

Regione
Puglia



Provincia di Bari



Comune di
Gravina



IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI 67MWp SITO NEL COMUNE DI GRAVINA (PU) E RELATIVE OPERE CONNESSE

PROGETTISTA INCARICATO:

Ing. Riccardo Clementi
Pec: riccardo.clementi@ingpec.eu



Scala

-

Titolo elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA

Formato

A4

TECNICI COINVOLTI

Dott. Geol. Alberto Velicogna



CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
SPFVPU04	VIA2	R	32

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	08/23	Prima emissione			
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA



SOCIETA' PROPONENTE:

OPR SUN 26 SRL
Via Ceresio, 7, Milano
PEC: oprsun26srl@pecimprese.it

SOCIETA' di PROGETTAZIONE:

Renvalue SRL
Via Quattro Novembre, 2 Padova
PEC: cert@pec.renvalue.it

PREMESSA	1
1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE	7
3.1. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA.....	7
3.2. GEOLOGIA DELL'AREA	9
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROMORFOLOGICO	12
4.1 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ	13
5. INDAGINE GEOGNOSTICA	16
5.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	17
5.2. PROVA DI PERMEABILITÀ IN FORO	18
5.3. INDAGINE MASW	20
5.4. INDAGINE H.V.S.R.....	22
5.5. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	24
6. MODELLO GEOTECNICO	28
6.1. RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE	28
6.2. APPROFONDIMENTI IDROLOGICI.....	30
7.CONCLUSIONI	35

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it
Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

PREMESSA

Per incarico della committenza è stata eseguita un'indagine per la caratterizzazione idrogeologica delle aree interessata da un progetto di realizzazione di un "Parco Agrivoltaico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. L'impianto verrà realizzato nel Comune Gravina in Puglia (BA).



Figura 1 - Immagine satellitare con ubicazione delle opere suddivise in due lotti

Per la caratterizzazione del sottosuolo sono state eseguite le seguenti indagini:

- n°5 prove penetrometriche dinamiche (SPT), denominate da DPSH1 a DPSH5, di cui n°4 spinte fino alla profondità di -10,0 m dal p.c. e n°1 spinte fino alla profondità di -14,0 m dal p.c.. Al termine delle prove è stata misurata l'eventuale presenza di falda con l'ausilio di un freatometro. Nessuna delle prove ha evidenziato la presenza di acqua all'interno del foro di prova.
- n°3 indagini geofisiche di sismica attiva multicanale (MASW)
- n°3 indagini geofisiche di sismica a rifrazione.
- n°1 indagine geofisica (HVSr)
- n°1 prova di permeabilità in foro

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Le modalità di esecuzione delle indagini sono descritte in seguito, mentre la loro ubicazione è riportata nella planimetria di seguito riportata.



Figura 2 - Planimetria con ubicazione delle prove eseguite.

Al fine di comprendere l'entità e la geometria dell'intervento oggetto del presente elaborato, nella figura seguente, si riporta una planimetria dettagliata.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

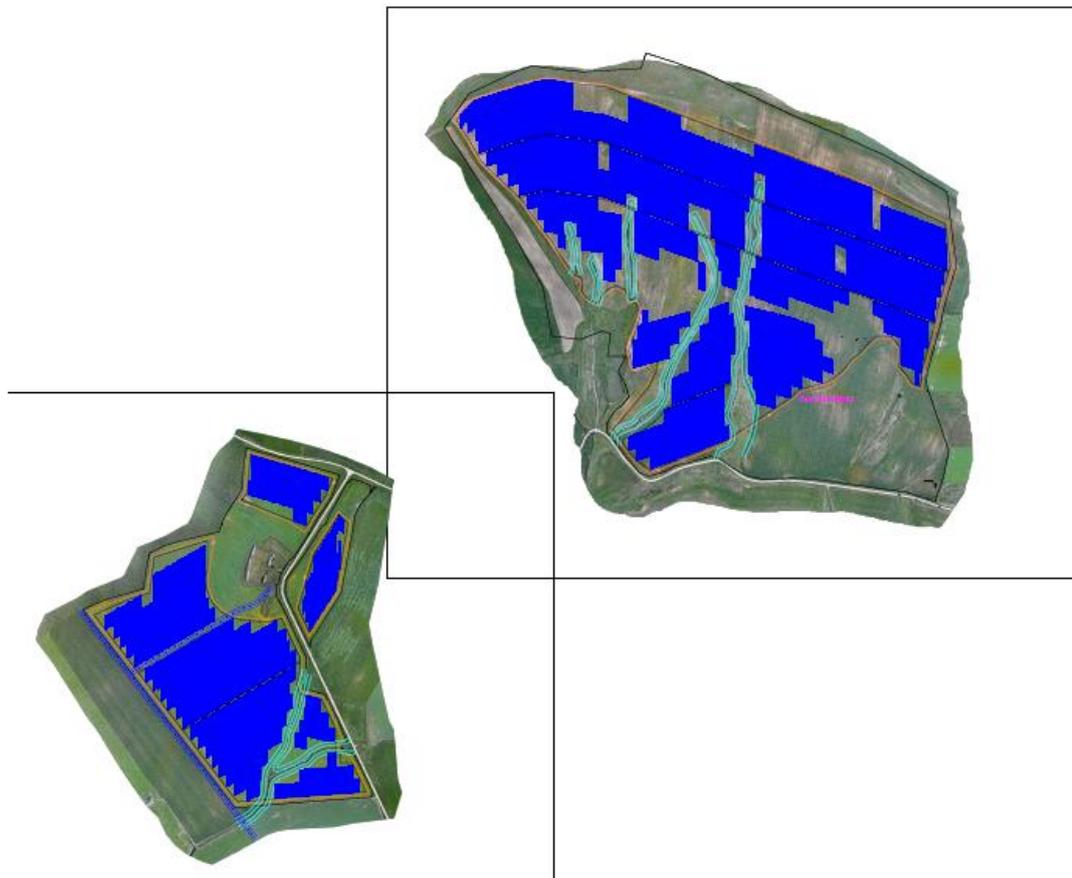


Figura 3 - Planimetria intervento in oggetto.

Nella tabella seguente si riportano le superfici interessate dall'intervento e la loro destinazione d'uso ad intervento realizzato.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

	VALORE
Superfici pannelli [mq]	304912
Viabilità interna in misto granulometrico stabilizzato [mq]	43000
Viabilità interna in terra battuta [mq]	0
Superficie edifici tecnici [mq]	500
Fascia mitigazione [mq]	16400
Superficie totale [mq]	1560000
Superficie trasformata [mq]	364800

Figura 4 - Dettaglio superfici interessate dall'intervento.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018);
- Circ. Min. 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008);
- Circ. Min. 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche";
- O.P.C.M. 3274/2003 e succ. modd.;
- O.P.C.M. 3519/2006;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" – D.M. 11/03/1988;
- Istruzioni applicative al D.M. 11.03.88 – Circ. Min. LL.PP. 24.09.88 n° 30483;
- "Raccomandazioni A.G.I. riguardanti l'esecuzione e programmazione delle indagini geotecniche" –A.G.I. 1977.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del comune di Gravina in Puglia è collocato a Sud-Ovest della Provincia di Bari.

Gravina ubicata sul banco calcareo della fossa bradanica, al vertice nord del corrugamento carsico che, ne caratterizza la geomorfologia pedemurgiana e appulo-lucana. A sud confina con la Basilicata, ed ha un'estensione territoriale di 384,74 km², che ne fanno il 21° comune italiano per estensione territoriale.

