

NARBONIS Wind Srl

Parco Eolico “Narbonis” sito nel Comune di San Gavino Monreale

Relazione geologico-geotecnica

[Giugno 2022]

Regione Autonoma
della Sardegna



Comune di
San Gavino Monreale



Committente:

NARBONIS Wind Srl

NARBONIS Wind Srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16181131000

Titolo del Progetto:

Parco Eolico "Narbonis" sito nel Comune di San Gavino Monreale

Documento:

Relazione Geologica e Geotecnica

N° Documento:

IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0

Responsabile dello SIA:



I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. Unipersonale

Sede Legale: Via Giua s.n.c. - Z.I. CACIP - 09122

Cagliari (I)

C.C.I.A.A. Cagliari n. 221254 - P.I.

02748010929

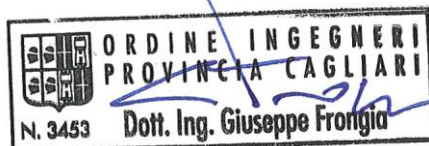
Tel. /Fax +39.070.658297

Email: info@iatprogetti.it

PEC iat@pec.it

Web: www.iatprogetti.it

Ing. Giuseppe Frongia



Dott.ssa Geol. Maria Francesca Lobina


Dott. Geol. Mauro Pompei



Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	30/06/2022	Emissione	Maria Francesca Lobina Mauro Pompei	GF	GF

Sommario

1	Aspetti introduttivi.....	4
1.1	Premessa	4
1.2	Normativa di riferimento e relative prescrizioni	4
1.3	Inquadramento topografico e territoriale.....	5
1.4	Descrizione sommaria dell'intervento in progetto	7
1.5	Quadro di indagini geologiche di riferimento ai fini della ricostruzione del modello geologico e geotecnico	7
2	Modello geologico.....	9
2.1	Contesto geologico dell'area vasta.....	9
2.2	Assetto strutturale e tettonico	9
2.1	Assetto litostratigrafico dell'area vasta	9
2.2	Stratigrafia dei terreni di fondazione	12
2.3	Assetto idrogeologico	14
2.4	Assetto morfologico ed idrografico	14
2.5	Uso del suolo	18
3	Caratterizzazione sismica.....	19
3.1	Sismicità locale	19
3.2	Sismicità storica del sito	19
3.3	Classificazione sismica	20
3.4	Pericolosità sismica.....	21
3.5	Categoria di sottosuolo	22
4	Pericolosità geologica.....	23
4.1	Subsidenza	23
4.1	Pericolosità da frana	23
4.2	Pericolosità idrogeologica	23
4.3	Pericolosità sismica.....	23
4.4	Pericolosità idraulica	23
5	Caratterizzazione geotecnica preliminare.....	25
6	Conclusioni	28

NARBONIS Wind Srl  CONSULENZA E PROGETTI	N° Doc. IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0	Rev 0	Pagina 4 di 28
---	--	-------	-------------------

1 Aspetti introduttivi

1.1 Premessa

La Narbonis Wind Srl ⁽¹⁾, di proprietà di Wind Power Development A/S, controllata da Vestas Wind Systems A/S, ha in programma la costruzione di un impianto eolico in agro di San Gavino Monreale (Provincia del Sud Sardegna) costituito da n. 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48MW.

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, GEOTECNICA E SISMICA**» quale corredo obbligatorio degli elaborati progettuali ai fini del conseguimento del titolo autorizzativo.

Gli argomenti sviluppati in questa sede si basano su rilievi diretti nel settore di intervento coadiuvati da dati provenienti dalla prova penetrometrica dinamica continua di tipo DPSH eseguita per la torre anemometrica e da altri in possesso degli scriventi acquisiti in occasione di indagini geognostiche condotte nelle immediate vicinanze per varie iniziative edilizie, nonché da altre informazioni ricavate 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 argomento, al fine di individuare eventuali condizioni di pericolosità geologica s.l. (da frana o 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.

Con le analisi al momento attuate si ritiene di aver compiutamente analizzato i preliminari aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'opera in progetto, nonché di aver valutato, con il necessario dettaglio, le condizioni di pericolosità geologico-idraulica in atto e/o potenziali od altre criticità in grado di condizionare negativamente la fattibilità dell'intervento nel suo complesso. Ciò al fine di poter predisporre il programma di indagini più consono ad approfondire e meglio specificare gli aspetti stratigrafici, geotecnici e sismici dei luoghi di intervento, necessari a supportare la successiva fase di progettazione esecutiva in relazione alla natura dell'intervento.

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 *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*»;
- **Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006** «*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003** «*Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri*»;

⁽¹⁾ Sede a Via Sardegna n. 40 – 00187 Roma (RO).

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

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

NARBONIS Wind Srl  CONSULENZA E PROGETTI	N° Doc. IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0	Rev 0	Pagina 5 di 28
---	--	-------	-------------------

- **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*»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «*Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica*»;
- **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988** che prevede l’obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono;
- **Legge n. 464 del 04.08.1984** «*Norme per agevolare l'acquisizione da parte del servizio geologico della direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale*»;
- **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*»;
- **A.G.I. 1977** «*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*»;
- **D.M. LL.PP.11.03.1988** «*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*» e relativa **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988**;
- **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;
- **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)** approvato con Delibera n. 1 del 20.06.2013 del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della Regione Sardegna;
- **Norme di Attuazione del P.A.I.** (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del 21.03.2008).

1.3 Inquadramento topografico e territoriale

L’areale che ospiterà parco eolico ricade nel Campidano centro-occidentale (Sardegna meridionale), nell’ambito di un vasto settore pianeggiante, circa 2,3 km dell’abitato di San Gavino Monreale (Provincia del Sud Sardegna), e più specificatamente nel settore N-NW del territorio comunale, in una vasta area prevalentemente pianeggiante. Tale area, posta al centro del Campidano, è delimitata a est dalla linea ferroviaria, a nord-ovest dal *Riu Trottu* e a sud dal canale artificiale ripartitore.

Le torri eoliche saranno distribuite lungo un asse circa SW-NE che si estende in linea d’aria per poco più di 3 km, abbracciando i toponimi di *Sa Piedadi, Sa Guardiedda, Canargiu, Narbonis, Masongius, Cuccuru Ruina Manna, Zirva Lada e Sa Guardiedda*.

Tabella 1– Inquadramento delle postazioni eoliche nella toponomastica locale e corrispettive coordinate espresse nel sistema Gauss Boaga – Roma 40

ID Aerogeneratore	Località	Coordinate	
		EST	NORD
AG01	<i>Sa Piedadi</i>	1 478 083	4 378 262
AG02	<i>Sa Guardiedda</i>	1 477 690	4 379 070
AG03	<i>Canargiu</i>	1 477 980	4 379 461
AG04	<i>Narbonis</i>	1 477 774	4 380 129
AG05	<i>Masongius</i>	1 478 272	4 381 174
AG06	<i>Cuccuru Ruina Manna</i>	1 479 784	4 380 031
AG07	<i>Zirva Lada</i>	1 478 854	4 379 380
AG08	<i>Sa Guardiedda</i>	1 479 051	4 378 763

Per quanto riguarda l’opera di connessione, il parco sarà allacciato tramite un cavidotto interrato AT da 150 kV, della lunghezza di circa 10 km che, partendo dalla sottostazione di trasformazione 30/150 kV interna al parco eolico in località “Sa Piedadi”, sempre in agro di San Gavino Monreale, attraversa il territorio Comunale di Guspini e arriva fino alla nuova stazione “Condivisa” sita nello stesso Comune di Guspini in località “Spina Zurpa”, così come previsto dalla STMG e dai successivi accordi e protocolli messi in atto dalla Società con Terna.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

TORRI

- Foglio 547 “VILLACIDRO” dell’I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 547-IV “S.G. MONREALE” dell’I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 547-020 “S.G. MONREALE” della C.T.R. [scala 1:10.000]

STAZIONE MT/AT

- Foglio 547 “VILLACIDRO” dell’I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 547-I “SANLURI” dell’I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 547040 “FURTEI” della C.T.R. [scala 1:10.000]

