



COMUNE DI SANTADI

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

PROGETTO DEFINITIVO

**COMPLETAMENTO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA
DEL RIO CRESIA**

Studio Tecnico Associato

Ing.ri Orgiana A. & Orrù G.

Via C. Battisti 21/A - 09061 ORROLI (SU) - Tel. 0782-847472 - MAIL: staorgianaorru@gmail.com

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Allegato

A.02

DATA

Apr 2020

Il Sindaco:

Dott. Elio Sundas

Progettazione:

Studio Tecnico Associato
Ing.ri Orgiana A. & Orrù G.

Dott. Geol. Marco Pisano

Il Responsabile
del Servizio Tecnico
Geom. Carlo Acca

Il Coordinatore del Progetto
Dr. Ing. Giancarlo Orrù

COMUNE DI SANTADI (SU)

PROGETTO DEFINITIVO

***COMPLETAMENTO DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA
DEL RIO CRESIA***

Relazione Geologica e Geotecnica

redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018



Marco Pisano

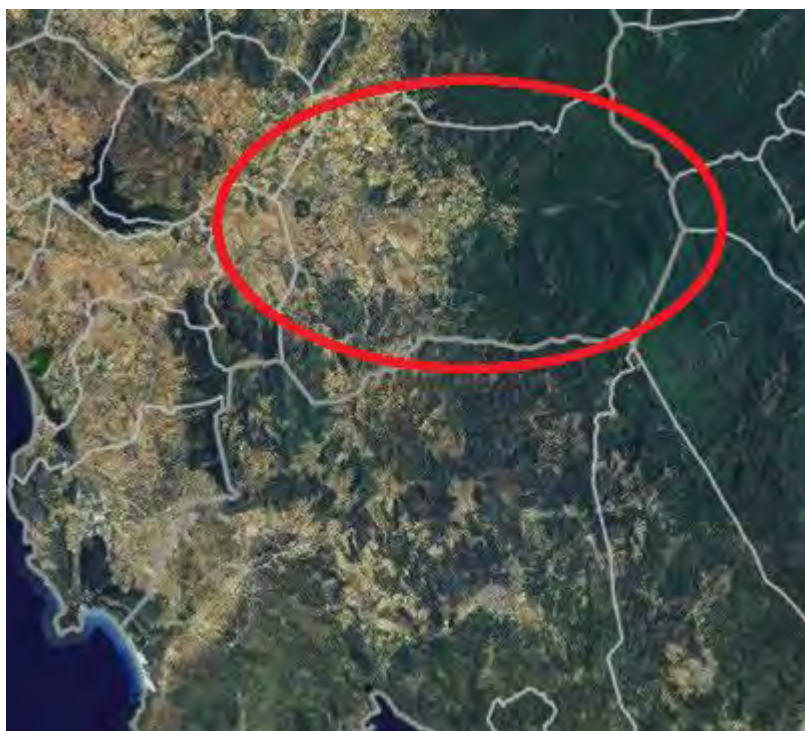
APRILE 2020

Dott. Geol. Marco Pisano

PREMESSA

A seguito dell'incarico affidato dall'Amministrazione Comunale di Santadi è stata realizzata la presente relazione geologico-geotecnica ed esplicativa DEFINITIVA al fine di permettere la realizzazione dei lavori di completamento della sistemazione idraulica del Rio Cresia.

Il presente studio ha avuto lo scopo di analizzare principalmente le condizioni geologiche, litologico-stratigrafiche, tettoniche, geomorfologiche, idrogeologiche, geopedologiche e di uso reale del suolo dell'area interessata dai lavori; per meglio definire i parametri relativi alla stabilità del terreno in cui dovranno essere eseguite le opere sono stati analizzati i dati desunti alcuni pozzetti stratigrafici e tagli stradali situati in prossimità dell'area di studio.



AREA DI STUDIO

Il presente studio si articola essenzialmente nei seguenti punti:

- raccolta sistematica di materiale bibliografico riguardante indagini e studi eseguiti nel settore; analisi ed elaborazione dei dati bibliografici e statistici;
- rilevamento geolitologico di superficie dell'area oggetto di studio e del territorio circostante;

- rilevamento geomorfologico mediante indagini dirette e con l'ausilio della fotointerpretazione ai fini della determinazione ed individuazione di eventuali fenomeni di erosione, di instabilità dei versanti, dei dissesti in atto o potenziali e dei principali elementi strutturali e di evoluzione morfodinamica;
- valutazione delle condizioni climatologiche, idrologiche, idrogeologiche, geopedologiche e di uso del suolo del territorio oggetto di studio e di quello circostante;
- valutazione delle proprietà geotecniche delle Unità litotecniche e analisi stratigrafica di alcuni settori scaturite da indagini dirette; eseguite nel territorio su interventi pubblici e privati;
- interpretazione dei dati e proposta di intervento;
- stesura della relazione finale.

La normativa a cui si è fatto riferimento per l'esecuzione dell'indagine è la seguente:

- D.M. 11.03.1988 recante le “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilizzazione 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”;
- Legge 11.02.1994 N° 109 Legge quadro in materia di lavori pubblici, e successive modificazioni;
- D.P.R. N° 554 del 21.12.1999 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici, e successive modificazioni;
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni 17 gennaio 2018;
- D.M. 17/01/2018 e norme tecniche applicative del Decreto (Tabelle 3.2.II e 3.2.III)

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E URBANISTICO

L'area oggetto di studio e sede del progetto, è localizzata nella Sardegna meridionale e con riferimento alla toponomastica regionale, nel cuore del Sulcis, è inquadrato nella Carta d'Italia IGM 1:25.000 al foglio 565 III e IV Quadrante.

Nella Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000, i limiti amministrativi comunali risultano compresi nei fogli 565-050, 565-060 565-090, 565-100, Santadi.

Il centro abitato di Santadi è idealmente diviso in due parti dal Rio Mannu; i suoi affluenti, rio Rigau, rio Siriddi e rio Su Cani scorrono il primo nella zona nord del centro abitato, il secondo e il terzo nella zona sud, quella di Santadi Basso, di recente edificazione.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

1) Caratteristiche climatiche

Pluviometria

L'analisi delle condizioni pluviometriche è stata eseguita utilizzando i dati rilevati dall'ARPAS nella stazione termo-pluviometrica prossima all'abitato di Santadi che per le sue condizioni di esposizione è quella che si ritiene maggiormente rappresentativa per tutto il territorio in esame. Partendo da questi dati (Fig. 1), ottenuti dalle medie di 55 anni di osservazione, è stato possibile calcolare il valore medio annuale delle precipitazioni che raggiunge i 667.8 mm.

L'andamento medio delle precipitazioni evidenzia che i mesi più piovosi risultano Novembre e Dicembre, mentre il mese meno piovoso è Luglio.

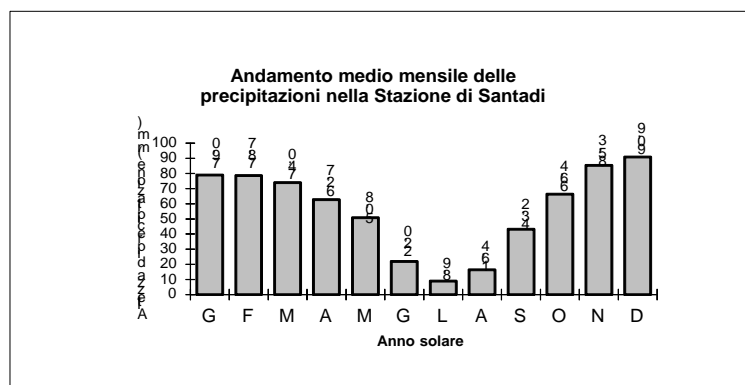


Fig. 1: Grafico dell'andamento medio delle precipitazioni

Termometria.

