

REGIONE SARDEGNA
Provincia di Sassari
COMUNE DI SASSARI



IMPIANTO FOTOVOLTAICO
denominato "NURRA" da 35 MW

<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</p>	VGE-FVS-PD4
<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p>	<p style="text-align: center;">Cod.elab. scala</p>
<p style="font-size: small;">Oggetto</p>	<p style="font-size: small;">Titolo</p>

Data	Rev.	Descrizione	Eseg.	Contr.	Appr.
Luglio 2021	0	Emissione	IAT	GF	VGE

<p>A cura di: I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. Dott. Ing. Giuseppe Frongia</p> <p>Gruppo di lavoro: Ing. Giuseppe Frongia (cordinatore e responsabile) Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Dott. Agr. Federico Corona Dott. Geol. Francesca Lobina Dott. Nat. Maurizio Medda Ing. Gianluca Melis Dott. Nat. Fabio Schirru Dott. Geol. Mauro Pompei Ing. Emanuela Spiga Dott. Matteo Tatti (Archeologia)</p>	<p>Progettazione: Dott. Ing. Giuseppe Frongia</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Il Committente: Volta Green Energy</p>
---	--

<p style="font-size: small; margin-top: 5px;">www.iatprogetti.it</p>	 	<p>Committente: Volta Green Energy S.r.l. Piazza Manifattura, 1 - 38068 Rovereto (TN) Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101 PEC volta-ge@legalmail.it</p>	
--	----------	---	------

A4	VGE-FVS-PD4_Relazione Geologica e Geotecnica	VGE-FVS-PD4_Relazione Geologica e Geotecnica	2021/0247
Formato	File origine	File di stampa	Codice pratica


Elaborazioni: I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Santa Margherita 4, 09124 Cagliari, Tel./Fax +39.070.658297

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 2 di 38

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	Premessa	3
1.2	Normativa di riferimento e relative prescrizioni	3
1.3	Inquadramento topografico e territoriale.....	4
1.4	Descrizione sommaria degli interventi in progetto	8
1.5	Quadro di indagini geognostiche di riferimento ai fini della ricostruzione del modello geologico e geotecnico	8
2	MODELLO GEOLOGICO	10
2.1	Contesto geologico dell'area vasta.....	10
2.2	Assetto strutturale.....	13
2.3	Assetto litostratigrafico dell'area vasta	14
2.4	Stratigrafia del sedime di intervento	18
2.5	Assetto morfologico ed idrografico	19
2.6	Assetto idrogeologico locale.....	25
2.7	Sismicità dell'area	26
2.8	Classificazione sismica	28
2.9	Categoria di sottosuolo	31
2.10	Subsidenza	31
3	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	33
3.1	Pericolosità sismica	33
3.2	Pericolosità idrogeologica.....	33
3.3	Pericolosità da frana	33
3.4	Pericolosità da inondazione	33
4	MODELLO GEOTECNICO	36
4.1	Modello geotecnico di riferimento	36
4.2	Stima della capacità portante dei terreni di fondazione	37
5	CONCLUSIONI	38

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 3 di 38

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Società Volta Green Energy s.r.l.⁽¹⁾ ha in programma la costruzione di una centrale elettrica fotovoltaica con moduli installati su inseguitori solari monoassiali distribuiti su un fondo di circa 45 ettari ubicato in località "S'Eligheddu" in Comune di Sassari (Provincia di Sassari).

In tale ambito, gli scriventi geologi *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA*⁽²⁾ e *Dott. MAURO POMPEI*⁽³⁾ sono stati incaricati per la stesura della presente «**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**» quale corredo obbligatorio, secondo normativa vigente, degli elaborati progettuali propedeutici alla fase autorizzativa dell'intervento.

Gli argomenti sviluppati in questa sede si basano su rilievi diretti nel settore di intervento coadiuvati da dati in possesso degli scriventi acquisiti in occasione di indagini geognostiche eseguite nelle immediate vicinanze per varie iniziative edilizie e da altri ricavati dalla miscellanea e dalla cartografia geotematica regionale. Sono stati così analizzati, con il dettaglio consentito dalla fase progettuale in essere, gli aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'intervento in progetto, al fine di individuare eventuali condizioni di pericolosità geologico-idraulica od altre criticità e predisporre il programma di indagini più consono a supportare la successiva progettazione esecutiva in relazione all'assetto geologico s.l. e geotecnico dei luoghi.

Alla campagna di indagine si rimanda per una più specifica e puntuale analisi delle problematiche inerenti gli aspetti litostratigrafici e geotecnici del campo solare e delle opere connesse.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni


La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni*» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2018** «*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «*Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008*»;
- **D.M. 14.01.2008** «*Norme Tecniche per le Costruzioni*»;

⁽¹⁾ Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN).

⁽²⁾ Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

⁽³⁾ Albo Geologi della Regione Sardegna N. 211 – Sezione A.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 4 di 38

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003** «*Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri*»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003** «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «*Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche*»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «*Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica*»;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 dell'11.03.2005;
- **Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del 21.03.2008** «*Norme di Attuazione del P.A.I.*»,
- **A.G.I. 1977** «*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*».

1.3 Inquadramento topografico e territoriale

Il lotto oggetto dello studio è ubicato nel nord Sardegna, regione Nurra, nell'entroterra del Golfo dell'Asinara, interamente nel territorio di Sassari.

La viabilità principale è rappresentata dalla S.P. 34, che lambisce a sud il settore di progettazione fra il km 15 ed il km 16 circa.

I riferimenti cartografici sono i seguenti:

- Foglio 440 "STINTINO" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sez. 440-II "POZZO SAN NICOLA" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sez. 440-160 "PORTO TORRES" della CTR [scala 1:10.000]

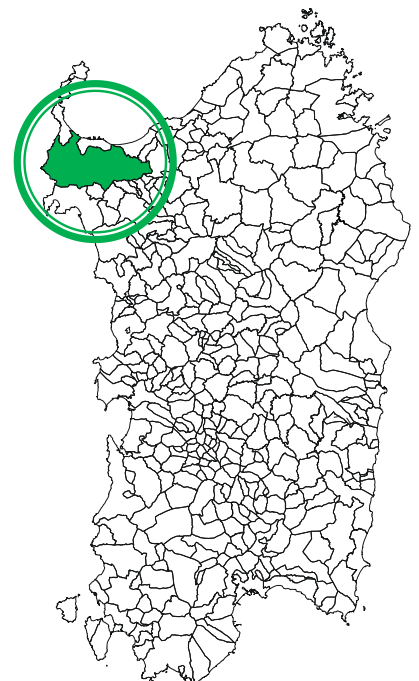


FIGURA 1.1
Inquadramento geografico del Comune di Sassari.



FOTO 1.1, 1.2 e 1.3 – Panoramiche dall'alto dell'area che ospiterà l'impianto fotovoltaico.

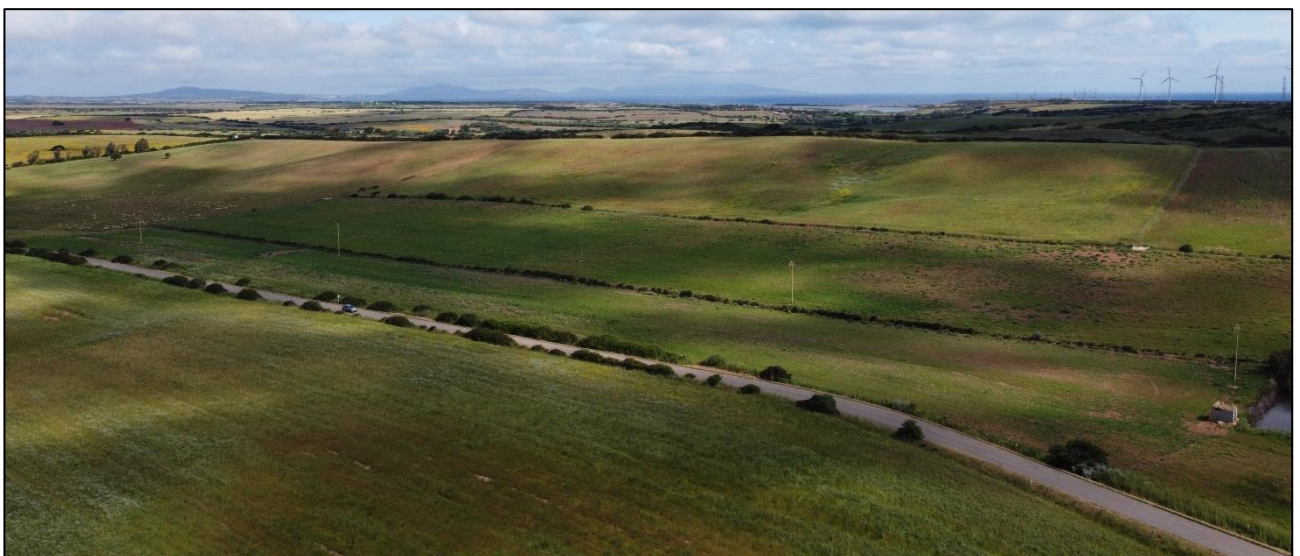
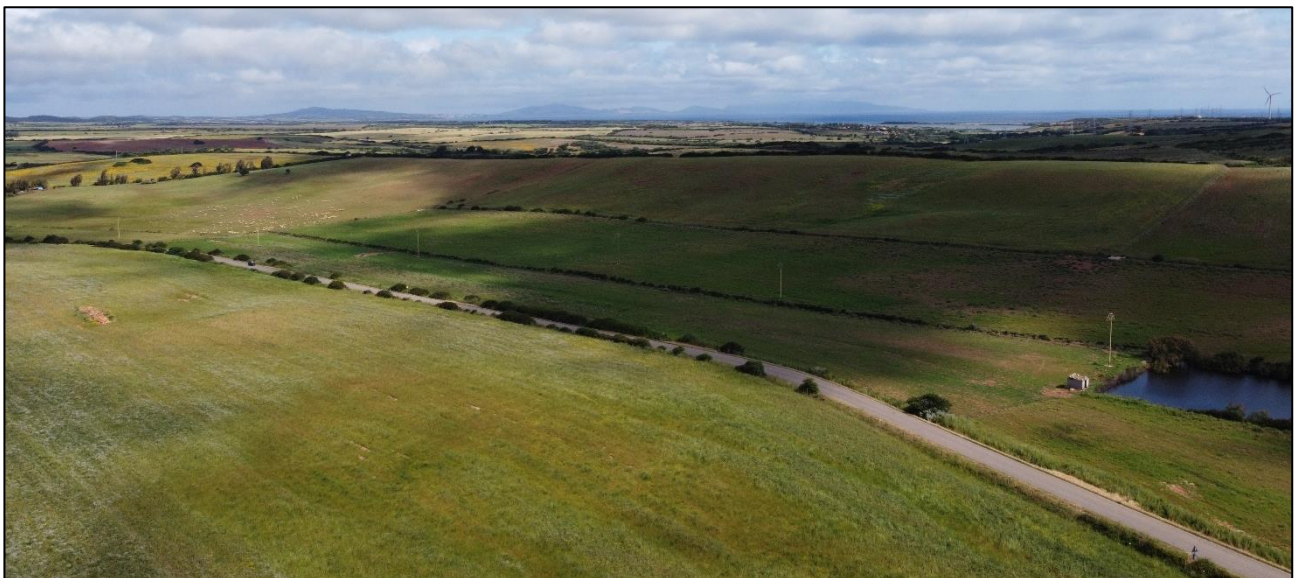




FOTO 1.4, 1.5 e 1.6 – Panoramiche dall'alto dell'area che ospiterà l'impianto fotovoltaico.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 8 di 38

1.4 Descrizione sommaria degli interventi in progetto

L'impianto in progetto avrà una potenza complessiva di 35 MW (potenza nominale lato DC pari a 35.08 MWp – Potenza lato AC di 30.0 MW), e sarà costituito da n. 2558 inseguitori monoassiali (tracker da n. 26 e 13 pannelli FV).

