



## IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON OPERE DI CONNESSIONE

**BIO3 PV HYDROGEN S.R.L.**

POTENZA IMPIANTO 151,61 MW<sub>p</sub> - COMUNE DI BRINDISI (BR)

### Proponente

**BIO3 PV HYDROGEN S.R.L.**

VIA GIOVANNI BOVIO 84 - 76014 SPINAZZOLA (BT) - P.IVA: 08695720725 – PEC: [bio3pvhydrogen@pec.it](mailto:bio3pvhydrogen@pec.it)

### Progettazione



**Ing. Antonello Rutilio**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)

Tel.: +39 0532 202613 – email: [a.rutilio@incico.com](mailto:a.rutilio@incico.com)

### Coordinamento progettuale



**Envidev Consulting s.r.l**

CORSO VITTORIO EMANUELE II 287 – 00186 - ROMA (RM) - P.IVA: 01653460558 – PEC: [envidev\\_csrl@pec.it](mailto:envidev_csrl@pec.it)

Tel.: +39 3666 376 932 – email: [francesco@envidevconsulting.com](mailto:francesco@envidevconsulting.com)

### Titolo Elaborato

#### RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA CAVIDOTTO

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL25	24ENV08_PD_REL25.00 - Rel. geologico-tecnica cavidotto	LUGLIO 2024

### Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	LUGLIO 2024	EMISSIONE PER PERMITTING	MIA	FCO	ARU



COMUNE DI BRINDISI (BR)

REGIONE PUGLIA



# RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA CAVIDOTTO IMPIANTO FV.



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Sintetiche considerazioni generali sull’area SIN e sull’area interessata dall’impianto. ....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Individuazione catastale, morfologica e della caratterizzazione chimica dell’impianto. ....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Inquadramento del cavidotto in studio.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Vincoli urbanistici che insistono sul tracciato del cavidotto. ....</b>	<b>23</b>
	<b>5.1 Il PRG del Comune di Brindisi. ....</b>	<b>24</b>
	<b>5.2 Il PPTR regionale.....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Inquadramento geologico dell’area investigata.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Ulteriori considerazioni geologico-stratigrafiche sull’area d’impianto e sul cavidotto.....</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Permeabilità dei terreni investigati.....</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Approfondimento sulle caratteristiche geologiche del tracciato del cavidotto ed ubicazioni prove penetrometriche effettuate. ....</b>	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>Ubicazione delle prove geognostiche effettuate lungo il tracciato del cavidotto. ....</b>	<b>48</b>
<b>11</b>	<b>Prove penetrometriche dinamiche (dynamic probing super heavy) .....</b>	<b>49</b>
	<b>11.1 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 1 (DPSH-01).....</b>	<b>51</b>
	<b>11.1.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 1 .....</b>	<b>52</b>
	<b>11.2 INAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 2 (DPSH-02)Valori rilevati.....</b>	<b>53</b>
	<b>11.2.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 2 .....</b>	<b>55</b>
	<b>11.3 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 3 (DPSH-03).....</b>	<b>56</b>
	<b>11.3.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 3 .....</b>	<b>58</b>
	<b>11.4 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 4 (DPSH-04).....</b>	<b>59</b>
	<b>11.4.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 4 .....</b>	<b>60</b>
	<b>11.5 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE.....</b>	<b>61</b>
<b>12</b>	<b>Definizione categorie di sottosuolo .....</b>	<b>68</b>
	<b>12.1 Definizione categoria di sottosuolo .....</b>	<b>70</b>
	<b>12.2 Determinazione categoria di sottosuolo locale .....</b>	<b>71</b>
<b>13</b>	<b>Succinte considerazioni conclusive. ....</b>	<b>80</b>

## 1 PREMESSA.

La BIO3 PV Hydrogen Srl, ha affidato allo scrivente l'incarico di effettuare uno studio relativo alle caratteristiche morfologiche e geologico-tecniche dei terreni interessati dalla costruzione di un impianto "agrivoltaico avanzato" da realizzare nell'ambito della porzione settentrionale dell'area agricola perimetrata nell'ambito dell'area del "Sito di Interesse Nazionale" (SIN), nel territorio del Comune di Brindisi.

A tal proposito è stata effettuata un'apposita campagna geognostica lungo tutto il tracciato e ad esclusione della stazione elettrica di conferimento denominata "Brindisi Sud-Cerano", costituita da n. 6 prove penetrometriche pesanti e n. 3 indagine sismica tipo MASW; i riscontri ottenuti sono riportati nell'apposito capitolo.

In particolare, l'area interessata dall'impianto impegna terreni appartenenti al Fogli di mappa n. 87, 117, 118 e 119; l'impianto sarà sviluppato in n. 12 "aree" in virtù della presenza dei vincoli esistenti e dell'acquisizione delle aree necessarie che sono, come di seguito riportate particelle, anche se non del tutto utilizzate:

- **Foglio n. 87 particelle n (20):** 11-14-17-18-19-20-21-22-101-102-129-186-251-258-259-260-261-262-263-348;
- **Foglio n. 117 particelle n (12):** 204-11-18-19-20-73-75-125-12-16-17-126;
- **Foglio n. 118, particelle n (1):** 13;
- **Foglio n. 119 particelle n (12):** 7-44-2-5-11-1-6-15-38-40-12-13.

Nella sua totalità l'impianto agrivoltaico ha un'estensione particellare di **260,70 ettari (2.607.017 mq)**, di cui solo **240,26 ettari** impegnati per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico; circa **20,44 ha**, pur restando nella disponibilità del proponente, non sono state prese in considerazione in quanto o risultano interessate da vincoli da alvei attivi e da servitù di elettrodotto e stradale oppure, non efficientemente collegabili al resto delle aree ed utilizzate per creare un "buffer" fra l'area dell'impianto, nell'ambito del "Parco Naturale Regionale di Salina di Punta della Contessa" e la zona ZSC/ZPS, inserita nell'ambito del "PARCO" e posta in prossimità del litorale marino.