Per lo studio delle condizioni termiche della zona sono stati utilizzati i dati relativi alla temperatura media mensile rapportata solamente ad un quadriennio di osservazione nella medesima Stazione di "Santadi".

Il massimo valore della temperatura media si registra nei mesi di Luglio e Agosto; il minimo valore della temperatura media a Gennaio (Fig.2).

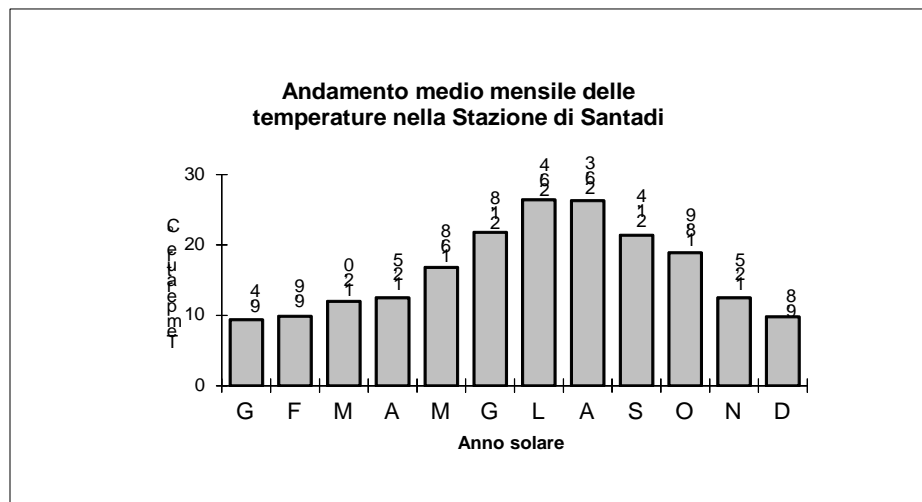


Fig. 2: Grafico dell'andamento medio delle temperature

Al fine di caratterizzare al meglio l'andamento climatico del settore, a cui è connesso in parte il comportamento reologico anche dei terreni, può rivestire una certa utilità l'andamento comparato dei due fondamentali elementi climatici già descritti: la temperatura e le precipitazioni. A tal fine si è proceduto al calcolo dell'*indice di Aridità* (I_a), adottando la formula di *De Martonne* in quanto risulta la più adatta per regioni con clima mediterraneo alle quali la zona studiata può ascrivarsi.

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

In cui I_a è l'indice di aridità mensile, P la precipitazione in mm e t la temperatura media in °C nel mese considerato.

Per la stazione in questione si ha il seguente valore di I_a :

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
48.86	46.46	40.36	33.44	22.75	8.30	2.93	5.42	16.51	27.57	45.49	55.09

Tab. 1: Indice di aridità

Dai dati riportati si evince chiaramente che l'area in esame risente di un periodo di aridità (indice inferiore a 10) nei mesi di Giugno, Luglio, Agosto. Tale periodo di aridità è evidenziato graficamente nel diagramma ombro-termico (secondo Bagnouls-Gaussen)(Fig.3).

Il diagramma, attraverso la larghezza dell'intervallo tra le due curve, evidenzia sia i periodi in cui si ha un prevalere delle precipitazioni sui consumi dovuti all'evapotraspirazione che i periodi in cui le perdite per evapotraspirazione superano gli afflussi. Laddove infatti la curva

della temperatura supera quella delle precipitazioni, il bilancio dell'acqua è negativo; si ha quindi un periodo di aridità in cui i valori di evapotraspirazione e traspirazione raggiungono i massimi annuali.

Durante questo periodo, pressoché tutta l'acqua che cade sul terreno evapora rapidamente a causa dei complessi fenomeni legati all'evapotraspirazione.

Dall'andamento delle due curve si nota quindi che l'alta temperatura atmosferica nei mesi estivi contribuisce a smaltire, attraverso l'evapotraspirazione, la quasi totalità delle acque superficiali.

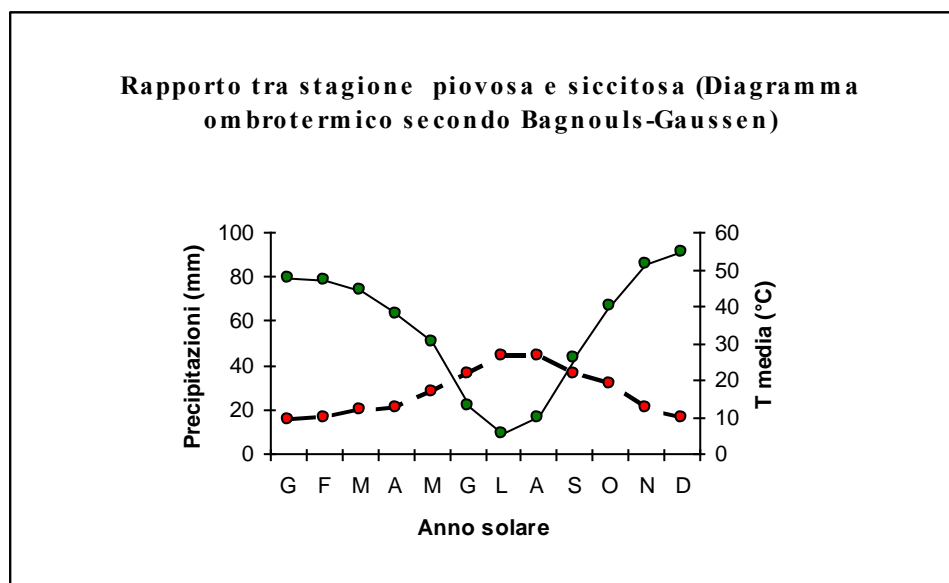


Fig. 3: Diagramma ombrotermico

I dati indicati sono di grande utilità specie per la valutazione delle condizioni di saturazione dei suoli, specie di quelli argillosi o idromorfi e delle fasce di maggiore alterazione della roccia madre, al fine di prevedere il loro comportamento e le loro possibili interferenze laddove la viabilità poggia su tali complessi.

2) inquadramento morfologico e pedologico

Morfologia e geologia

Il territorio di Santadi appartiene all'area geografica del Sulcis.

Il Sulcis propriamente detto corrisponde al versante sudoccidentale dei "Monti del Sulcis" e alla piana sottostante fino alla costa sudoccidentale che si affaccia sul Canale di Sardegna, da capo Altano, o capo Giordano, fino al Golfo di Palmas e da qui continua verso Capo Teulada. Per affinità politiche-geografiche è considerato parte del territorio sulcitano anche l'arcipelago del Sulcis, con le isole di San Pietro e di Sant'Antioco.

Il Sulcis viene suddiviso in due zone: la parte settentrionale, più popolata e meno vasta, denominata Alto Sulcis (costituito dall'omonimo bacino carbonifero e dall'arcipelago sulcitano con le isole di Sant'Antioco e di San Pietro) e la parte meridionale, meno abitata, con un territorio un po' più grande, definita come Basso Sulcis, in cui rientra il territorio di Santadi.

Le montagne sulcitane sono costituite da graniti e micascisti, da rilievi vulcanici e da rari rilievi calcarei. Le rocce granitiche si presentano sotto forma di scarpate profonde o versanti molto ripidi e spogli di vegetazione; le rocce metamorfiche invece, contraddistinte da una forte erosione, si presentano in valli fortemente incassate nella roccia.