Dal punto di vista orografico, è situata tra il pre-Appennino lucano e la Murgia nelle zone terminali, con altitudine media di 360 m. Parte della città si estende sulle sponde di un crepaccio profondo, molto simile ai canyon, scavato nella roccia calcarea da un fiumiciattolo, il torrente Gravina, affluente del Bradano, da cui prendono il nome le famose gravine della Murgia, in un territorio caratterizzato dalla presenza di numerose cavità carsiche, come il profondo Pulicchio di Gravina e la profondissima Grave di Faraualla. Nelle campagne al confine col territorio di Matera vi è un vulcano di fango di nuova formazione.



Figura 5: Foto satellitare con ubicazione dell'area d'indagine (da Google Earth)

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO GENERALE

3.1. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

L'area oggetto di studio è ubicata nel territorio dell'Alta Murgia che occupa la porzione Nord-Occidentale del vasto altopiano delle Murge, e si estende dalla valle dell'Ofanto sino all'insellatura di Gioia del Colle, e tra la Fossa Bradanica e le depressioni vallive che si adagiano verso la costa adriatica. Il paesaggio suggestivo è costituito da lievi ondulazioni e da avvallamenti doliniformi, con fenomeni carsici superficiali rappresentati dai puli e dagli inghiottitoi. La conseguenza più appariscente della fenomenologia carsica dell'area è la scomparsa pressoché totale di un'idrografia superficiale, il cui ricordo è attestato tuttavia nella toponomastica locale, ricca di idronimi che testimoniano l'antica presenza di fontane, laghi, torrenti e pantani, così come i numerosi solchi di erosione (lame) che costituiscono un reticolo abbastanza denso che non di rado arriva fino al mare. L'altopiano murgiano, le cui quote variano da un minimo di 340 metri ad un massimo di 679 metri, è suddiviso in:

- Altopiano Murgiano
- Fossa Bradanica
- La Sella Di Gioia

Altopiano Murgiano

Vasto e poco elevato, l'altopiano (con quote massime sui 350 m) degrada in modo più rapido ad ovest, verso la fossa Bradanica e più dolce ad est, fino a raccordarsi, mediante una successione di spianate, all'attuale linea di costa del mare adriatico. Geologicamente è costituito da un'ossatura calcareo-dolomitica di alcune miglia di metri, coperta in modo rado e discontinuo da sedimenti relativamente recenti di natura calcarenitica, sabbiosa o detritico-alluvionale.

Il paesaggio, coerentemente con la struttura morfologica, varia secondo un gradiente nord-est /sud-ovest, dal gradino pedemurgiano alla fossa bradanica. La prima fascia è costituita da un paesaggio essenzialmente arborato, con prevalenza di oliveti, mandorleti e vigneti che si attesta sul gradino

murgiano orientale, elemento morfologico di graduale passaggio dalla trama agraria della piana olivetata verso le macchie di boschi di quercia e steppe cespugliate dell'altopiano.

La seconda fascia è quella dell'Altopiano carsico, caratterizzato da grandi spazi aperti. La matrice ambientale prevalente è costituita da pascoli rocciosi e seminativi: il cosiddetto paesaggio della pseudosteppa, un luogo aspro e brullo, dalla morfologia leggermente ondulata.

Verso sud-ovest, l'altopiano precipita con una balconata rocciosa, il costone murgiano, verso la Fossa Bradanica e traguarda visivamente i profili degli Appennini lucani. Il costone rappresenta l'elemento visivo persistente per chi attraversa la Fossa Bradanica ed è caratterizzato da profondi valloni, steppa erbacea con roccia affiorante e un suggestivo e complesso sistema rupicolo. Ai suoi piedi si sviluppa la viabilità principale, che circumnavigano l'altopiano da Canosa a Gioia del Colle e collegano i centri di Spinazzola, Minervino e Altamura, posti a corona sui margini esterni del tavolato calcareo.

Fossa Bradanica

Territorio lievemente ondulato scavato dal Bradano e dai suoi affluenti, caratterizzato da un paesaggio fortemente omogeneo di dolci colline con suoli alluvionali profondi e argillosi.

Al loro interno sono distinguibili, piccoli lembi boscosi che si sviluppano nelle forre più inaccessibili o sulle colline con maggiori pendenze, ricordiamo il bosco Difesa Grande che si estende su una collina nel territorio di gravina.

La Sella di Gioia

La sella di Gioia del Colle è una grande depressione dell'altopiano che scende al di sotto dei 350 m. Essa rappresenta una "terra di transizione" tra il sistema altomurgiano e la murgia dei trulli che sfuma verso la valle d'Itria. Il paesaggio corrispondente è già quello tipico delle Murge di Sud-est, che presenta un aspetto collinare in cui si alternano aree boscate ad aree coltivate.

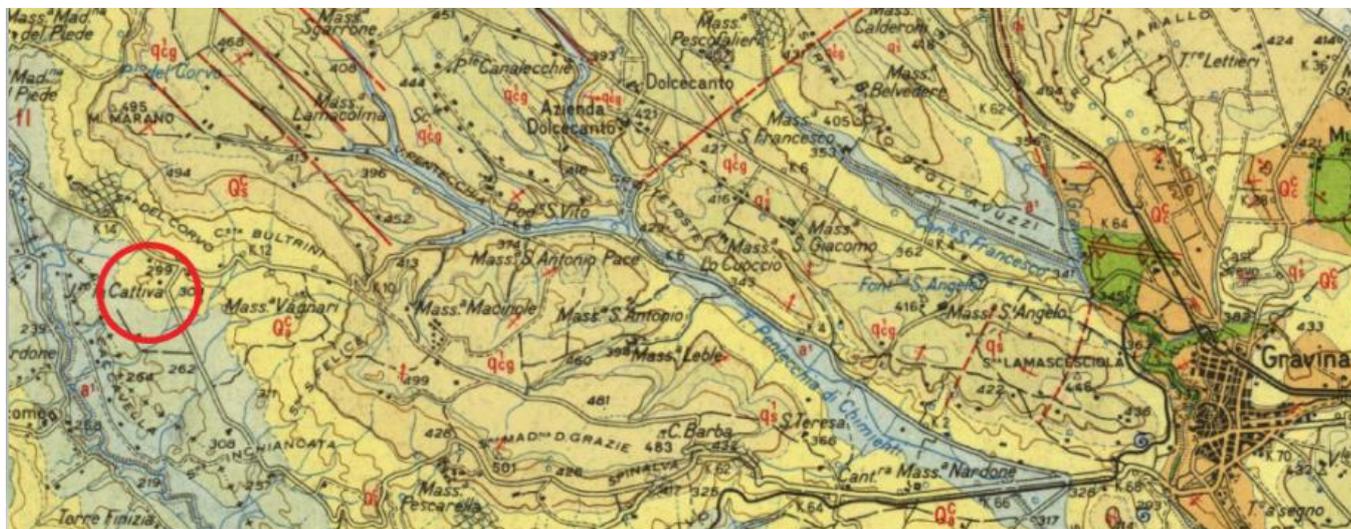
L'area oggetto di studio è collocata nella Fossa Bradanica, che comprende le spianate di sedimentazione per regressione marina presenti a ovest dell'abitato di Gravina, dove in affioramento si trovano terreni granulari appartenenti ai depositi argillosi e sabbiosi di chiusura del Ciclo Sedimentario dell'Avanfossa Bradanica (Argille subappennine) sovrapposte dalle sabbie di Monte Marano (deposito

sedimentario intermedio del ciclo di chiusura dell'Avanfossa Bradanica) e dai depositi continentali di chiusura del ciclo sedimentario, quali: Sabbie dello Staturo e Conglomerati continentali.