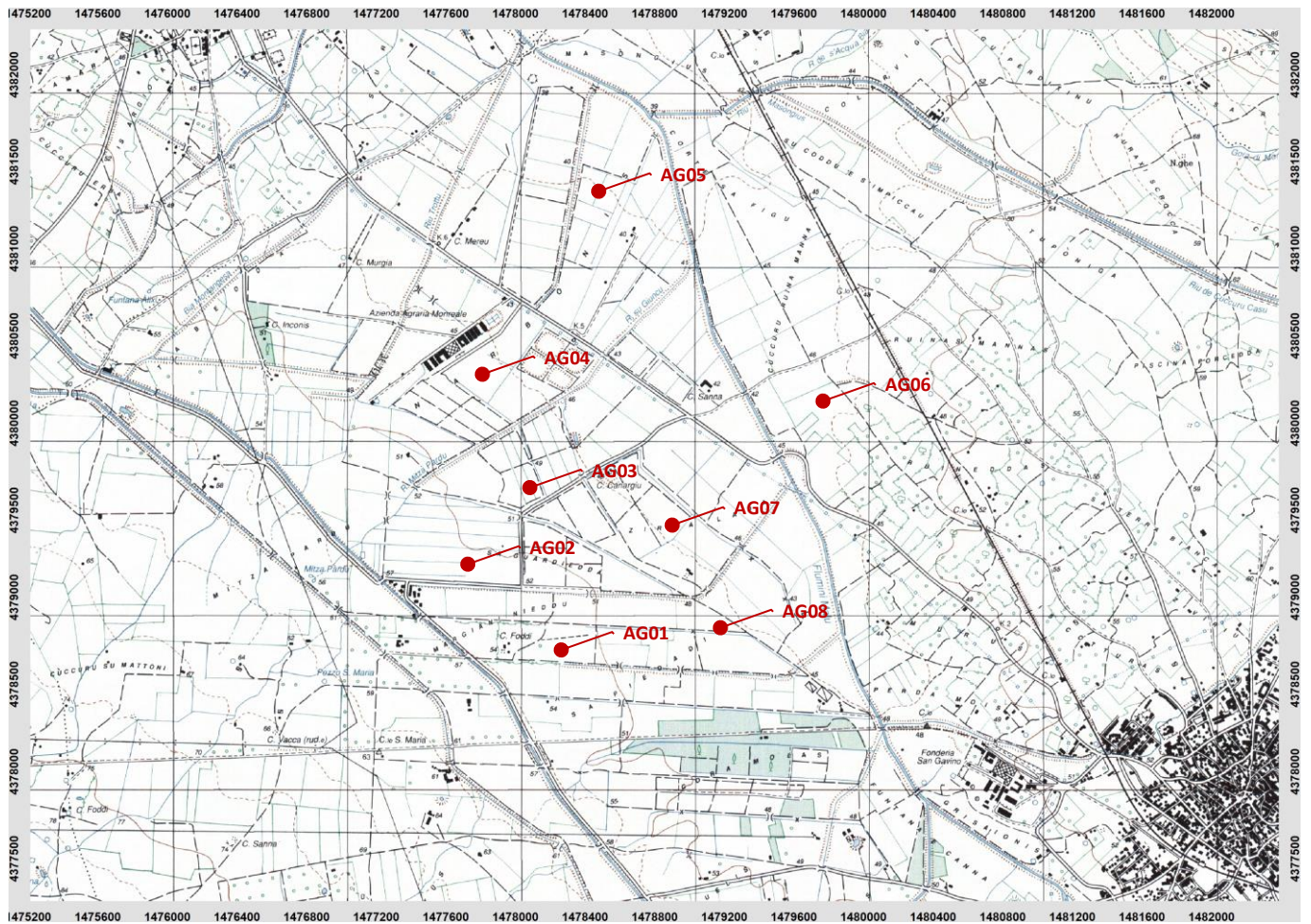


Figura 1 - Ubicazione degli aerogeneratori su stralcio aerofotogrammetrico I.G.M.I. 25.000, fuori scala

1.4 Descrizione sommaria dell'intervento in progetto

L'impianto in progetto erogherà una potenza di 48 MW, in accordo con la soluzione di connessione indicata da Terna, e sarà costituito da n. 8 aerogeneratori (denominati da AG1÷AG8) distribuiti in un'areale di circa 300 ha. L'impianto sarà servito da una viabilità interna di collegamento tra gli aerogeneratori, prevalentemente impostata sulla viabilità esistente.

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

La stesura del presente elaborato si è avvalso di una base informativa derivante da studi e campagne investigative svolte dagli scriventi per varie iniziative edilizie nelle vicinanze, espliciti in sondaggi a carotaggio continuo, pozzetti stratigrafici, prove geotecniche in situ e di laboratorio. Un valido supporto all'analisi è provenuto dalla prova penetrometrica DPSH eseguita per la torre anemometrica in prossimità del km 8+800 della S.P. 14 bis di collegamento Villacidro/San Gavino Monreale, in località "S'Enna su Molenti".

I dati così estrapolabili hanno consentito una modellazione geologica confacente alla fase progettuale in essere ed una caratterizzazione indicativa geotecnica dei terreni interferenti con le opere in progetto.

L'ubicazione delle indagini pregresse è rappresentata in Figura 2.



Figura 2 - Ubicazione delle indagini pregresse rispetto agli aerogeneratori in programma su stralcio immagine Google Earth

2 Modello geologico

2.1 Contesto geologico dell'area vasta

Il sito in argomento è localizzato nel Campidano centro-occidentale, nell'ambito di una vasta area pianeggiante che si estende per circa 100 km con direzione NW-SE dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*, originatasi per sprofondamento e successiva colmata con un insieme eterogeneo di sedimenti (marini e continentali) e prodotti vulcanici, che localmente raggiungono lo spessore di qualche migliaio di metri.

In particolare, l'ambito di intervento vede una potente successione di ambiente fluvio-deltizio, proveniente dal rimaneggiamento di sedimenti prevalentemente miocenici, denominata "FORMAZIONE DI SAMASSI": trattasi di alternanze di marne biancastre o grigie, argille grigio-verdastre e sabbie quarzose con frequenti lenti ciottolose.

Queste ultime formano sacche a disposizione e forma irregolari in giacitura caotica. Sulla base del contenuto faunistico ed i rapporti giacaturali, la base della suddetta formazione è datata Pliocene inferiore, mentre la parte alta è riconducibile al Pleistocene inferiore. In continuità stratigrafica su detta formazione si rinvencono i depositi detritici del Quaternario recente (1,8 M.a. – Attuale), rappresentati da alluvioni perlopiù ciottoloso-ghiaioso-sabbiose, con irregolari intercalazioni argilloso-limose e/o limoso-sabbiose di facies palustre, lacustre o salmastra. Verso l'alto la successione viene sigillata da coltri di suolo e colluvi a composizione limo-argillosa.

Nelle aree urbane i depositi recenti sono rappresentati prevalentemente da materiali di natura antropica, come le terre di riporto messe in posto negli interventi di sistemazione planoaltimetrica delle aree edificate.

2.2 Assetto strutturale e tettonico

La piana del *Campidano*, areale particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica recente della Sardegna dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*, la cui formazione si deve ad un'intensa attività tettonica disgiuntiva verificatasi durante il Terziario – soprattutto dopo il Tortoniano (Miocene medio-superiore – che ha provocato lo sprofondamento di questo settore mediante un sistema di faglie (con un rigetto complessivo valutabile tra 500 m e 1.500 m) impostate probabilmente su linee di debolezza erciniche.

Le evidenze di queste faglie, orientate perlopiù in direzione N-S e NNW-SSE e talora dislocate da lineazioni NE-SW, sono particolarmente osservabili proprio nell'area cagliaritano e a nord di essa dove hanno dato luogo ad un complesso sistema di "horst" e "graben" minori che ne giustificano l'attuale configurazione morfologica. Le faglie più importanti, per continuità e per l'entità del movimento crostale verticale, sono quelle che delimitano ad est e ad ovest i bordi dell'attuale piana campidanese.

Durante il Plio-quadernario si assiste ad una parziale riattivazione delle lineazioni strutturali oligo-mioceniche soprattutto nel Sulcis meridionale, dove si verifica il collasso del complesso andesitico oligocenico e la deposizione di una potente sequenza costituita da conglomerati, arenarie quarzose e siltiti più o meno marnose (*F.ne del Cixerri*).

La subsidenza del Campidano continua rispetto al resto dell'Isola favorendo l'azione dei corsi d'acqua che, per adeguarsi alle variazioni eustatiche, incidono in maniera sempre più efficace i rilievi durante le fasi regressive e depositano il loro carico detritico sopra i sedimenti terziari in concomitanza degli innalzamenti del livello marino.