Le complesse vicende geologiche che hanno interessato questa particolare area, hanno dato al territorio un aspetto assolutamente singolare rispetto ad altri massicci paleozoici dell'isola: i rilievi hanno un aspetto tormentato e disordinato, sui quali una forte azione erosiva ha dato origine a valli profonde, mettendo a nudo la struttura litologica delle rocce.

I rilievi paleozoici sono in stridente contrasto con le pianure formatesi più di recente e che interessano l'area Narcao - Villaperuccio – Santadi, degradanti verso il Golfo di Palmas. Queste pianure durante il paleocene erano bacini fluvio lacustri, colmati dai sedimenti, che hanno dato luogo alla piana del Cixerri.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Santadi è caratterizzato da una morfologia prevalentemente montuosa, impostata sulle litologie paleozoiche della Sardegna sud occidentale, degradante verso la direzione nord-ovest in un'area pianeggiante, comprendente il paese stesso, ricoperta dai sedimenti cenozoici.

Il basamento metamorfico Paleozoico, caratterizzato da un metamorfismo di basso grado generato dagli eventi deformativi della "Fase Sarda" e dall'Orogenesi Ercinica, appartiene interamente alla "Zona Esterna autoctona dell'Iglesiente-Sulcis" ed è costituita dalle litologie appartenenti alla successione sedimentaria Pre-discordanza Sarda. A contorno delle medesime, nelle zone est del

Comune, affiorano i granitoidi del complesso intrusivo tardo-Paleozoico mentre ad ovest, in minore percentuale, alcuni rilievi collinari sono costituiti dalle vulcaniti del ciclo calcalcalino Oigo-Miocenico.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

1) Paleozoico

Il basamento metamorfico, costituente l'avampaese della catena Ercinica in Sardegna, è in percentuale l'insieme di litologie più diffuse in questa parte di territorio: nell'area in esame affiora l'intera sequenza prefase sarda del ciclo sedimentario Cambriano-Ordoviciano inferiore. Nel suo insieme l'ambiente deposizionale, in un'alternanza di sedimentazione silicoclastica e carbonatica, è stato di mare epicontinentale poco profondo. Queste formazioni sono state recentemente (1995) elevate a rango di gruppo e i rispettivi membri al rango di formazioni.

Formazioni pre "Discordanza Sarda" - Formazione di Nebida, ("Gruppo delle Arenarie" Auct.).

Questa formazione costituisce il termine cronologicamente più antico della successione affiorante ed è costituita da sedimenti terrigeni depositatisi in un ambiente deltizio fluviale- marino a tendenza regressiva in un contesto climatico tendente a condizioni di aridità.

La formazione, i cui sedimenti sono stati debolmente metamorfati nel corso dell'orogenesi Ercinica; è presente con i due membri, con potenza complessiva stimata dell'ordine dei 600 metri:

-Membro di Matoppa: è il più antico dei due (Cambriano inferiore) , ed è litologicamente costituito da metasiltiti con laminazioni piano parallele alternate a bancate decimetriche di metarenarie quarzose rosate con rari livelli carbonatici. Si tratta della litologia paleozoica più diffusa, localizzata prevalentemente in un'ampia fascia centrale con andamento N-S a sud-ovest del comune.

-Membro di P.ta Manna : costituite da metarenarie quarzose e siltiti con laminazioni incrociate e piano parallele; alla base della formazione sono presenti calcari oolitici in discontinuità, mentre la parte sommitale è caratterizzata da un elevato livello fossilifero ad archeocyatidi .Nel territorio le litologie di questo membro circondano quelle del precedente.

- Formazione di Gonnese ("Metallifero" Auct. p.p)

Nel passaggio a questa formazione si ha la variazione di sedimentazione, conseguente ad un abbassamento del fondo del mare, che passa da terrigena a carbonatica. Le litologie affiorano prevalentemente in un'area centro sud del territorio ed in alcune zone distinte: il rilievo collinare di M.Murrecci ; a nord-ovest del paese di Santadi e M.Codina. I membri costituenti sono:

-Membro della dolomia rigata: costituito da metadolomie laminate grigio scure e rari calcari stratificati;

-Membro del calcare ceroide: più diffuso, affiora in un'area centrale del territorio comunale, ed è costituito da metacalcari laminatici grigio-bluastri e calcari grigi massivi, spesso dolomitizzati.

- Formazione di Campo Pisano ("Calcescisti" Auct., "Metallifero" Auct. p.p., "Calcare Nodulare" Auct.). Secondo gli autori questa Formazione testimonia l'inizio dell'annegamento della piattaforma carbonatica nel Cambriano medio a seguito di un'attività tettonica distensiva. Affiora in aree limitate del territorio, nei pressi delle vette di P.ta Sebera e di P.ta Su Casteddu. Riccamente fossilifera è composta da una fitta alternanza di metacalcari, metacalcari marnosi e metasiltiti.

- Formazione di Cabitza ("Scisti di Cabitza" Auct.): costituita da metasiltiti, metargilliti e metarenarie: affioramenti isolati di questa formazione si hanno nel confine nord, in corrispondenza dei monti Tiriccu e Sa Mirra; ed in maggiore percentuale nella parte sud est del comune comprendente P.ta Maxia ed il versante Nord di P.ta Sebera. Questa formazione, che sovrasta in continuità stratigrafica la formazione di Campo Pisano (entrambe inserite recentemente nel "Gruppo di Iglesias") chiude la successione del Cambriano Inferiore- Ordoviciano Inferiore della Zona Esterna dell'Iglesiente-Sulcis ed i cui caratteri sedimentologici indicherebbero , secondo gli autori, un'evoluzione dell'ambiente deposizionale da neritico a pelagico.

La successione sedimentaria in esame venne coinvolta dai movimenti plicativi dell'Orogenesi Caledoniana, in particolare dalla Fase Sarda che nel Sulcis è testimoniata dalla discordanza angolare tra le successioni del Cambriano-Ordoviciano inferiore con quelle dell'Ordoviciano superiore. Nel comune di Santadi non affiorano le formazioni post "Discordanza Sarda".

Successivamente, secondo gli studiosi a partire dal Carbonifero inferiore-medio, il basamento Paleozoico Sulcitano venne interessato dalle 3 fasi dell'Orogenesi Ercinica.

Nell'area in esame gli effetti della seconda fase deformativa sono i più evidenti: la stessa ha determinato il raccorciamento maggiore ed è caratterizzata da pieghe anticlinali con direzione Nord-Sud.

La struttura generale principale di questa parte del Sulcis è rappresentata dall'anticlinale che attraversa il comune partendo dai territori di Narcao-Nuxis fino a Capo Malfatano e che ha per nucleo i metasedimenti della Formazione di Nebida. Il grado di metamorfismo conseguente è basso, tipico delle porzioni superficiali della crosta terrestre (anchizona-epizona). Questa fase Ercinica principale ha prodotto profonde deformazioni nelle strutture aventi direzione Est-Ovest originatesi a seguito della prima fase Ercinica e dalla precedente Orogenesi Caledoniana rendendole scarsamente individuabili.

Complesso intrusivo tardo-paleozoico: Secondo gli studiosi verso la fine dell'orogenesi Ercinica si è avuta, in varie fasi, la messa in posto di grandi masse intrusive.

Nel territorio comunale le litologie granitoidi seguono, per estensione, il basamento metamorfico e si stimano risalenti al Carbonifero-Permiano. Le stesse presentano caratteri comuni in termini di struttura e tessitura isotropa e si sono messi in posto intersecando le strutture plicative del basamento metamorfico ercinico, prevalentemente con contatto intrusivo sub orizzontale nei confronti del basamento medesimo. Sono evidenti, nei punti di contatto con le rocce incassanti del basamento, gli effetti del metamorfismo termico.