Il campo solare sarà suddiviso in 3 blocchi di potenza (sottocampi), ciascuno dei quali invierà l'energia prodotta agli inverter e successivamente ad una cabina di trasformazione equipaggiata con n. 1 trasformatore MT/BT. All'interno della cabina si eleverà la tensione BT da 800 V fornita in uscita dagli inverter alla tensione MT di 30 kV per il successivo vettoriamento dell'energia alla stazione di trasformazione MT/AT in area condivisa con altro produttore, in prossimità della centrale elettrica di "Fiumesanto".

In accordo con la soluzione tecnica di connessione accettata dal Volta GE, l'impianto sarà collegato in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della sezione in GIS a 150 kV della stazione elettrica (SE) RTN 380/150 kV di "Fiumesanto", previa realizzazione del nuovo collegamento 150 kV "Fiumesanto - Porto Torres", di cui al Piano di Sviluppo di Terna.

La produzione di energia annua dell'impianto è stimata in circa 61,6 GWh/anno.

1.5 Quadro di indagini geognostiche di riferimento ai fini della ricostruzione del modello geologico e geotecnico

L'ambito territoriale ove ricade l'intervento in parola, sebbene soggetta a studi a carattere tecnico fin dagli anni '60 finalizzati al reperimento delle fonti idriche di approvvigionamento dell'Impianto di Fiume Santo che si sono concretizzate nell'esecuzione di terebrazioni profonde all'interno di un limitato settore compreso fra Sa Carza Larga e Monte Elva, appare una delle meno ufficialmente documentate della Sardegna, sotto il profilo geologico e stratigrafico.

È pur vero che negli ultimi 25 anni si è assistito ad una ripresa degli studi litostratigrafici e delle campagne investigative, per ragioni puramente scientifiche nel primo caso (reperimento di particolari fossili che hanno consentito di rivisitare le datazioni stratigrafiche) piuttosto che finalizzate all'allestimento di impianti di discarica controllata a partire da siti di cave dismesse e la realizzazione delle centrali elettriche.

La stesura del presente elaborato si è avvalsa pertanto di una parte di questa base informativa e cognitiva diretta, confortata da descrizioni diverse e da dati in possesso degli scriventi: seppur relativi da lavori di differente natura e in assenza di test geognostici diretti, hanno consentito una modellazione geologica confacente alla fase progettuale in essere ed una caratterizzazione indicativa geotecnica dei terreni influenzati dall'intervento in progetto.

L'ubicazione delle indagini pregresse è rappresentata in **FIGURA 1.3**.



FIGURA 1.3 - Ubicazione dei siti indagati su stralcio immagine Google Earth.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 10 di 38

2 MODELLO GEOLOGICO

2.1 Contesto geologico dell'area vasta


L'area in studio si colloca nella parte più settentrionale del settore continentale della Nurra, appendice NW della Sardegna assieme all'isola dell'Asinara. Si tratta di una regione dal profilo morfologico sostanzialmente ondulato con piccoli rilievi isolati che non raggiungono i 500 m (max 464 m a Monte Forte), la quale va deprimendosi verso il centro, risultando più sollevata ad ovest verso il mare, dove termina con alte falesie o ripidi versanti. Geograficamente si presenta quindi come un'isola minore rispetto a quella principale in quanto circondata su tre lati (SW, W, N) dal mare mentre ad est, la valle del Riu Mannu coincide con una zona di faglia principale di semigraben che apre al bacino miocenico del Logudoro. In tal modo costituisce uno dei due pilastri tettonici regionali entro cui si sono articolate le vicende geologiche della Sardegna dopo il Mesozoico. L'attuale assetto strutturale è infatti quello di un alto post-Mesozoico, delineatosi con tutta probabilità nell'Oligocene superiore - Miocene inferiore.

Dal punto di vista litologico, il settore si contraddistingue per una diffusa presenza delle coperture post-erciniche che delimitano, verso est, il dominio del variegato complesso di rocce afferenti al dominio paleozoico, metamorfosato, polideformato e strutturato in unità tettoniche sovrapposte (Unità di Argentiera, Unità di Canaglia, Unità di li Trumbetti) nel corso dell'orogenesi varisica il quale, con continuità, caratterizza invece il settore dell'entroterra costiero della Nurra nord-occidentale da Porto Conte sino a tutta la penisola di Stintino. Il medesimo settore delimita invece verso ovest, il dominio vulcano-sedimentario oligo-miocenico, che si interpone tra l'esteso ambito carbonatico mesozoico della Nurra e il complesso intrusivo post varisico granitoide della Gallura.

Le unità litostratigrafiche più antiche delle suddette coperture, ad eccezione delle rocce vulcano-sedimentarie afferenti al Permiano - osservabili soprattutto nella Nurra sud occidentale - risalgono prevalentemente al Mesozoico, a partire dai depositi di ambiente continentale del Triassico inferiore (Bundsandstein) sino a quelli marini di piattaforma in facies carbonatica del Cretacico superiore, questi ultimi diffusi nella Nurra orientale e soprattutto in quella meridionale con spettacolari esposizioni lungo le falesie di Capo Caccia (Alghero).

Di particolare interesse risulta l'insieme delle litofacies calcareo-dolomitiche del Giurassico costituenti i rilievi collinari di Monte Alvaro e di Punta Su Rimasinu, circondate verso ovest da un anello di depositi triassici e di successioni vulcano-sedimentarie dell'Oligo-Miocene e proseguenti verso ovest e sud ovest dove affiorano anche facies calcaree del Cretacico superiore.

La potente successione carbonatica del Giurassico, in continuità stratigrafica con i depositi marnosi e marnoso-calcarei con associate argille gessifere varicolori del Trias superiore (Keuper Auct.), con i suoi circa 800 m di spessore complessivo rappresenta infatti la maggior parte degli affioramenti rocciosi del settore condizionando altresì l'assetto morfologico dei luoghi.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 11 di 38

L'ambiente deposizionale di questa successione era caratterizzato da condizioni di mare poco profondo con frequenti emersioni (specialmente nel Dogger e nel Malm), tipici di una piattaforma carbonatica sottoposta a sollecitazioni tettoniche e subsidenza con irregolare sovrapposizione di facies di laguna protetta ad energia molto bassa e scarsa salinità, sino a quelle litorali schiette a maggiore energia nelle quali predominano le barre oolitiche e/o le tempestiti, analogamente a quanto si rinviene nel dominio Pirenaico-Provenzale con il quale, precedentemente alla rotazione del blocco sardo-corso nel Burdigaliano (Miocene inferiore), la Nurra costituiva un tutt'uno.

Alla base della successione giurassica troviamo infatti calcari oolitici, oncolitici e bioclastici associati a marne e calcari marnosi e intercalazioni di calcari grigio-bluastri con lenti di selce (NDD - FORMAZIONE DI CAMPADEDDA - Lias); seguono, nel Giurassico medio, sedimenti ben stratificati rappresentati da calcari e dolomie scure di ambiente lacustre a carofite ai quali si sovrappongono in concordanza dolomie e calcari, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne (NRR – FORMAZIONE DI MONTE NURRA - Dogger), con intercalazioni di arenarie quarzose (NRRa).

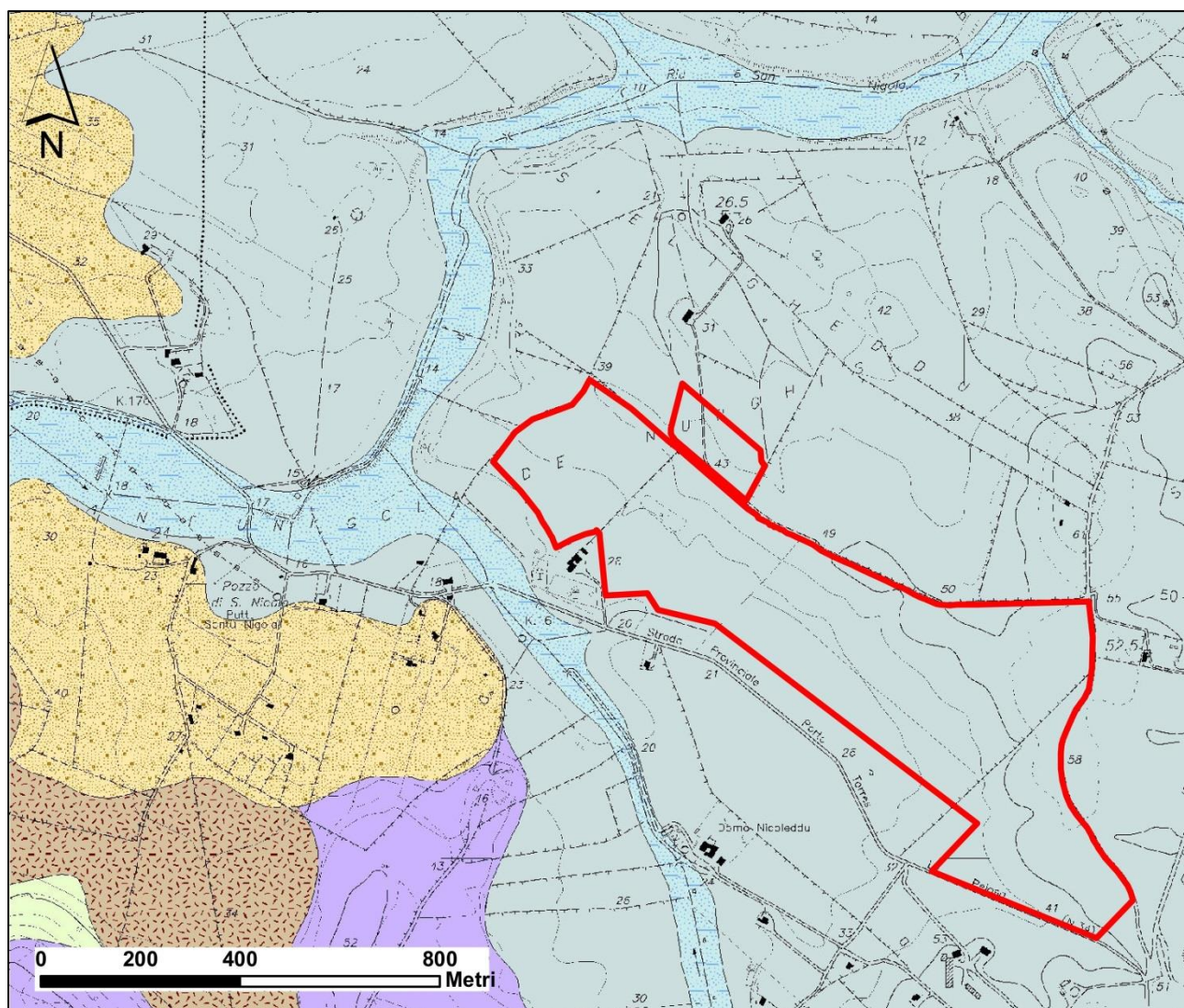
Chiude la sequenza sedimentaria giurassica una successione di calcari micritici e bioclastici grigio biancastri sempre ben stratificati con anche dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico con ciottoli a carofite (MUC - FORMAZIONE DI MONTE UCCARI, Malm).

