

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA CON ACCUMULO
DENOMINATO "SASSARI 02"**

**REGIONE SARDEGNA
PROVINCIA di SASSARI
COMUNI di SASSARI e PORTO TORRES**

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:

Titolo:

R12b

**Relazione Geologica
SSE**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

R12b_RelazioneGeologicaFV_12b

Progettazione:

Committente:

DOTT. ING. Fabio CALCARELLA

Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu
P. IVA 04433020759

Whysol-E Sviluppo S.r.l.

Via Meravigli, 3 - 20123 - MILANO
Tel: +39 02 359605
info@whysol.it - whysol-e.sviluppo@legalmail.it
P. IVA 10692360968

Dott. Geol. Gianluca SELLERI
Via Francesco Lo RE, 6
73100 - LECCE
Tel: +39 3929534082
E-mail: geologogianlucaserelli@gmail.com



Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Marzo 2021	Prima emissione	GS	FC	WHYSOL-E Sviluppo s.r.l.

Premessa

La presente relazione geologica descrive gli aspetti tecnici ed i risultati dello studio geologico svolto a supporto dell'intervento di realizzazione della sottostazione elettrica degli impianti fotovoltaici Sassari 01 e Sassari 02 ubicati in territorio del Comune di Sassari (SS).

Lo studio geologico di cui si relaziona è stato sviluppato attraverso una accurata ricerca bibliografica, la consultazione dei piani vigenti e con l'esecuzione di un dettagliato rilevamento sul campo che ha permesso di inquadrare sotto l'aspetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico il sito di interesse, di individuarne la vincolistica geologica e di definirne la pericolosità geologica di base.

I caratteri geologico-tecnici dei terreni affioranti in situ sono stati desunti da alcune prove geofisiche condotte da Geoprove sas nell'ambito dello studio geologico condotto per la realizzazione dell'impianto Sassari 01 e riportati nella Relazione Geologica a firma del Dott. Geol. De Donatis datata febbraio 2021.

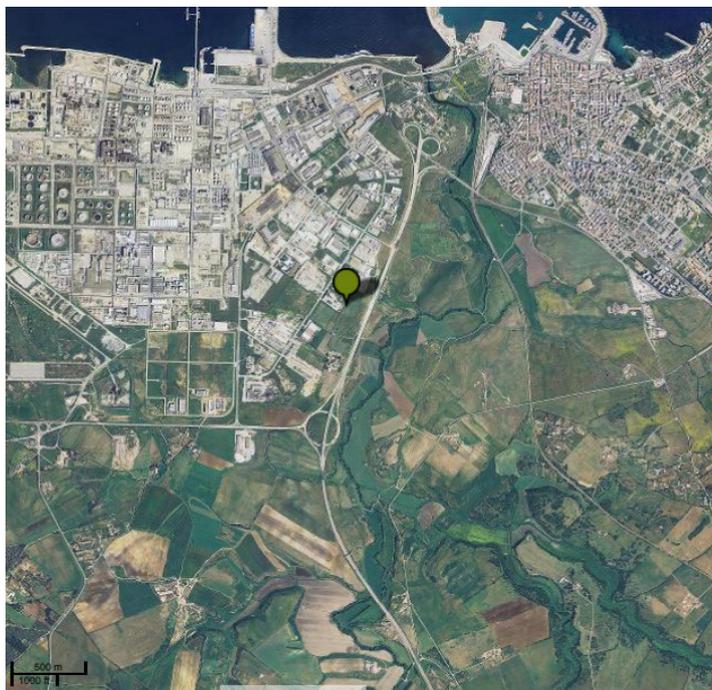
Sulla base di tutte le informazioni raccolte è stato quindi costruito il modello geologico e geotecnico del sito di progetto.

Il quadro normativo di riferimento sulla base del quale sono state articolate e svolte le attività che compongono lo studio geologico ed è stata redatta la presente Relazione Geologica è rappresentato essenzialmente da:

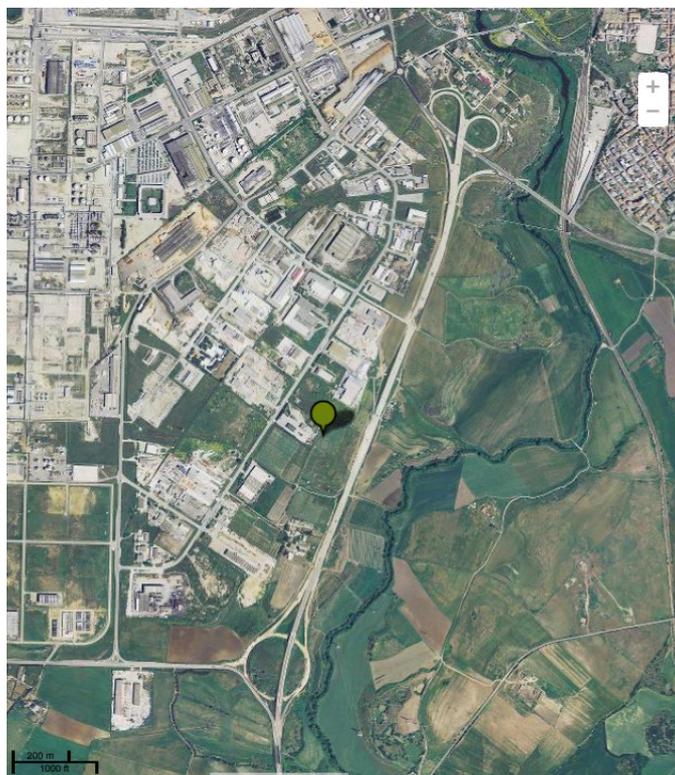
- D.M. 11/3/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce; la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- NTC 2018.