Le masse plutoniche più diffuse, al pari di tutto il Sulcis, sono riscontrabili nell'area a Nord-Est, al confine con il comune di Nuxis: si tratta di Leucosienograniti a biotite della facies di M.te Lattias, di colore bianco-rosato e di grana media, di struttura da equigranulare a mediamente inequigranulare per la presenza di grossi cristalli di k-feldspato.

Nelle aree a Nord ed a Ovest di P.ta Sebera le masse plutoniche sono invece costituite da leucomonzograniti a biotite della facies di P.ta Peis de Pruna.

I caratteri tessiturali e strutturali simili delle due facies individuate, le associano nell'Unità Intrusiva di Villacidro.

2) Terziario

Assenti gli affioramenti Mesozoici, la successione sedimentaria Paleogenica è presente in modesti affioramenti nell'area Nord-Ovest al confine con Nuxis con la Formazione del Cixerri, risalente al periodo Eocene medio- Oligocene. Scarsamente fossilifera, è costituita da depositi terrigeni assimilabili a conglomerati poligenici, arenarie, marne derivanti da un ambiente deposizionale lacustre colmato con i detriti derivanti dallo smantellamento delle litologie circostanti.

In alcuni rilievi collinari, nell'area pianeggiante sud-ovest del Comune al confine con Piscinas, sono visibili gli affioramenti vulcani Cenozoici, risalenti al ciclo calcalcalino Oligo-Miocenico.

La successione vulcanica, prevalentemente lavica, affiorante nel Comune è racchiusa nel Gruppo di Monte Sirai. La collina di N.ghe Diana è costituita da depositi piroclastici di flusso: alla base le Daciti di Acqua Sa Canna, sormontate dalle Rioliti di Monte Crobu.

La sommità è costituita dalle Rioliti di Nuraxi: le stesse costituiscono una delle unità vulcaniche più diffuse del Sulcis.

Al medesimo gruppo appartengono i sedimenti continentali della Formazione di Serra is Ollastus, le cui rocce costituiscono le colline di Sedda sa Cruxi e di Serra is Ollastus, costituita da conglomerati fluviali poligenici.

3) *Quaternario*

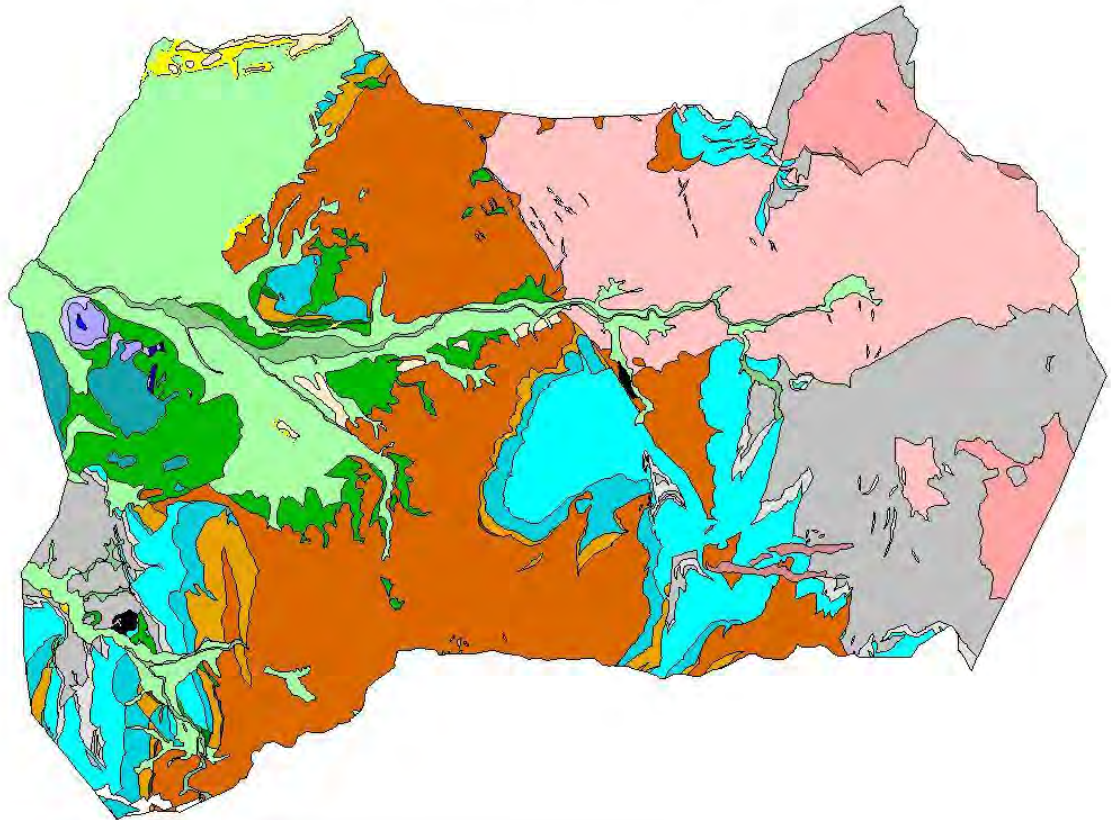
La base dei depositi Quaternari è costituita dal Sistema di Portovesme, del quale affiora il subsistema di Portoscuso originato da depositi di ambiente alluvionale e di versante, attribuito al Pleistocene, è costituito prevalentemente da sedimenti grossolani.

Il Quaternario superiore è rappresentato dai Depositi Olocenici costituiti da sedimenti fluviali di conoide, depositi alluvionali terrazzati, depositi di versante e piana alluvionale.

Nell'area piaggiante di Su Pranu ubicata a nord-ovest, delimitata dal confine con Piscinas ad ovest e dal corso del rio Mannu a sud , compreso il paese di Santadi e varie sue frazioni, questi sedimenti ricoprono i depositi cronologicamente precedenti.