L'area a nord dell'impianto è una zona pianeggiante interrotta a a sud-ovest dall'ampia valle del Torrente Basentello che poco più avanti convoglia le sue acque nel Fiume Bradano, mentre la spianata per regressione marina, è interrotta da fossi che costituiscono le testate del Torrente Gravina di Matera che come il Torrente Basentello confluisce nel Fiume Bradano.

3.2. GEOLOGIA DELL'AREA

L'area oggetto di studio è cartografata all'interno del Foglio Geologico n. 188 "Gravina in Puglia" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 (Boni et al., 1970) e le relative note illustrative (Boni & Casnedi, 1970) (Fig.4).



SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

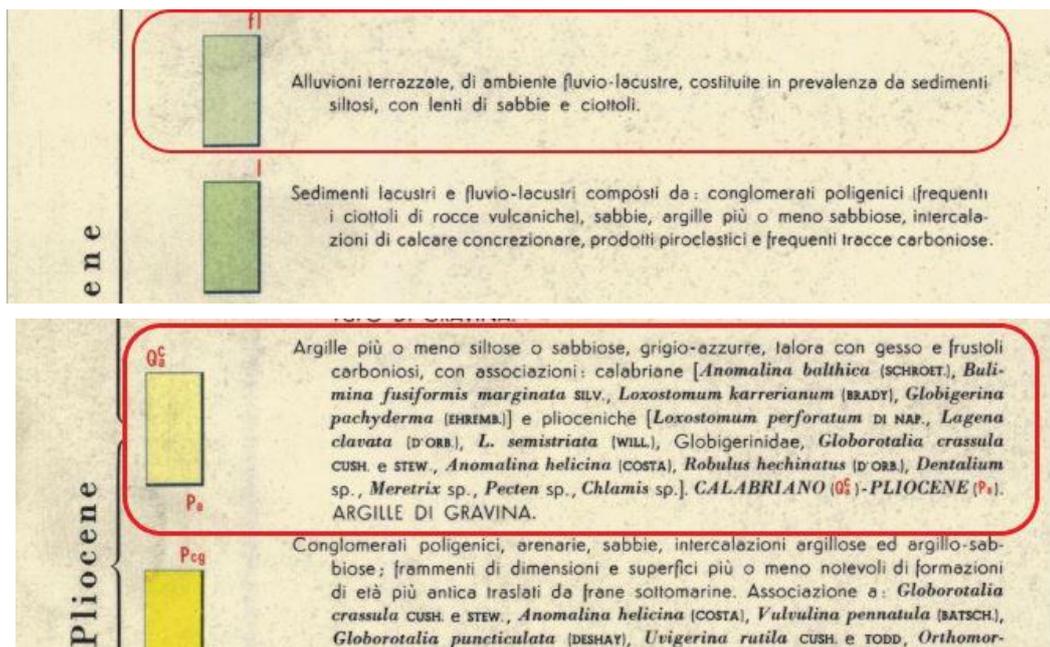


Figura 6: Stralcio carta geologica – scala 1:100.000 - Ispra

In base alle caratteristiche riscontrate sulla Carta Geologica d'Italia 1:100.000 si ritiene che i terreni nell'area di progetto siano ascrivibili ad alluvioni terrazzate, di ambiente fluvio-lacustre (fl) e da Argille di Gravina (Q^c_a).

L'unità poggia attraverso una superficie di erosione sia sulle argille subappenniniche che sul sistema di Foggia.

Alluvioni terrazzate, di ambiente fluvio-lacustre (fl): dopo la deposizione di materiale fluvio-lacustre sono state incise le valli del Bradano e del Basentello, e successivamente di nuovo alluvionate. I depositi di questa fase di alluvionamento sono stati chiamati, in un primo tempo "alluvioni della Stingeta", nome derivante da un bosco presso la confluenza del Basentello nel Bradano. Essi sono costituiti da siltiti più o meno argillosi, con lenti conglomeratiche. Questi sedimenti differiscono dalle Argille di Gravina, perché hanno una composizione prevalentemente siltosa, che conferisce alla massa una plasticità molto bassa, inoltre il colore grigio è dovuto alla presenza delle lenti conglomeratiche. La morfologia a terrazze non è molto evidente, perché questi terreni tendono a formare groppe arrotondate. L'età di queste "alluvioni della Stingeta" può essere riferita tentativamente al Pleistocene superiore.

Argille di Gravina (Q_a^c): composta da argille e argille sabbiose, grigie o turchine più o meno siltose, a volte con intercalazioni gessose; tali sedimenti ricoprono circa la metà occidentale del foglio geologico 188 "Gravina in Puglia". L'età della formazione argillosa è compresa fra il Pliocene superiore ed il Calabriano.

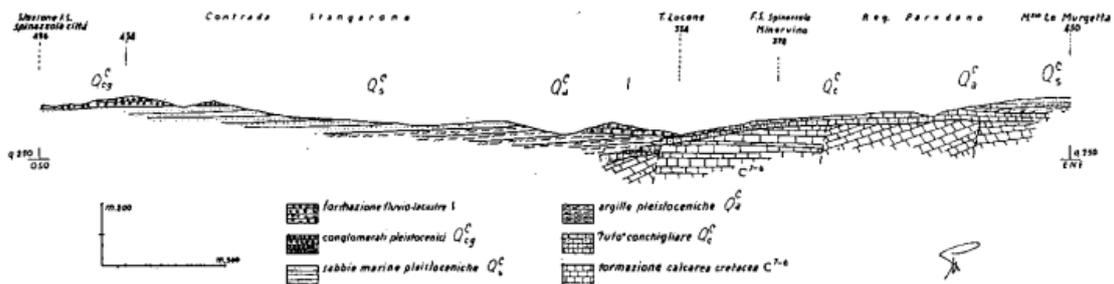


Fig. 4 = (Perno) - Tav. Spinazzola IV/NE - Rapporti fra di loro delle formazioni pleistoceniche alla periferia delle Murge; posizione della formazione fluvio-lacustre (I) che giace indifferentemente sul « tufo conchigliare » Q_c e sulle argille Q_a .

Figura 7: Schema dei rapporti stratigrafici carta geologica 1:100.000 Ispra

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico la Murgia è costituita essenzialmente da rocce carbonatiche di piattaforma, appartenenti alle formazioni geologiche del Calcarea di Bari, di Altamura (Senoniano). Mentre ai bordi del complesso carbonatico murgiano, si rinvengono in trasgressione i depositi plioquaternari (Calcareniti di Gravina, Argille Subappennine e Depositi Marini Terrazzati).

Il territorio di progetto è percorso dal torrente Basentello affluente in sinistra idraulica del fiume Bradano, che scorre sul confine tra Puglia e Basilicata. Esso ha origine poco a nord di Palazzo S. Gervasio, con direzione NW-SE, ha un'andamento piuttosto regolare nel primo tratto e successivamente tortuoso, sfocia nel Bradano.

Il Basentello, lungo circa 56 km, ha un bacino idrografico di circa 425 km², la quota massima è di 679 m.s.l.m., quella minima di 132 m.s.l.m. alla confluenza con il Bradano. A circa 26 km dall'origine, il torrente raccoglie le acque del Canale Roviniero. A parte il Torrente Roviniero, che nasce presso la Masseria Serra Palomba, in agro di Spinazzola e che confluisce nel Basentello in località compresa fra Masseria Gramegna, Monte Marano e Serra del Corso in sinistra idraulica e Tenimento Montecchio in destra idraulica, non ha affluenti di una certa importanza, tuttavia raccoglie lungo il suo percorso, le acque di un notevole numero di fossi e valloni che scorrono profondamente incisi. Negli anni '70 il Basentello è stato sbarrato grazie alla realizzazione della diga di Serra del Corvo, al confine tra la Puglia e la Basilicata. La diga, intercettando le acque di un bacino serve una superficie irrigata di 3.970 ettari lungo le valli del Basentello e del torrente Bradano.