Inquadramento territoriale

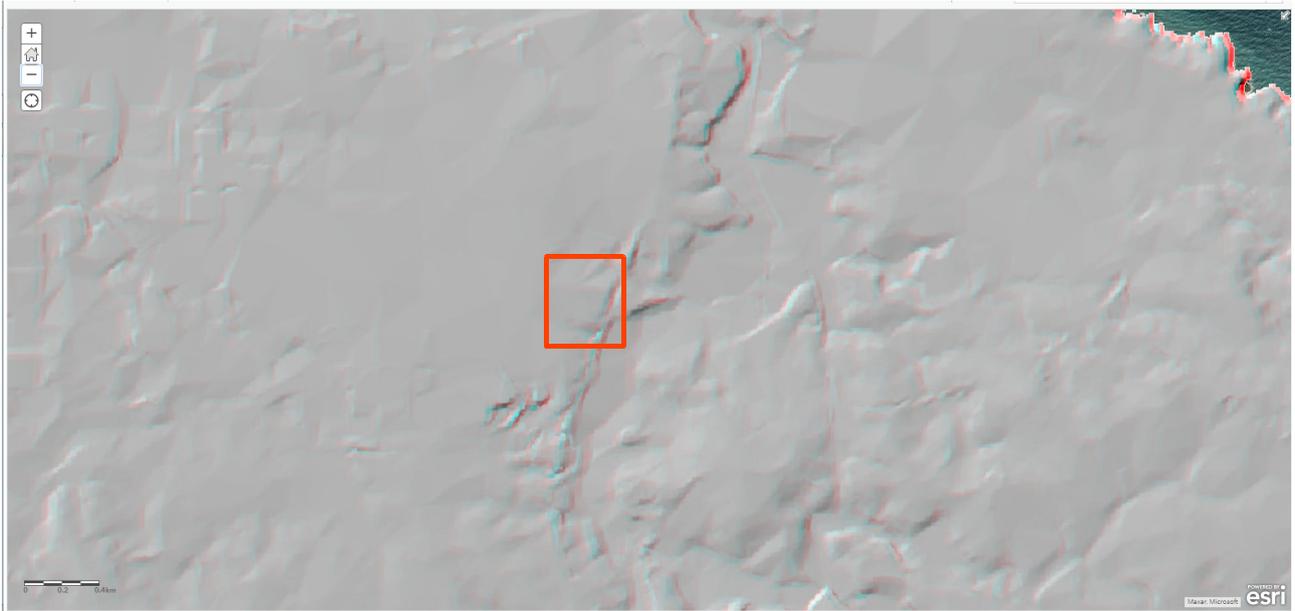
L'area di interesse ricade in comune di Porto Torres, tra il limite della zona industriale e la SS 131 che corre in questo tratto parallela al Riu Mannu. Il sito è sostanzialmente pianeggiante e si trova a circa 23 m di quota. Dalla consultazione della carta altimetrica emerge la sostanziale piatezza dell'area vasta (e nello specifico del sito di progetto), interrotta esclusivamente dalla incisione valliva del Riu Mannu, ampia e delimitata da pareti subverticali.



Inquadramento di area vasta (portale cartografico Regione Sardegna)



Inquadramento sitospecifico (portale cartografico Regione Sardegna)



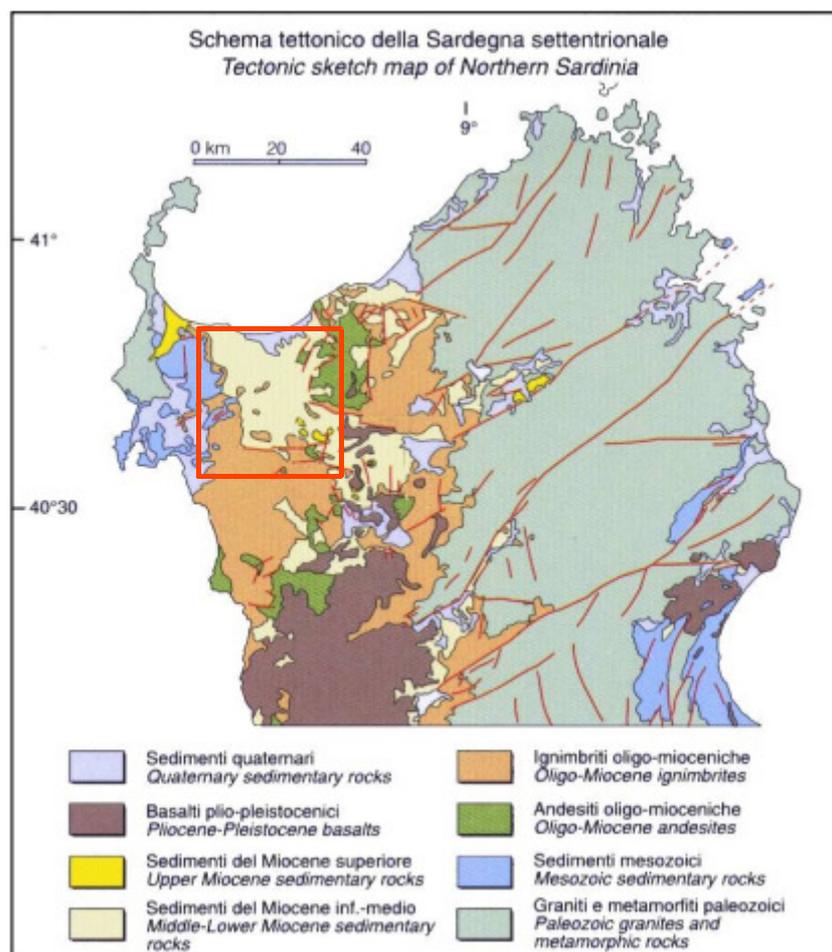
Carta altimetrica dell'Italia (dettaglio 10 m)