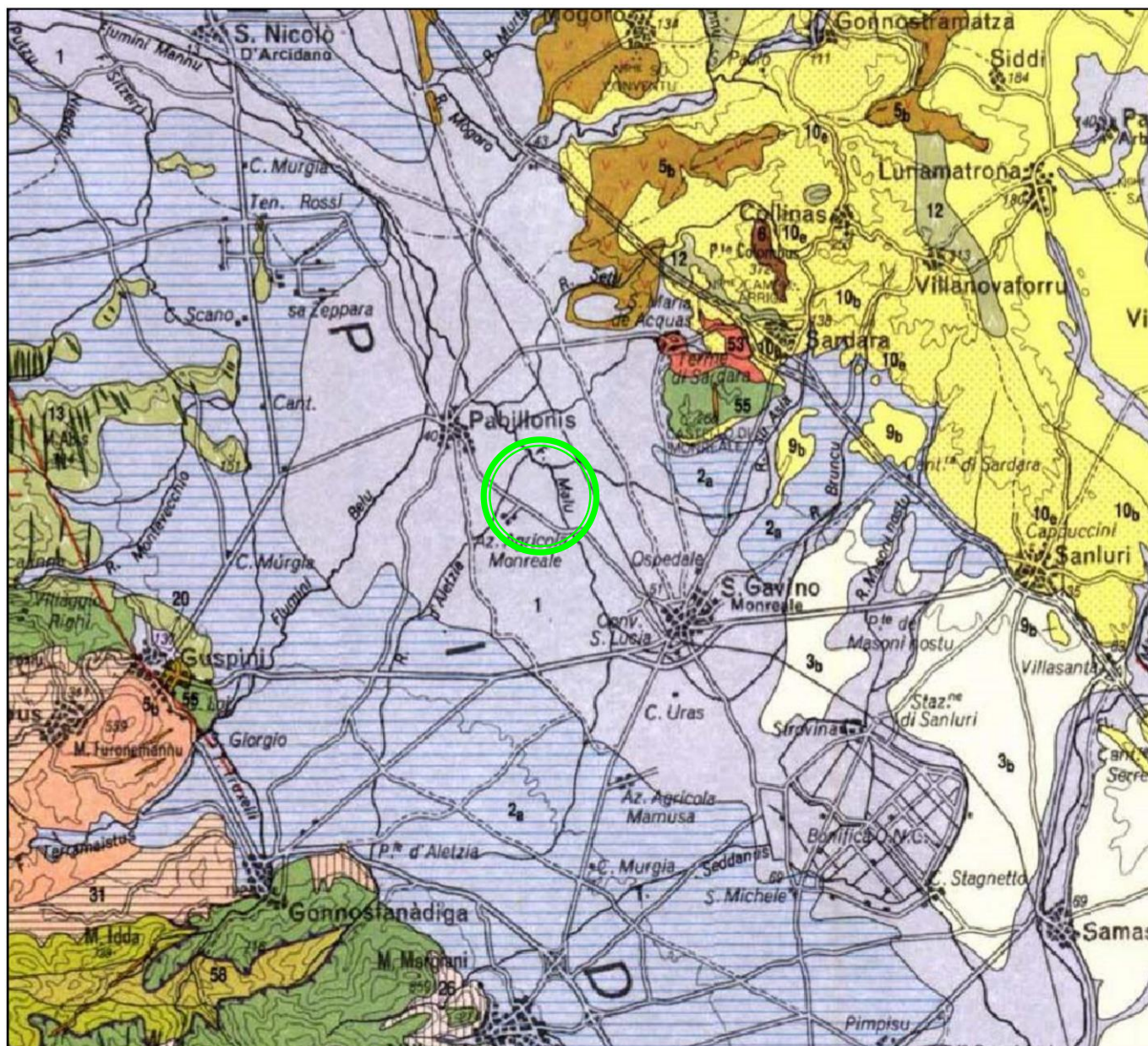
2.1 Assetto litostratigrafico dell'area vasta

L'ambito geologico ove ricade l'areale in argomento, compreso tra il Rio Trottù ed il Rio Flumini Mannu di Pabillonis / Rio Bruncu Fenogu, si caratterizza per la presenza di depositi di genesi alluvionale a prevalente granulometria fine (limi ed argille) ed in subordine grossolana quali sabbie e ghiaie, in genere sormontati da una coltre submetrica di terre eluvio-colluviali.

Nel dettaglio, dall'insieme delle informazioni estrapolate dalla cartografia geologica regionale edita dall'APAT, di cui è riportato uno stralcio in Figura 4 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, si evince il seguente schema stratigrafico locale, a partire dall'unità dalla più recente e prescindendo dal basamento roccioso antico non direttamente affiorante nel settore in studio:

ba	Alluvioni terrazzate a prevalenti ghiaie	[Olocene - Attuale]
bnc	Alluvioni terrazzate a prevalenti limi ed argille	[Olocene]

bnb Alluvioni terrazzate a prevalenti sabbie [Olocene]
bna Alluvioni terrazzate a prevalenti ghiaie [Olocene]
 di seguito descritte nelle loro caratteristiche salienti per gli obiettivi del presente lavoro.



- | | |
|--------|--|
| 1 | Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose dei depositi alluvionali, colluviali, eolici e litorali (Olocene). |
| 2a | Conglomerati, sabbie, argille più o meno compattate in terrazzi e conoidi alluvionali (Pliocene – Pleistocene). |
| 3b | <i>Formazione di Samassi</i> – Conglomerati, arenarie e argille di sistema alluvionale prevalentemente derivati dal rimaneggiamento del substrato miocenico (Pliocene medio superiore? - Pleistocene). |
| 5-6-7 | Ciclo vulcanico ad affinità alcalina transazionale e sub alcalina (Pliocene - Pleistocene). |
| 8-9-10 | Successione marina e depositi continentali del Miocene superiore (Post-Eocene medio – Oligocene). |
| 12 | Andesiti e daciti in cupole e colate laviche (Oligocene superiore – Miocene inferiore). |
| 55 | <i>Formazione di Arenarie di San Vito</i> – Alternanze irregolari, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti (Cambriano medio – Ordoviciano inferiore). |
| 58 | <i>Formazione di Scisti a Graptoliti</i> – Metapeliti scuri carboniosi con quarziti nere e graptoliti (Siluriano inferiore). |

Figura 3 – Inquadramento geologico del settore (fuori scala) estratta da “Carta Geologica della Sardegna” in scala 1:200.000, fuori scala curata dal Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna, modificata

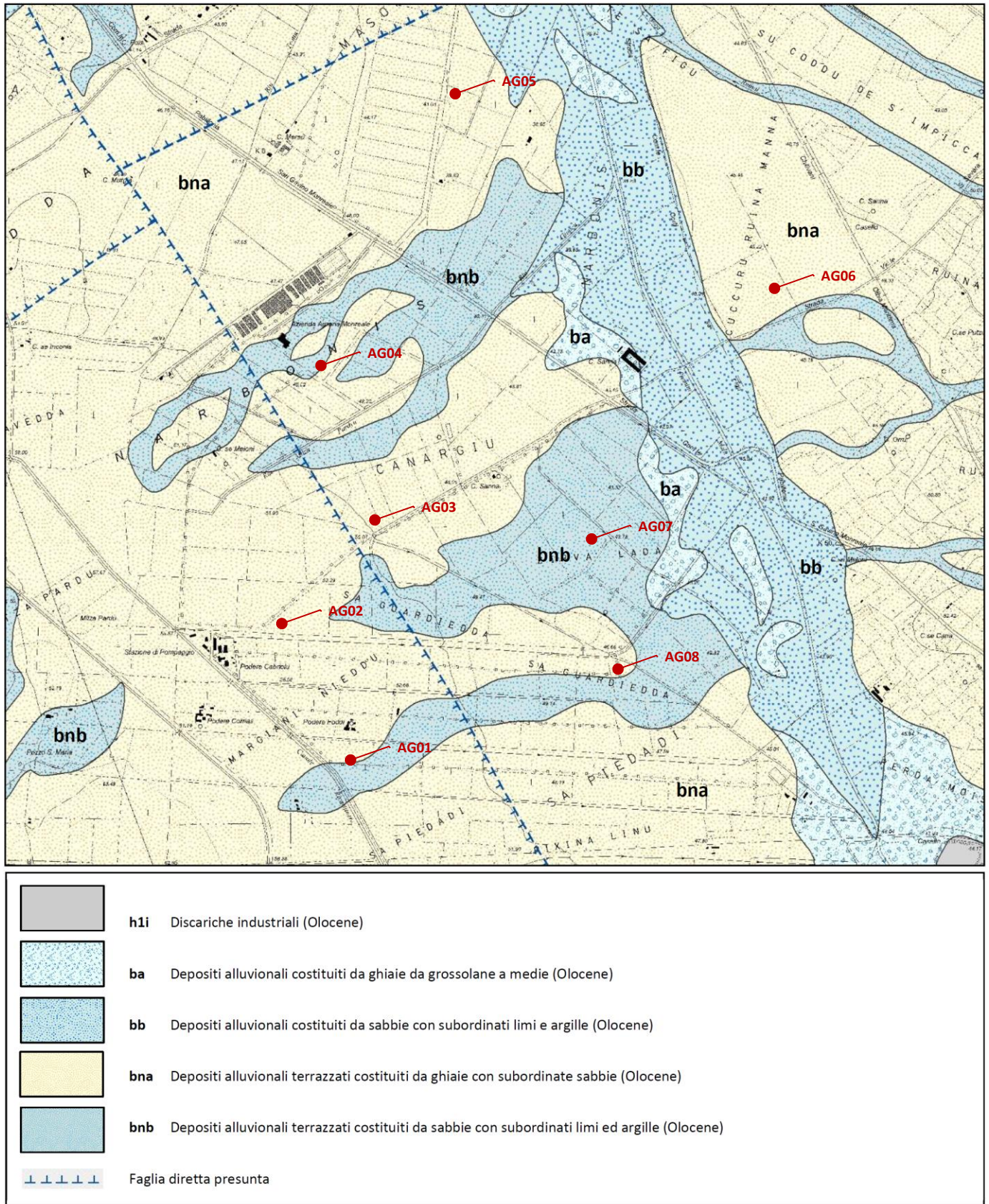


Figura 4 – Ubicazione dell’opera in argomento su stralcio della “Carta Geologica d’Italia” a cura di APAT (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d’Italia), modificata fuori scala

b - Alluvioni recenti ed attuali

Alluvioni eterometriche perlopiù ghiaiose, strettamente connesse con l'evoluzione dei corsi d'acqua attuali e recenti che hanno scavato il proprio alveo entro la coltre alluvionale più antica, modellandola secondo terrazzi di più ordini.