La tabella che segue riporta l'impianto per come suddiviso in n. 12 "aree" che, comunque, non costituiscono l'estensione globale della sommatoria di tutte le particelle in quanto, per i motivi richiamati (vincoli esistenti, ecc.) alcune particelle sono solo parzialmente utilizzate e dedicate al contributo di salvaguardia degli habitat della zona ZSC/ZPS con la realizzazione del buffer.

La tabella è globale e riporta: la superficie complessiva di ciascun sub-campo, quella occupata dai soli pannelli e, per differenza, quella destinata alla produzione agricola; inoltre, nelle ultime colonne vengono indicate la % di terreno utilizzato per i pannelli e le opere annesse, e l'indice LAOR che costituiscono i primi due requisiti per la verifica della rispondenza dell'impianto fotovoltaico proposto, con quello definito e classificato come "agrivoltaico".

SUPERFICI IN METRI QUADRI												
Area	Superficie cabinati	Superficie strade	Superficie recintata	Superficie Complessiva Stot.	Superficie agricola interna	Fascia Impollinazione	Mitigazione esterna	Superficie agricola totale SAU	Superficie globale dell'impianto S	Superficie totale di ingombro pannelli Spv	A.1- Superficie Agricola (%)	LAOR <=40% A2 L.G.MITE
Area 1	80,57	1345,3	65247,7	73.459,02	63.821,87	9.830,24	9.556,58	73.378,45	74.804,27	22.788,20	98,09%	30,46%
Area 2	59,08	2762,6	217385,8	233.404,99	214.564,15	36.394,40	18.781,76	233.345,91	236.167,56	84.368,52	98,81%	35,72%
Area 3	59,08	3945,3	313242,0	341.620,10	309.237,62	35.719,04	32.323,40	341.561,02	345.565,40	82.802,92	98,84%	23,96%
Area 4	44,31	4427,5	284039,5	311.693,23	279.567,72	39.208,40	32.081,20	311.648,92	316.120,70	90.891,86	98,59%	28,75%
Area 5	73,85	4212,2	372733,5	392.015,59	368.447,48	48.926,08	23.494,26	391.941,74	396.227,76	113.419,12	98,92%	28,62%
Area 6	14,77	1407,3	75722,4	85.012,22	74.300,31	10.880,80	10.697,14	84.997,45	86.419,50	25.223,58	98,35%	29,19%
Area 7	80,57	1728,0	64104,8	74.996,88	62.296,28	5.778,08	12.620,03	74.916,31	76.724,83	13.394,59	97,64%	17,46%
Area 8	29,54	2009,9	138567,1	147.591,08	136.527,67	20.335,84	11.033,87	147.561,54	149.600,97	47.142,00	98,64%	31,51%
Area 9	29,54	2289,3	178727,3	189.386,22	176.408,49	17.709,44	12.948,19	189.356,68	191.675,49	41.053,55	98,79%	21,42%
Area 10	x	592,5	16014,5	19.446,11	15.422,04	825,44	4.024,07	19.446,11	20.038,57	1.913,51	97,04%	9,55%
Area 11	29,54	2616,3	142653,6	154.709,11	140.007,81	21.761,60	14.671,76	154.679,57	157.325,37	50.447,16	98,32%	32,07%
Area 12	124,88	4450,9	321052,9	347.478,49	316.477,11	36.769,60	30.876,50	347.353,61	351.929,40	85.238,30	98,70%	24,22%
<b>Totale</b>	<b>625,73</b>	<b>31.786,80</b>	<b>2.189.491,06</b>	<b>2.370.813,03</b>	<b>2.157.078,55</b>	<b>284.138,96</b>	<b>213.108,76</b>	<b>2.370.187,31</b>	<b>2.402.599,82</b>	<b>658.683,30</b>	<b>98,65%</b>	<b>27,42%</b>

**Tabella n. 1: tutte le caratteristiche quantitative dell'impianto**

Obiettivo nella progettazione di un impianto agrivoltaico è quello di ricercare le migliori condizioni per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica con un'efficiente produzione energetica.

Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali, quali:

- **A.1) Superficie minima coltivata:** è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;
- **A.2) LAOR massimo:** è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola.

● **A.1 Superficie minima per l'attività agricola pari ad almeno il 70% della Superficie totale.**

Un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dal decreto-legge 77/2021, è la continuità dell'attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola.

Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021).

**Pertanto, si dovrebbe garantire sui terreni interessati dalla realizzazione dell'impianto (superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).**

$$S_{agric.} = \geq 0,7 * S_{tot}$$

Di seguito si riporta la tabella relativa al "requisito "A" ed in particolare alla superficie minima agricola coltivabile.

Area	Superficie Complessiva Stot.	Superficie cabinati	Superficie strade	Superficie totale di ingombro pannelli Spv	Superficie agricola totale SAU	A.1-Superficie Agricola (%)
Area 1	73.459,02	80,57	1345,3	22.788,20	73.378,45	98,09%
Area 2	233.404,99	59,08	2762,6	84.368,52	233.345,91	98,81%
Area 3	341.620,10	59,08	3945,3	82.802,92	341.561,02	98,84%
Area 4	311.693,23	44,31	4427,5	90.891,86	311.648,92	98,59%
Area 5	392.015,59	73,85	4212,2	113.419,12	391.941,74	98,92%
Area 6	85.012,22	14,77	1407,3	25.223,58	84.997,45	98,35%
Area 7	74.996,88	80,57	1728,0	13.394,59	74.916,31	97,64%
Area 8	147.591,08	29,54	2009,9	47.142,00	147.561,54	98,64%
Area 9	189.386,22	29,54	2289,3	41.053,55	189.356,68	98,79%
Area 10	19.446,11	x	592,5	1.913,51	19.446,11	97,04%
Area 11	154.709,11	29,54	2616,3	50.447,16	154.679,57	98,32%
Area 12	347.478,49	124,88	4450,9	85.238,30	347.353,61	98,70%
<b>Totale</b>	<b>2.370.813,03</b>	<b>625,73</b>	<b>31.786,80</b>	<b>658.683,30</b>	<b>2.370.187,31</b>	<b>98,65%</b>