Caratteri geologico-stratigrafici e tettonico-strutturali

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

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

Nella figura a seguire si riporta lo schema tettonico della Sardegna Settentrionale tratto da: A. Funedda, G. Oggiano, S. Pasci: The Logudoro basin: a key area for the tertiary tectono-sedimentary evolution of North Sardinia; il riquadro rosso individua la struttura tettonica sopradescritta.



Il territorio di Porto Torres si viene a collocare sul margine occidentale della struttura tettonica sopradescritta; sul lato ovest di questo territorio affiorano le formazioni più antiche, sulle quali si è strutturato il bacino terziario, rappresentate dalle formazioni calcareo dolomitiche mesozoiche. In corrispondenza della porzione orientale (in cui ricade il sito di interesse), invece sono estesamente presenti le sequenze sedimentarie mioceniche che colmano la struttura. Interposta tra il basamento mesozoico e le formazioni sedimentarie mioceniche, affiora una stretta cintura di vulcaniti, anch'esse di età terziaria, messe in posto durante le prime fasi della tettonica terziaria.

Le sequenze mesozoiche comprendono formazioni che vanno dal Trias medio (Muschelkalk) al Giurassico superiore (Malm) e sono rappresentate in prevalenza da calcari e dolomie, in genere ben cementate, disposte in strati di media potenza. Tutta la sequenza mesozoica è interessata da un blando piegamento, ad assi Est - Nord Est che determina un sistema di sinclinali e anticlinali aperte, a loro volta intersecate da faglie distensive dirette N 60° o Nord Sud. Sono prevalenti giaciture sub-orizzontali o poco inclinate.

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

La sequenza sedimentaria miocenica affiora per tutto il settore centrale e orientale del territorio comunale (dove ricade il sito di progetto). Sono distinguibili diversi litotipi che rappresentano diversi ambienti deposizionali che si sono susseguiti sia in ordine temporale, marcando un progressivo approfondimento del bacino miocenico, che in senso trasversale, in relazione alla reciproca collocazione all'interno del bacino stesso. Alla base della sequenza (ed in prossimità del margine del bacino) si ritrovano dei sedimenti clastici continentali caratterizzati da conglomerati, depositi di spiaggia o depositi lacustri, passanti lateralmente e verso l'alto a biocalcareni e calciruditi caratteristici di ambienti di più alta energia, seguiti ancora da sedimenti marnoso arenacei finemente stratificati che testimoniano l'instaurarsi di un ambiente di mare più profondo.

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

I termini più recenti della sequenza miocenica affiorano tra la zona industriale e Fiume Santo e sono rappresentati da delle argille e conglomerati di ambiente alluvionale. Tutta a sequenza mostra una giacitura sub-orizzontale con debole inclinazione verso il settore sudorientale.

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

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

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



Carta geologica dell'area in cui ricade il sito di progetto

Le marne e siltiti sono caratterizzate da una struttura omogenea, con livelli planari o obliqui paralleli evidenziati principalmente da processi di erosione selettiva. In riferimento alla resistenza, questi litotipi possono essere classificati al più come una roccia tenera o molto tenera, facilmente disagiabile. L'ammasso roccioso nel suo insieme si presenta molto compatto, attraversato da pochi giunti di fratturazione, molto spaziosi e persistenti.

Le formazioni più recenti affioranti nell'area sono rappresentate dai terreni quaternari che comprendono dei depositi di spiaggia antichi, conservati in piccoli lembi lungo un terrazzo marino collocato qualche metro sopra l'attuale livello del mare ed attribuibili al Tirreniano, seguiti da

depositi continentali probabilmente Wurmiani, costituiti da argille sabbiose, sabbie argillose, sabbie e limi, con un colore tipicamente rossastro.

Nelle valli principali che ospitano i corsi d'acqua più importanti si individuano infine dei depositi alluvionali attuali e recenti composti in prevalenza da sabbie, limi e limi argillosi.

Con particolare riferimento al sito di progetto si rileva che qui affiora la litofacies più diffusa della formazione di Mores (sequenza sedimentaria miocenica) costituita da biocalcareni e calcari bioclastici a banchi di ostree ed altri bivalvi, ed echinidi (*Amphiope*, *Scutella*, *Clypeaster*), spesso con evidenti clinostratificazioni.

Assetto geomorfologico

Il sito di progetto ricade in un settore di territorio costiero caratterizzato da una morfologia pianeggiante che è stato in gran parte trasformato attraverso le opere di infrastrutturazione dell'area industriale, delimitato dai rilievi mesozoici a Ovest e dal Riu Mannu ad Est, oggi in gran parte occupato dall'area industriale per l'appunto; qui le quote topografiche sono mediamente comprese tra 5 e 25 m s.l.m.

In questo settore originariamente ricadeva lo stagno di Gennano; tutto il settore a ridosso della zona industriale, infatti, è ricompreso all'interno del bacino idrografico di Gennano che sfociava nell'omonimo stagno interrato negli anni 60-70. Il bacino idrografico di questo specchio d'acqua si sviluppava su un'area pianeggiante, al contatto tra le formazioni mioceniche ed il basamento mesozoico dove oggi il deflusso è prevalentemente di tipo artificiale.