Figura 8: Schema del bacino ed il reticolo del fiume Bradano (in rosso il torrente Basentello)

12

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti. Nel caso specifico della zona del parco fotovoltaico le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione di acqua nel sottosuolo, consentendo in tal modo l'accumulo di acqua di falda.

Tali accumuli si rinvergono solo dove affiorano terreni granulari dei depositi alluvionali i quali poggiano direttamente sulle argille grigio-azzurre impermeabili che fanno da letto alle falde. Dai rilievi di superficie e dai dati di bibliografia è emerso che la falda acquifera che interessa i pianori di stretto interesse, si trova ad una profondità di circa 25 m ed è trattenuta alla base dalla formazione argillosa impermeabile. L'idrologia superficiale dell'area di stretto interesse è rappresentata da fossi poco profondi a con fondo piatto che incidono i terreni della piana di sedimentazione marina di chiusura del ciclo sedimentario dell'Avanfossa Bradanica.

Tali fossi formano un reticolo che termina nel collettore principale. Gran parte dell'anno i fossi sono in secca mentre si riattivano in occasione delle stagioni autunnali ed invernali quando la piovosità della zona aumenta notevolmente.

4.1 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ

In relazione alla variabilità sia verticale sia orizzontale dei caratteri litologici delle formazioni affioranti, anche la permeabilità delle stesse appare diversa da luogo a luogo sia nel grado e sia nel tipo. I terreni che affiorano nell'area possono essere classificati come rocce permeabili per porosità. Questi possono essere suddivisi in "terreni porosi, permeabili" e "terreni porosi ma impermeabili".

I terreni "porosi, permeabili", sono permeabili in tutta la loro massa in maniera più o meno uniforme, e offrono alla circolazione dell'acqua un grandissimo numero di cunicoli e di spazi intergranulari sufficientemente larghi da non essere completamente occupati dall'acqua di ritenzione. Vengono considerati tali tutti i sedimenti clastici a grana grossa e media, sciolti, dei depositi alluvionali e marini terrazzati.

I terreni "porosi, ma impermeabili" sono quelli che hanno i pori intergranulari di dimensioni piccolissime per cui l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione; ne consegue che la circolazione è nulla o del

tutto insignificante. Appartengono a tale classe le argille (Argille Subappennine) e tutti quei terreni nei quali il termine argilloso è presente in maniera rilevante.

Sulla base dei dati raccolti in letteratura si possono distinguere i terreni affioranti in base al grado di permeabilità; si avranno quindi:

- A - "Sedimenti mediamente permeabili, a luogo molto permeabili" costituiti da rocce sciolte a grana da grossa a media che hanno permeabilità per porosità; appartengono a tale gruppo i Depositi alluvionali attuali, i Depositi alluvionali recenti, Depositi marini terrazzati e le Sabbie e dune costiere;
- B - "Sedimenti praticamente impermeabili" rappresentati dai sedimenti argillosi ed argilloso-marnosi costituenti le Argille subappennine e presenti, in lenti e strate-relli, nei depositi marini terrazzati.

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti. Nel caso specifico della zona del parco fotovoltaico le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione di acqua nel sottosuolo, consentendo in tal modo l'accumulo di acqua di falda.

Tali accumuli si rinvencono solo dove affiorano terreni granulari dei depositi alluvionali i quali poggiano direttamente sulle argille grigio-azzurre impermeabili che fanno da letto alle falde. Dai rilievi di superficie e dai dati di bibliografia è emerso che la falda acquifera che interessa i pianori di stretto interesse, si trova ad una profondità di circa 25 m ed è trattenuta alla base dalla formazione argillosa impermeabile. L'idrologia superficiale dell'area di stretto interesse è rappresentata da fossi poco profondi a con fondo piatto che incidono i terreni della piana di sedimentazione marina di chiusura del ciclo sedimentario dell'Avanfossa Bradanica.

Tali fossi formano un reticolo che termina nel collettore principale. Gran parte dell'anno i fossi sono in secca mentre si riattivano in occasione delle stagioni autunnali ed invernali quando la piovosità della zona aumenta notevolmente.

Acque superficiali

In corrispondenza degli affioramenti argillosi impermeabili, le acque seguono traiettorie superficiali con produzione di fossi aventi un'asta principale, un ventaglio di testata e profilo del fondo piuttosto pendente in costante arretramento; invece, in corrispondenza di terreni granulari molto permeabili le acque si infiltrano andando ad alimentare le falde.

Nel caso specifico, le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione subsuperficiale agevolata dalla presenza alla base di terreni impermeabili come le argille grigio-azzurre.



Figura 9: Rete idrografica superficiale

5. INDAGINE GEOGNOSTICA

Per la caratterizzazione del sottosuolo sono state eseguite le seguenti indagini:

- n°5 prove penetrometriche dinamiche (SPT), denominate da DPSH1 a DPSH5, di cui n°4 spinte fino alla profondità di -10,0 m dal p.c. e n°1 spinte fino alla profondità di -14,0 m dal p.c.. Al termine delle prove è stata misurata l'eventuale presenza di falda con l'ausilio di un freaticometro. Nessuna delle prove ha evidenziato la presenza di acqua all'interno del foro di prova.
- n°3 indagini geofisiche di sismica attiva multicanale (MASW)
- n°3 indagini geofisiche di sismica a rifrazione.
- n°1 indagini geofisiche (HVSR)
- n°1 prova di permeabilità in foro

Le modalità di esecuzione delle indagini sono descritte in seguito, mentre la loro ubicazione è riportata nella planimetria di seguito riportata.



Figura 10 – Planimetria indagini eseguite

5.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

La prova penetrometrica dinamica consiste sostanzialmente nell'infissione nel terreno di una punta conica situata all'estremità di una batteria di aste, energizzata facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. La misurazione del numero di colpi necessario all'avanzamento del sistema di aste di 20 cm, inserita in un programma di calcolo dedicato, fornisce uno degli elementi fondamentali per una corretta interpretazione geotecnica del sottosuolo.

Le prove vengono normalmente fino all'eventuale rifiuto (N spt maggiore di 35 colpi). In occasione di ogni prova viene verificato il livello di eventuali falde freatiche mediante freatimetro e/o misura diretta sulle aste di perforazione.

Nella tabella di seguito, viene riassunta la profondità massima raggiunta durante la prova:

17

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939

www.applisasgeoservizi.com

e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

N° prova	Profondità max da p.c. (m)	Profondità falda da p.c. (m)
DPSH-1	10.0	n.r.
DPSH-2	10.0	n.r.
DPSH-3	14.0	n.r.
DPSH-4	10.0	n.r.
DPSH-5	10.0	n.r.

5.2. PROVA DI PERMEABILITÀ IN FORO

Nel corso dell'esecuzione della prova penetrometrica è stata effettuata una prova di permeabilità in un foro penetrometrico appositamente aperto nelle immediate vicinanze dell'indagine svolta.

Tale prova è stata eseguita a carico variabile in abbassamento.

Nello specifico la prova è stata effettuata nell'intervallo di profondità compreso tra 1,40 m – 1,50 m da p.c. Si tratta sostanzialmente di una prova Lefranc ma eseguita nel foro di una prova penetrometrica, utilizzando una punta a perdere od oggetto simile per tappare la base del foro alla profondità desiderata e utilizzando un rivestimento del foro stesso.

Successivamente il rivestimento viene "alzato" lasciando scoperta quella parte di terreno – a profondità compresa tra -1,40 e 1,50 m da p.c – nella quale viene valutata la permeabilità; tale tratto di prova viene comunemente chiamato tasca.