Rispetto a quelle antiche, queste alluvioni si diversificano per una maggiore elaborazione dei clasti, per uno scarso grado di addensamento e per l'assenza di ossidazione e per una porosità più elevata.

bn - Alluvioni terrazzate

Si tratta di sedimenti eterogranulari ascrivibili ad alluvioni da ghiaiose [**bn**a] a sabbiose [**bn**b] ben addensate, disposte in corpi deposizionali passanti ad alluvioni limoso-argillose [**bn**c] molto compatte, spesso legate da ossidi di ferro e manganese e significativa presenza di carbonati di genesi secondaria.

I clasti costituenti tali sedimenti, più o meno elaborati in funzione delle modalità di trasporto sono formati in prevalenza da rocce mioceniche vulcaniche e sedimentarie ed in subordine da rocce metamorfiche. Il colore è prevalentemente rossastro-arancio più o meno marcato, legato ai fenomeni di ossidazione della frazione limoso-argillosa subiti in passato in condizioni paleo-ambientali subaeree caldo-umide con formazione di ossidi e idrossidi di ferro (ematite e limonite).

Questa unità si rinviene diffusamente nel settore a nord dell'abitato di San Gavino e lungo i corsi d'acqua principali come il Rio Mannu di Pabillonis ed i rispettivi tributari, tra cui il Rio Pardu che attraversa con andamento NE-SW la periferia nord-occidentale di San Gavino.

2.2 Stratigrafia dei terreni di fondazione

L'assetto litostratigrafico dei luoghi di intervento è omogeneo, in quanto contraddistinto dall'esclusiva presenza di depositi detritici di ambiente continentale originatisi per deposizione di materiali trasportati da un paleo-sistema fluviale, che rappresentano il substrato su cui poggia la locale viabilità interpodereale e sulla quale andranno posti i cavidotti e le fondazioni degli aerogeneratori.

Sulla base della prova penetrometriche DPSH eseguita per l'anemometro e di altri dati estrapolati da varie indagini svolte nelle immediate vicinanze per altre iniziative edilizie, il modello litostratigrafico locale può essere ricondotto ad una potente sequenza argillosa di età olocenica, riconducibile a processi di deposizione in regime di stasi fluviale, irregolarmente intercalata da lenti sabbioso-limose e da ghiaie ciottolose.

Pertanto, la successione stratigrafica di riferimento adottabile univocamente per le diverse opere previste dal progetto in argomento, può essere così schematizzata a partire dall'alto:

A	Suolo	[Attuale - Olocene]
B	Ghiaie	[Olocene]
C	Argille ± limose ± sabbiose	[Olocene]
D	Sabbie	[Olocene]
B	Ghiaie	[Olocene]

A – Suolo

Argille limose di colore bruno marrone interessate da processi di pedogenesi e con presenza di sostanza organica vegetale ± degradata (radici e rari clasti centimetrici).

Trattasi terre compatte originatisi in ambiente acquitrinoso riducente.



Figura 5 – Argille limose organiche grigio scuro provenienti da un sondaggio eseguito in agro di San Gavino.

B – Ghiaie

Lenti ghiaiose \pm ciottolose di spessore pluridecimetrico legate da abbondante matrice argillosa, ben elaborate in ambiente fluviale ed intercalate da frequenti straterelli argilloso-limosi.



Figura 6 – Ghiaie ciottolose in matrice limo-argillosa provenienti da un sondaggio eseguito in agro di San Gavino

B – Argille \pm limose \pm sabbiose

Argille \pm limose di colore verdastro, compatte, con abbondante contenuto in carbonato di calcio di deposizione secondaria, passanti ad argille prevalenti, talora limose e con frequenti intercalazioni di spessore da centimetrico a decimetrico di sabbie fini e sabbie fini \pm limose fino ad argille \pm limose, omogenee e compatte.

Tale sequenza di strati è indicativa di un ambiente di sedimentazione alluvionale subordinatamente colluviale, e rappresenta il settore depocentrale della pianura campidanese caratterizzata dalla prevalente sedimentazione di materiale a frazione fine e con sporadici episodi alluvionali più intensi che hanno consentito la deposizione delle granulometrie più grossolane sabbioso-ghiaiose.

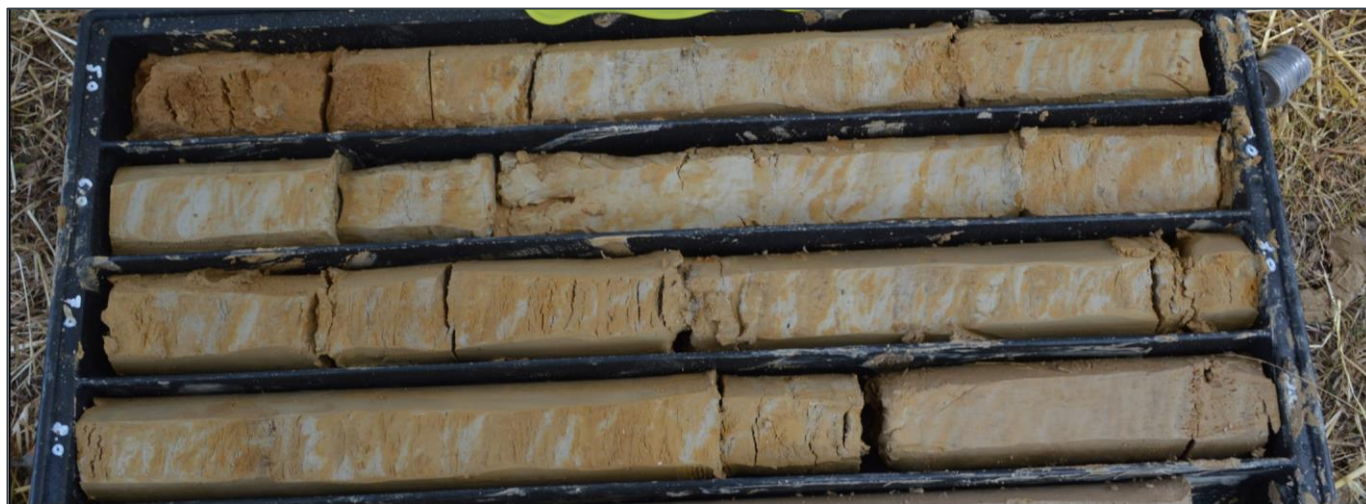


Figura 7– Argille \pm sabbiose provenienti da sondaggio eseguito in agro di San Gavino



Figura 8– Argille limose carbonatiche provenienti da sondaggio eseguito in agro di San Gavino

C – Sabbie

Sabbie limo-argillose passanti con gradualità ad argille limo-sabbiose talora ricche in ghiaietto policromo disperso in modo irregolare nel sedimento e con abbondante presenza di carbonati di deposizione secondaria, in genere ossidate e moderatamente addensate.

Pertanto, fatte salvi gli opportuni accertamenti in fase progettuale più avanzata, dall'insieme delle informazioni si restituisce il seguente modello stratigrafico indicativo:

A	Suolo	0,00÷1,00 m
B	Ghiaie	1,00÷2,00 m
C	Sabbie limose	2,00÷7,00 m
D	Argille limose	7,00÷10,00 m
B	Ghiaie	10,00÷12,00 m
D	Argille limose	12,00÷20,00 m
C	Sabbie limose	20,00÷22,00 m
B	Ghiaie	22,00÷23,00 m
D	Argille limose	23,00÷30,00 m

2.3 Assetto idrogeologico

Il settore in studio ricade nel dominio delle alluvioni plio-quadernarie del Campidano che rappresenta l'idrostruttura più significativa sia per estensione areale che per volumi idrici immagazzinati. Si tratta di un acquifero porosi multifalda avente direzione di filtrazione orientata verso il Golfo di Cagliari nel settore a sud di San Gavino e verso il Golfo di Oristano a nord.

Trattandosi di un complesso sedimentario che alterna diversi episodi di deposizione, la presenza dei flussi idrici è condizionata dalla distribuzione dei litotipi a diversa granulometria e dai rapporti eteropici tra termini a differente capacità di infiltrazione: infatti, se da un lato la prevalenza di terreni a permeabilità generalmente media (sabbie limose e ghiaie) consente, per la medio-buona capacità di drenaggio e l'elevato valore di infiltrazione efficace, l'immagazzinamento di flussi idrici, la presenza di strati a granulometria più sottile (argille limose, limi-argillosi), talora può determinare la formazione di falde idriche sotterranee sospese, a causa del tamponamento superiore o inferiore indotto da questi livelli a bassa o nulla permeabilità.

Sulla base delle informazioni reperite, la falda idrica dovrebbe soggiacere stabilmente a profondità variabili tra **2,50÷3,50 m dal p.c.**, con sensibili escursioni stagionali.