Tutte queste litologie, in funzione del loro assetto giaciturale connesso con la blanda deformazione plicativa indotta dalla tettonica compressiva meso-cretacica e meso-eocenica e della loro più o meno elevata predisposizione all'erodibilità e alterabilità, affiorano in modo diffuso in tutto il settore in studio dando luogo a pendii a differente acclività a seconda della tipologia di roccia più o meno consistente.

Al contorno, a causa del diretto coinvolgimento anche della Sardegna nord orientale nella tettonica trascorrente oligo-miocenica, sono presenti le estese coperture vulcaniche in facies piroclastica e chimismo calco alcalino legate all'evoluzione tettono-strutturale del Mediterraneo occidentale.

Infatti con l'attivazione di un importante sistema arco-fossa con subduzione della placca africana (culminato nel Burdigaliano con il distacco del blocco sardo corso dal margine sud europeo e la sua rotazione antioraria), si pongono le condizioni sia per l'innescò di un intenso ed esteso vulcanismo esplosivo in facies ignimbratica a chimismo acido e intermedio prevalenti e sia per la successiva ingressione del mare miocenico che produrrà una potente successione sedimentaria direttamente controllata dalla tettonica capace di ricoprire quasi del tutto i lembi residui della sedimentazione mesozoica profondamente strutturata durante la fase compressiva meso-eocenica e successivamente in gran parte erosa.

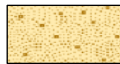
Testimoni di questo complesso periodo della storia geologica sarda sono i depositi di ambiente prima continentale e poi transizionale e marino che colmano i bacini di sedimentazione di Porto Torres, Mores e Chilivani e bordano a est e a nord gli affioramenti mesozoici della Nurra appoggiandosi al basamento metamorfico e granitoide della Gallura e Monte Acuto.



b2] Coltri eluvio-colluviali costituiti da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica (Olocene).



bb] Depositi alluvionali costituiti da sabbie con subordinati limi e argille (Olocene).



PVM2a] *Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme)* - Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie (Pleistocene superiore).



FUA] *Formazione di Fiume Santo* - Argille arrossate con livelli e lenti di conglomerati a ciottoli di basamento paleozoico, vulcanici e calcari mesozoici di ambiente fluviale (Tortoniano-Messiniano).




KEU] *Keuper auct.* - Marne grigio-giallognole con subordinati calcari marnosi; argille varicolori gessifere. Triassico superiore (Longobardico superiore - Retico?).



BUN] *Buntsandstein auct.* - Alternanza di arenarie, argilliti, siltiti, livelli marnosi con gesso e conglomerati poligenici alla base ("Verrucano" sensu Gasperi & Gelmini, 1979 - Triassico medio).

FIGURA 2.1 - Stralcio della "Carta Geologica d'Italia" a cura di APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, modificata (scala 1:10.000).

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 13 di 38

A ovest, lungo una stretta fascia che separa il dominio mesozoico da quello metamorfico, tali sedimenti sono rappresentati in prevalenza da depositi continentali di chiusura del bacino miocenico di Porto Torres con argille arrossate con livelli e lenti di conglomerati a ciottoli di basamento paleozoico, vulcaniti e calcari mesozoici (FORMAZIONE DI FIUME SANTO, Tortoniano - Messiniano).

Chiude la sequenza stratigrafica l'insieme di coperture quaternarie in facies continentale prevalente, in quanto le uniche facies marine riferibili al Pleistocene superiore (interglaciale Riss-Wurm), sono rappresentate dai depositi litorali del TIRRENIANO AUCT. **[PVM1]** distribuiti irregolarmente lungo la fascia costiera turritana.

La piana costiera è dominata pertanto dalle coltri alluvionali più o meno terrazzate del Pleistocene superiore **[PVM2a]** associate a coeve facies dunari **[PVM2b]** lungo la attuale costa e dalla variegata associazione di facies oloceniche e attuali di ambiente alluvionale **[bn, b]**, litorale **[g, d]**, stagnale **[e5]**. Nei rilievi collinari le coperture sono costituite da depositi di pendio più o meno antichi (Olocene e attuale) prevalentemente di genesi eluvio-colluviale **[b2]**.

Tra i depositi attuali si citano, per le importanti volumetrie, i materiali di risulta delle attività estrattive per lo sfruttamento delle rocce carbonatiche mesozoiche tra cui quelle di Monte Alvaro e Monte Rosé ed i depositi legati alle attività della zona industriale di Porto Torres.

2.2 Assetto strutturale



L'assetto strutturale regionale è l'eredità di eventi deformativi di varia età, varisica, mesozoica e terziaria e del loro involuppo geometrico in ragione dell'antichità delle successioni interessate, di cui quella mesozoica e terziaria sono significative ai fini della presente relazione.

La tettonica mesozoica è caratterizzata da tre fasi principali:

- ⇒ distensiva mesocretacea con faglie di direzione ENE che riattivano le discontinuità tardo-varisiche e che sollevano il settore attuale NW della piattaforma carbonatica, responsabili della coeva fase continentale e della parziale erosione del Giurese superiore e del Cretaceo inferiore verso NW;
- ⇒ transpressiva con faglie trascorrenti sinistre e pieghe di direzione NNW e faglie dirette NE (Faglia di Nalvonazzos / Mamuntanas);
- ⇒ del Cretaceo terminale che rende possibile l'emersione di tutta la piattaforma mesozoica.

La tettonica postcretacea, di probabile età Oligo-Aquitaniiana mette in evidenza le seguenti fasi:

- ⇒ terziaria pre-vulcanica con pieghe principali di direzione N50 che fanno ammettere un accorciamento N140;

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 14 di 38

- ⇒ distensiva contemporanea all'apertura del bacino balearico nel Miocene inferiore e responsabile dello sbandamento verso NE delle principali morfostrutture;
- ⇒ pliocenica che induce il sollevamento generalizzato della Nurra attraverso faglie dirette circa N-S e riattivazione di discontinuità precedenti di varia direzione, che tendono a generare depressioni entro cui si sono conservate le vulcaniti ed i depositi terrigeni del Miocene.

2.3 Assetto litostratigrafico dell'area vasta

Tenendo conto dei suoi caratteri strutturali, stratigrafici e morfo-fisiografici e procedendo da ovest verso est, la Nurra suole essere distinta in tre settori geologici, orientati grosso modo nord-sud:


- ⇒ **paleozoica scistoso-cristallina**, subtriangolare con vertice a Capo Falcone e base compresa fra Punta dell'Argentiera e Monte Forte (464 m);
- ⇒ **mesozoica** sostanzialmente calcarea e calcareo-dolomitica, dalla foce del Fiumesanto a nord sino alla costa algherese a sud;
- ⇒ **terziaria vulcanica e sedimentaria**, da Porto Torres a fino ad Alghero.

NURRA PALEOZOICA

Dal punto di vista stratigrafico si caratterizza per un basamento cristallino composito, costituito dal basso verso l'alto dalle seguenti unità:

- Successione terrigena del Paleozoico inferiore fatta di alternanze di metarenarie, quarziti e filladi (sud Argentiera);
- Metavulcaniti calcalcaline con metaepiclastiti (Lampianu-Canaglia);
- Successione terrigena ordoviciano-siluriana a filladi talvolta carboniose, meta siltiti e quarziti nere, con rari e sottili intercalazioni di marmi, e localmente livelli di diamictiti e ferro oolitico Auctorum (Palmadula, Canaglia, Pozzo San Nicola),
- Metagabbri (Canaglia),
- Micascisti e paragneiss del complesso metamorfico ercinico in facies anfibolitica (Stintino e Asinara meridionale),
- Ortogneiss granodioritici del complesso metamorfico ercinico in facies anfibolitica (Asinara),
- Ortogneiss granodioritici e monzogranitici del complesso migmatitico (Asinara).

Il complesso scistoso cristallino della Nurra paleozoica ha una potenza visibile superiore ai 1.000 m. Al suo interno (ma solo nell'isola dell'Asinara) s'intrudono ammassi monzogranitici del complesso plutonico del Carbonifero superiore – Permiano.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 15 di 38

Su tali terreni giace discordante una successione continentale post-varisca rappresentata da depositi terrigeni intercalati a prodotti vulcanoclastici permiani ed arenaceo-conglomeratici fossiliferi permo-triassici con iniezioni di porfidi quarziferi permiani.

Tale successione è costituita dal basso in alto da:

- *Formazione di Monte Lu Caparoni* (15÷20 m) a peliti silicizzate con resti di vegetali,
- *Unità vulcanica inferiore* (30÷40 m) a piroclastici in facies ignimbratica,
- *Formazione di Pedru Siligu* (\leq 40m a conglomerati originati da erosione del basamento in ambiente fluviale,
- *Unità vulcanica superiore* (\approx 30 m) a piroclastiti rosso mattone in facies ignimbratica ("porfidi"),
- *Formazione di Porto Ferro* (200 m ?) a conglomerati con clasti dei "porfidi" rossastri sottostanti, anch'essa di genesi fluviale,
- *Formazione di Cala del Vino* (400 m), in arenarie grigio-verdastre di ambiente fluviale, talora bioturbate,
- *Formazione di Cala Viola* (50 m), comprendente il Conglomerato di Porticciolo a clasti di 10 cm di quarzo metamorfico e le Arenarie di Cala Viola di ambiente fluviale e costiero,

Lo spessore complessivo è stimato in circa 600÷700 m

NURRA MESOZOICA

Si caratterizza per la presenza di sedimentari per lo più discordanti su tutti i termini descritti (salvo il Permico sedimentario): le formazioni mesozoiche gessose del Trias (250÷300m) in facies germanica, quelle calcareo-dolomitiche del Giurese (> 500 m fino a 600 m) e del Cretaceo (max 250÷300m) affioranti soprattutto nella Nurra meridionale e centro-orientale ed a nord nel Monte Santa Giusta (251 m) e nel Monte Elva (113 m) lungo la valle del Fiume Santo.