Immediatamente ad Est del sito di progetto si rinviene l'evidente incisione fluviale del Riu Mannu. Il reticolo del Riu Mannu e del suo affluente principale Riu d'Ottava incidono un ampio tavolato, dolcemente ondulato, con superficie topografica compresa mediamente tra 20 e 50 m s.l.m. delimitata verso mare da una falesia ripida in gran parte impostata su roccia.

Il Riu Mannu scorre sul fondo di una ampia valle sinuosa a fondo piatto riempita dai sedimenti alluvionali e delimitata a tratti da pareti ripide con fronti anche verticali.

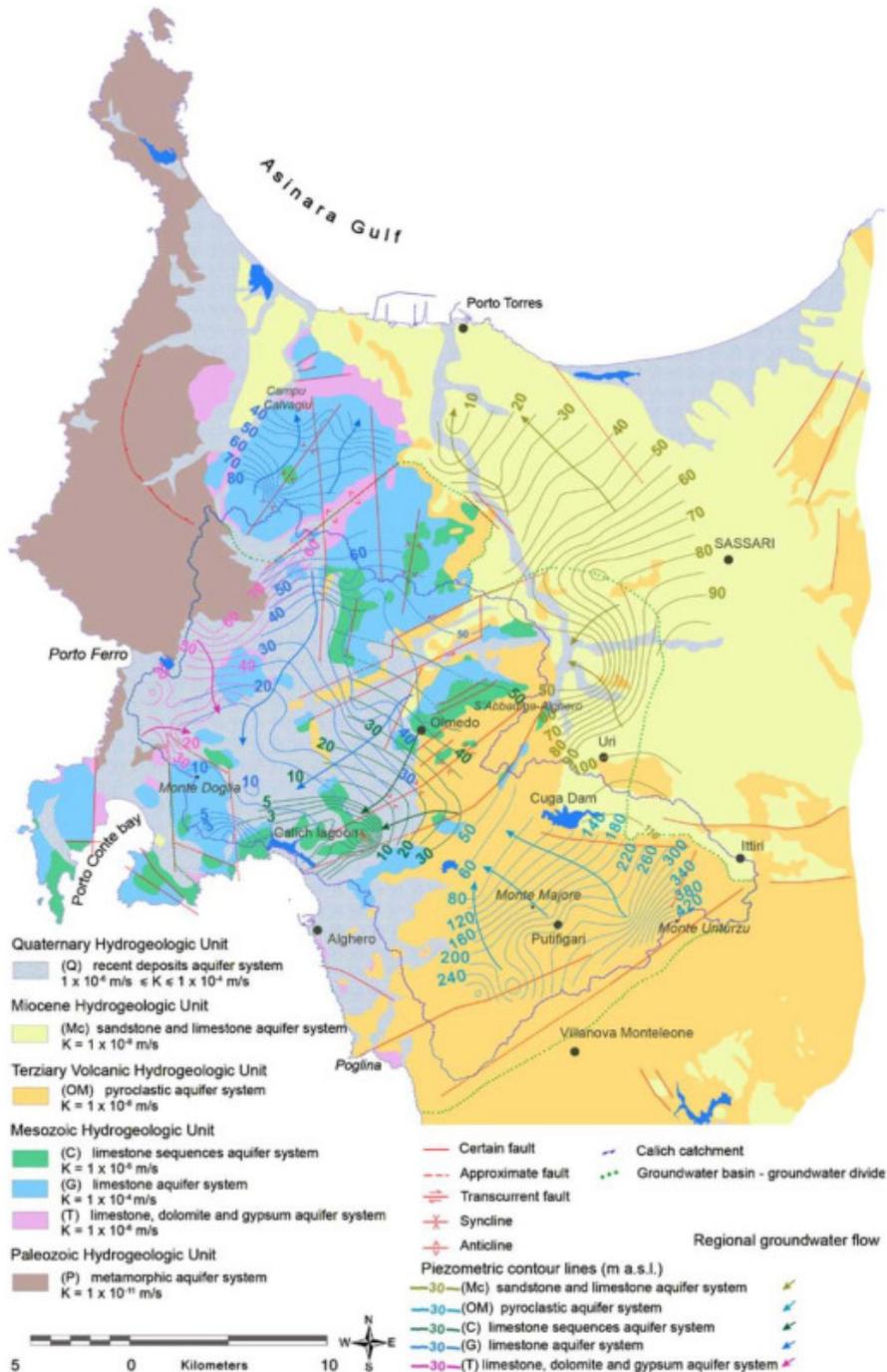
Le sponde della valle sono pareti rocciose per lo più stabili, oggi relitte essendosi originate attraverso processi di scalzamento alla base attivi in epoche passate e con regimi idraulici differenti dall'attuale.

Il pattern di distribuzione del reticolo è estremamente semplice e poco ramificato, in stretta relazione con l'elevata capacità di infiltrazione delle acque superficiali tipico dei contesti carsici. I litotipi affioranti, sono interessati da processi di dissoluzione carsica testimoniati da forme tipiche quali cunicoli, condotti e cavità che perlopiù si presentano in forma relitta con riempimenti di argille residuali.

Caratteri idrogeologici

Nel settore della Sardegna in cui ricade il sito di progetto affiorano litologie che vanno dal Mesozoico al Quaternario che rivestono un diverso ruolo idrogeologico ed idrostrutturale.