**Tabella n. 2: Requisito A1 : superficie agricola > 70 % di quella totale.**

Poiché gli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, (Stot) ricoprono una superficie pari a circa **240,26 Ha** e la superficie adibita alle coltivazioni agricole (SAU) per tutta la vita tecnica dell'impianto fotovoltaico è pari a circa **237,08 ha**, il requisito risulta ampiamente rispettato poiché la superficie destinata all'attività agricola risulta essere il **98,65%** della Superficie totale del sistema "agrivoltaico".

- **A.2 LAOR (Land Area Occupation Ratio) ossia percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli pari al massimo al 40 %**

Il LAOR è il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv) e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S tot).

Un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità". Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario ad evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50% con una densità di potenza di circa 1 MW/ha.

Le linee guida consigliano, al fine di non limitare l'adozione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti, di adottare un limite massimo di LAOR del 40 %:

$$\text{LAOR} \leq 40 \%$$

Di seguito si riporta la tabella dell'impianto proposto, come suddiviso in n. 12 "aree".

Area	Superficie Complessiva Stot.	Superficie agricola totale SAU	Superficie totale di ingombro pannelli Spv	Superficie globale dell'impianto S	LAOR <=40% A2 L.G.MITE
Area 1	73.459,02	73.378,45	22.788,20	74.804,27	30,46%
Area 2	233.404,99	233.345,91	84.368,52	236.167,56	35,72%
Area 3	341.620,10	341.561,02	82.802,92	345.565,40	23,96%
Area 4	311.693,23	311.648,92	90.891,86	316.120,70	28,75%
Area 5	392.015,59	391.941,74	113.419,12	396.227,76	28,62%
Area 6	85.012,22	84.997,45	25.223,58	86.419,50	29,19%
Area 7	74.996,88	74.916,31	13.394,59	76.724,83	17,46%
Area 8	147.591,08	147.561,54	47.142,00	149.600,97	31,51%
Area 9	189.386,22	189.356,68	41.053,55	191.675,49	21,42%
Area 10	19.446,11	19.446,11	1.913,51	20.038,57	9,55%
Area 11	154.709,11	154.679,57	50.447,16	157.325,37	32,07%
Area 12	347.478,49	347.353,61	85.238,30	351.929,40	24,22%
<b>Totale</b>	<b>2.370.813,03</b>	<b>2.370.187,31</b>	<b>658.683,30</b>	<b>2.402.599,82</b>	<b>27,42%</b>

Tabella n. 3: Requisito A2 : LAOR <= 40%

La tabella riporta le superfici utili al calcolo del LAOR e la stessa percentuale per ciascun sottocampo; la media delle n. 12 "aree" è pari, per l'intero impianto al **27,42%**.

Considerando che la superficie totale di ingombro dell'impianto fotovoltaico (Spv) è pari a **65,86 ha** e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (Stot) è pari a circa **240,26 ha**, il limite massimo di superficie coperta dai moduli fotovoltaici (LAOR) risulta pari a circa al **27,42%**.

**Il requisito delle linee guida risulta quindi rispettato.**

L'estensione globale dell'impianto, quale sommatoria dei richiamati comparti, è pari a **240,26 Ha.** di cui:

- **3,24 Ha destinati a strade e cabine interne delle 12 aree;**
- **237,02 Ha aree impianto interne alla recinzione e destinate alla produzione agricola;**
- **98,65 % media del terreno occupato alla coltivazione agricola.**

Nel merito, l'impianto "agrivoltaico" segue le LL.GG. del MITE e le norme a questo dedicate ed il progetto proposto è il risultato di scelte progettuali finalizzate a rendere ambientalmente, paesaggisticamente ed economicamente vantaggiosa la convivenza tra pianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e quello di produzione agricola, all'interno dello stesso sito, in completa sovrapposizione territoriale, dimezzandone praticamente il consumo di territorio, tale da preservare quest'ultimo, in quanto risorsa scarsa.

**I due impianti (fotovoltaico ed agricolo) si fondono in un progetto unico, caratterizzato da una struttura impiantistica appositamente studiata allo scopo, non solo di preservare la continuità della coltivazione delle aree agricole interessate dall'intervento ma, addirittura di potenziarla e ripristinarla tramite il recupero di aree che risultano da anni condotte nella migliore delle ipotesi a seminativo e gradualmente abbandonate** (tale aspetto è meglio descritto all'interno delle documentazioni specialistiche "Piano Culturale" e "Relazione descrittiva del Progetto Agricolo").

**Il progetto agricolo prevede l'utilizzo di strumenti per l'agricoltura di precisione, nonché l'implementazione delle innovative tecniche di "Agricoltura 4.0", che ben si sposano con le esigenze di sicurezza ed accuratezza che la presenza dei pannelli fotovoltaici e delle strumentazioni per il funzionamento dell'impianto richiede.**

La superficie coperta dai moduli fotovoltaici risulta pari a **658.683,30 mq** (65,86 Ha); è stato possibile raggiungere tale valore grazie all'attenta progettazione delle stringhe in campo, in quanto si è posta come parametro fondamentale del progetto, la distanza tra l'asse delle strutture portamoduli, pari a **4,75 m** metri circa.