2.4 Assetto morfologico ed idrografico

L'areale designato per ospitare il parco eolico si inserisce nell'ambito della piana alluvionale del Campidano formata da corpi sedimentari a differente granulometria e contraddistinta da forme perlopiù pianeggianti o debolmente ondulate, con quote topografiche debolmente degradanti da nord-est (circa 70 m s.l.m. in località *S'Ibixedda – S'Ibbamanna*) a sud-ovest (circa 50 m s.l.m. presso le *Fonderie San Gavino*).

L'elemento idrografico più significativo del settore è il *Rio Flumini Mannu di Pabillonis* che scorre poco ad est del sito ed afferisce allo Stagno di San Giovanni in territorio di Arborea. Il suo reticolo idrografico è ben sviluppato ed organizzato in un compluvio principale ben definito a cui afferiscono vari emissari, in destra idraulica il *Rio Pardu*, il *Brunco Fenogu*, il *Rio Cuccuru Casu* ed *Canale S'Acqua Cotta* che drenano i rilievi collinari della Marmilla ed in sinistra il *Rio Santa Maria Maddalena*, il *Rio Trottu*, il *Flumini Bellu*, che raccolgono i contributi idrici provenienti dai rilievi del Monte Linas (Figura 15).

Quello che desta attenzione poiché attraversa l'abitato di San Gavino è il *Rio Pardu* il quale – contestualmente alla fitta rete di canali artificiali realizzati per regimare i deflussi che dai rilievi nord-orientali afferivano all'abitato – è stato oggetto di tombinamento in buona parte del tratto urbano.



Figura 9 – Panoramica del sito di imposta dell'aerogeneratore AG07



Figura 10 – Panoramica del sito di imposta dell'aerogeneratore AG06



Figura 11 e Figura 12 – Panoramiche del sito di imposta dell'aerogeneratore AG05



Figura 13 – Inquadramento morfologico dell'area in studio (da Google Earth)

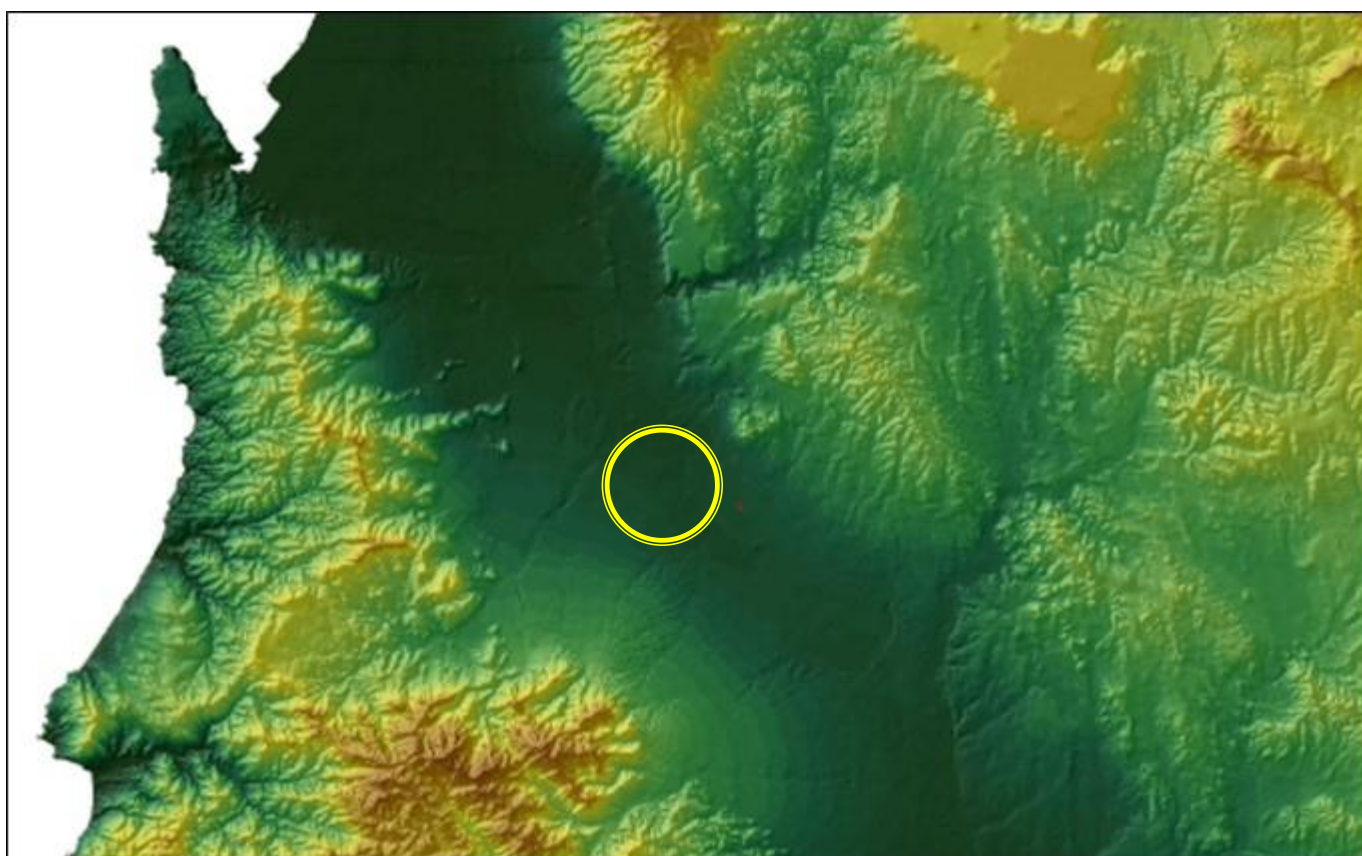


Figura 14 – Carta della orografia del settore centro-occidentale del Campidano realizzata mediante l'utilizzo del DTM con passo 10 m della R.A.S. (estratto da Sardegna mappe)

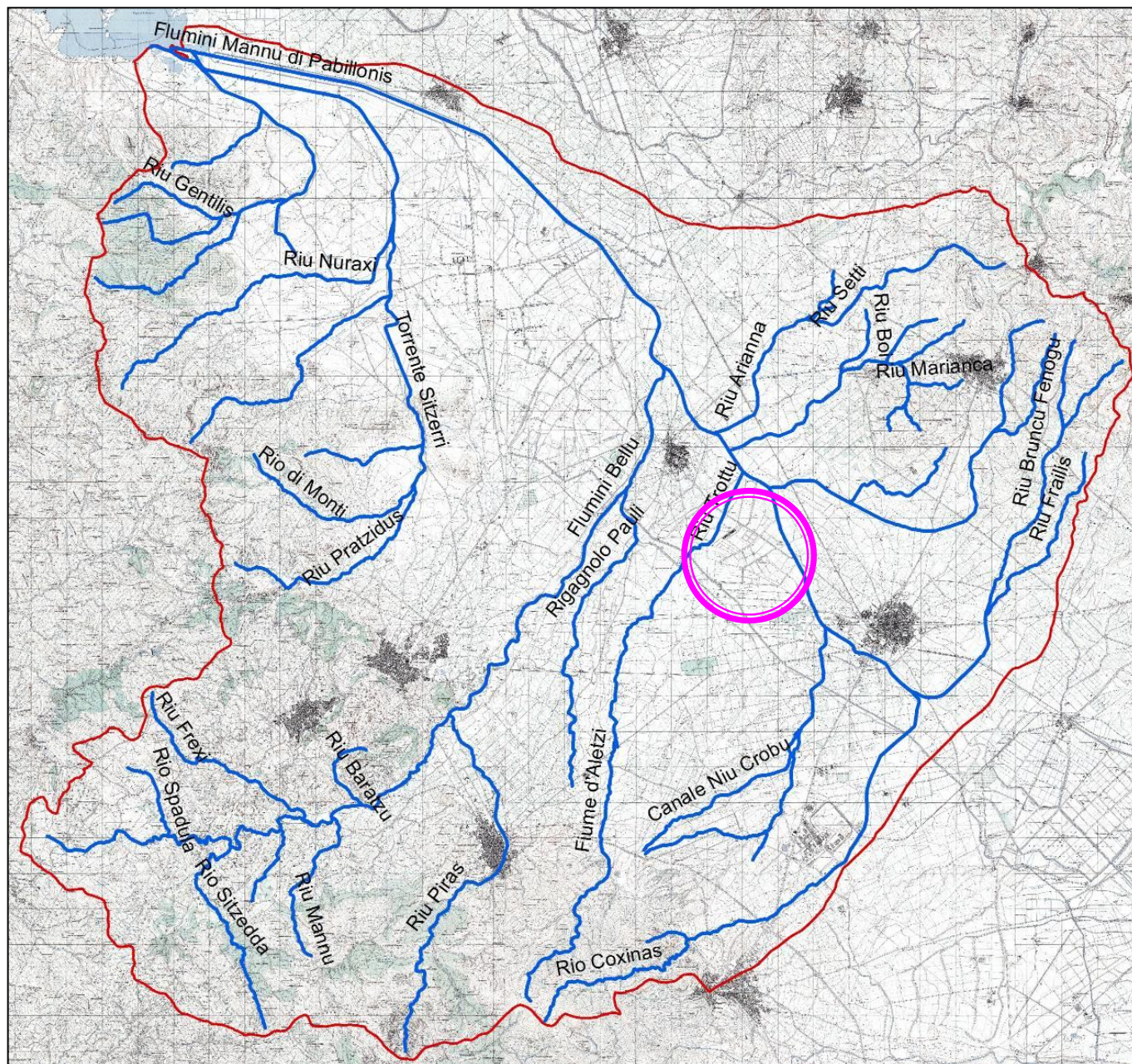



Figura 15 – Bacino e reticolo idrografico dell’area vasta rispetto all’areale in studio.