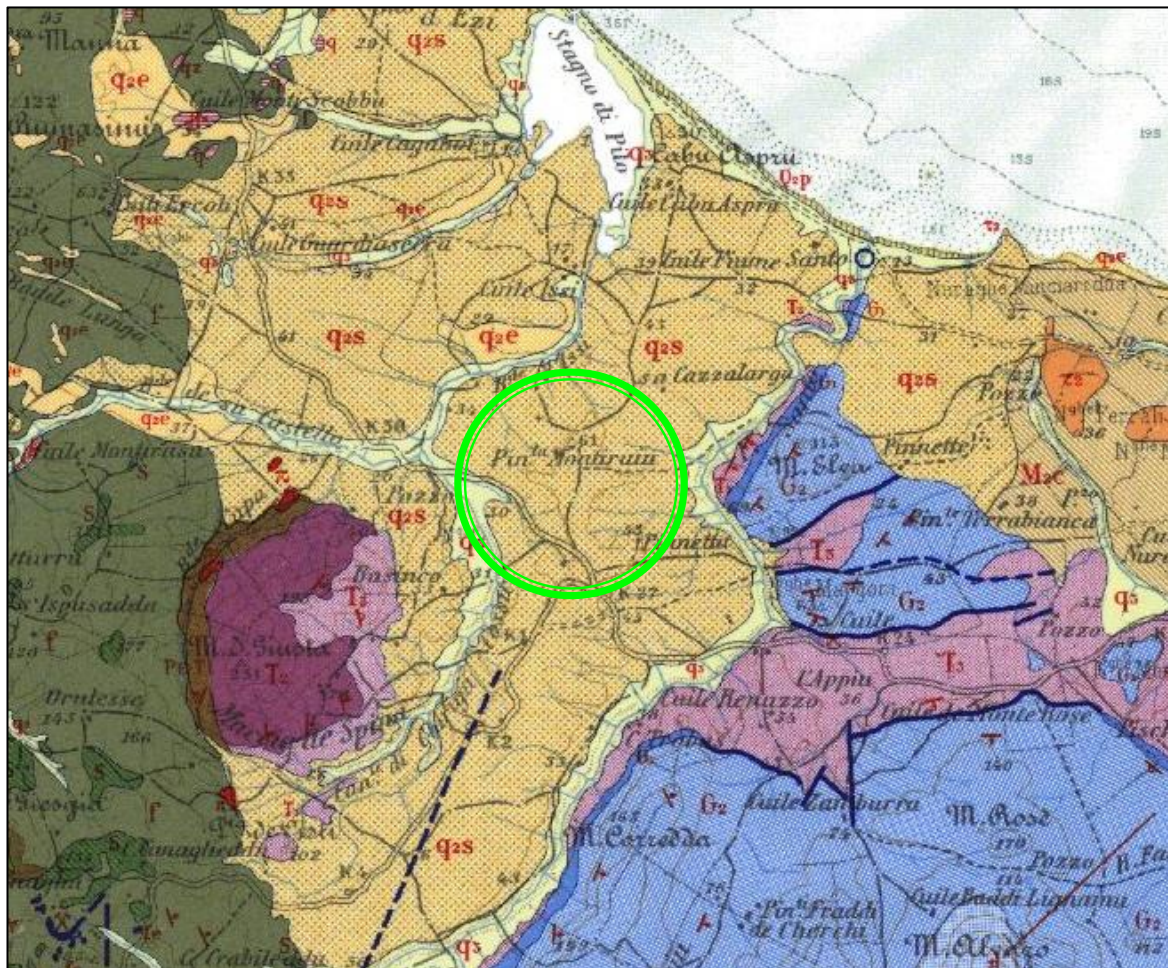
Il Trias è rappresentato nei suoi tre piani in facies germanica da arenarie rosse del Buntsandstein, poggianti in continuità sul Permiano, dolomie e calcari fossiliferi del Muschelkalk, argille, dolomie cariate e gessi del Keuper, con potenze complessive stimate dai 250÷300 m ai 400 m.

Il Giurassico e il Cretaceo della Nurra corrispondono ad una serie prevalentemente carbonatica stimata in circa 800 m di spessore, ben esposta soprattutto nel settore di Capo Caccia, Monte Timidone e Monte Alvaro.

NURRA TERZIARIA

È costituita da terreni discordanti per lo più miocenici di natura vulcanica piroclastica e sedimentaria. Su tutti i tipi litologici del Mesozoico, ma con più evidenza su quelli calcareo-dolomitici giurassici, risultano essere discordanti le rioliti in facies ignimbratica ("Trachiti" auctorum), d'età sostanzialmente aquitaniana e burdigaliana, affioranti soprattutto nel settore di

Alghero-Olmedo, per spessori di alcune centinaia di metri. Esse costituiscono di norma il letto di sedimenti talora continentali arenaceo-conglomeratici ma soprattutto d'ambiente marino e carbonatici, del Miocene inferiore e medio, affioranti ai limiti orientali della Nurra con crescenti spessori verso est.



- q₃** Alluvioni recenti ed attuali (OLOCENE - ATTUALE).
- q_{2e}** Sabbioni a granuli silicei, spesso ben cementati, a stratificazione incrociata, afossiliferi (PLEISTOCENE).
- q_{2p}** Panchina sabbioso-ciottolosa con fauna tirreniana (PLEISTOCENE - TIRRENIANO).
- q_{2s}** Alluvioni ciottolose, ad elementi grossolani, prevalentemente quarzosi dei pianalti e delle terrazze, con intercalazioni sabbioso-argillose varicolori (PLEISTOCENE - TIRRENIANO).
- G₂** Calcari compatti oolitico-pisolitici grigi, azzurrognoli, giallastri e rossastri, passanti a brecce organogenee e lumachelle con resti di echinidi, molluschi e brachiopodi di tipo mesogiurassico (DOGGER).
- G₁** Calcari dolomitici massicci grigio-giallastri; calcari grigi selciferi; calcari grigio-azzurrognoli e grigio scuri, passanti a lumachelle (LIAS).
- T₃** Fitte alternanze di calcari dolomitici, di calcari grigi e di calcari dolomitici cariati, a fiamme, calcari marnosi e marne grigie, giallognole e verdastre con tracce carboniose; argille varicolori gessifere; lenti di gessi grigio-rossastri; carniole varicolori (KEUPER).

FIGURA 2.2 – Ubicazione del sito su stralcio della “Carta Geologica d’Italia” Foglio 179 “PORTO TORRES” scala 1:100.000, edita da: SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA, REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, modificata.

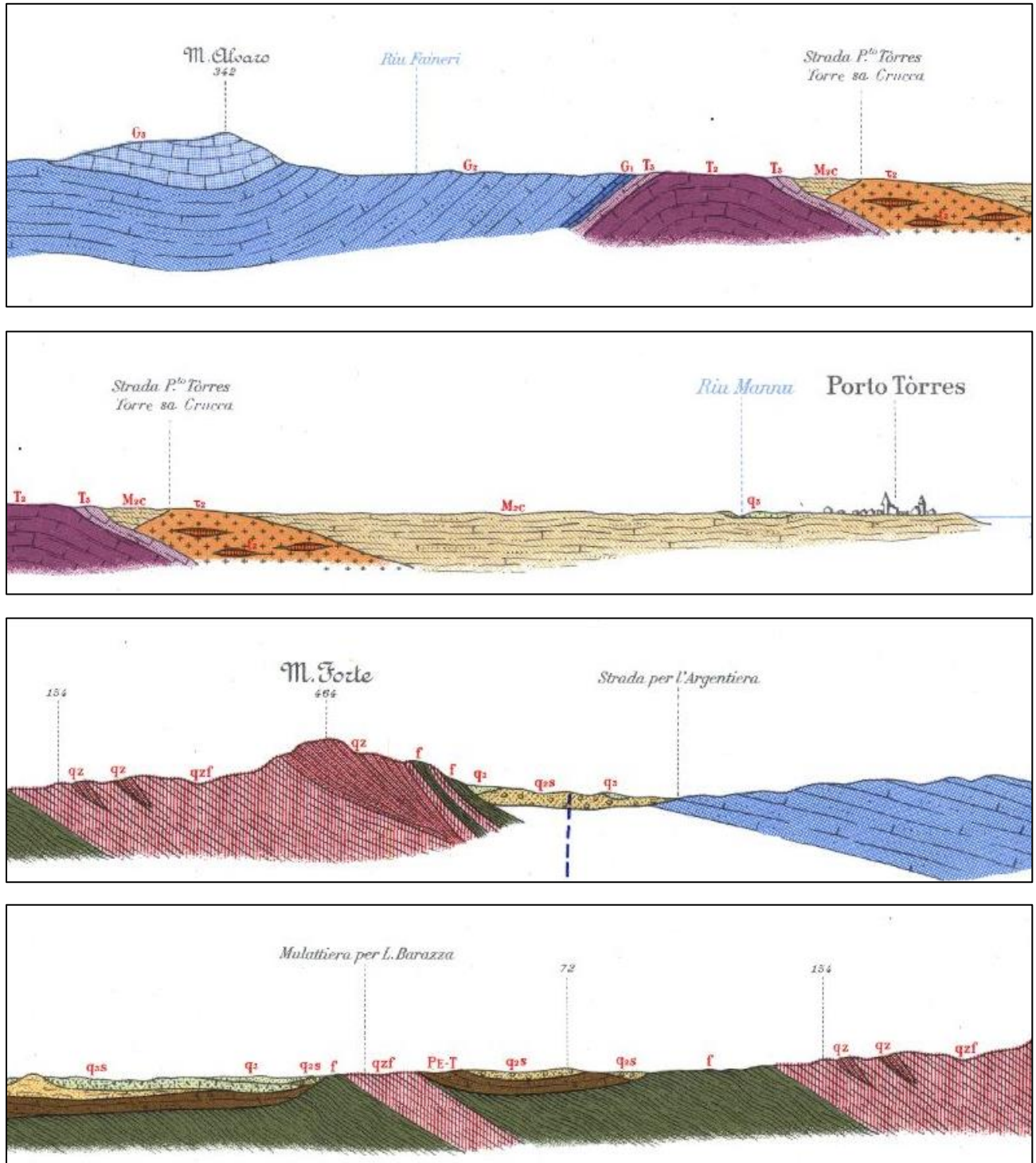




FIGURA 2.3 – Sezioni geologiche rappresentative del settore della Nurra, estratte dalla “Carta Geologica d’Italia” Foglio 179 “PORTO TORRES” scala 1:100.000, edita da: SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA, REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA.