In virtù del fatto che tutti i terreni impegnati nella realizzazione del richiamato impianto sono allocati all'interno della perimetrazione dell'area SIN di Brindisi, effettuata dal Ministero dell'Ambiente con Decreto del 10/01/2000 ed in ottemperanza all'art. 1 comma 3 della L 426/1998, questi sono stati tutti caratterizzati chimicamente da:

- 1) Dall'Università di Lecce e da ARPA Brindisi**, con fondi rivenienti dal Commissario Delegato all'Emergenza Ambientale in Puglia, nell'anno 2004 e relativo ai terreni ritenuti ad "Alta" possibilità di contaminazione, posti a cavallo del nastro trasportatore del carbone dal porto di Brindisi alla centrale termoelettrica di Enel Produzione, in località Cerano; il "*Piano di Investigazione*" è stato effettuato da "Sviluppo Italia", Società in house del Ministero dell'Ambiente;
- 2) da INVITALIA**, società in house del Ministero dell'Ambiente e con fondi rivenienti dalla Regione Puglia ed in particolare dal Commissario Delegato l'Emergenza Ambientale nella persona del Presidente della Regione Puglia, nel 2014 e sui terreni agricoli dell'area SIN e ritenuti a "Media" e "Bassa" possibilità di contaminazione.

La caratterizzazione chimica dei terreni ha comportato, come meglio di avrà modi di riportare in relazione, la possibilità di attingere ad una gran mole di dati geologici e geotecnici, per cui non è stato necessario effettuare alcuna indagine geognostica sui terreni costituenti l'impianto agrivoltaico proposto.

Oltre a questa gran mole di dati pubblici in possesso dello scrivente, si è anche fatto esplicito riferimento alla vasta esperienza personale che, per oltre tre lustri ha assolto alle funzioni di consulente tecnico e geotecnico per tutte le opere realizzate nell'ambito della costruzione della nuova centrale termoelettrica di Enel Produzione, in Contrada Cerano, sempre nel territorio meridionale di Brindisi.

A tal proposito, lo scrivente, per conto di altra società, nell'area d'imposta vasta dell'attuale impianto proposto, ha sviluppato nel 2010 tutta una serie di prove geotecniche costituite da: prove penetrometriche dinamiche, con penetrometro leggero DL 30 e stendimenti elettrici e di sismica, uno solo dei quali realizzato nell'area d'imposta dell'attuale impianto; in merito alle prove penetrometriche, nell'area d'imposta dell'attuale impianto ne sono state realizzate 8 su un totale di n. 18.

Nei paragrafi che seguono si riportano considerazioni in merito a quanto desunto sia dalle prove effettuate dai "*Piani di Investigazione*" che da quelle effettuate dallo scrivente per la Società 3 M Energia Srl.

Inoltre, in virtù del fatto che le fondazioni delle "stringhe" degli inseguitori solari (tracker) potranno, per la natura sedimentaria dei terreni, essere realizzate con infissione e battitura dei pali in acciaio di sostegno, non si è ritenuto opportuno effettuare prove sismiche, ma affidarsi, anche in questo caso, a quanto già realizzato dallo scrivente e da altre opere pubbliche progettate nell'area d'interesse.

Appare necessario riportare anche, che i terreni dell'impianto agrivoltaico saranno interessati solo ed esclusivamente da: fondazioni delle stringhe, strade di comunicazioni interne, fondazione delle cabine, recinzione perimetrale, cavidotti e pali di illuminazione.

Per ciò che concerne la morfologia del terreno sul quale verrà a sorgere l'impianto è possibile affermare che è quella tipica e tabulare di quasi tutti i terreni posti nell'area dell'horst centro meridionale della così detta "*Conca di Brindisi*", con una leggera generale pendenza verso Est e quindi verso il mare; più nel particolare, come meglio evidenziato dal rilievo topografico allegato al progetto, la porzione dei vari lotti dell'impianto, considerato come un unicum, posti in prossimità del "Canale Pandi" e di un piccolo solco erosivo posto nella porzione centrale dell'impianto, presentano una leggera pendenza verso di questi.

L'area dell'impianto presenta un'altezza topografica variabile dai 15/16 m. ai 2/4 m. sul livello medio mare; l'impianto, dalla porzione più occidentale a quella più orientale è lungo circa 2,7 Km. ed è separato dal mare dalla zona ZSC/ZPS costituita dalle "Stagni di Saline di Punta della Contessa".

Dal punto di vista idrogeologico, le indagini e gli studi effettuati, si ritengono del tutto soddisfacenti ed assicurano una totale separazione fra le acque meteoriche di displuvio e quelle della falda profonda sottostante il terreno in esame e posta ad una profondità di circa 30/35 m. dal p.c.; altresì, la realizzazione dell'impianto non impedirà, in nessun modo, la naturale alimentazione della falda superficiale posta, mediamente, a circa 5 m. dal p.c., in quanto l'impianto non modifica minimamente l'attuale assetto di deflusso e di percolamento verso il basso.

Le certezze relative alle caratteristiche stratigrafiche dell'area permettono pure di fare esplicito riferimento, per l'individuazione delle caratteristiche geotecniche, all'esperienza ultratrentennale acquisita dallo scrivente sui terreni in studio e di considerare le caratteristiche volumetriche medie in maniera tale da rendere affidabili i parametri considerati, oltre a quelli desunti dalle richiamate caratterizzazioni chimiche.

In definitiva, lo studio dell'area che sarà interessata dai lavori, è stato finalizzato alla definizione:

- a. della situazione litostratigrafica locale;
- b. delle forme e dei lineamenti dell'area ed in particolare dei processi morfologici e degli eventuali dissesti in atto o potenziali;
- c. di uno schema semplificato della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- d. dei parametri di progetto secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e ss. mm. ii. (D.M. 17/01/2018).

Lo studio è stato effettuato in ottemperanza alle normative vigenti ed in particolare:

- D.M. 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 e delle opere di fondazione" e successive modifiche ed integrazioni;
- Legge 109/94: "Legge quadro in materia di lavori pubblici";
- DPR n. 554/99: "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici";
- Raccomandazioni dell'AGI in merito alle indagini igeognostiche in situ ed alle indagini geotecniche di laboratorio.
- D.M.LL.PP. del 14/01/2008 (G.U. n. 29 del 04/02/2008): "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare del 02/02/2009 n. 617: "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 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";
- Decreto Del Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018 recante: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".