Viene poi immessa nel foro dell'acqua fino alla completa saturazione e, successivamente, dall'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua (ovvero raggiunta la testa della tubazione di rivestimento del foro), a intervalli regolari si annotano il livello e il tempo di ciascuna abbassamento.

La formula adottata per il calcolo della permeabilità è la seguente:

$$K = \frac{A (h_2 - h_1)}{C \times (t_2 - t_1) h_m}$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

A = area filtrante

h1 – h2 = livelli idrici misurati

t1 – t2 = tempi di misurazione livello

C = coefficiente di forma dipendente dalla configurazione geometrica

In generale, C= L se L>D; C = 2πD+L se L<D

hm = altezza al tempo medio

Di seguito viene riportato il report di calcolo della permeabilità.

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE																				
Condizioni insature																				
COMMITTENTE	Laut																			
CANTIERE	Gravina in Puglia																			
DATA	23/05/2023																			
TEMPO	LETTURE	ABBASSAMENTI																		
secondi	m	m																		
0	0,000	1,900																		
30	0,710	1,190																		
60	1,020	0,880																		
90	1,180	0,720																		
120	1,280	0,620																		
150	1,350	0,550																		
180	1,400	0,500																		
210	1,440	0,460																		
240	1,470	0,430																		
270	1,500	0,400																		
300	1,520	0,380																		
330	1,540	0,360																		
360	1,550	0,350																		
390	1,560	0,340																		
420	1,580	0,320																		
450	1,590	0,310																		
480	1,590	0,310																		
510	1,600	0,300																		
540	1,610	0,290																		
570	1,620	0,280																		
600	1,630	0,270																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dati di campagna</th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROFONDITA'</td> <td></td> <td>1,500</td> </tr> <tr> <td>LUNGHEZZA RIVESTIMENTO</td> <td></td> <td>1,900</td> </tr> <tr> <td>ALTEZZA TASCA FILTRANTE</td> <td></td> <td>0,100</td> </tr> <tr> <td>DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)</td> <td></td> <td>0,045</td> </tr> </tbody> </table>			Dati di campagna		m	PROFONDITA'		1,500	LUNGHEZZA RIVESTIMENTO		1,900	ALTEZZA TASCA FILTRANTE		0,100	DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)		0,045			
Dati di campagna		m																		
PROFONDITA'		1,500																		
LUNGHEZZA RIVESTIMENTO		1,900																		
ALTEZZA TASCA FILTRANTE		0,100																		
DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)		0,045																		
<p>Formula adottata per calcolo permeabilità</p> $k = \frac{A (h_2 - h_1)}{C (t_2 - t_1) * h_m}$ <p>dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> k=coefficiente di permeabilità A= area filtrante (in m2) t1, t2= tempi misurazione livello h1, h2=livelli idrici hm=altezza al tempo medio C= coefficiente di forma (per L>>D, C=L) <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Area filtrante (A) (mq)</th> <th>0,01413</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>t₁ (sec)</td> <td></td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>t₂ (sec)</td> <td></td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>h₁ (m)</td> <td></td> <td>1,19</td> </tr> <tr> <td>h₂ (m)</td> <td></td> <td>0,27</td> </tr> <tr> <td>h_m (m)</td> <td></td> <td>0,38</td> </tr> </tbody> </table>			Area filtrante (A) (mq)		0,01413	t ₁ (sec)		30	t ₂ (sec)		600	h ₁ (m)		1,19	h ₂ (m)		0,27	h _m (m)		0,38
Area filtrante (A) (mq)		0,01413																		
t ₁ (sec)		30																		
t ₂ (sec)		600																		
h ₁ (m)		1,19																		
h ₂ (m)		0,27																		
h _m (m)		0,38																		
<p>COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' k= 6,00E-04</p>																				

Figura 11: Prova di permeabilità in foro

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Il valore di permeabilità calcolato risulta pari a $6,00 \times 10^{-4}$ m/s.

Tale valore permette di collocare i terreni presi in esame tra le formazioni contraddistinte da un grado di permeabilità media, tipica di limo – argilla limosa.

Con tali valori di permeabilità, si possono attuare interventi di dispersione delle acque nel sottosuolo, quali ad esempio trincee drenanti.

5.3. INDAGINE MASW

È stata eseguita n.3 indagine geofisica MASW finalizzata:

- alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ e della relativa classificazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo;
- all'acquisizione di dati che contribuissero ad indagare sull'eventuale presenza di cavità sotterranee che fornissero maggiori informazioni sull'uniformità areale dei depositi presenti in situ.

Come detto nel precedente paragrafo, per la definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessaria una valutazione, oltre che dei parametri relativi alla "Pericolosità Sismica di Base", anche degli effetti della "Risposta Sismica Locale", che dipendono, essenzialmente, dalle caratteristiche litostratigrafiche o morfologiche del sito. Queste ultime, infatti, risultano esercitare una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Secondo le procedure prescritte dalla normativa vigente tali effetti sono valutabili, con buona approssimazione, mediante l'individuazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica in cui ricade il sito di interesse.

Da dette categorie deriva poi la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, "SS" e "ST", stabiliti dalle stesse norme, che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici tipici del sito.

L'indagine MASW si svolge in tre fasi: acquisizione delle onde superficiali (ground roll), costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Le prove MASW sono indispensabili per ricavare direttamente il parametro $V_{s,eq}$, richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice e decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 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.

Le onde di superficie sono state generate con una mazza battente (sorgente sismica) da due punti di energizzazione e sono state registrate con 12 geofoni lungo uno stendimento di lunghezza di 56 m.

Il modello sismico monodimensionale (Vs-profondità) che si è ricavato costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

La prova è stata condotta utilizzando 12 canali di acquisizione lungo uno stendimento di 44 m con distanza di energizzazione pari a 6 m.

I risultati dell'indagine MASW sono riportati per esteso nel pertinente allegato.

5.4. INDAGINE H.V.S.R.

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali.

L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno N è data dalla formula:

$$F = \frac{V_s}{4h}$$

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale Pasi integrato con sismografo GEA24 ed elaborati con software GeopsyLand: il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo pari a 20 minuti.

Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L ;
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La figura seguente riporta le caratteristiche dell'acquisizione effettuata *in situ*.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1 13	2023-04-18_10-31_0506.dat	Vertical	2023-04-18 10:31:48.000000	2023-04-18 10:51:48.000000	125	0.008	150000	20m	0	0
2 14	2023-04-18_10-31_0506.dat	East	2023-04-18 10:31:48.000000	2023-04-18 10:51:48.000000	125	0.008	150000	20m	0	0
3 15	2023-04-18_10-31_0506.dat	North	2023-04-18 10:31:48.000000	2023-04-18 10:51:48.000000	125	0.008	150000	20m	0	0

Il risultato dell'elaborazione della prova permette di esprimere il rapporto H/V in funzione della frequenza ottenendo, così, la frequenza di risonanza del sito.

Quest'ultima dipende dallo spessore H del sedimento e dalla velocità "media" (V_s) delle onde S nel sedimento.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Conoscendo lo spessore H del sedimento è quindi possibile avere informazioni sulla velocità “media” delle Onde S. Alternativamente, conoscendo quest’ultima è possibile definire lo spessore H dello strato sedimentario.

Nel caso in esame la discreta conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche del sito (Profilo stratigrafico da indagine MASW – cfr. allegati) consente, attraverso una procedura di inversione, di procedere all’interpretazione della stratigrafia del sito utilizzando le seguenti formule:

$$V_S = 4hV_S$$

Da cui

$$h = \frac{V_S}{4F}$$

Si riportano, in seguito, i risultati della prova rimandando, nella apposita sezione degli allegati per l’esito dettagliato della prova.