COMUNE DI SANTADI

Carta Geologica



Legenda: Formazioni e litotipi

- Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine.
- DA CITI DI ACQUA SA CANNA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica a chimismo dacitico.
- Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie.
- Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie.
- Depositi antropici. Discariche minerarie.
- Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati.
- Facies Monte Lattias (UNITÀ INTRUSIVA DI VILLACIDRO). Leucosienograniti biotitici a grana grossa, bianco-rosati, da equigranulari a moderatamente inequigranulari.
- Facies Punta de Pruna (UNITÀ INTRUSIVA DI VILLACIDRO). Leucomonzograniti biotitici, a grana media o medio-fine, rosati, da equigranulari a moderatamente inequigranulari.
- Facies Punta Sa Cresia (UNITÀ INTRUSIVA DI VILLACIDRO). Mikrosienograniti biotitico-muscovitici, rosati, prevalentemente equigranulari.
- Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite.
- Filoni intermedio-basici a composizione andesitica o basaltica.
- FORMAZIONE DEL CIXERRI. Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati.
- FORMAZIONE DI CABITZA. Alternanza ritmica di lamine centimetriche metasiltitiche e metargillitiche di colore rosso-violaceo e verde di origine tidale.
- FORMAZIONE DI CAMPO PISANO. Alternanze di metacalcari, metacalcari marnosi rosati, metasiltiti grigie e metacalcari grigio-rosati a struttura nodulare.
- FORMAZIONE DI SERRA IS OLLASTUS. Depositi conglomeratici continentali poligenici ed eterometrici, a prevalenti clasti di rocce carbonatiche mesozoiche.
- Litofacies nel Membro di Matoppa (FORMAZIONE DI NEBIDA). Livelli discontinui di metacalcari scuri ad Archaeocyatha.
- Litofacies nel Membro di Punta Manna (FORMAZIONE DI NEBIDA). Alla base calcari oolitici e oncolitici con subordinate intercalazioni di metarenarie e metasiltiti.
- Litofacies nel Subistema di Portoscuso (SISTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie.
- Membro del Calcare cereide (FORMAZIONE DI GONNESA). Calcari grigi massivi, talora nerastri, spesso dolomitizzati.
- Membro della Dolomia rigata (FORMAZIONE DI GONNESA). Dolomie grigio chiare ben stratificate e laminate, spesso con laminazioni stromatolitiche, con noduli e livelli di selce scura alla base.
- Membro di Matoppa (FORMAZIONE DI NEBIDA). Metarenarie e metasiltiti, con laminazioni piano-parallele, alternate a bancate decimetriche di metarenarie quarzose, con rari livelli carbonatici.
- Membro di Punta Manna (FORMAZIONE DI NEBIDA). Metarenarie quarzose e siltiti, con laminazioni incrociate e piano-parallele, verso alto alternanze di calcari e dolomie.
- PIROCLASTITI ED EPICLASTITI DI SERRA E TEPUIS. Breccie caotiche generalmente matrice-sostenute con abbondanti clasti litici e subordinate pomici (deposito piroclastico);
- Porfidi granitici, di colore prevalentemente rosato e rossastro, a struttura da afirica a porfirica per fenocristalli di Qtz, Fsp e Bt e tessitura isotropa.
- RIOLITI DI MONTE CROBU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica a chimismo riolitico.
- RIOLITI DI NURAXI (D. Lipariti MD Auct.). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica a chimismo riolitico.
- Travertini. Depositi carbonatici stratificati, da compatti a porosi, con tracce di resti vegetali e gusci di invertebrati. Derivano in parte da acque termali.

4) Pedologia

L'ambiente pedologico del territorio di studio (Rio Cresia) va visto in relazione alle caratteristiche delle formazioni geo-litologiche presenti, ai diversi aspetti morfologici climatici e vegetazionali. Nei punti più favorevoli, la vegetazione e l'esposizione sono infatti i fattori pedogenetici predominanti che determinano l'alterazione della roccia madre e la formazione di un profilo evoluto.

Sui litotipi arenacei, affioranti nel settore in esame, il suolo si presenta di un colore generalmente bruno, a tessitura argilloso-limosa, permeabilità medio-bassa, struttura poliedrica e con un profilo caratteristico di tipo A-B-C o A-C. L'orizzonte A ha subito vari rimescolamenti ed asportazioni e si riforma lentamente a spese del sottostante orizzonte B favorendo la genesi di pedotipi di transizione.

I suoli sono mediamente profondi anche se il loro stato di conservazione è vario in funzione del tipo di fenomeno erosivo a cui sono soggetti. Nel settore in cui verranno realizzate le opere tali fenomeni non sono particolarmente intensi, secondo la Soil Taxonomy dell'U.S.D.A. questi suoli appartengono al grande gruppo dei Vertic Xerochrepts e Ruptic Xerorthents.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

α) Idrologia superficiale

Le acque di superficie del Comune di Santadi fanno tutte parte del bacino del Rio Palmas.

Il Riu Mannu di Santadi attraversa il territorio comunale da Est ad Ovest e ad esso confluiscono tutti gli altri rii presenti nel territorio fatta eccezione per Rio Cambodu e Rio Murteras

Fiume	Ordine fluviale	Lunghezza (m)
Rio Mannu di Santadi	3	18.652
Riu Siriddi	4	15.624
Riu Cambodu	3	9.624
Rio Tattinu	4	9.012
Riu Monte Cerbus	4	6.725
Riu is Castiangias	4	6.108
Rigagnolo Sant'Elia	5	5.676
Riu di Baccu Mannu	4	5.276
Riu Cresia	4	4.800
Riu Rigau	4	3.988
Riu de Naniechi s'Ega Funtan	4	3.957
Riu s'Ega e s'Ampinus	4	2.864
Riu Mancis	3	2.841
Riu di Candiazzus	3	2.528
Riu Murteras	3	1.533
Canale is Marongius	3	1.147

Di seguito si riporta la carta esplicativa dei sistemi fluviali suddetti, il Bacino Idrografico del Rio Palmas e i confini del comune di Santadi.

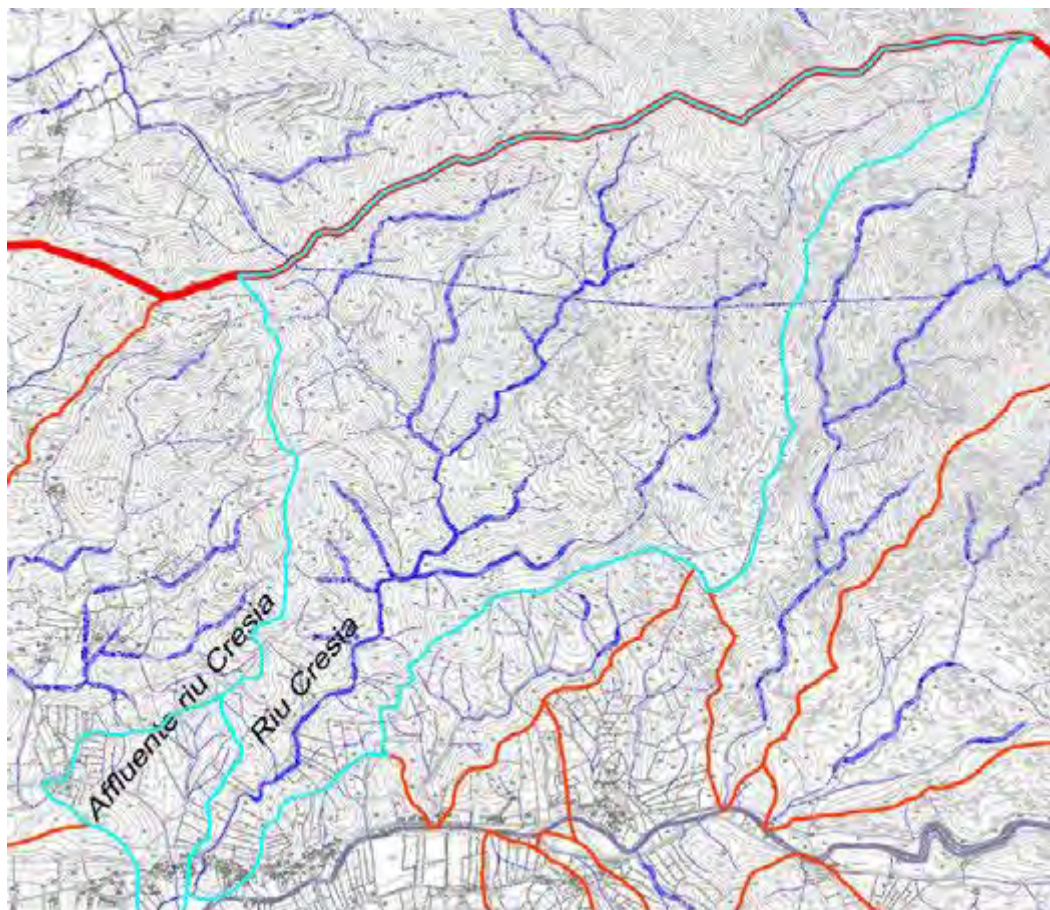


Sottobacino del rio Cresia

Il presente studio di fattibilità ha come obiettivo di verificare e studiare il bacino del rio Cresia.