Per il significato delle sigle si rimanda alla figura precedente.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 18 di 38

2.4 Stratigrafia del sedime di intervento

Sulla base delle osservazioni effettuate in situ e dall'elaborazione complessiva dei dati disponibili, è stato ricostruito il modello geologico del sottosuolo che vede, al di sotto di un esile strato di suolo più o meno rimaneggiato dalle pratiche agricole [**Strato A**], dei conglomerati e delle argille del Tardo Miocene [**Strato B**].

Oltre il confine nord-occidentale coincidente con la valle del Rio San Nicola, si rinvengono le alluvioni attuali mentre le litologie mesozoiche, ovvero i calcari e le dolomie del Giurese inferiore e medio, i gessi, le argille, le marne gessifere e le dolomie cariate del Trias superiore, le arenarie ed i conglomerati del Permo-Trias costituiscono lo sfondo morfo-orografico entro cui si dispone la formazione direttamente interessata dal progetto.

Schematicamente quindi, la stratigrafia dei terreni costituenti il sedime di intervento è riconducibile alla seguente successione di unità che prevede, a partire dall'alto:

- | | | |
|----------|------------------------|--------------|
| A | Suoli | [Attuale] |
| B | Argille e conglomerati | [Messiniano] |

A - Suoli

Suoli argillosi e subordinatamente limosi inglobanti apparati radicali e rimaneggiati per l'attività agricola e gli organismi limivori. Il grado di consistenza è modesto in condizioni di essiccazione ma sono fortemente suscettibili ad un peggioramento delle loro caratteristiche fisico-meccaniche con l'aumento del grado di umidità.

Lo spessore stimato è dell'ordine di 0,50 m.

B - Argille e conglomerati


Questa unità si caratterizza per essere un potente complesso di vari termini litologici, per lo più in banchi e lenti di spessore vario e con evidenti eteropie laterali. A partire dalla superficie appaiono prevalere le seguenti litofacies:

- B1** – Conglomeratiche ed argillose, di colore in prevalenza rosso mattone e grigio,
- B2** – Argillose e argilloso-siltose giallo-rossastre.

Litofacies B1

Si presentano come lenti di spessore incostante, in genere plurimetrico ma con ampio sviluppo laterale, talvolta tra loro embricate. Si manifestano, come accennato, nelle parti più superficiali del complesso e sono sembrate più estese in affioramento per probabili motivi giaciturali, verso nord al passaggio verso Sa Carza Larga.

Si caratterizzano per la presenza di ciottoli e clasti non sempre arrotondati del basamento cristallino scistoso metamorfico e migmatitico e in particolare da grossi frammenti di quarzo bianco,

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 19 di 38

che in più parti, data l'abbondanza, simulano la presenza di veri e propri crostoni durissimi.

Litofacies B2

Divengono via via prevalenti verso il basso. Si tratta di argille illitico-caolinitiche ricche in ferro, di colore da giallastro a giallo-bruno-rossastro. Il passaggio ad esse verso il basso appare sostanzialmente graduale e di rado è interrotto da strati o, piuttosto, da lenti conglomeratiche decimetri che, comunque discontinue e di spessore più limitato.

Dai vari elementi di riscontro in superficie può ammettersi che dalle litofacies prevalentemente conglomeratiche si passi a quelle argillose entro 15÷20 m dalla superficie di affioramento dei banchi. In base a considerazioni di tipo stratimetrico è invece ammissibile uno spessore di circa 30 m per litofacies argillose.

Tale complesso è stato studiato nel corso degli ultimi 30 a seguito di interessi di tipo paleontologico poiché sono stati rinvenuti resti di primati e di bovidi, la cui affinità coi resti del bacino miocenico di Bacinello (Toscana) spiega il riferimento al Messiniano.

2.5 Assetto morfologico ed idrografico

Il settore in studio si estende lungo una direttrice circa NW-SE, compresa tra le località San Nicola a NW, Scala Erre a SE e S'Eligheddu a N, risultando delimitata grosso modo dal tronco idraulico del torrente San Nicola (IV ordine) a NW alla confluenza col canale di III ordine di Chirigu Cossu proveniente da S (Canaglieddu e Pedrichinosu) e da quello di un torrente di I ordine tributario in sinistra del Riu Sant'Elena / Fiume Santo. Entrambi i rami del Riu San Nicola e del Fiume Santo sono tributari del Golfo dell'Asinara previo, nel primo caso, il recapito nello Stagno di Pilo.



FOTO 2.1 – Panoramica dell'area ripresa poco ad ovest del km 14 della S.P. 34. Rev. 0 - del 19/07/2021



 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 20 di 38



FOTO 2.2 – Sistema collinare di S'Eligheddu, versante esposto a sud ripreso frontalmente dalla S.P. 34, tratta centrale.



FOTO 2.3 – Settore centrale collinare di S'Eligheddu, terzo segmento rettilineo (da est verso ovest) della S.P. 34, intercettato nel settore di progetto.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 21 di 38

Sul piano morfo-orografico si tratta di un settore di bassa collina tendenzialmente allungato NW-SE e con pendio immerso a S e SW che si sviluppa entro quote comprese per lo più fra i 20 m e i 50 m s.l.m.. Si hanno quindi non solo di modestissime altezze ma anche di blande pendenze che non possono tradurre energia sufficiente all'innescio di fenomeni erosivi. Non di meno, considerato lo stato di drastica denudazione e la modestia dei suoli, questa condizione favorevole non rende questi terreni, comunque ricchi di terre argillose, del tutto indifferenti ai fenomeni erosivi. Infatti sul lato esposto a nord del settore, per lo più esterno alla superficie di progetto, in cartografia si riscontra una certa concentrazione di modeste vallecole tributarie del San Nicola in destra e del Fiume Santo in sinistra, allineate secondo direzioni per lo più NW-SE, aventi come spartiacque la regione di Sa Carza Larga, che in qualche modo segnalano una tendenziale suscettività erosiva.

Si tratta dunque di terreni esposti ai fenomeni di ruscellamento.

Poiché però l'area fa parte di un ampio settore in passato adibito all'industria estrattiva di argille per refrattari, la porzione esterna immediatamente adiacente ad est ha subito una netta trasformazione morfologica con drastiche interferenze sui deflussi idrici che hanno pressoché obliterato questa idrografia di basso ordine gerarchico.

In tal senso va precisato che all'interno della superficie di progetto non sono presenti cave dismesse ma sussistono saltuarie evidenze di porzioni che sono state oggetto di saggi di escavazione meccanica o ripping (**FOTO 2.5**).

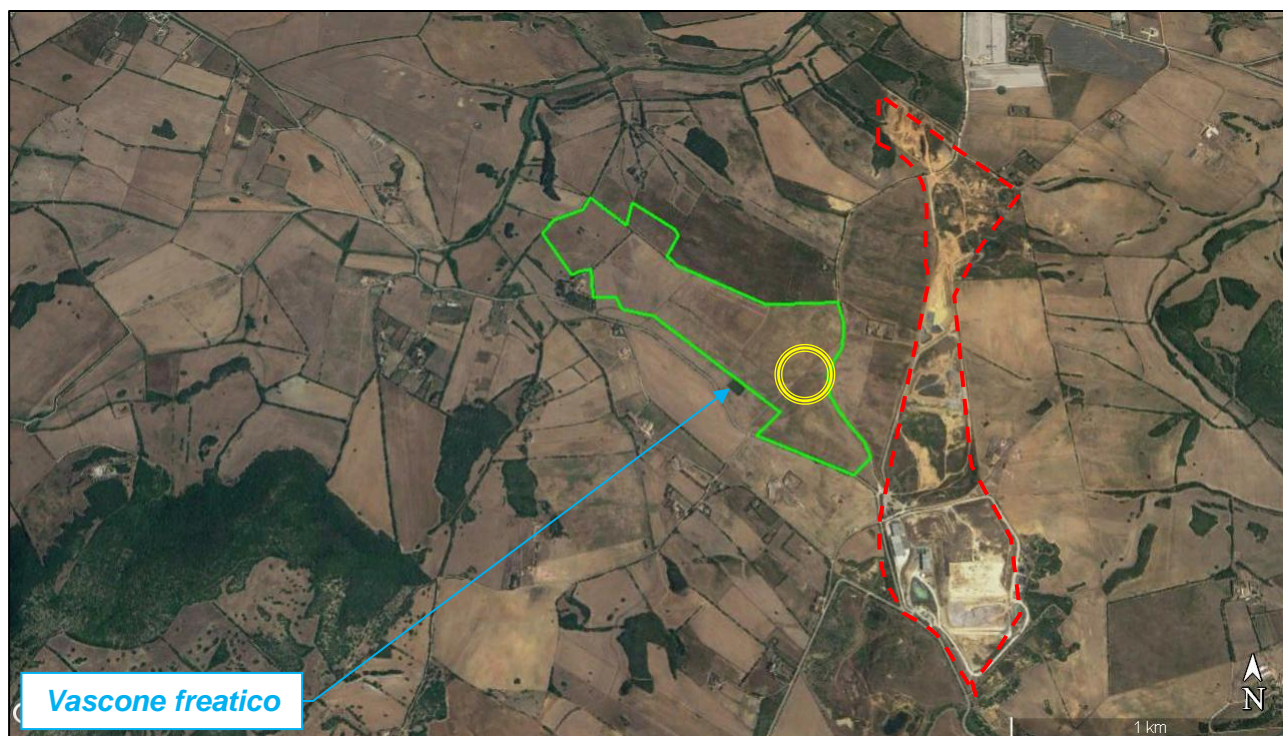


FIGURA 2.4 – Esternamente all'areale d'intervento (poligono bianco) con il tratteggio rosso il settore interessato da attività estrattive per refrattari, di recente riconvertito in parte a attività di discarica controllata. In giallo i segni di escavo meccanico e/o ripping delle coltri conglomerati che di superficie.


 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 22 di 38



FOTO 2.4 – Panoramica dell'area ripresa dalla S.P.34 verso nord-ovest.



FOTO 2.5 – Panoramica dalla S.P. 34 con evidenza della superficie interessata da ripping.



 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 23 di 38



FOTO 2.6 – Settore con evidenza di spietramento e scarificazione superficiale di banchi conglomeratici.