5.5. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

L’indagine geosismica a rifrazione, finalizzata alla ricostruzione dell’andamento del bedrock (substrato roccioso), consente la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo. L’indagine consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati.

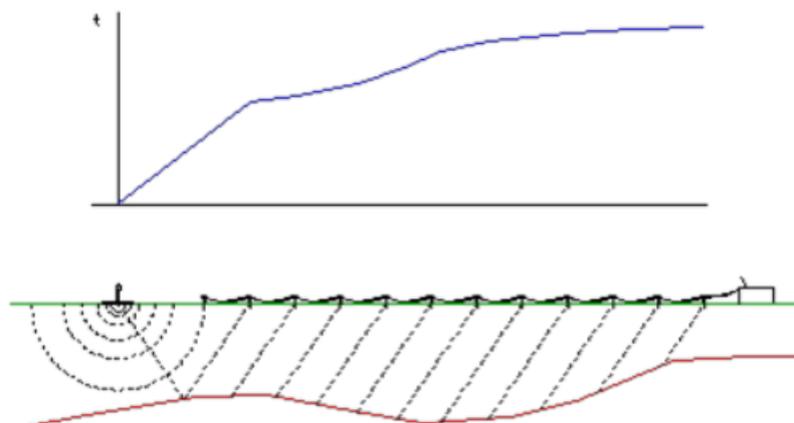


Figura 12: Schema di funzionamento della metodologia sismica a rifrazione

Mediante questo tipo di indagine si può risalire quindi alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e, talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica. L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame. Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono state ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. Questa procedura di tipo "classico" è stata seguita per fornire un modello di velocità iniziale alla procedura d'iterazione topografica. Per questa parte di procedura interpretativa l'algoritmo utilizzato dal programma di calcolo è stato pubblicato nel 1986 da Dereck Palmer in un articolo dal titolo "The Generalized Reciprocal Method of Seismic Refraction Interpretation" (Society of Exploration Geophysicists). Per registrare simultaneamente gli impulsi sismici rilevati dai geofoni è necessario l'utilizzo di una strumentazione elettronica multicanale, a bassissimo rumore interno, ad alta velocità di campionamento, dotata di supporto magnetico per la registrazione dei dati ottenuti dopo opportuna amplificazione filtraggio e conversione analogico/digitale. A questo scopo è stato utilizzato un sismografo PASI Mod. 1624S-U.

25

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

Apparato di ricezione

Per registrare le vibrazioni del terreno sono stati utilizzati 24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile con frequenza caratteristica di 4,5 Hz, che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno. Questi ricevitori sono collegati al sismografo tramite degli appositi cavi multipolari. Per generare le onde sismiche è stato utilizzato una mazza da 8 kg e una apposita piastra energizzante. Le sezioni sismiche sono costituite da 24 geofoni allineati a passo costante, e vengono energizzate in cinque, sette o nove punti in linea interni ed esterni alle stese.

Elaborazione dei dati

La procedura elaborativa è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti:

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo.
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato su l'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method).
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate.
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale.
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascun strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ciascuno strato). Vi è una utile possibilità di modellizzare con la procedura GRM delle variazioni orizzontali di velocità che comunque risultano discrete e non continue.
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-

*SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica). Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.

I risultati dell'indagine sismica a rifrazione sono riportati per esteso nel pertinente allegato.

*SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

6. MODELLO GEOTECNICO

I dati acquisiti sono stati elaborati con l'ausilio del software di calcolo dedicato Fondazio per Windows (versione 6.55 del 2012) al fine di caratterizzare e parametrizzare gli aspetti geotecnici del sottosuolo investigato.

Si rinvia alle tabelle allegate per la ricostruzione di dettaglio del modello geotecnico del sottosuolo stesso.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisicomeccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 17/01/2018).

Sulla base dei dati ottenuti dalle prove geognostiche, il terreno investigato può essere schematicamente suddiviso (NB: riferimento piano campagna), dal punto di vista geotecnico, in tre livelli stratigrafici aventi le caratteristiche geotecniche principali di seguito indicate.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2018), ottenendo parametri definiti "caratteristici".

Esempio: Φ_{nominale} (da prove) = Φ_{k} (caratteristico)

6.1. RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE

In base all'interpretazione dei dati di terreno, è possibile ricostruire una probabile successione stratigrafica. In generale è possibile affermare che i terreni presenti in loco sono composti da argille e limi.

Al fine di rendere più chiara la situazione geologica-geotecnica e per riassumere quanto è stato scritto nei capitoli precedenti si è provveduto ad una ricostruzione, di massima, della probabile situazione

28

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

stratigrafica usando come riferimento i dati raccolti attraverso le indagini dirette ed indirette effettuate in sito.

Ipotesi stratigrafica	Profondità (m)	Nspt di riferim. (*)	DR (%) (*)	Ø (°) (*)	Ys (T/m3) (*)	Y (T/m3) (*)	Cu (kPa) (*)	Descrizione
Strato A	Da 0.0 m a 7.4 m circa	7	-	-	-	-	43.12	Argilla limosa
Strato B	Da 7.4 m circa a 10.0 m circa	10	35	30	1.93	1.50	61.74	Limo argilloso

6.2. APPROFONDIMENTI IDROLOGICI

Ad integrazione delle indagini *in situ* eseguite si riporta la documentazione bibliografica reperita nei database ISPRA – “Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa” Riguardanti l'area geologica della Murgia.

Nella figura seguente si riporta il reticolo idrografico superficiale con sovrapposti i due lotti relativi al campo fotovoltaico in oggetto.