Da un punto di vista idrogeologico le formazioni litostratigrafiche presenti in questo settore dell'isola sono state raggruppate in 4 unità idrogeologiche principali, che a loro volta sono state suddivise in 6 complessi idrogeologici o acquiferi. Agli acquiferi individuati sono stati attribuiti i valori di permeabilità desunti dalla letteratura scientifica e verificati con prove di pompaggio in regime transitorio (GHIGLIERI et alii, 2006; 2009).



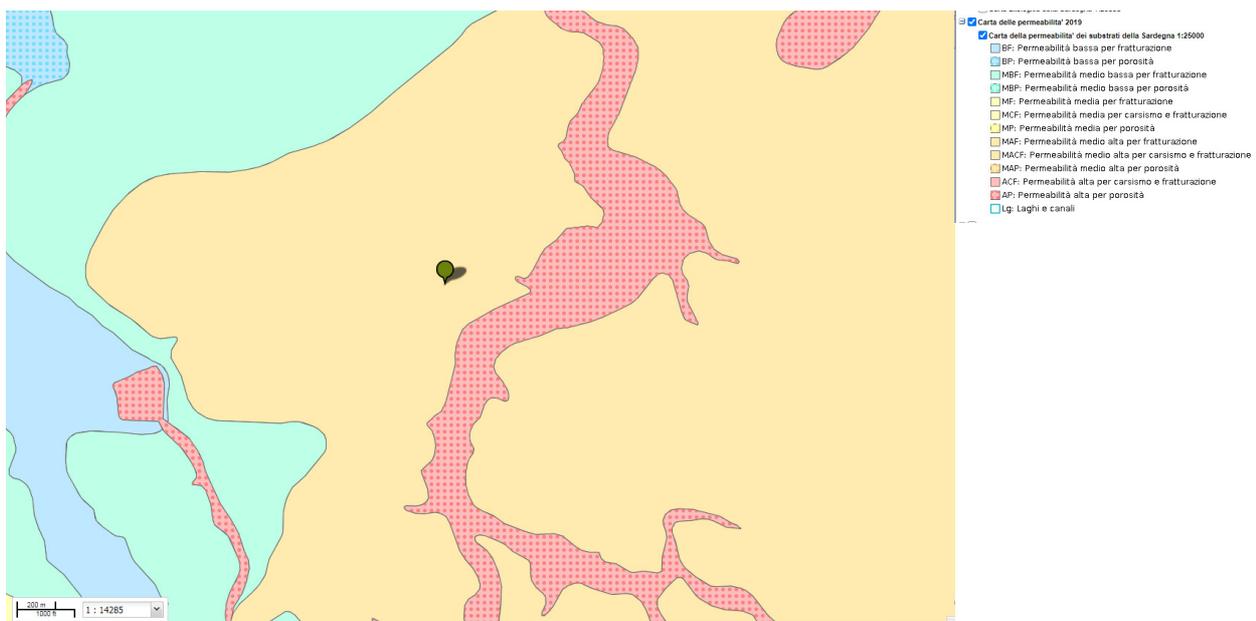
Schema idrogeologico della Sardegna nord-occidentale (da GHIGLIERI et alii, 2006; 2009)

Il sito di progetto ricade proprio nel campo di esistenza dell'unità idrogeologica denominata Cmc (Mc) - Complesso marnoso-calcareo e arenaceo (Acquifero della successione sedimentaria del Miocene – $K=2 \times 10^{-4}$ m/s) rappresentata dalle unità calcaree mioceniche che possiedono una permeabilità secondaria, per fessurazione o per carsismo, da buona a mediocre (le porzioni marnose con intercalazioni calcaree hanno permeabilità da media a bassa, mentre le marne arenacee e le argille prevalenti risultano poco permeabili).

I livelli più permeabili di questa unità sono costituiti dai litotipi francamente carbonatici delle formazioni di Mores, interessati da fessurazione e carsismo.

L'acquifero miocenico rappresenta un acquifero strategico per utilizzi di tipo idropotabile, civile ed irriguo. Le portate assicurate da alcuni pozzi presenti nei dintorni di Sassari e di Porto Torres e monitorati o realizzati nel Progetto Speciale n. 25 (CAS.MEZ., 1984a; 1984b) arrivano sino a 20 l/s, anche se il più delle volte le portate di esercizio si attestano intorno a 10 l/s.

In corrispondenza del sito di progetto la piezometrica della falda freatica si rinviene poco al di sopra del livello del mare. In questo settore è evidente il drenaggio esercitato dal Riu Mannu sulla falda.



Stralcio della Carta della Permeabilità (Portale Regione Sardegna)