## 2 SINTETICHE CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'AREA SIN E SULL'AREA INTERESSATA DALL'IMPIANTO.

Come accennato in premessa, appare opportuno ribadire che con la L. 426/1998, il territorio industriale di Brindisi, congiuntamente ad altre 13 località, viene riconosciuto come **"Sito di interesse nazionale per la bonifica"** ed il Ministero dell'Ambiente, con proprio Decreto del 10 gennaio 2000, perimetra l'area da sottoporre a caratterizzazione chimica per l'individuazione di eventuali inquinanti presenti e l'attivazione delle relative procedure di **"bonifica"**; la perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale (SIN) è effettuata ai sensi dell'art. 1 comma 4 della stessa L. 426/98 che testualmente recita:

*"Sono considerati primi interventi di **bonifica di interesse nazionale** quelli compresi nelle **seguenti aree industriali e siti di interesse nazionale i cui ambiti sono perimetrati**, sentiti i comuni interessati, dal **Ministro dell'Ambiente** sulla base dei criteri di cui all'art. 18, comma 1, lettera n), del Decreto legislativo 5 febbraio 1997 e successive modifiche".*

In tale perimetrazione il Ministero ha ritenuto opportuno inserire, oltre che l'intera area industriale di Brindisi, come espressamente riportato all'art. 1 comma 4 della L. 426/98, anche l'area agricola interclusa fra il polo industriale e la centrale termoelettrica dell'Enel posta a Sud, in località Cerano, in quanto soggetta a full-out di inquinanti rivenienti dalle due aree industriali e dalla presenza del nastro trasportatore del carbone che collega l'area portuale alla centrale di Cerano.

L'inclusione di questa area agricola, comprensiva dei terreni di imposta dell'impianto agrivoltaico che si propone, nella perimetrazione del **"Sito di Interesse Nazionale"** (SIN) costituisce, sostanzialmente, un'anomalia rispetto alla L. 426/98 ed allo stesso Decreto attuativo 471/99, in quanto le **"Aree Agricole"**, sono escluse dagli interventi di bonifica perché nessun imprenditore agricolo e/o conduttore può, con la propria attività, contaminare (ad esclusione dell'uso indiscriminato di fitofarmaci) le matrici ambientali suolo, sottosuolo e falde sotterranee.

Tale anomalia, in caso di individuazione di una contaminazione delle matrici suolo, sottosuolo ed acque, ricade totalmente a carico dello Stato e non può essere a carico dei proprietari e conduttori dei fondi agricoli; infatti, la caratterizzazione del suolo, del sottosuolo e della falda freatica dei terreni posti nell'area agricola interclusa fra la zona industriale e la centrale di Cerano, così come riportato in premessa, è stata realizzata solo ed esclusivamente con fondi pubblici rivenienti dal Commissario regionale all'emergenza ambientale (Fitto e Vendola) e voluta ed imposta dal Ministero dell'Ambiente in apposite Conferenze di Servizio.

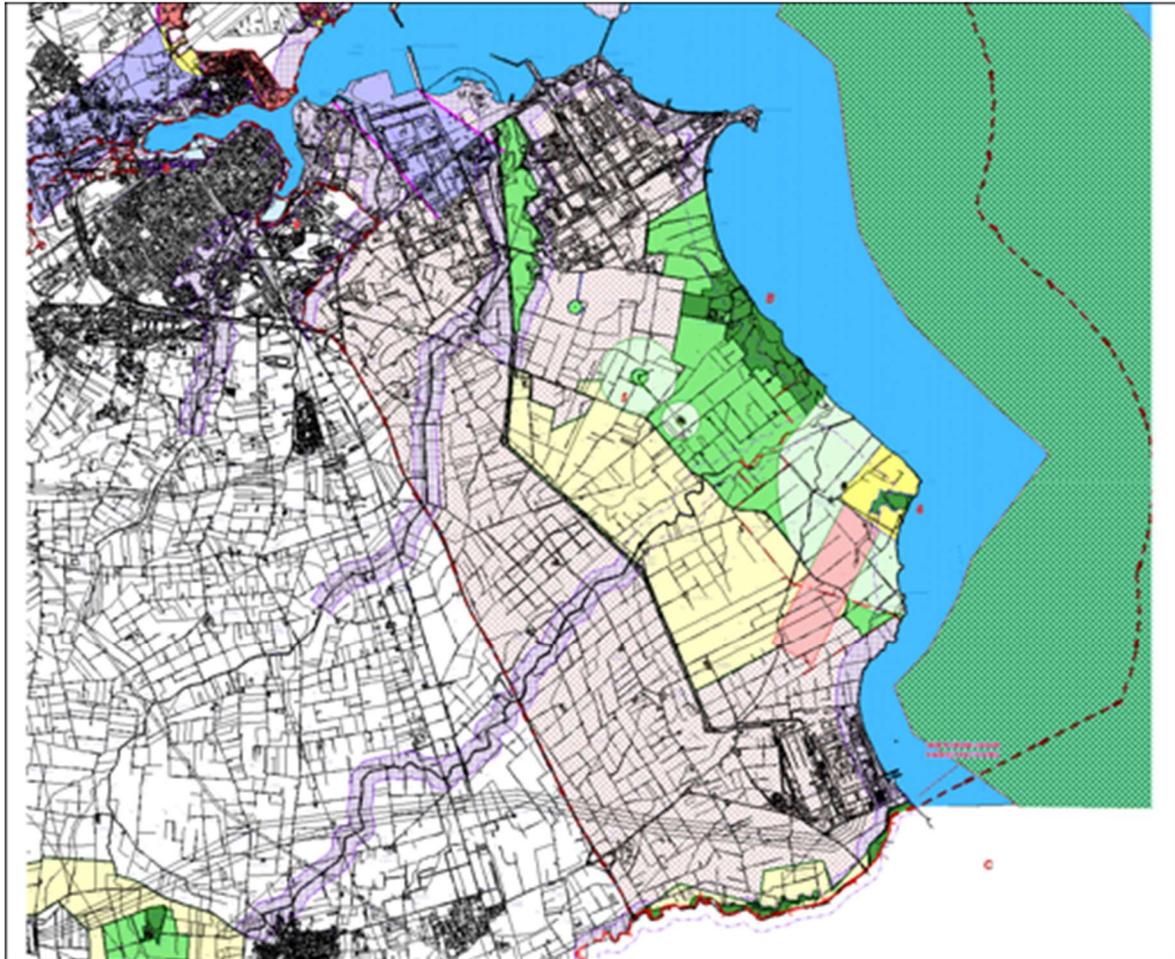
Il Ministero dell'Ambiente, con Decreto del 10 gennaio 2000, perimetra l'area del SIN di Brindisi, inserendo anche le richiamate aree agricole, su cui si intende realizzare l'impianto agrivoltaico con tracker e con ciò ritenendo, giustamente, che queste fossero direttamente interessate dalle emissioni e dalle ricadute di inquinanti e che, per tali presenze, si potesse mettere a rischio la salute dei cittadini a causa dell'immissione nel locale ciclo alimentare delle colture prodotte sui terreni.