FOTO 2.7 – Ripresa in direzione NW. In primo piano curva su S.P. 34 a a destra la fossa freatica. In secondo piano, traccia del sistema collinare interessato dal progetto di impianto FV conglomeratici.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 24 di 38

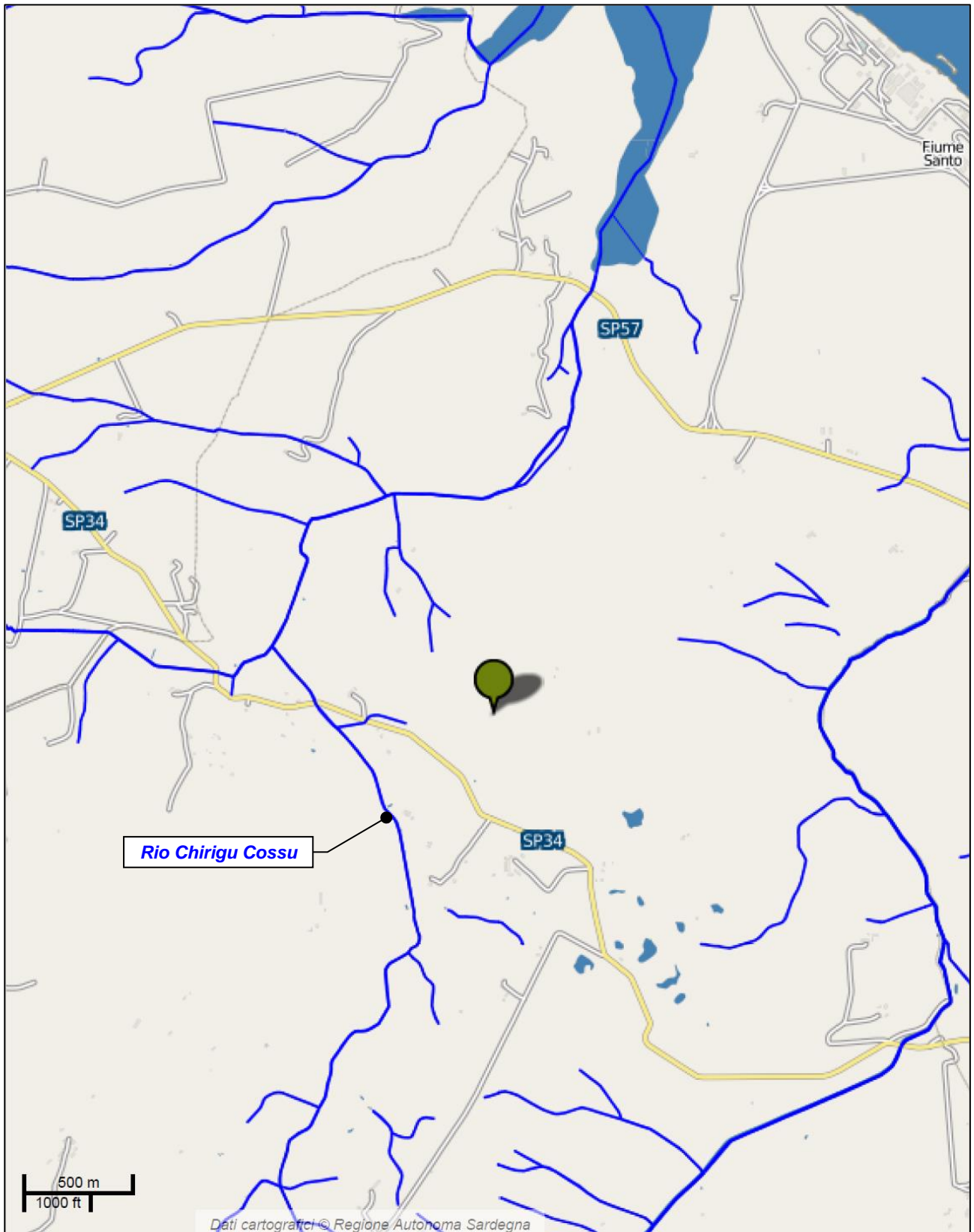



FIGURA 2.5 – Baricentro del comparto che ospiterà il parco rispetto al reticolo idrografico locale.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 25 di 38

2.6 Assetto idrogeologico locale

Se si esclude il margine occidentale attraversato per 330 m circa dall'alveo del Riu San Nicola e per altrettanto dal tratto regimato del canale de Chirigu Cossu, la superficie di progetto non riscontra segni di rete idrografica incisa. Poco a sud del limite dell'areale è presente una vasca freatica a planimetria rettangolare 55 m x 30 m con superficie libera a meno di 1,50 m dal pc (+26 m s.l.m.m.): tale condizione riscontra una falda acquifera a scarsissima soggiacenza.




FOTO 2.8 – Panoramica del settore sud-est sullo sfondo la fossa freatica.

Sulla base dei rilievi effettuati e delle conoscenze geolitologiche e litostratigrafiche si può asserire che nel settore sussistano n. 3 acquiferi:

- UI1** depositi alluvionali di fondovalle dell'Olocene,
- UI2** subunità arenaceo-conglomeratiche del complesso alluvionale fluvio-deltizio del Messiniano, aventi a letto gli orizzonti argillosi del tutto impermeabili della stessa successione,
- UI3** serie carbonatica Mesozoica

I depositi alluvionali **[UI1]** fungono da acquifero superficiale monofalda e da permeabilità medio-alta per porosità. Le portate non superano i 0,5 l/sec neppure nel corso della stagione più piovosa.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 26 di 38

Le subunità arenaceo-conglomeratiche [UI2] danno luogo ad un acquifero verosimilmente multi falda, idrogeologicamente non omogeneo, fatto di lenti e banchi conglomeratici e arenacei con lenti di argille e siltiti arenacee con spessore fino a 20 m. Si tratta di un acquifero a permeabilità medio bassa o bassa, con portate che ben difficilmente possono ritenersi superiori a 0,2 l/sec ma certamente più produttivo del precedente (considerata la sussistenza della falda nel riscontro diretto del giorno 07/07/2021 (ore 20,30).

La serie mesozoica calcarea e dolomitica [UI3], funge da acquifero carsico profondo, da ritenersi intercettabile mediante terebrazioni di alcune centinaia di metri di profondità. La produttività di tale acquifero può essere enorme atteso che i numerosi i pozzi eseguiti in essa fin dagli anni '70 per l'approvvigionamento idrico della centrale elettrica di Fiume Santo (in conseguenza di ciò le sorgenti in prossimità della costa non sono più attive), hanno accertato falde in pressione con portate di decine l/s.


2.7 Sismicità dell'area

La bassa sismicità della Sardegna è nota, in virtù della generale stabilità del blocco sardo-corso negli ultimi 7 m.a.. L'attività tettonica viene pertanto considerata molto bassa o quiescente e generalmente non si rilevano deformazioni significative nel corso del tardo Quaternario (Pleistocene superiore e Olocene) se non quelle dovute a fenomeni di subsidenza.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web "DBMI04", per l'Isola non sono segnalati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius. Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 9 novembre 2010, nella costa NW dell'Isola.

Altri episodi, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 di ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità. Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 27 di 38

Per quanto attiene il sito specifico, la sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei seguenti database resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

- **CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015**

Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4 relativi a tutto il territorio italiano.

- **DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015**

Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nel periodo 1000-2014.



Sassari

PlaceID	IT_68357
Coordinate (lat, lon)	40.727, 8.560
Comune (ISTAT 2015)	Sassari
Provincia	Sassari
Regione	Sardegna
Numero di eventi riportati	4



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4-5	1948	11	13	09	52		Mar di Sardegna	18	6	4.72
3	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

FIGURA 2.6 – Eventi sismici estratti dal catalogo CPTI15 e DBMI15 per il Comune di Sassari.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 28 di 38

L'archivio CPTI15-DBMI15 indica per Sassari indica 4 eventi verificatisi rispettivamente negli anni 1887, 1909, 1948 e 2000 (**FIGURA 2.6**). L'ultimo è quello localizzato nel Mar Tirreno Centrale (Latitudine 40.955 N – Longitudine 10.097 E e profondità circa 1 km) e avvenuto il 26.04.2000 alle ore 13:37 la cui magnitudo è risultata di 4,77. Non si hanno notizie di effetti significativi per il territorio comunale.

2.8 Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*» entrata in vigore dal 25.10.2005, in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006.

In relazione alla pericolosità sismica - espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni. La classificazione sismica del territorio nazionale è rappresentata in **FIGURA 2.7**.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} con una tolleranza 0,025g (**FIGURA 2.8**): a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag), che deve essere considerato in sede di progettazione.

Tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione. Pur tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.). Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**$I_{max/pon}$**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione. Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in

ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

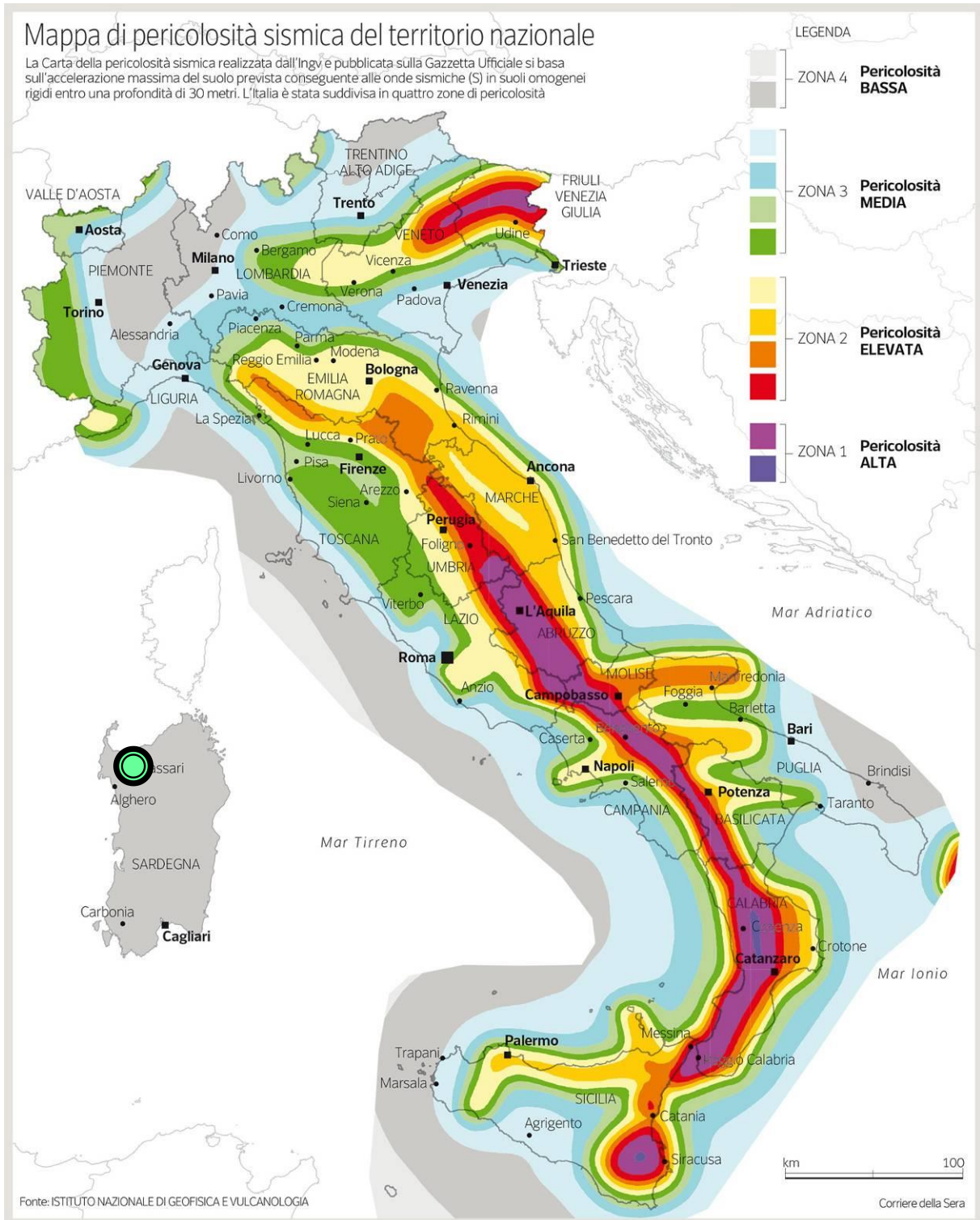


FIGURA 2.7 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata (INGV 2018).