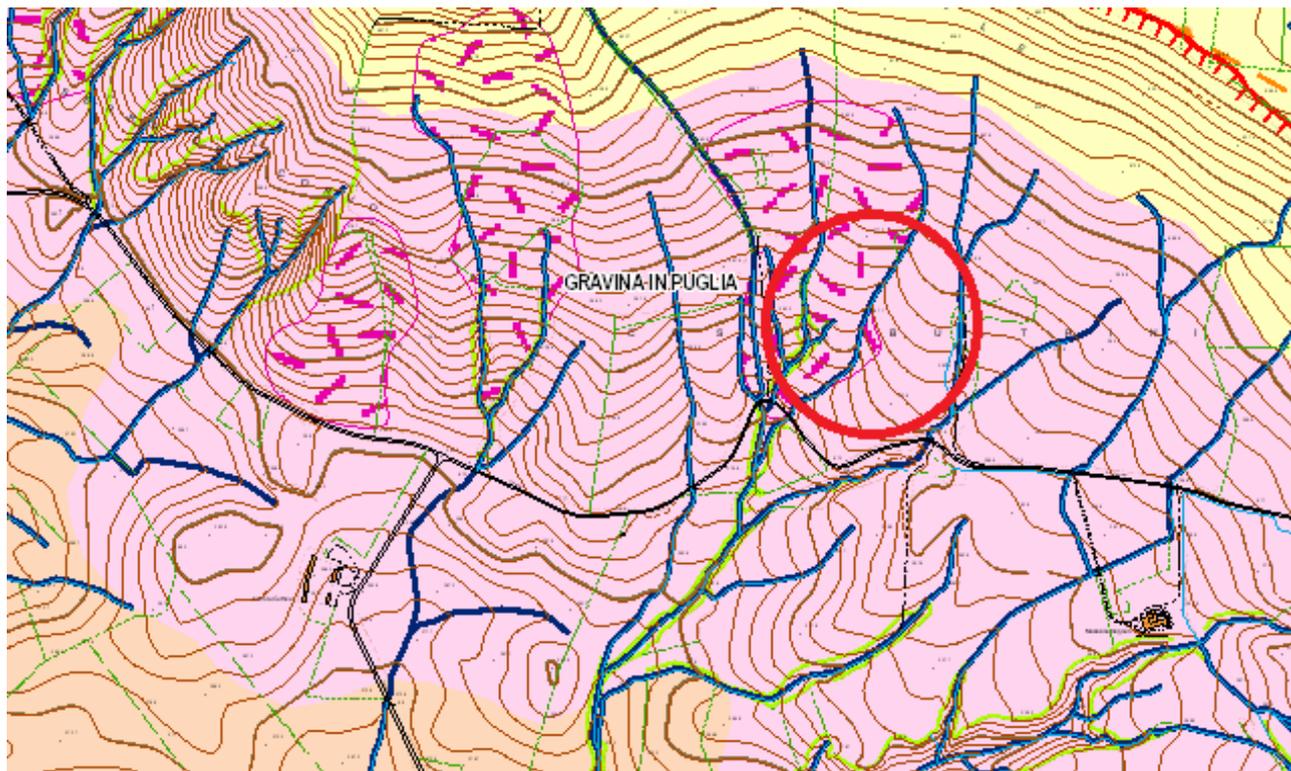


Figura 13 - Reticolo idrografico superficiale.

Nella figura seguente si riporta l'andamento delle isopieze e del coefficiente di permeabilità per la zona in oggetto. Dalle evidenze bibliografiche risulta una soggiacenza della falda di circa 25 m per l'area dell'intervento e una permeabilità leggermente maggiore rispetto a quella misurata mediante la prova *in situ*.

30

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

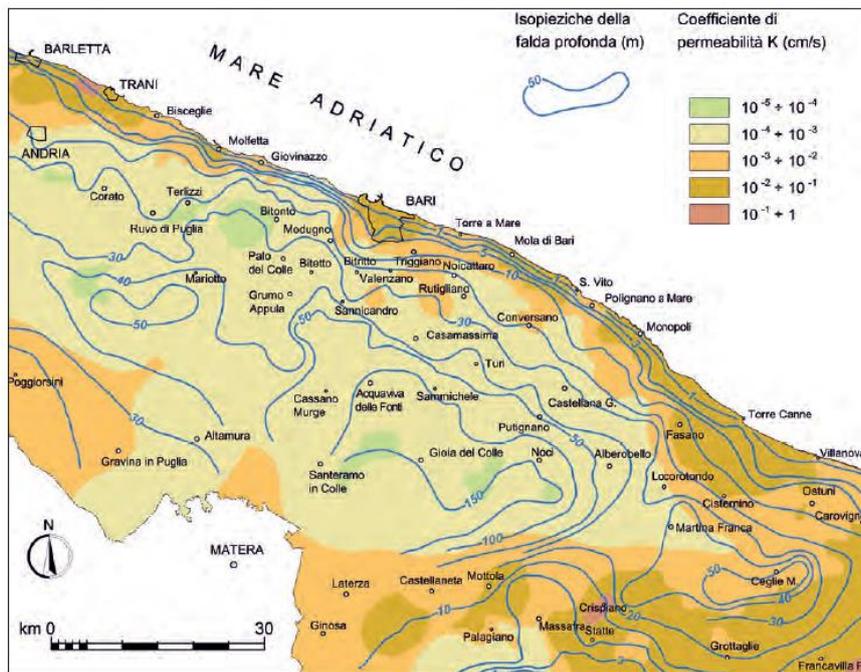


Figura 14 - Isopieze della falda idrica profonda e coefficienti di permeabilità.

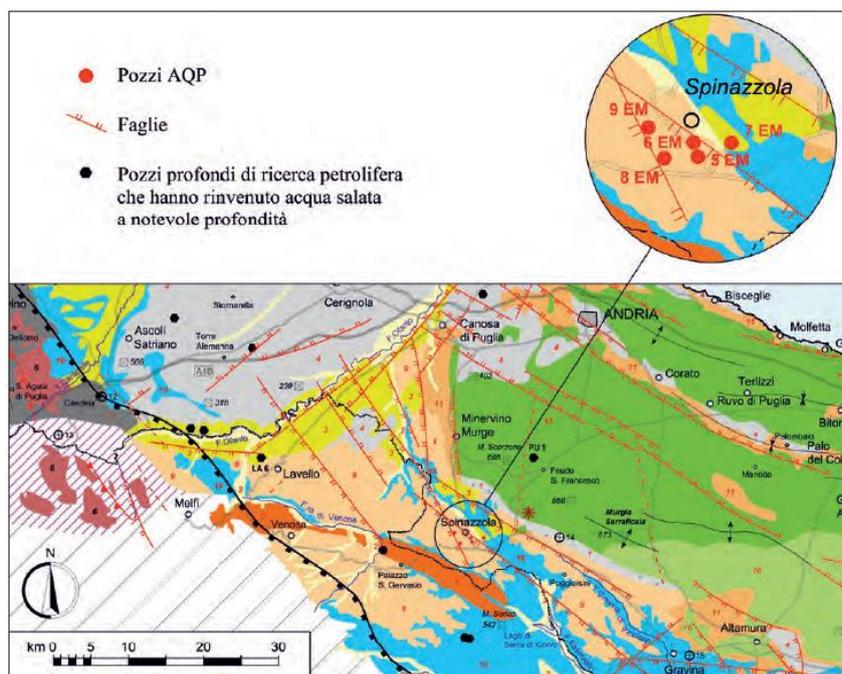


Figura 15 - Particolare della carta geologico-strutturale.

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

L'acquifero superficiale è caratterizzato da una complessa circolazione idrica condizionata dai rapporti stratigrafici e dunque all'eterogeneità di permeabilità. Anche nelle formazioni decisamente poco permeabili quali le Argille Subappennine, è possibile individuare livelli idrici con escursioni piezometriche stagionali, ancorchè presentanti velocità di circolazione molto ridotte.

Alla base della sequenza bradanica si rinviene il potente acquifero costituito dai calcari fratturati e carsificati, in cui ha sede la falda profonda, in continuità con quella murgiana. Le condizioni idrogeologiche che caratterizzano questa circolazione idrica profonda risultano variabili in relazione alle locali condizioni geologico-strutturali.

I calcari cretacei profondi sono quindi sede di una falda alimentata dalle acque meteoriche ricadenti sugli alti collinari della Murgia, dove essi affiorano.

La circolazione idrica sotterranea nell'area Bradanica è profondamente condizionata dai lineamenti strutturali ivi presenti. Procedendo dal territorio di Spinazzola verso l'area bradanica, si osserva l'approfondirsi del tetto dei calcari cretacei secondo un sistema di faglie a direzione appenninica.

Quanto sopra evidenzia quindi che a valle della faglia le altezze piezometriche subiscono una brusca riduzione, molto probabilmente determinata da un incremento del coefficiente di permeabilità dell'acquifero, così come in parte è confermato anche dalla Carta delle Permeabilità che in detta zona indica un significativo incremento della permeabilità procedendo dall'alta Murgia verso la fossa bradanica, anche se sulla base di pochi punti di misura. Sembra inoltre che, procedendo verso la Fossa Bradanica, i pozzi risentano del fenomeno dell'intrusione marina.

In figura 16 si riportano i pozzi esaminati nella zona ai fini della valutazione idrologica della zona.