2.5 Uso del suolo

La conformazione morfologica del settore di intervento ha favorito un significativo utilizzo agricolo delle terre che ha sacrificato pressoché completamente la copertura vegetazionale originaria.

Le attività umane hanno segnato significativamente l’uso del suolo destinato a seminativi, erbai e sporadici frutteti ed uliveti.

NARBONIS Wind Srl  CONSULENZA E PROGETTI	N° Doc. IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0	Rev 0	Pagina 19 di 28
---	--	-------	--------------------

3 Caratterizzazione sismica

3.1 Sismicità locale

Le caratteristiche di sismicità del blocco sardo-corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano: il basamento della Sardegna rappresenta infatti un segmento della catena ercinica sud-europea originatasi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore.

Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'Isola, che si protrae fino a parte del Quaternario e durante il quale i principali eventi che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati quindi dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale.

3.2 Sismicità storica del sito

Nonostante sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e scorie nel settore dell'*Anglona*), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000-4.000 anni fa, testimoniati da importanti danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici. Negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze⁽⁴⁾.

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 registrati 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.

Alcuni terremoti segnalati (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 09.11.2010, nella costa NW dell'Isola. Altri ancora, 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 de 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).

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.

L'archivio non indica alcun evento con epicentro nel Comune di San Gavino.

⁽⁴⁾ (<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>).

Si segnalano altresì il terremoto magnitudo 4,77 del 26.04.2000 con epicentro nel Tirreno centrale (40.955 N – 10.097 E, profondità circa 1 km), quello magnitudo 4,52 del 15.05.1897 con epicentro nel Tirreno meridionale e quello del 17.08.1771 con magnitudo 4,43 e area epicentrale nella Sardegna meridionale.

Non si hanno testimonianze degli effetti di questi terremoti per il territorio di San Gavino, né per i comuni vicini ove sono stati avvertiti, per cui si presume siano stati irrilevanti.

Dal database DISS relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo > 5.5, si evince che il settore di intervento non è direttamente gravato da potenziali faglie sismogenetiche.

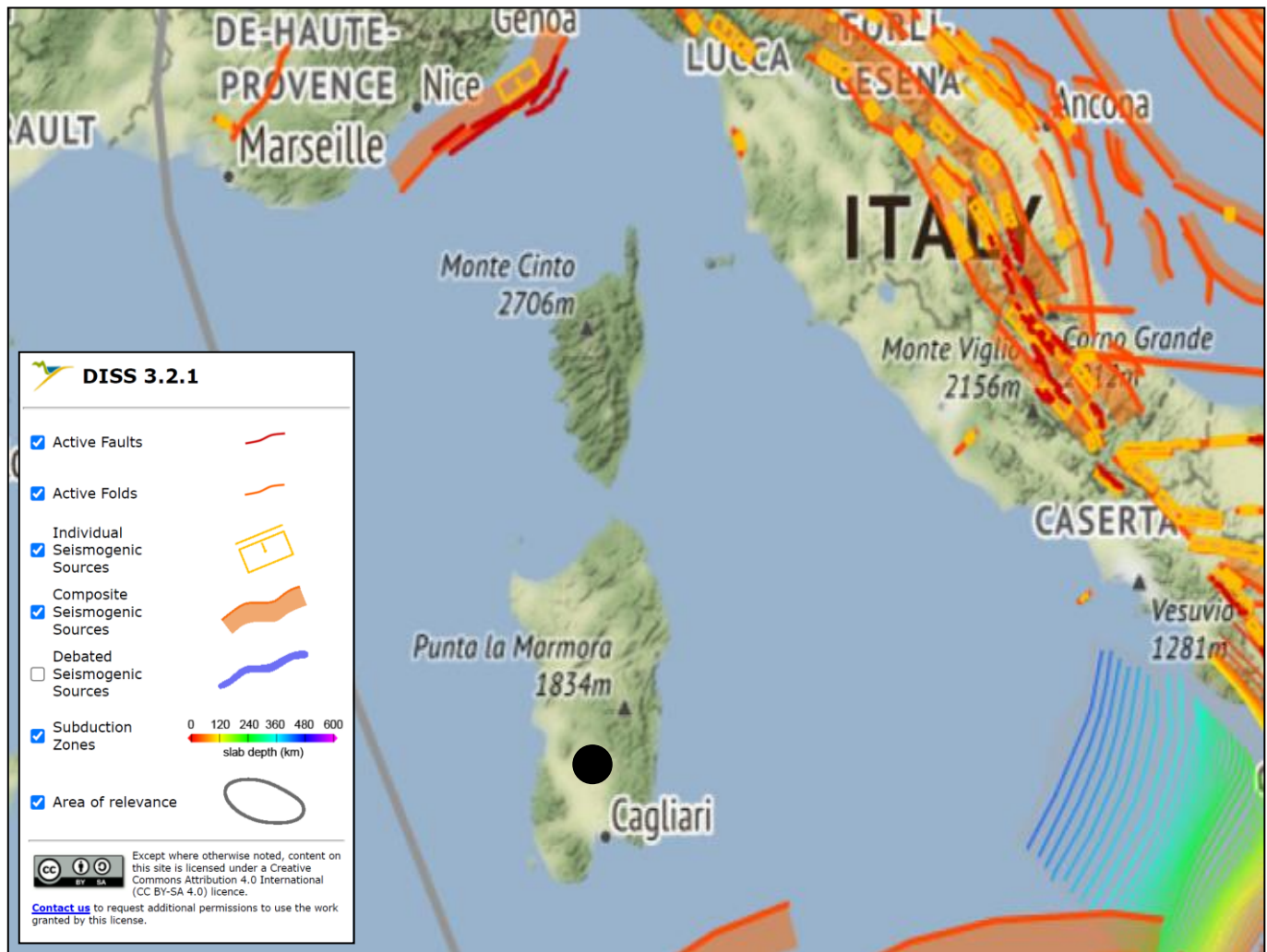



Figura 16 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5,5$ rispetto all'area di intervento (estratto da DISS Working group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources ver. 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

3.3 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 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

 iat CONSULENZA E PROGETTI	N° Doc. IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0	Rev 0	Pagina 21 di 28
---	--	-------	--------------------

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.

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

Allo stato attuale delle conoscenze e del progresso scientifico, attraverso l'applicazione WebGIS, è possibile consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica. Il sito di specifico intervento edilizio, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro a_g è assegnato un valore di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compreso tra **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione.

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.

3.4 Pericolosità sismica

L'entrata in vigore delle NTC 2008 ha reso obbligatoria, anche per le zone a bassa sismicità come la Sardegna, la stima della pericolosità sismica basata su una griglia, estesa per tutto il territorio nazionale, di 10751 punti, in cui vengono forniti per ogni nodo situato ai vertici di ogni maglia elementare, i valori di:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno,
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per nove periodi di ritorno T_r , in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

Solo per alcune aree insulari con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono quelli indicati nella Tabella 2 dell'Allegato B alle N.T.C. 2008, ancora valide per le N.T.C..

Per un periodo di ritorno $T_r = 475$ anni, detti parametri valgono:


- $a_g = 0,500$
- $F_0 = 2,88$
- $T_c^* = 0,34$

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.

Il database del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) ha consentito di escludere la presenza di "faglie capaci", ovvero di lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

NARBONIS Wind Srl  CONSULENZA E PROGETTI	N° Doc. IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0	Rev 0	Pagina 22 di 28
---	--	-------	--------------------

3.5 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione 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).

Con l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alla configurazione stratigrafica ed i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

essendo:

- h_i = spessore dello strato i -esimo,
- $V_{s,i}$ = 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/sec.


Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali. Per depositi con profondità del substrato >30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ 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, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle $V_{s,eq}$ con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche.

Queste ultime sono di seguito descritte in ordine alla velocità delle onde di taglio e la profondità di soggiacenza del substrato litoide:

- 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;
- D]** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- E]** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Non disponendo di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a condizioni geologiche similari in aree attigue, la presenza del materasso detritico alluvionale impone, cautelativamente, di adottare una categoria di sottosuolo di tipo «C».

	<p>N° Doc. IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0</p>	<p>Rev 0</p>	<p>Pagina 23 di 28</p>
---	--	--------------	----------------------------

4 Pericolosità geologica

4.1 Subsidenza

Se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l'area costiera meridionale, la subsidenza è irrilevante tra i processi morfodinamici dell'Isola: gli unici fenomeni riconducibili a subsidenza sono i "sink-holes" localizzati negli hinterland di Carbonia ed Iglesias.

