d) e) f).

h) non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;

le opere non interferiscono con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile.

i) adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;

il progetto risulta congruo con questo punto in quanto non crea presupposti per impatti sull'ambiente.

j) non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;

le opere non interferiscono con la notazione della pericolosità (punto 2.1 DPCM 29.9.1998) e del rischio essendo marginali e comunque rientrando nella categoria degli elementi a rischio di classe E già presenti.

k) assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;

il progetto non determina incrementi delle condizioni di rischio.

l) garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;

la realizzazione delle opere, avverrà dove previsto con una minima, e controllata, apertura di scavi o sbancamenti, quindi ininfluenti ad un eventuale aumento del livello di rischio o di esposizione al rischio esistente.

m) garantire coerenza con i piani di protezione civile.



**la realizzazione delle opere è congruente, anche se non correlabile,
con il piano di protezione civile del Comune di Sassari.**

In funzione delle determinazioni del presente studio, si può affermare che:

- L'intervento in esame è reso ai sensi delle Norme di Attuazione PAI della Sardegna: Art. 25 (studi di compatibilità geologica e geotecnica); Art. 33 (disciplina delle aree di pericolosità geomorfologica media); Allegato F (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'art. 25 delle N.d.A. del P.A.I.);
- L'intervento in progetto, sarà realizzata in conformità alle norme vigenti in materia paesaggistica. Per la sua tipologia non potrà produrre alcuna modificazione morfologica di pericolosità dei luoghi né essere motivo di dissesto idrogeologico;
- La compatibilità geologica e geotecnica in relazione alle caratteristiche geotecniche del sito e agli interventi realizzabili, è risultata verificata. L'analisi dei processi erosivi e delle sollecitazioni nelle strutture è inesistente in quanto trattasi di un'area litologicamente stabile su di un substrato coerente.
- Non si evidenzia un aumento di carico insediativo nella struttura. Infatti la presenza di persone sul fabbricato in parola non genera aumento di rischio poiché non vien aumentato il carico insediativo conformemente a quanto indicato nelle NA del PAI e nello specifico all'art. 23 c. 10.
- In particolare, come da verifiche mediante indagini geognostiche dirette ed indirette e modelli, gli interventi previsti ottemperano a quanto prescritto dal comma 9 dell'Art.23 delle N.A. così come riportato nel dettaglio di seguito:
 - non peggiorano le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;
 - non compromettono la ulteriore riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale, né la sistemazione idrogeologica a regime;
 - non incrementano le condizioni di rischio specifico da frana (ed in particolare da sinkhole) degli elementi vulnerabili interessati, ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito.
- L'area di sedime, che ospiterà le opere in progetto, si presenta idonea all'intervento previsto in quanto, non evidenzia ostacoli di:
 - Natura geologica, idrogeologica o morfologica che impediscano l'utilizzazione prevista nel presente studio;



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo

- La stratigrafia, tipica dei terreni locali analizzati in situ, evidenzia la compatibilità degli stessi in funzione dell'opera da realizzarsi;
- Natura geotecnica che impedisca l'utilizzazione prevista dal progetto a meno delle normali prescrizioni ingegneristiche.