Pericolosità geologica

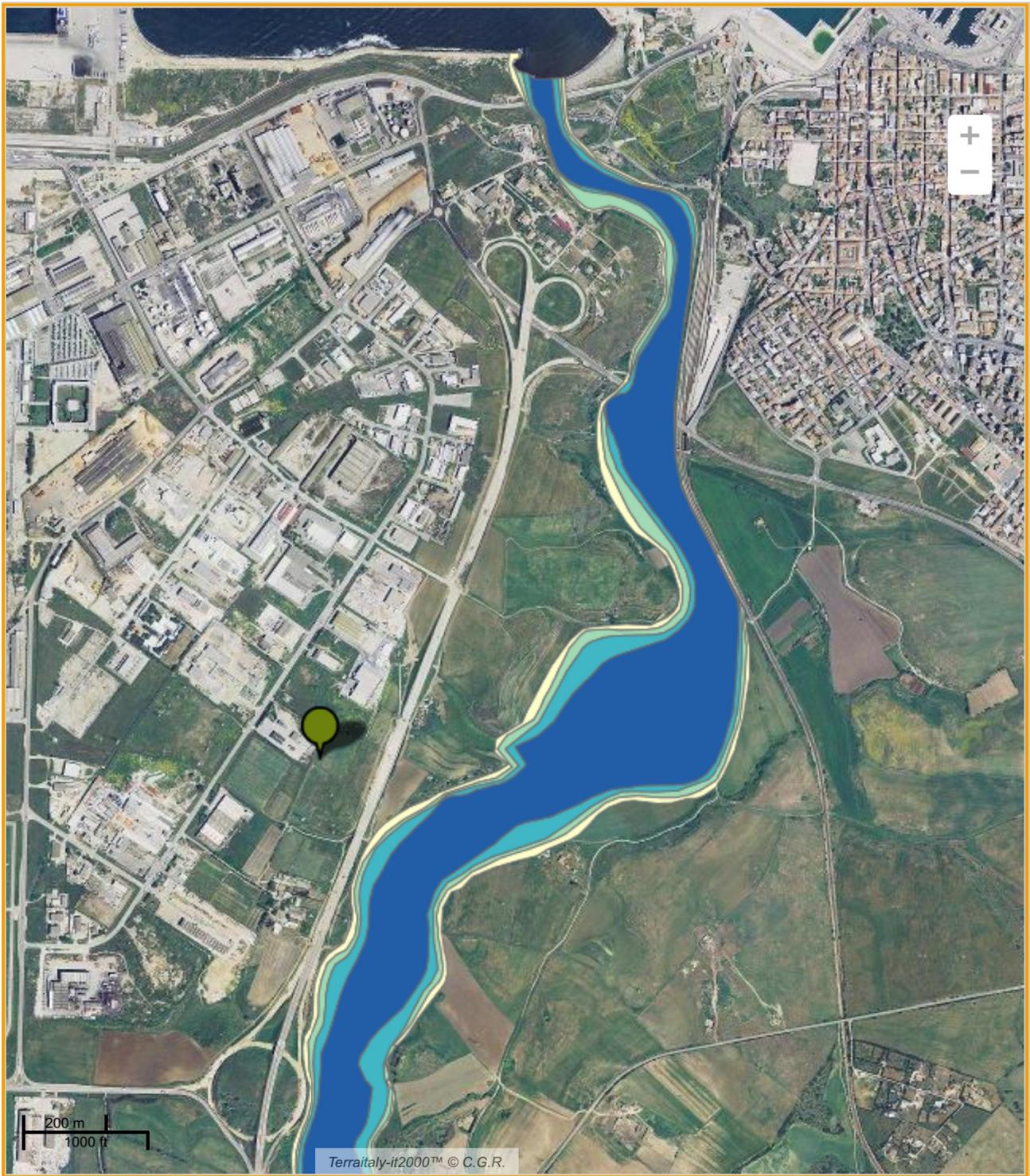
Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006, rappresenta un importantissimo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale.

Nel corso degli anni il PAI è stato oggetto di modifiche e integrazioni, tra cui quelle risalenti al 2015. La Regione Sardegna, con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 del 03/10/2019 e successiva del 28/10/2019, ha approvato l'aggiornamento delle Norme di attuazione del PAI, il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico.

Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano. Queste ultime si applicano anche alle aree a pericolosità idrogeologica le cui perimetrazioni derivano da studi di compatibilità geologica-geotecnica e idraulica, predisposti ai sensi dell'art.8 comma 2 delle suddette Norme di Attuazione, e rappresentate su strati informativi specifici.

Per la individuazione della pericolosità del sito è stato consultato anche Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183. Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Dalla consultazione dei suddetti piani emerge che l'area di progetto è esterna alle perimetrazioni di pericolosità idraulica mentre per quanto attiene al pericolo geomorfologico ricade in un'area tipizzata Hg1 (ARTICOLO 34 - Disciplina delle aree di pericolosità moderata – delle NTA)



PAI – pericolosità idraulica (fonte portale cartografico Regione Sardegna)



PAI – pericolosità geomorfologica (fonte portale cartografico Regione Sardegna)