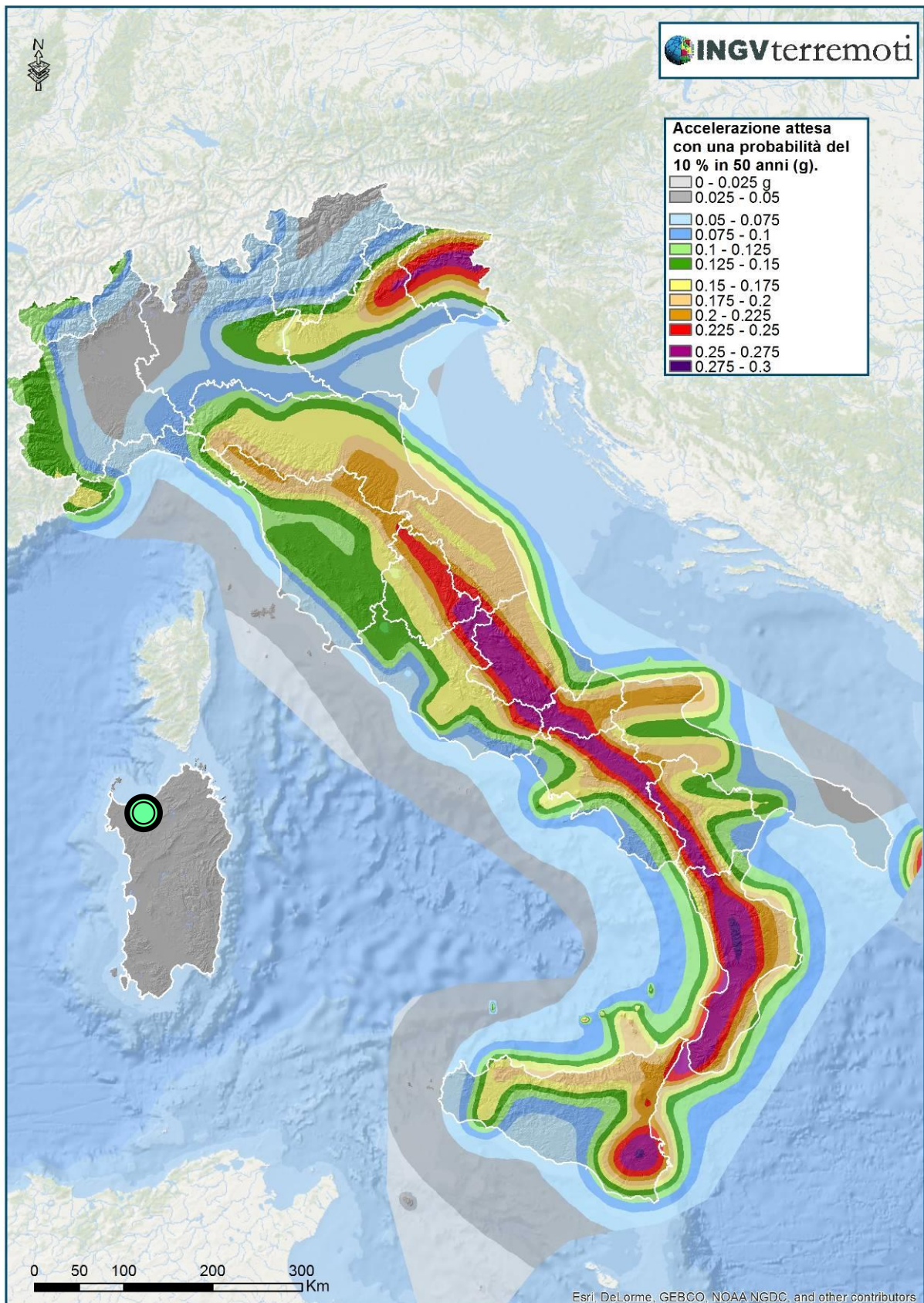



FIGURA 2.8 – Mappa dell'accelerazione attesa con una probabilità del 10% in 50 anni (INGV 2018).

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 31 di 38

2.9 Categoria di sottosuolo

Per la definizione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del D.M. del 17.01.2018 deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (V_s).

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per quelle profonde alla testa dei pali. Per profondità del substrato > 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Alla luce di quanto un sito può essere classificato in funzione delle seguenti categorie di sottosuolo:



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

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a condizioni geologiche simili in aree attigue, la presenza del materasso detritico alluvionale entro i primi 3,00 m dal p.c., costituito ora da ghiaie ora da argille e limi in lenti e lingue tra loro interdigitati, impone cautelativamente, di adottare una categoria di sottosuolo di tipo "**C**".


2.10 Subsidenza

Se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l'area costiera meridionale, la subsidenza è un fattore irrilevante tra i processi morfodinamici dell'Isola. Gli unici fenomeni riconducibili a subsidenza sono localizzati negli hinterland di Carbonia ed Iglesias, perlopiù provocati dallo sprofondamento dei "vuoti minerari" ("sink-holes") ed in ambiti geologici differenti.

Il substrato geologico locale non è soggetto a carsismo e non sono noti nell'area sink-hole o altre

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 32 di 38

tipologie di subsidenza naturale. Analogamente, non si è a conoscenza di abbassamenti del suolo provocati dallo sfruttamento delle falde acquifere.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 33 di 38

3 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

3.1 Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell'Isola fa escludere elementi di pericolosità sismica che possano compromettere l'integrità e la fruibilità dell'opera in progetto.

3.2 Pericolosità idrogeologica

L'assetto idrogeologico del settore è contraddistinto da un basamento calcareo-dolomitico ove i flussi idrici si instaurano a profondità decametriche ed una coltre detritica che ospita una falda freatica di modesta produttività. Infatti la bassa permeabilità dei termini arenaceo-conglomeratici del Messiniano non consente portate significative che difficilmente sono superiori a 0,2 l/sec.

La presenza poco fuori il lotto di intervento di una vasca freatica con superficie libera a meno di 1,50 m dal pc (+26 m s.l.m.) riscontra una falda acquifera a scarsissima soggiacenza. Per il limitato impatto della tipologia fondale prevista, questa condizione non è comunque motivo di interazioni reciproche significative.

3.3 Pericolosità da frana

Già in condizioni di seminaturalità dei luoghi, il settore in studio è risultato esente da problematiche legate a dissesto per franosità in quanto non sottoposto all'influenza diretta delle dinamiche morfogenetiche connesse con la presenza dei rilievi al contorno perché troppo distanti.

Dalla consultazione della cartografia P.A.I., per l'areale in studio ed un suo congruo intorno, non sono indicate condizioni di pericolosità da frana.

Questa constatazione è coerente con l'esito dei rilievi condotti che non hanno fatto ravvisare condizioni di criticità ante e post-operam.

3.4 Pericolosità da inondazione

Il sito di specifico intervento edilizio non interferisce direttamente con alcun elemento idrografico tale da esporlo a criticità per inondazione. A suffragio di quanto le cartografie ufficiali di cui al Piano di Assetto Idrogeologico non indicano alcuna perimetrazione.

Non risulta altresì perimetrato all'interno del Piano delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) e nel Piano Gestione e Rischio Alluvioni (P.G.R.A.). Dalla medesima fonte cartografica ufficiale della Sardegna risulta che né l'areale di intervento né quelle viciniori siano state allagate in concomitanza del cosiddetto "ciclone Cleopatra".

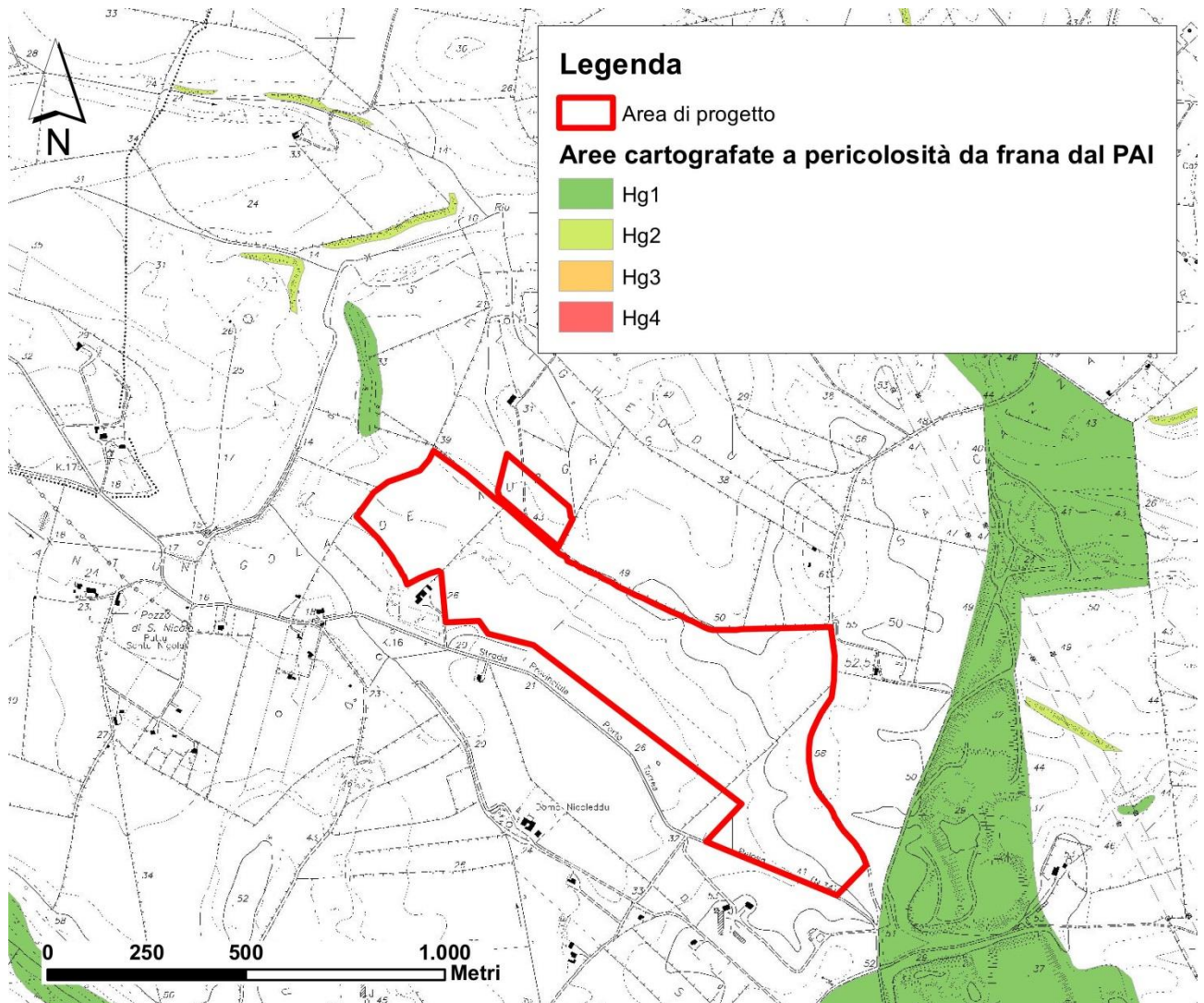


FIGURA 3.1 – Cartografia di pericolosità idraulica secondo il Piano di Assetto Idrogeologico.