I terreni dell'impianto agrivoltaico proposto sono tutti inclusi nella perimetrazione dell'area SIN di Brindisi e non appartenenti all'area industriale di Brindisi; inoltre, essendo tutti classificati come **"terreni agricoli"**, non possiedono parametri tabellati che ne determinano i "limiti" e quindi, lo stato di **"contaminazione"**.

L'area dell'impianto agrivoltaico proposto rientra anche nella perimetrazione effettuata dalla Regione Puglia del **"Parco Naturale regionale Salina di Punta della Contessa"**.

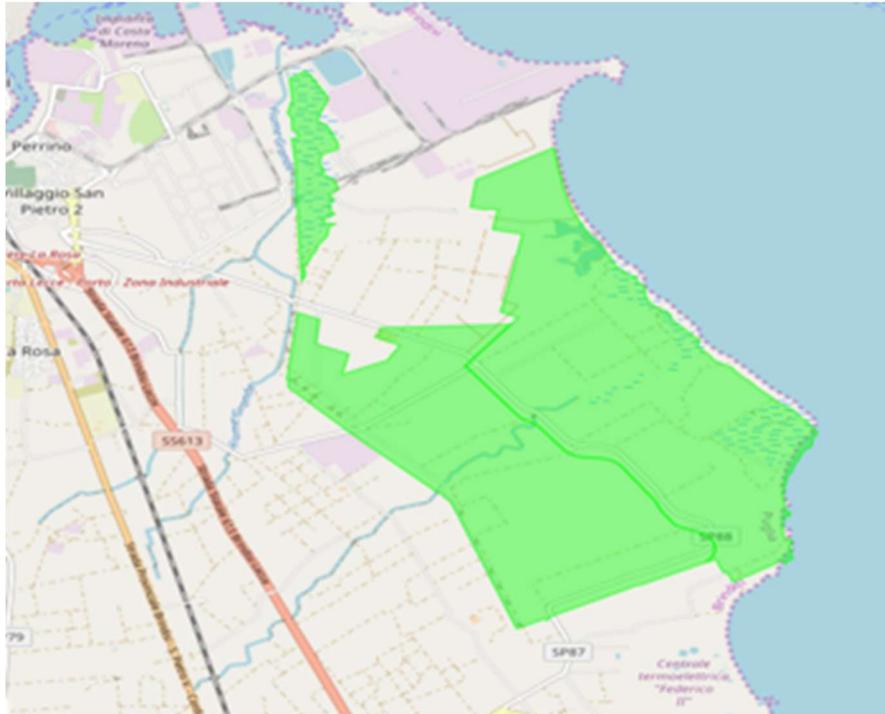
I terreni che costituiscono l'impianto agrivoltaico proposto sono allocati tutti nella porzione posta ad Est del nastro trasportatore del carbone per la centrale di Cerano e quindi per buona parte inclusi nel **"Parco Naturale regionale Salina di Punta della Contessa"**.

Di seguito alla Tavola n. 1 è riportata la perimetrazione dell'area SIN di Brindisi, con le relative suddivisioni, evidenziate da differenti colori e la relativa legenda.