Nel presente lavoro si è tenuto conto dei lavori di sistemazione dell'alveo con rivestimento in calcestruzzo del tratto in corrispondenza del ponte di Terresoli e realizzazione di gabbionate in destra e sinistra nel tratto successivo che scorre andando ad interessare il centro abitato.

L'intervento eseguito è evidente nelle foto aeree di seguito riportate in cui è altresì osservabile la forte urbanizzazione che ha interessato questa zona in destra e sinistra idraulica, nel corso degli anni.



Lo sviluppo dell'abitato ha interessato anche l'affluente in destra del rio Cresia: si evidenzia la presenza di numerose abitazioni proprio in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua nell'abitato.

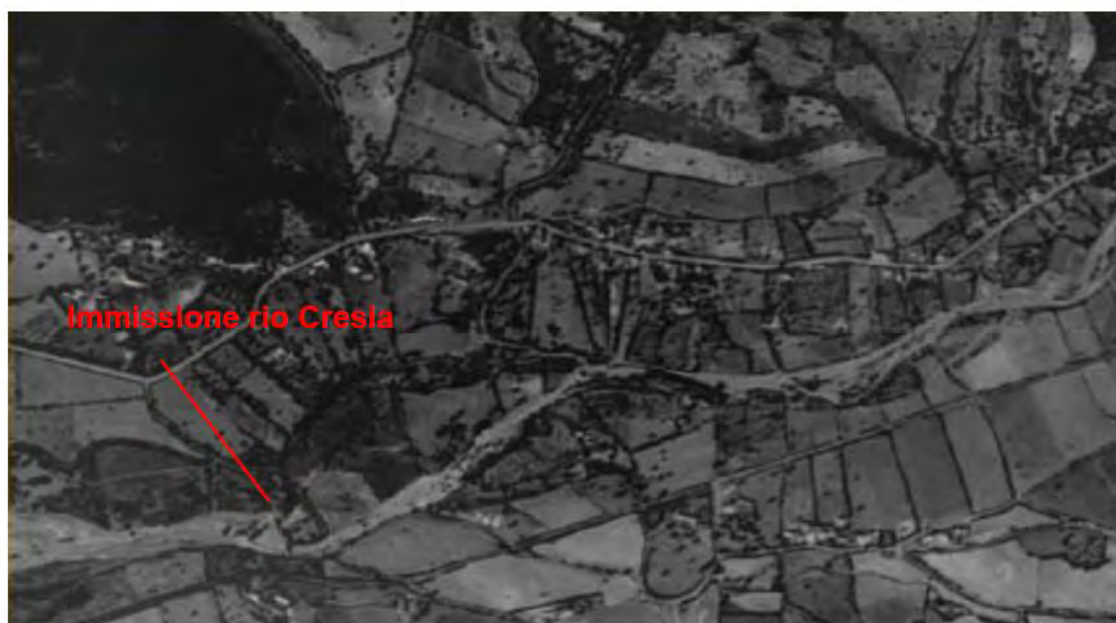


FOTO AEREA SUL RIO CRESIA NEL 1954



FOTO AEREA SUL RIO CRESIA NEL 2006

β) Idrologia sotterranea

Il territorio in esame costituisce un complesso idrogeologico ben caratterizzato e relativamente semplice in funzione dei suoi aspetti morfologici e geologici. Sulla base dei diversi caratteri di permeabilità delle rocce, che si riflettono sull'andamento della circolazione idrica sub-superficiale e sotterranea, è possibile distinguere un unico complesso litologico che mostra dal punto di vista della permeabilità caratteristiche differenti.

In generale la parte impermeabile o scarsamente permeabile del bacino è costituita dal complesso paleozoico arenaceo e argilloso dei sedimenti; l'alternanza di livelli impermeabili, costituiti dai litotipi più francamente argillosi e leggermente permeabili, rappresentati dalle intercalazioni più francamente arenacee (non molto diffuse), permette di classificare tale complesso come scarsamente permeabile per porosità e subordinatamente per fessurazione con $10^{-4} < K < 10^{-7}$ cm/sec.

Le alternanze anzidette, specialmente in corrispondenza dei litotipi arenacei, maggiormente permeabili per fratturazione, rappresentano le vie preferenziali di infiltrazione e di scorrimento delle

acque meteoriche che vengono trattenute dagli orizzonti arenacei e argillosi permeabili o impermeabili.

Tuttavia sebbene apparentemente le disponibilità idriche risultino limitate a causa della scarsa infiltrazione, si ipotizza la presenza di una circolazione idrica sotterranea che potrebbe essere giustificata dalle alternanze litologiche esistenti e in particolare dalla presenza di livelli impermeabili prevalentemente siltoso-argillosi intercalati nei termini più arenacei e maggiormente permeabili della suddetta sequenza.

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'ammasso roccioso è disposto in strati sub – orizzontali, si passa (dall'alto verso il basso) da terreno vegetale e/o di riporto, per passare a conglomerati sabbiosi su cui sono state realizzate alcuni interventi quali le gabbionate.

Durante i sopralluoghi eseguiti nell'area in esame non sono stati individuati cedimenti rilevanti nelle strutture limitrofe.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Le verifiche del terreno di fondazione sono state condotte attraverso l'analisi di alcuni campioni prelevati in prossimità dell'area di studio.

Dalle sezioni stratigrafiche rilevate l'indagine ha individuato una coltre di 1.20 metri di terreno di riporto costituito da argille limose localmente sabbiose con ciottoli e blocchi eterometrici; oltre tale profondità sino a metri - 2.10 sono state evidenziate argille limose.

Alla base sino a - 4.00 metri (profondità massima investigata), sono presenti conglomerati, sabbie e arenarie variamente addensate.

Le verifiche svolte, hanno evidenziato, come il terreno di fondazione delle opere in progetto (gabbionate), sia costituito principalmente da conglomerati, sabbie e arenarie da debolmente a mediamente consistenti, variamente suscettibili all'acqua.

Considerazioni geotecniche

La messa in opera delle gabbionate e/o opere di sostegno, prevede, come già detto nella relazione tecnica, il contenimento degli argini costituito da un terreno di riporto con ciottoli, blocchi eterometrici e sabbie limo argillose. A tale deposito possono essere assegnati orientativamente e cautelativamente i seguenti parametri geotecnici:

Peso di volume	$\gamma = 1.70 \text{ T/mc}$	
Angolo d'Attrito	$\phi = 27^\circ$	
Coesione	$C = 0 \text{ Kg/cmq}$	(valore cautelativo)

Per il terreno di fondazione la prova di Taglio con Scatola di Casagrande eseguita su un campione parzialmente disturbato prelevato a m. - 1.00 ÷ 1.10 ha fornito i seguenti parametri geotecnici :

Peso di volume	$\gamma = 1.70 \text{ T/mc} - 1,9 \text{ T/mc}$
Angolo d'Attrito	$\phi = 27^\circ$
Coesione	$C = 0.14 \text{ Kg/cmq}$

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

Nell'ipotesi di una fondazione rettangolare di:

Lunghezza: $L = 1,00 \text{ m}$ (collegate tra loro fino a raggiungere e superare una lunghezza complessiva di 26 metri)

Larghezza $B = 1,5 \text{ m}$

Piano di posa $D = -0,50 \text{ m.}$ dal piano campagna,

la capacità portante viene calcolata attraverso la relazione di Terzaghi e Peck:

$Q_d = (1 + 0.2 \times B/L) C \times N_c + \gamma \times D \times N_q + (1 - 0.2 \times B/L) \times \gamma \times B/2 \times N_\gamma;$

Dove:

C = Coesione;

D = Profondità piano di posa delle fondazioni;

B = Larghezza fondazioni;

L = Lunghezza fondazioni;

Y = Peso di volume naturale;

N_c, N_q, N_γ = Fattori di capacità portante (Terzaghi e Peck).