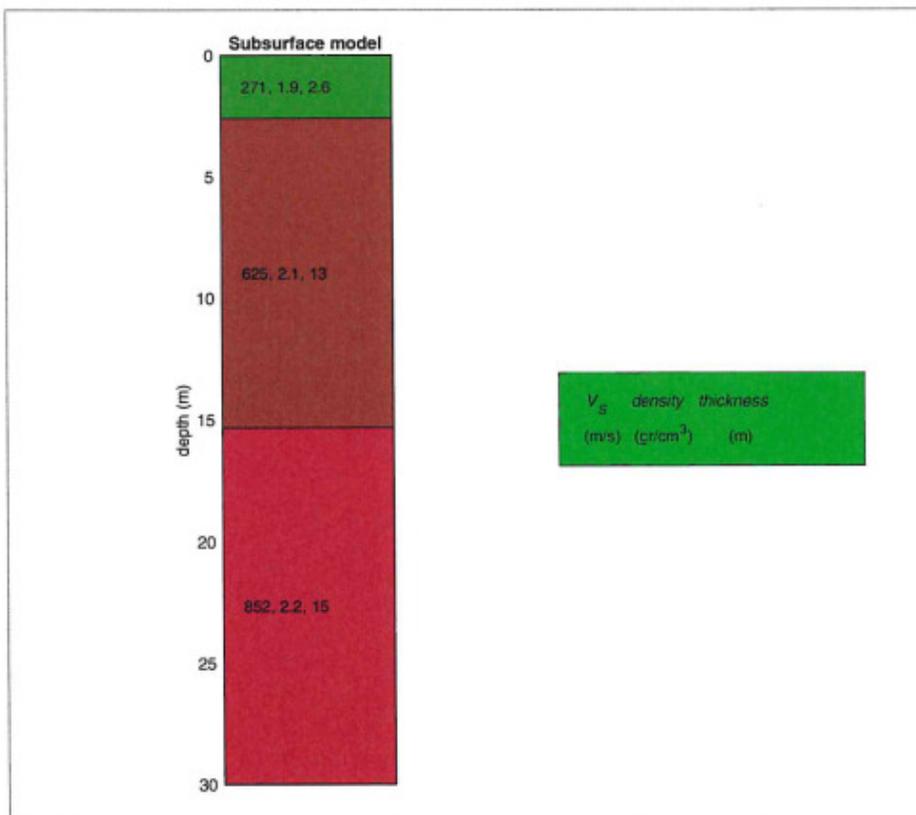
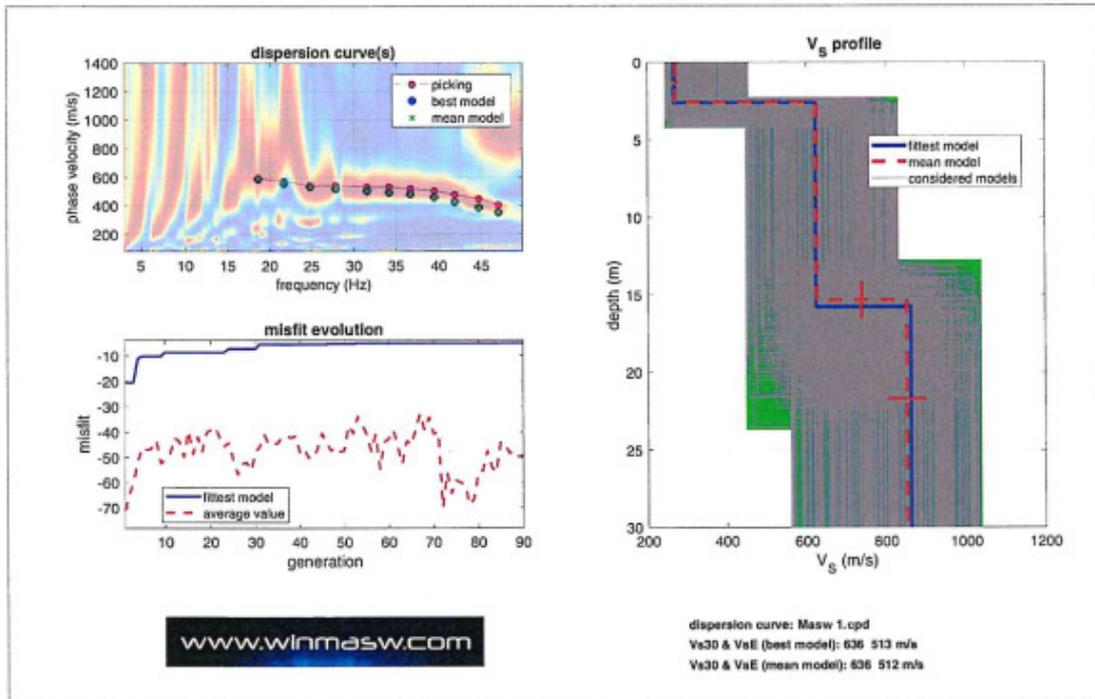
Piano Stralcio delle Fasce Fluviali