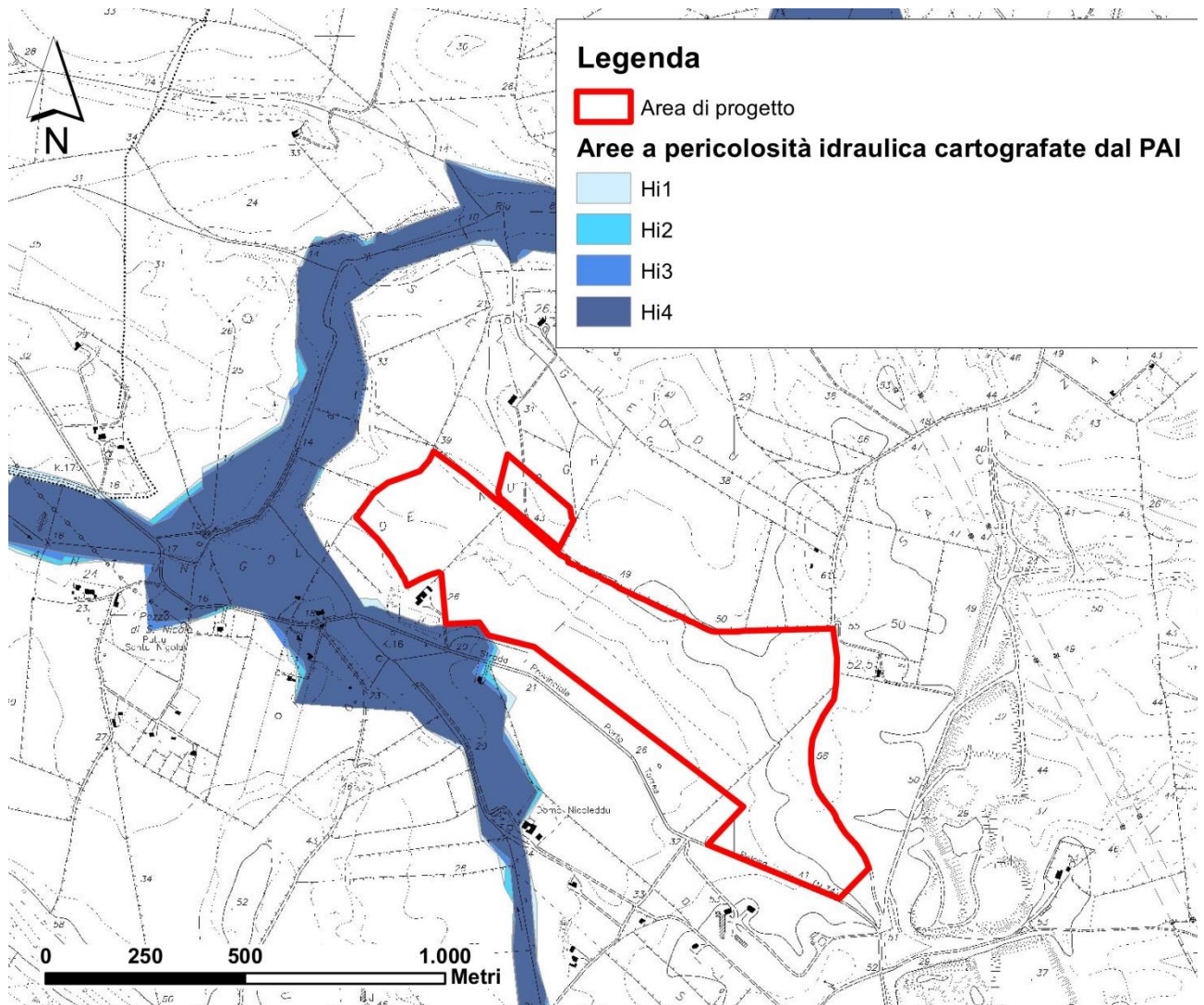



FIGURA 3.2 – Distribuzione delle aree a pericolosità da alluvione rispetto all'area di intervento.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO Volta g.e. <small>green energy</small> IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 36 di 38

4 MODELLO GEOTECNICO

4.1 Modello geotecnico di riferimento

L'areale che ospiterà il parco fotovoltaico si inserisce in un ambito contraddistinto dalla presenza, sotto un esile strato di suolo più o meno rimaneggiato dalle pratiche agricole [**Strato A**], dei conglomerati e delle argille del Tardo Miocene [**Strato B**].

Schematicamente quindi, la stratigrafia dei terreni costituenti il sedime di intervento è riconducibile alla seguente successione di unità che prevede, a partire dall'alto:

- | | | |
|----------|------------------------|--------------|
| A | Suoli | [Attuale] |
| B | Argille e conglomerati | [Messiniano] |

di seguito descritti sulla scorta di dati acquisiti in terreni simili nel medesimo contesto litostratigrafico e per le finalità della fase in essere

A – Suoli

Suoli argillosi e subordinatamente limosi, rimaneggiati, moderatamente consistenti in condizioni di essiccazione ma fortemente suscettibili ad un peggioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche con l'aumento del grado di umidità.



La componente organica rende questo strato di scarso interesse ai fini edificatori per cui se ne trascurava la parametrizzazione geotecnica.

B1 – Conglomerati

Si caratterizzano per la presenza di ciottoli e clasti non sempre arrotondati del basamento cristallino scistoso metamorfico e migmatitico e in particolare da grossi frammenti di quarzo bianco, che in più parti, data l'abbondanza, simulano la presenza di veri e propri crostoni durissimi.

Trattasi di terre granulari da molto addensate a semicementate, dotate di elevate caratteristiche di resistenza al taglio, a cui possono associarsi i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

- | | | |
|----------------------------------|-----------|---------------------------------|
| – Peso di volume naturale | γ | = 19,50÷20,00 kN/m ³ |
| – Peso di volume immerso | γ' | = 9,50÷10,00 kN/m ³ |
| – Coesione | c | = 0,25÷0,50 daN/cm ² |
| – Angolo di resistenza al taglio | φ | = 35÷38° |
| – Modulo Elastico | E_{el} | = 350÷500 daN/cm ² |

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 37 di 38

B2 – Argille

Si tratta di argille illitico-caolinitiche ricche in ferro, di colore da giallastro a giallo-bruno-rossastro. Seppur compatte e sovraconsolidate, questi depositi sono soggette ad un significativo peggioramento delle loro proprietà in presenza di acqua.



I parametri geotecnici indicativi associabili sono:

- Peso di volume naturale $\gamma = 19,50 \div 20,50 \text{ kN/m}^3$
- Coesione $c = 1,00 \div 1,50 \text{ daN/cm}^2$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 17 \div 21^\circ$
- Modulo Edometrico $E_{el} = 200 \div 250 \text{ daN/cm}^2$

4.2 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione

Sulla base di quanto esposto, è plausibile che le strutture di sostegno degli inseguitori solari, rappresentate verosimilmente da pali infissi, si intesteranno a luoghi nelle alluvioni grossolane e a luoghi sui terreni argillo-limosi.

Ferma restando la necessità di supportare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di **1,5÷1,8 daN/cm²**.

 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	OGGETTO  IMPIANTO FV 35 MW DENOMINATO "NURRA" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO VGE-FVS-PD4
	TITOLO RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	PAGINA 38 di 38

5 CONCLUSIONI

Dagli elementi esaminati, l'assetto litostratigrafico del territorio nel quale si prevede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto, vede la presenza, al di sotto della copertura pedogenizzata e/o rimaneggiata dalle pratiche agricole [**Strato A**], di una coltre detritica costituita da conglomerati e delle argille del Tardo Miocene [**Strato B**].

Oltre il confine nord-occidentale coincidente con la valle del Rio San Nicola, si rinvengono le alluvioni attuali mentre le litologie mesozoiche, ovvero i calcari e le dolomie del Giurese inferiore e medio, i gessi, le argille, le marne gessifere e le dolomie cariate del Trias superiore, le arenarie ed i conglomerati del Permo-Trias costituiscono lo sfondo morfo-orografico entro cui si dispone la formazione direttamente interessata dal progetto.

I rilievi condotti non hanno evidenziato condizioni di instabilità morfologica potenzialmente predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia.

Non si prevede che l'evoluzione morfodinamica naturale dei luoghi possa in qualche modo compromettere la funzionalità dell'opera in progetto a causa di dissesti di tipo idraulico in quanto il lotto non interferisce con il reticolo idrografico. Anche la posizione prossimale al Rio San Nicola, prevedendo l'installazione di strutture "permeabili" rispetto al deflusso idrico superficiale (inseguitori solari sostenuti da pali infissi), non fa prevedere condizioni di pericolosità idraulica.

La prevedibile presenza di una falda acquifera a breve soggiacenza dal p.c. (circa -1,50 m) fa prevedere reciproche interazioni con le strutture fondali seppur di entità insignificante, per il limitato impatto dei pali infissi sia della scarsa trasmissività dell'acquifero.

Per detti motivi si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell'intervento in progetto, **fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase progettazione esecutiva.**

Tale campagna dovrà chiarire gli aspetti litostratigrafici ancora indefiniti e dissipare le incertezze sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo, ovvero affinare il modello geologico per orientare al meglio le scelte progettuali, nonché per individuare l'ottimale profondità per l'infissione dei sostegni degli inseguitori solari.