Utilizzando i parametri geotecnici ottenuti dalla prova di laboratorio :

$$Y = 1.70 \text{ T/mc}$$

$$\varnothing = 27^\circ$$

$$C = 0.14 \text{ Kg/cmq}$$

per $\varnothing = 28^\circ$ i fattori di capacità portante risultano :

$$N_c = 25.80; \quad N_q = 14.72; \quad N_\gamma = 16.72;$$

$$Q_d = (1 + 0.2 \times 1.5/26.00) \times 0.465 \times 25.80 + 1.70 \times 0.5 \times 14.72 + (1 - 0.2 \times 1.5/26.00) \times 1.70 \times 1.5/2 \times 16.72 = 43.50 \text{ T/m}^2;$$

Con coefficiente di sicurezza pari a 3 la pressione ammissibile risulta:

$$Q_d = Q_d/3 = 43.50 / 3 = 14.5 \text{ T/m}^2$$

Da cui :

$$Q_{amm} \cong 1.45 \text{ Kg/cm}^2$$

Poiché non può essere esclusa la presenza di una maggiore concentrazione della frazione coesiva maggiormente comprimibile nello strato di fondazione, nelle aree non investigate, per il

contenimento di eventuali cedimenti, è necessario limitare le sollecitazioni di carico sul terreno ad una pressione **$Q_{amm} \leq 1,45 \text{ Kg/ cm}^2$** .

Pertanto, cautelativamente, si consiglia di mantenersi su valori compresi tra:

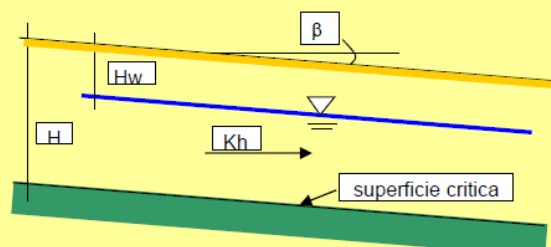
$1.00-2.00 \text{ Kg/ cm}^2$.

Al fine di poter predisporre le opere da progetto, sono stati analizzati i parametri geotecnici necessari al calcolo della spinta del versante e alla messa in opera delle fondazioni dei muri di sostegno.

Al fine di verificare anche la stabilità dei fronti di scavo è stato eseguito uno studio utilizzando il metodo HADJ-HAMOU T., KAVAZANJIAN E. Jr. [1985]:

Pendio infinito con falda - condizioni sismiche

HADJ-HAMOU T., KAVAZANJIAN E. Jr. [1985]



DATI DI INGRESSO

γ_w	peso di volume acqua	10,0	(kN/m ³)
γ_t	peso di volume terreno	17,0	(kN/m ³)
H_w	profondità falda da p.c.	0,0	(m)
H	spessore strato di terreno	0,5	(m)
β	pendenza pendio	15,0	(°)
ϕ'	angolo di attrito	27,0	(°)
c'	coesione drenata	0,1	(kPa)
Δu	sovrappressione interstiziale	0,0	(kPa)

(Per versanti interessati da fenomeni di instabilità, ove risultano già operanti le condizioni di resistenza residua, si può ipotizzare $\Delta u=0$. In generale, vedi Crespellani T. et al. [1990]: "Analisi di stabilità dei pendii naturali in condizioni sismiche", Rivista Italiana di Geotecnica, anno XXIV, n.2)

K_h	coeff. sismico orizzontale	0,04	(-)
-------	----------------------------	------	-----

(I^a cat.: $K_h=0.10$ II^a cat.: $K_h=0.07$ III^a cat.: $K_h=0.04$)

RISULTATI

FS statico: 0,85

FS sismico: 0,72

Figura 4: Pendio con falda infinita

CONDIZIONI SISMICHE

Le valutazioni sulla sismicità nell'area di intervento, sono state redatte sulla base degli studi derivanti dal progetto "Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale", che si è posto quale obiettivo ottenere una nuova stima della pericolosità sismica d'Italia, utilizzando metodologie statistiche internazionalmente convalidate, per fissare le conoscenze disponibili alla prima metà degli anni '90. Hanno concorso alla realizzazione di tale progetto le attività di tre Linee di Ricerca del GNDT, che possono semplicisticamente rappresentare gli "ingredienti" necessari per la stima della pericolosità. La Linea "Sismicità" contribuisce al miglioramento delle conoscenze sismologiche ed alla valutazione della sismicità nazionale, la Linea "Sismotettonica" guida l'interpretazione del "dove e perché" avvengono i terremoti, la Linea "Pericolosità" esplora gli aspetti metodologici della stima della pericolosità, ed è quindi coinvolta nelle fasi di calcolo vero e proprio.

Gli autori del progetto hanno definito due indicatori di pericolosità: L'accelerazione orizzontale di picco di che illustra l'aspetto più propriamente fisico: si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica; L'intensità macrosismica che rappresenta, invece, in un certo senso le conseguenze socio-economiche; descrivendo infatti il grado di danneggiamento causato dai terremoti, una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

Come si può constatare dalle figure 5 e 6 per la Sardegna, i valori di scuotimento sismico che possono essere attesi sono inferiori a 0,08 g con l'intensità sismica di IV grado sulla scala Percalli.