Non sono noti nell'area sink-hole o altre tipologie di subsidenza naturale.

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

4.1 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 relativa 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 altresì suffragata dall'esito dei rilievi all'uopo condotti che non hanno fatto ravvisare condizioni di criticità ante e post-operam.

4.2 Pericolosità idrogeologica

L'assetto idrogeologico del settore è condizionato dalla presenza di una coltre alluvionale detritica entro cui i flussi idrici sotterranei si impostano a maggiore profondità rispetto alle quote direttamente influenzate dalle opere di fondazione.

Dalle informazioni acquisite, la presenza della falda poco oltre i 2,00 m profondità dal p.c., fa prevedere interazioni di quest'ultima con eventuali fondazioni indirette, sebbene di impatto poco significativo.

4.3 Pericolosità sismica

La bassa sismicità dell'isola fa escludere elementi di pericolosità che possano compromettere l'integrità e la fruibilità della tratta ferroviaria in argomento.

Dal *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) non si evince alcun elemento tettonico capace di interferire direttamente con i luoghi di intervento.

4.4 Pericolosità idraulica

Nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), l'areale di intervento appartiene al *Bacino Idrografico del Flumini Mannu (N. 04)*, *Sub-bacino Flumendosa-Campidano-Cixerri (N. 07)*: le cartografie ufficiali di cui al Piano di Assetto Idrogeologico ed il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali consultabili nel sito ufficiale della R.A.S. (<http://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameo/?map=pai>) non indicano alcuna criticità idraulica per i siti che ospiteranno gli aerogeneratori ad esclusione dell'elemento **AG05** gravato da pericolosità di grado Hi1 ("moderata" per il PAI o con $Tr > 500$ anni per il PSFF). Tale circostanza, peraltro, non pone limiti rispetto alla realizzazione dell'opera, avuto delle disposizioni dell'art. 30 c.1 delle NTA del PAI che recita: "*Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali [omissis].*"

Dalla medesima fonte cartografica ufficiale, risultano esterni agli scenari del Piano Gestione e Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) e dalle aree allagate dal passaggio nel novembre 2013 del cosiddetto "ciclone Cleopatra".

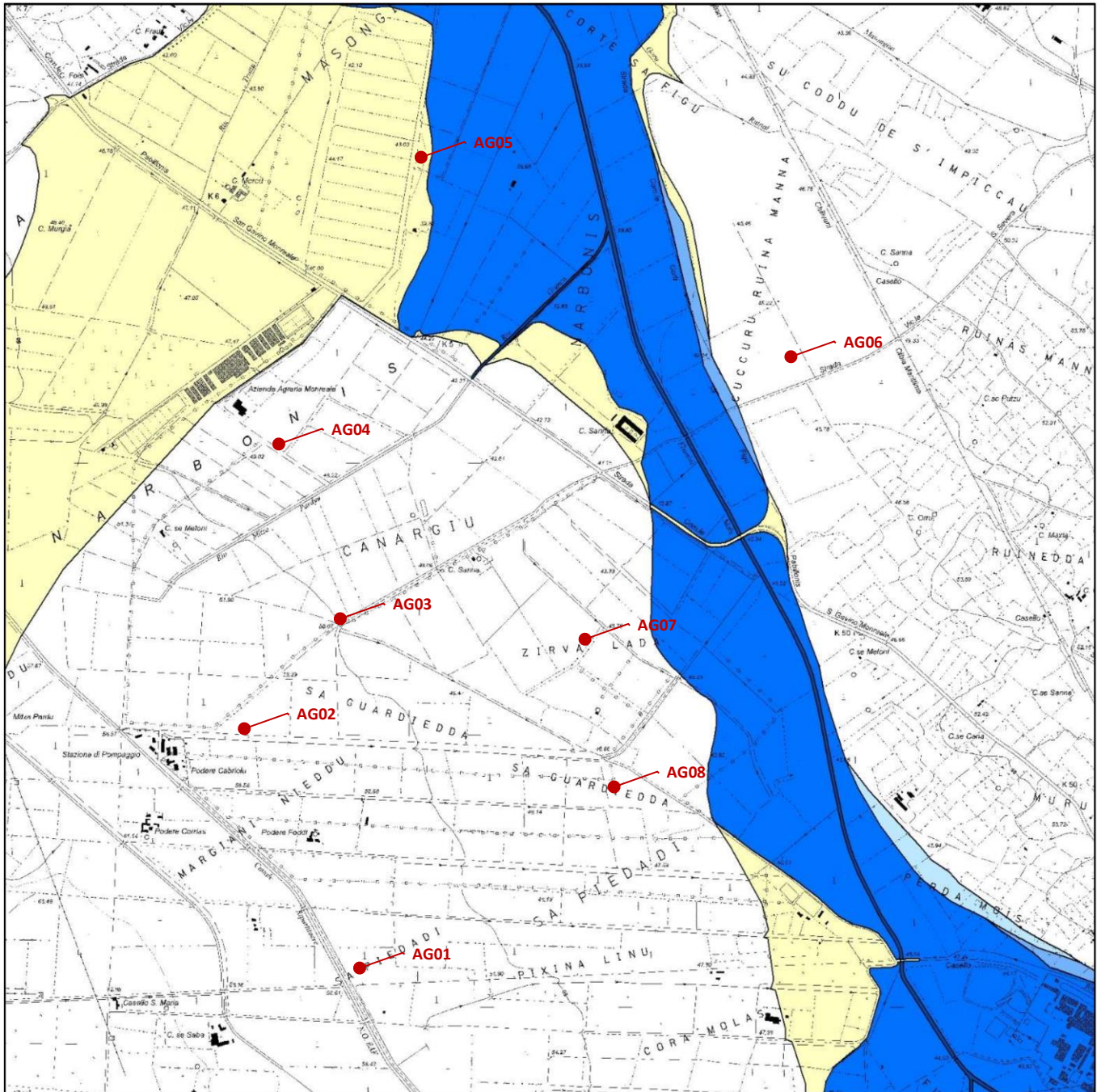


Figura 17 – Cartografia della pericolosità da alluvioni secondo il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

5 Caratterizzazione geotecnica preliminare

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, vista l'ampiezza del settore di intervento, si ritiene utile analizzare gli aspetti geotecnici degli stessi limitatamente alle zone di imposta degli aerogeneratori, che costituiscono le opere di maggior impatto sul sottosuolo.

La semplicità dell'assetto litostratigrafico dei luoghi precedentemente decritti facilita questa prima valutazione in quanto, sostanzialmente, è possibile definire una stratigrafia litotecnica con quattro distinte unità che hanno diretto riferimento con quelle definite nella modellazione geologica.

Non essendo stato possibile al momento eseguire alcuna campagna di indagine diretta, la caratterizzazione litotecnica viene effettuata, in via preliminare e del tutto indicativa, sulla base di dati provenienti da letteratura tecnica coadiuvate da informazioni estrapolate da indagini pregresse svolte in contesti geologici analoghi.

Coerentemente con quanto precedentemente illustrato, si richiama la successione stratigrafica rappresentativa dei luoghi di intervento, a partire dall'alto:

- A** Suolo
- B** Ghiaie
- C** Sabbie limose
- D** Argille limose

A – Suolo

Argille limose di colore bruno marrone interessate da processi di pedogenesi e con presenza di sostanza organica vegetale \pm degradata (radici e rari clasti centimetrici).

Per lo spessore esiguo, in contenuto organico e le scarse proprietà fisico-meccaniche non rivestono alcuna significatività ai fini applicativi che interessano.

Per tale motivo si omette la parametrizzazione geotecnica.

B – Ghiaie

Lenti ghiaiose \pm ciottolose di spessore pluridecimetrico legate da abbondante matrice argillosa, ben elaborate in ambiente fluviale ed intercalate da frequenti straterelli argilloso-limosi.

I parametri geotecnici indicativi sono:

Peso di volume naturale	γ_{nat}	=	20,00÷21,00 kN/m ³
Peso di volume saturo	γ_{nat}	=	21,00÷22,00 kN/m ³
Peso di volume immerso	γ_{sat}	=	10,00÷11,00 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	φ'	=	33÷35°
Coesione	c	=	0,05÷0,10 daN/cm ²
Modulo Elastico	E_{el}	=	350÷400 daN/cm ²
Modulo Edometrico	E_{ed}	=	325÷350 daN/cm ²

B – Argille \pm limose \pm sabbiose

Argille \pm limose di colore verdastro, compatte, con abbondante contenuto in carbonato di calcio di deposizione secondaria, passanti ad argille prevalenti, talora limose e con frequenti intercalazioni di spessore da centimetrico a decimetrico di sabbie fini e sabbie fini \pm limose fino ad argille \pm limose, omogenee e compatte.

I parametri geotecnici indicativi sono:

Peso di volume naturale	γ_{nat}	=	20,00÷20,50 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	φ	=	18÷21°
Coesione	c	=	1,00÷1,50 daN/cm ²
Modulo Elastico	E_{el}	=	110 daN/cm ²
Modulo Edometrico	E_{ed}	=	130 daN/cm ²

C – Sabbie

Sabbie limo-argillose passanti con gradualità ad argille limo-sabbiose talora ricche in ghiaietto policromo disperso in modo irregolare nel sedimento e con abbondante presenza di carbonati di deposizione secondaria, in genere ossidate e moderatamente addensate.