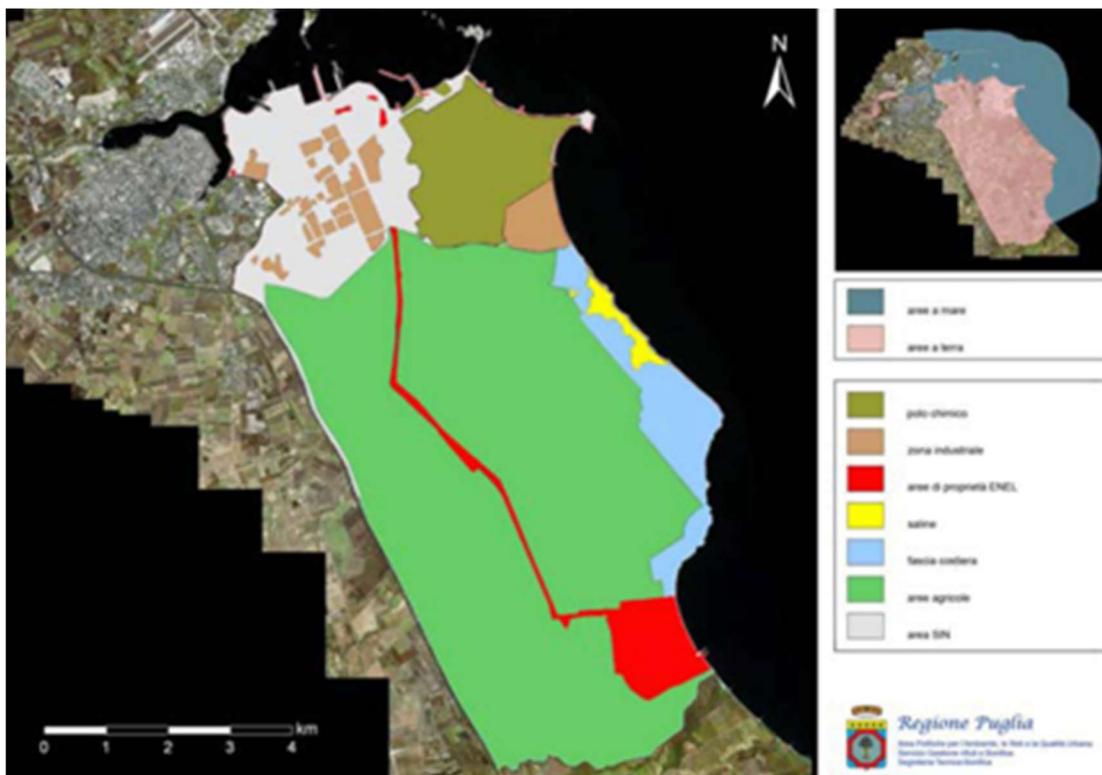
**Tavola n. 1: Perimetrazione e legenda area SIN Brindisi (D.M.A. 10/01/2000).**

Nella successiva Tavola n. 2 si riporta l'area, in verde, interessata, nell'ambito del SIN, dal "Parco Naturale regionale Salina di Punta della Contessa".



**Tavola n. 2: In verde il "Parco Naturale regionale Salina di Punta della Contessa" e la zona ZSC-ZPS di "Stagni e Saline di Punta della Contessa e Fiume Grande".**

Infine, alla successiva tavola n. 3 si riporta la planimetria dell'Area "SIN", con esclusa l'area marina, dei terreni "agricoli" che, come riportato, in parte vengono ad essere interessati dal "Parco Naturale regionale Salina di Punta della Contessa" e sono posti ad Est della traccia in rosso che costituisce il nastro trasportatore del carbone verso la centrale termoelettrica di Cerano, anche questa in rosso e, per la restante parte, sono attualmente destinati agli usi agricoli consentiti.



**Tavola n. 3: In verde area SIN destinata alla caratterizzazione chimica delle varie matrici.**

### 3 INDIVIDUAZIONE CATASTALE, MORFOLOGICA E DELLA CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DELL'IMPIANTO.

La morfologia dell'area di insediamento dell'impianto agrivoltaico che si propone è sostanzialmente pianeggiante e leggermente degradante verso il mare; infatti, nell'area la maggiore componente è costituita da sabbia intercalata a minerali argillosi dovuti ai fenomeni di "argillificazione secondaria", per trasformazione della componente umica.

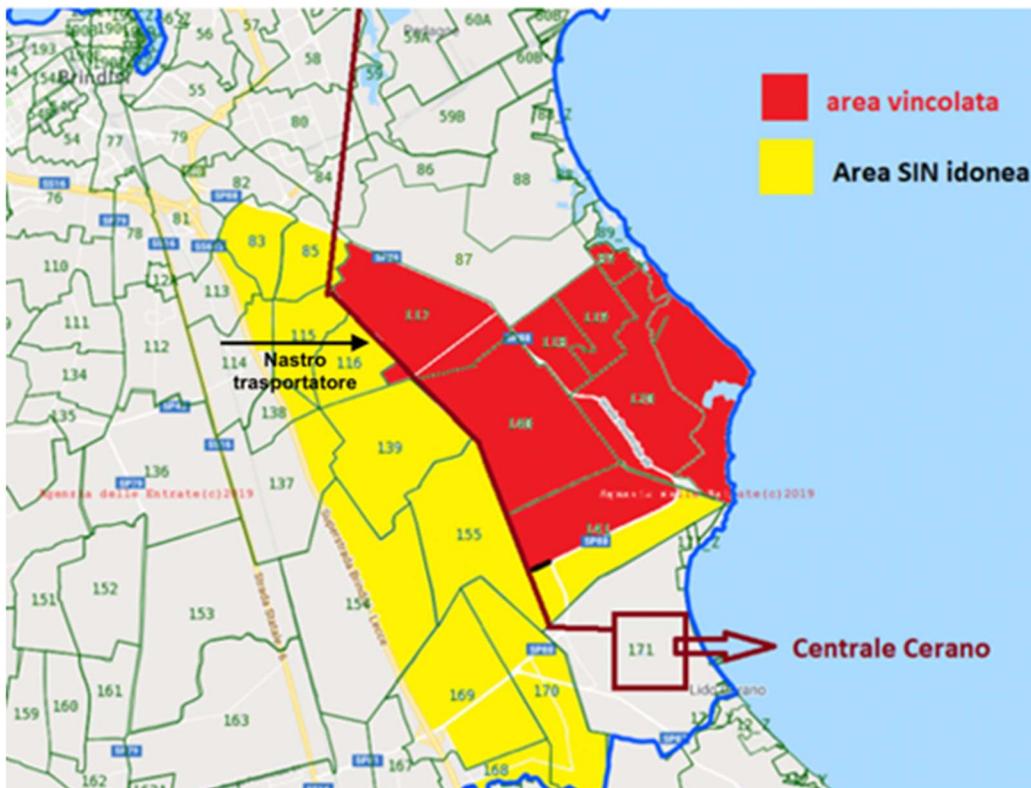
Le caratteristiche climatiche sono piuttosto uniformi e caratterizzate da inverni ed estati temperati, primavera ed autunno piuttosto brevi; infatti, l'intero territorio della provincia di Brindisi presenta un clima "caldo-arido" caratterizzato da temperature medie alquanto elevate e da una piovosità di circa 600 mm/anno, concentrata nel periodo ottobre-marzo.