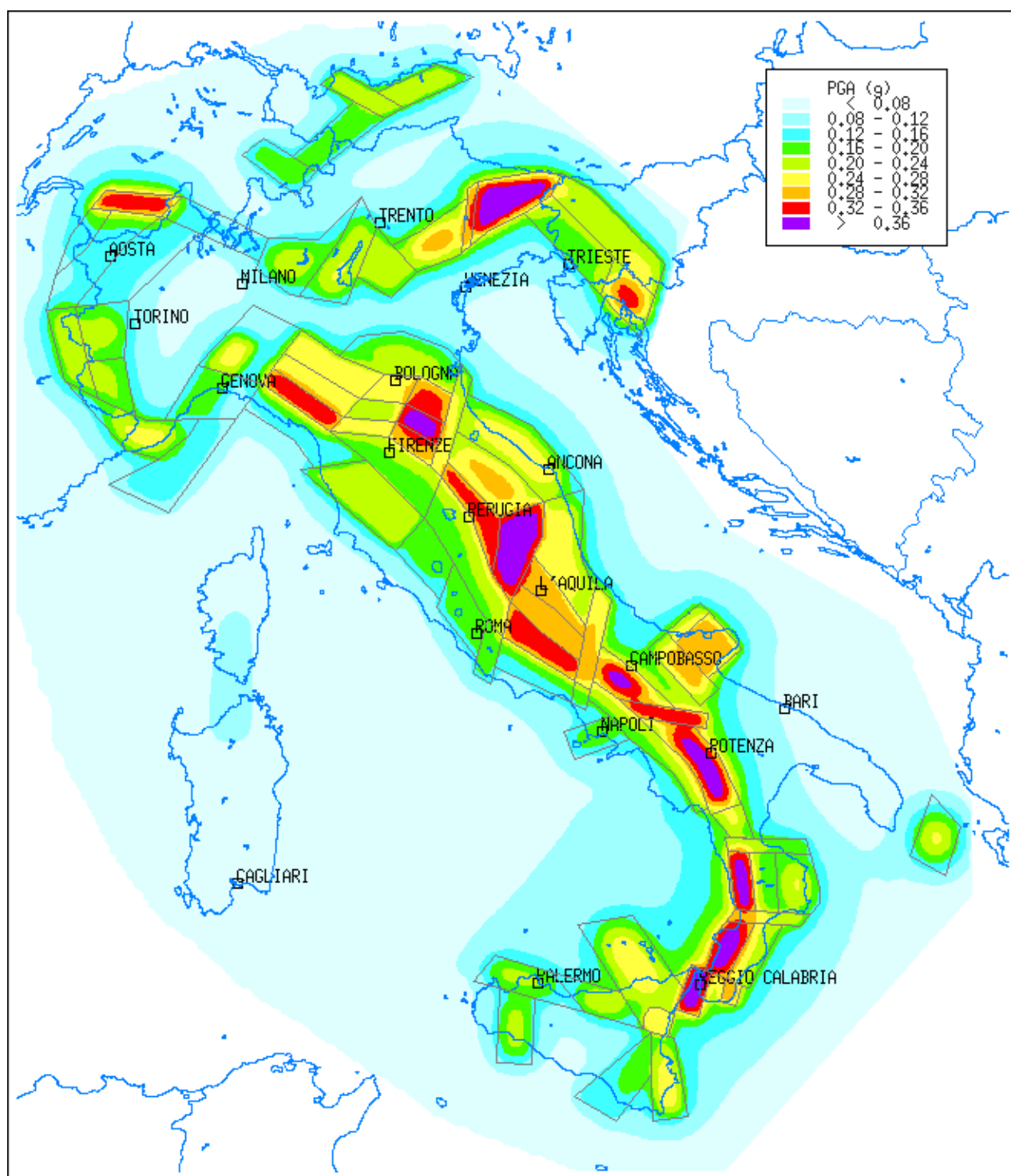


Figura 5: accelerazione orizzontale di picco

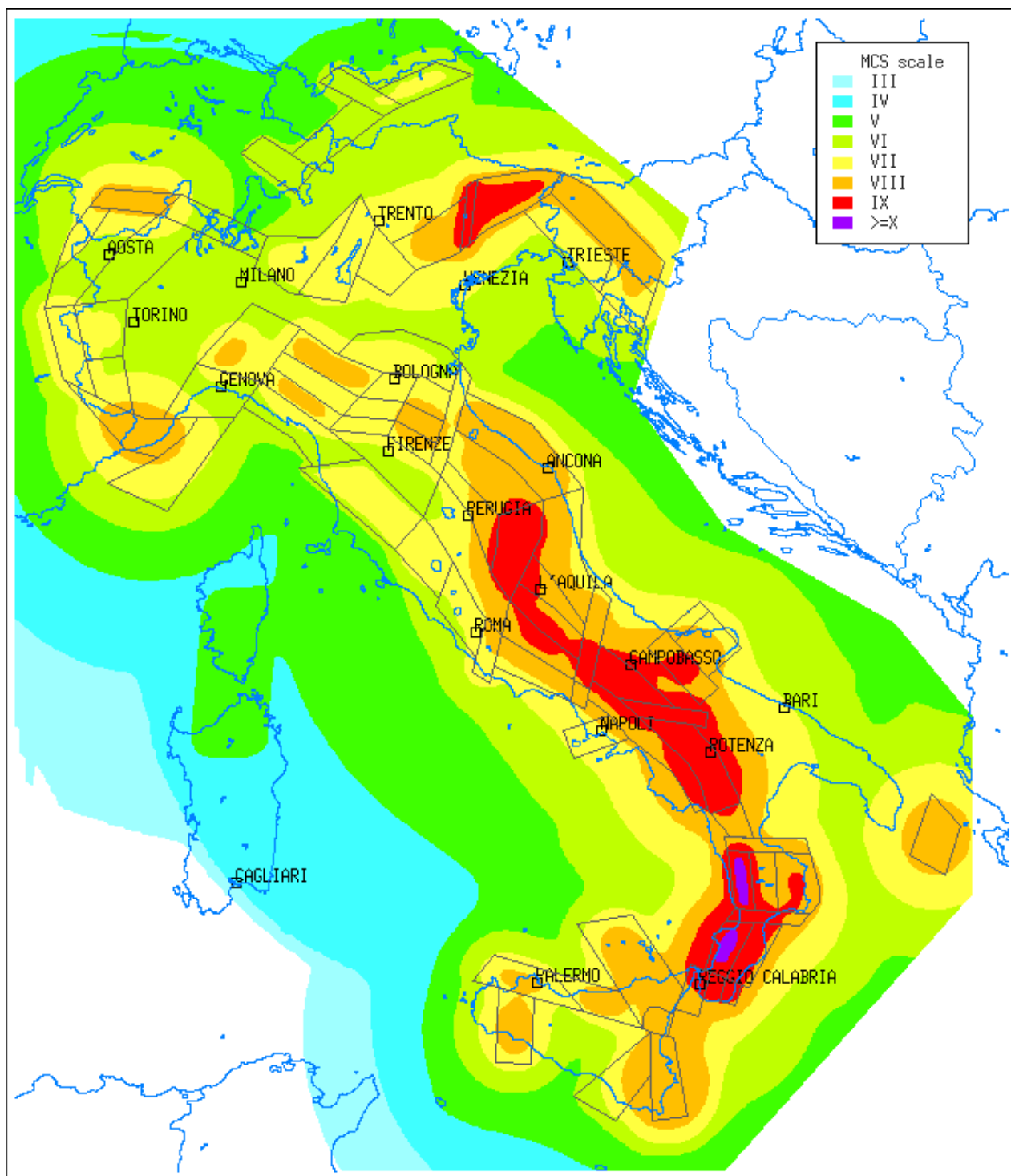


Figura 6: intensità Macrosismica

Sulla base di questi dati, la sismicità regionale per quanto riguarda il progetto a Santadi è da considerarsi praticamente nulla e influente nell'ambito della progettazione di opere e dei relativi manufatti; Tuttavia, al fine di assolvere al D.M. 14/01/2008 sono state eseguite ulteriori verifiche come disposto dal paragrafo 3.2.2 delle norme tecniche del suddetto Decreto.

Per poter definire l'azione sismica di progetto, si è fatto riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento:

la categoria di sottosuolo individuata in progetto, è identificata nella successiva tabella con la lettera **B (rocce tenere)**:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

La categoria topografica sottosuolo individuata in progetto, è identificata nella successiva tabella con la lettera **T1 (superfici pianeggianti)**:

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

CONCLUSIONI

- A seguito dello sbancamento del terreno vegetale e del deposito alluvionale giaceranno direttamente sui sedimenti sabbiosi e conglomeratici;
- A seguito dell'analisi dell'area di studio è stato previsto un piano di indagine definitivo che prevede il prelevati prelievo di alcuni campioni e la valutazione della portanza del terreno su cui verranno realizzati i lavori di messa in sicurezza del "Rio Cresia".
- In riferimento al D.M. 17/01/2018 e successive modificazioni, al fine di poter procedere al calcolo sismico, è stata individuata la categoria di sottosuolo (B - rocce tenere) e quella topografica (T1 - superfici pianeggianti);
- Considerato che è necessario limitare le sollecitazioni di carico sul terreno ad una pressione **$Q_{amm} \leq 1,45 \text{ Kg/ cm}^2$** , cautelativamente, si consiglia di mantenersi su valori compresi tra **1.00-2.00 Kg/ cm²**.
- Fatte salve le indicazioni di cui sopra, l'area di studio al momento non presenta problemi di instabilità tali da pregiudicare le opere di cui al progetto.

Mandas, li aprile 2020