I parametri geotecnici indicativi sono:

Peso di volume naturale	γ_{nat}	=	17,20÷18,20 kN/m ³
Peso di volume saturo	γ_{nat}	=	19,00÷20,00 kN/m ³
Peso di volume immerso	γ_{sat}	=	7,20÷8,20 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	φ'	=	30÷31°
Coesione	c	=	0,05÷0,10 daN/cm ²
Modulo Elastico	E _{el}	=	100÷120 daN/cm ²
Modulo Edometrico	E _{ed}	=	130÷140 daN/cm ²

In questa fase il modello geotecnico che può essere assunto per i calcoli di stabilità opera/terreno e fatte salve le opportune verifiche in sede di progetto definitivo/esecutivo è quello richiamata in Tabella 2.

Tabella 2– Schema litotecnico di riferimento per i calcoli di verifica

STRATO	SPESSORE (m) DA P.C.	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA							
		γ_{nat}	γ_{sat}	γ_{imm}	φ (°)	c	c_u	E _{el}	E _{ed}
A	1,00	<i>Non significativo</i>							
B	1,00	20,00	21,00	10,00	34	0,05		350	325
C	5,00	17,20	20,00	7,20	30	0,05		100	130
D	3,00	20,00			18		1,00	110	130
B	2,00	20,00	21,00	10,00	34	0,05		350	325
D	8,00	20,00			18		1,00	110	130
C	2,00	17,20	20,00	7,20	30	0,05		100	130
B	1,00	20,00	21,00	10,00	34	0,05		350	325
D	7,00	20,00			18		1,00	110	130

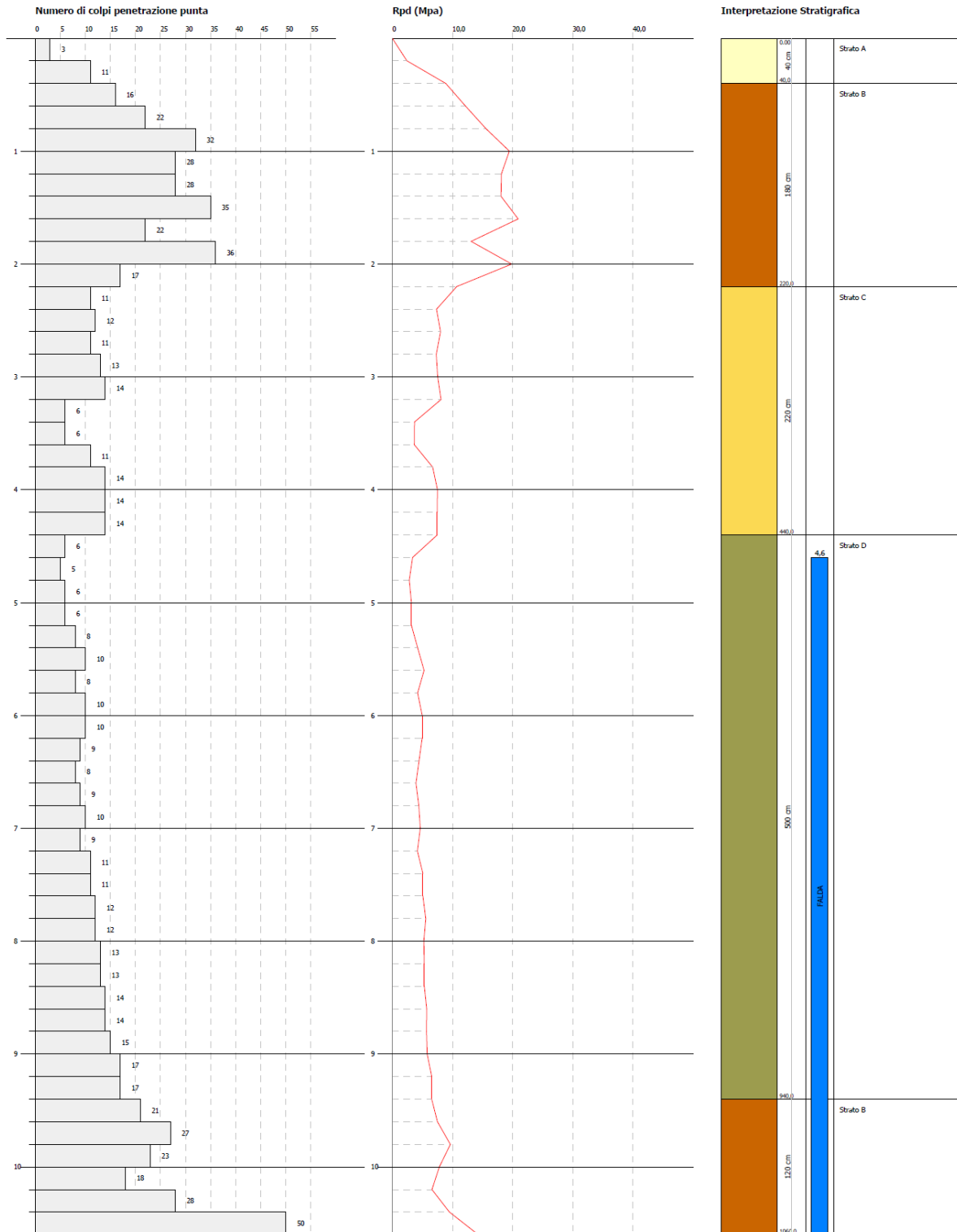



Figura 18 – Successione litostratigrafica estrapolata dalla prova penetrometrica eseguita per l’anemometro

NARBONIS Wind Srl  CONSULENZA E PROGETTI	N° Doc. IT-VesNar-CLP-ENV-GEO-TR-01-Rev.0	Rev 0	Pagina 28 di 28
---	--	-------	--------------------

6 Conclusioni

Dagli elementi esaminati, l'assetto geologico del settore ove si prevede la realizzazione dell'impianto eolico in progetto, si caratterizza per la presenza di una potente sequenza di ambiente continentale, originatisi per deposizione di materiali trasportati da un importante paleo-sistema fluviale ("ALLUVIONI"), costituita da prevalenti argille \pm limose, intercalate da orizzonti più sabbiosi e/o limosi, ghiaie in giacitura lentiforme o in piccole sacche.

La coesione insita anche nella coltre terrigena sommitale assicura la tenuta delle pareti di scavo anche per pendenze prossime alla verticalità a medio termine (settimane) purché in condizioni asciutte.

Trattandosi di un complesso sedimentario che alterna diversi episodi di deposizione, la presenza dei flussi idrici è condizionata dalla distribuzione dei litotipi a varia granulometria e dai rapporti eteropici tra termini a differente capacità di infiltrazione: infatti, se da un lato la prevalenza di terreni a permeabilità generalmente media (sabbie limose e ghiaie) consente, per la medio-buona capacità di drenaggio e l'elevato valore di infiltrazione efficace, l'immagazzinamento di flussi idrici, la presenza di strati a granulometria più sottile (argille limose, limi-argillosi), talora può determinare la formazione di falde idriche sotterranee sospese, a causa del tamponamento superiore o inferiore indotto da questi livelli a bassa o nulla permeabilità.

Sulla base delle informazioni reperite, la falda idrica dovrebbe soggiacere stabilmente a profondità variabili tra **2,50÷3,50 m dal p.c.**, con sensibili escursioni stagionali.

La configurazione pianeggiante dell'area di intervento, associata all'assenza di fattori potenzialmente predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia, favorisce diffuse condizioni di stabilità morfologica.

Sebbene, se si eccettua la postazione **AG05** gravata da pericolosità di grado Hi1 ("moderata" per il PAI o con Tr > 500 anni per il PPSFF), ma comunque ammissibile ai sensi delle NTA del PAI, il parco non ricada nella perimetrazione della pericolosità da alluvione, l'assetto planoaltimetrico depresso e la posizione prossimale a direttrici di ruscellamento superficiale delle acque, rendono il sito potenzialmente vulnerabile ad allagamento da parte delle acque meteoriche sia zenitali che afferenti dall'intorno. In ogni caso non si ritiene che l'intervento in progetto possa determinare apprezzabili variazioni nel regime di drenaggio idrico superficiale né, tantomeno, che questa criticità possa in qualche modo compromettere la funzionalità dell'impianto in progetto.

La configurazione geologica e geotecnica del sedime, per la possibile presenza di argille con elevato grado di umidità, ovvero normal consolidate, non fa escludere il ricorso ad accorgimenti in ordine alla tipologia di fondazione degli aerogeneratori che potranno richiedere bonifiche o palificazioni profonde.

Si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell'intervento in progetto, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l'esecuzione di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche che dovranno obbligatoriamente supportare la successiva fase progettazione esecutiva.

Tale campagna dovrà chiarire gli aspetti litostratigrafici ancora indefiniti e dissipare qualsiasi incertezza sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo ed orientare la scelta della tipologia di fondazione ed il relativo dimensionamento.