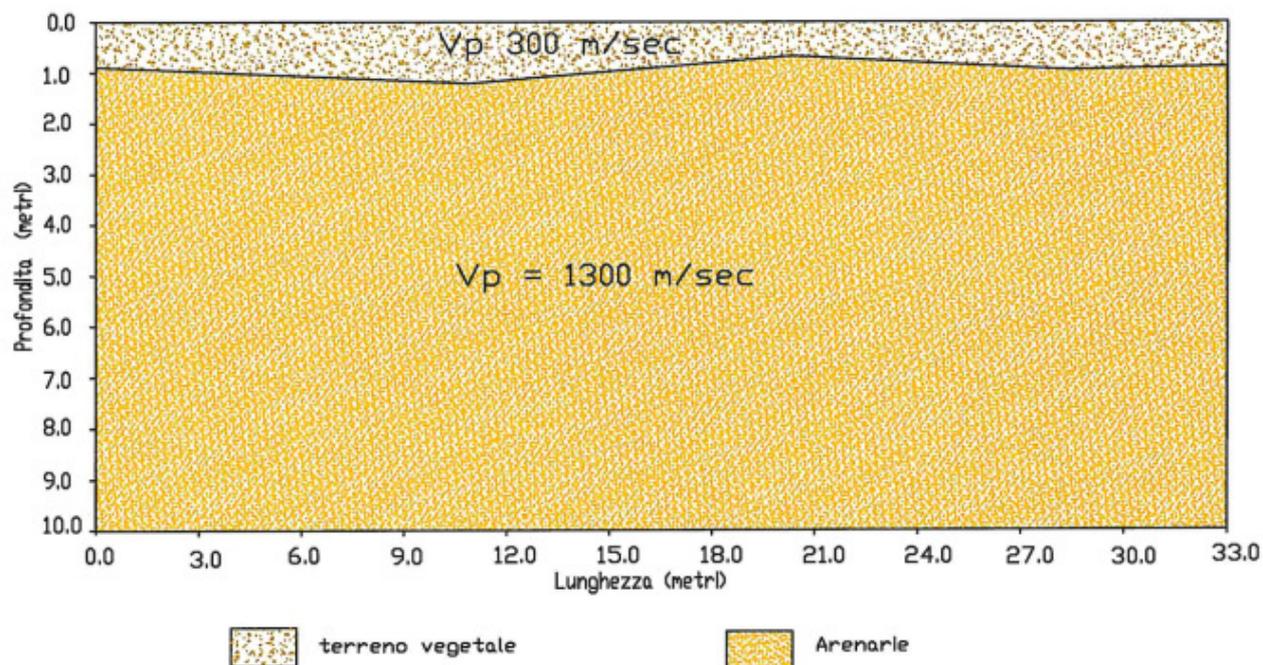
Stralcio PGRA 2017

Indagine strumentale, caratteri geologico-tecnici e categoria di suolo

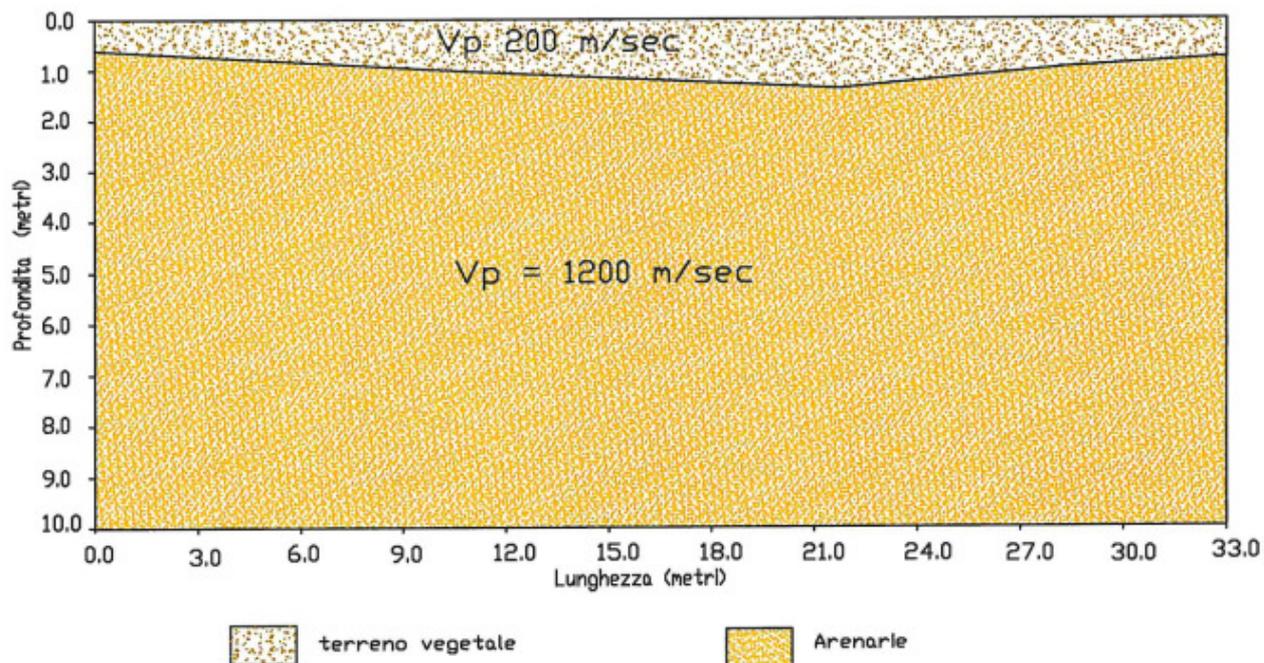
I caratteri litotecnici dei terreni presenti nel sito di progetto sono stati definiti sulla base di un sondaggio MASW e di 2 profili sismici a rifrazione in onde P eseguiti in un sito prossimo a quello di intervento ed avente lo stesso assetto geomorfologico e litostratigrafico. I sondaggi sono stati eseguiti a corredo dello studio geologico per il progetto di impianto fotovoltaico Sassari 01. Si riportano di seguito i risultati della interpretazione delle suddette prove geofisiche.



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE
LOCALITA': PORTO TORRES (SS) - Profilo 1



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE
LOCALITA': PORTO TORRES (SS) - Profilo 2



Sulla base dei valori della V_p sono stati calcolati i valori dei principali parametri litotecnici

Strato	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	v	E (Kg/cmq)	γ (gr/cm ³)	c (Kg/cmq)	φ (°)
1	200	-		-	-	-	-
2	1200	290	0.45	43.000	1.86	0.06	31

V_p = vel. longit.; V_s = vel trasv.; v = modulo di Poisson; E = modulo di elasticità;

γ = peso per unità di volume; c = coesione; φ = angolo di attrito

Il DM 17 gennaio 2018 prescrive che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M., si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al paragrafo 6.2.2 del D.M..

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{S,eq} (in m/s), definita dall'espressione:

con:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;

V_{S,i} velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30,00 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H = 30,00$ metri nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al paragrafo 3.2.3 delle norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. L'indagine geofisica di riferimento, MASW 1, ha messo in evidenza che nei limiti del settore in cui ricade il sito il bedrock si trova entro 30 m dal p.c. pertanto si calcola V_s eq che nel caso specifico è pari a 512 m/s pertanto il sito di progetto ricade in Categoria B.

Lecce, Marzo 2021

Il Tecnico

Dott. Geol. Gianluca Selleri