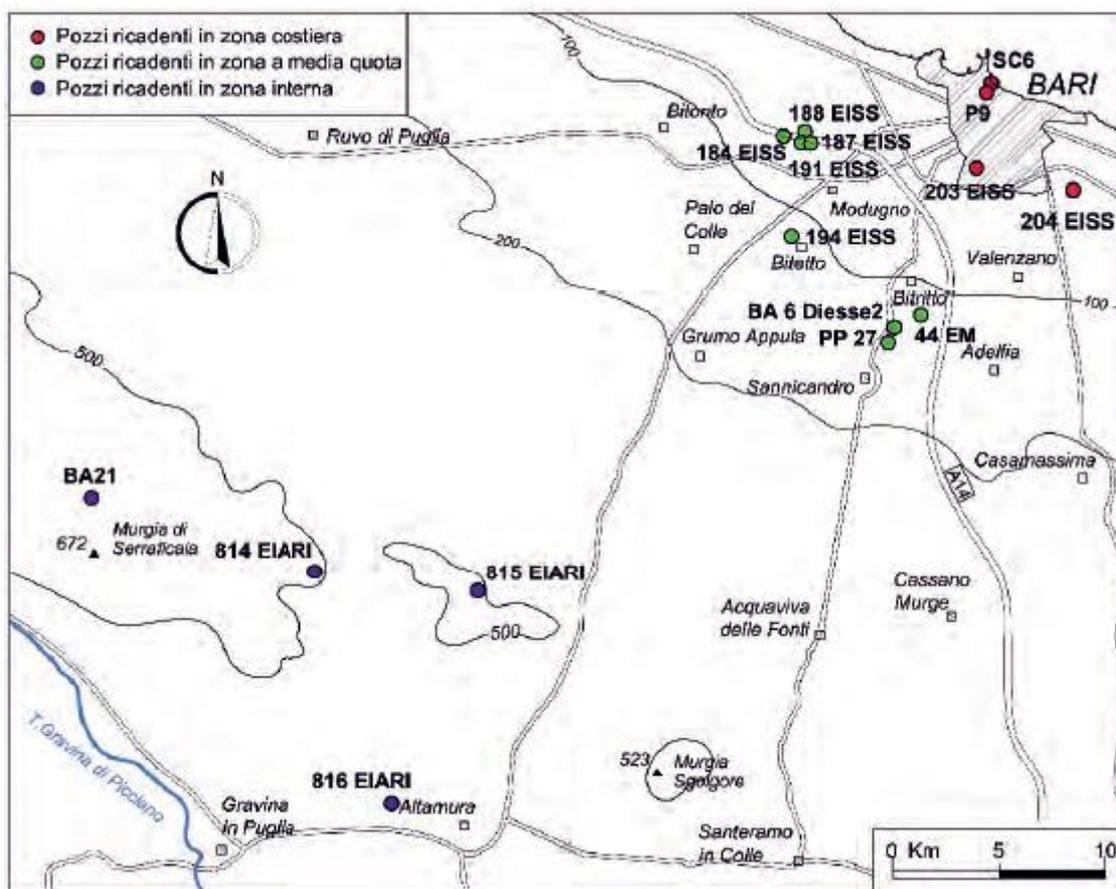


Figura 16 - Mappa dei pozzi esaminati.

POZZO	814 EIARI							
Quota livello statico (m l.m.m.)	98.35							
Permeabilità (m/s)	2.15E-07							
Penetrazione	11.66%							
Data di campionamento	ott-95	gen-08	lug-08	gen-09	lug-09	dic-96	set-03	mag-95
Tipo di campionamento	S							
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-89.05	-89.05	-89.05	-89.05	-89.05	-149.05	-149.05	-159.05
TDS (mg/l)	330.00	516.69	425.87	405.23	433.44	387.00	409.00	310.00
Nitriti (mg/l)	0.05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0.05	0.01	0.05
Nitrati (mg/l)	21.16	37.6	34.4	27.1	33.5	22.20	45.60	2.10

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applisas>

POZZO	815 EIARI							
Quota livello statico (m l.m.m.)	29.94							
Permeabilità (m/s)	2.61E-05							
Penetrazione	19.51%							
Data di campionamento	mag-95	ott-95	dic-96	set-03	gen-08	lug-08	lug-09	
Tipo di campionamento	S							
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-147.86							
TDS (mg/l)	320.00	330.00	350.00	381.00	423.81	436.88	428.62	
Nitriti (mg/l)	0.05	0.05	0.05	0.01	<0,05	<0,05	<0,05	
Nitrati (mg/l)	2.80	18.05	20.20	29.10	25.5	12.1	14.4	

POZZO	816 EIARI								
Quota livello statico (m l.m.m.)	29.12								
Permeabilità (m/s)	8.13E-05								
Penetrazione	19.81%								
Data di campionamento	mag-95	ott-95	dic-96	set-03	gen-08	lug-08	dic-08	lug-09	
Tipo di campionamento	S								
Quota di campionamento (m l.m.m.)	1.12								
TDS (mg/l)	260.00	250.00	320.00	308.00	303.41	319.23	294.46	319.23	
Nitriti (mg/l)	0.05	0.05	0.05	0.01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Nitrati (mg/l)	2.70	20.10	18.10	36.10	15.8	20.4	19.8	16.3	

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
 (territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>

7.CONCLUSIONI

- L'area in oggetto è stata analizzata con prove geognostiche e geofisiche sia ricadenti all'interno dei lotti sia nelle immediate vicinanze, al fine di conoscere con maggior dettaglio la zona interessata dall'intervento.

In dettaglio, sono state prese in considerazione:

- n.5 prove penetrometriche dinamiche
- n.3 prove geofisiche di tipo MASW
- n.3 prove geofisiche di Rifrazione
- n.1 prove di permeabilità in foro
- Nessuna delle prove eseguite ha evidenziato la presenza di acque di falda alle profondità indagate.
- Da documentazione bibliografica e raccolta dati di pozzi nell'area di interesse si riporta la quota delle acque sotterranee a non meno di 25 m dalla superficie del piano di campagna.
- Si evidenzia la presenza di un'ulteriore falda più profonda a profondità, ipotizzati di circa 90-100 m.
- Dal punto di vista geologico e idrologico si è caratterizzato il terreno in oggetto mediante l'esecuzione di prove in situ, raccolta di dati bibliografici e raccolta di informazioni dai pozzi presenti nella zona.
- Limitatamente alle aree caratterizzate da rischio R3 e R1 della cartografia tecnica del PAI è stata condotta un'analisi di stabilità di versante allegata alla relazione geologica. Lo studio ante operam e post operam restituisce fattori di sicurezza >5 garantendo condizioni di stabilità del versante.

Non sono individuabili potenziali situazioni di criticità legate alla presenza di acque sotterranee, per le quali risulti necessario subordinare l'attuazione degli interventi progettuali a specifiche prescrizioni di salvaguardia. Inoltre, il sito in esame non è caratterizzato da captazioni di acque sotterranee e/o sorgenti.

Seriate, 05 Luglio 2023

Dott. Alberto Velicogna



*SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)*

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Applicas>

BIBLIOGRAFIA

- Brinch-Hansen, J. [1970] "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- Burland, J.B. e Burbidge, M.C. (1984) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Glasgow and West of Schotland Association, Centenary Literature
- Per la cartografia: <http://www.isprambiente.gov.it> (cartografia geologica)
- PAI comune DI Gravina in Puglia (BA)

SEDI: (legale e operativa) via G. Carducci, 15 24068 Seriate (BG) - P.IVA : 04755800960
(territoriali) viale Europa 68/b 33054 Lignano Sabbiadoro (UD)

Tel: +39 329 2289939 www.applisasgeoservizi.com e-mail: a.velicogna@libero.it

Facebook: <http://www.facebook.com/Apllisas>