Le precipitazioni estive, piuttosto rare, assumono spesso carattere temporalesco.

I venti dominanti spirano in prevalenza lungo la direttrice Nord – Sud, infatti, provengono principalmente dai quadranti settentrionali, su cui predomina la tramontana e da quelli meridionali con prevalenza dei venti sciroccali. Partendo dal centro abitato di Brindisi, i fondi in esame sono raggiungibili percorrendo la Strada Litoranea per Casalabate (S.P. 88) in direzione Sud e da questa, dopo aver raggiunto il canile comunale, percorrendo le strade comunali che interessano anche l'area del "Parco Regionale", si raggiungono tutte le 12 "aree" che costituiscono, nel loro insieme, un unicum dell'impianto proposto.

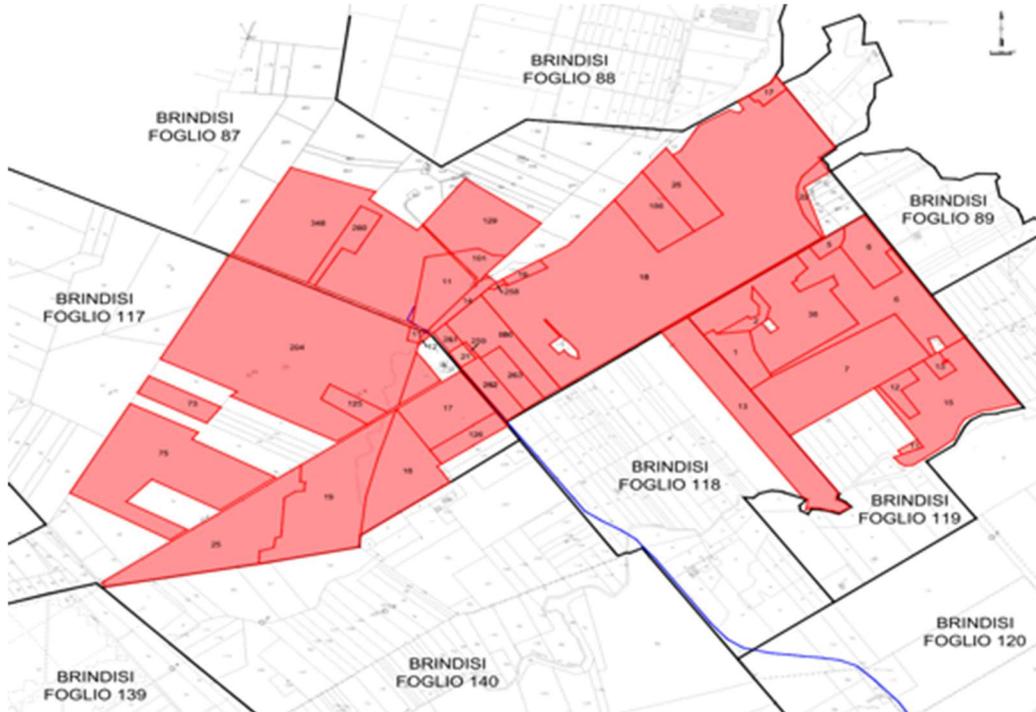
L'impianto ha la caratteristica peculiare di distare, per i "sotto campi" più occidentali (1-2-3 e 4), alcune centinaia di metri dal tracciato del nastro trasportatore del carbone ed in particolare, fra la Torre di smistamento del nastro, identificata con il n. 8; altresì, molte delle altre "are" sono inserite nella perimetrazione del "Parco Regionale".

L'estensione complessiva è pari ad ettari **260,70 Ha** e le particelle di proprietà, come riportato in premessa, sono identificate ai Fogli n. 87, 117, 118 e 119; tutte le particelle sono allocate all'interno della perimetrazione dell'area SIN del Comune di Brindisi e la Tavola n. 4 che segue riporta l'ubicazione dei Fogli di mappa catastale interessati dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico.



**Tavola n. 4: Fogli di mappa interessati dall'impianto agrivoltaico proposto.**

La Tavola n. 5, che segue, riporta l'impronta dell'impianto agrivoltaico proposto e rappresentato su catastale come distribuito nelle varie particelle che si è avuto modo di riportare in premessa.



**Tavola n. 5: Particelle dell'impianto e relativi Fogli di mappa.**

L'ulteriore Tavola n. 6 rappresenta l'impronta dell'impianto proposto.



**Tavola n. 6: impronta dell'impianto agrivoltaico proposto.**

Si è detto che l'area di studio è compresa nel SIN di Brindisi e rappresenta l'area agricola interclusa fra il petrolchimico e la zona industriale, posti a nord ed il polo energetico di Cerano, a Sud, ove sorge la centrale termoelettrica a carbone di Enel

Produzione, alimentata da un nastro trasportatore che, sostanzialmente, suddivide la perimetrazione dell'area SIN agricola, nella porzione posta ad oriente del nastro e destinata al "Parco Naturale regionale Salina di Punta della Contessa", ove sorge l'impianto proposto e la porzione di terreno agricolo, posta ad occidente ed interclusa fra il nastro ed il limite della perimetrazione SIN che corrisponde alla SS 613 per Lecce.

Dalle Tavole n. 5 e 6 si evince chiaramente che l'impianto proposto viene ad occupare solo ed esclusivamente terreni agricoli, in parte in abbandono culturale da lustri e soggetti a fenomeni di predesertificazione ed in parte terreni per lo più coltivati a seminativo; a tal proposito si fa esplicito riferimento alla relazione specialistica dell'Agronomo, allegata al progetto.

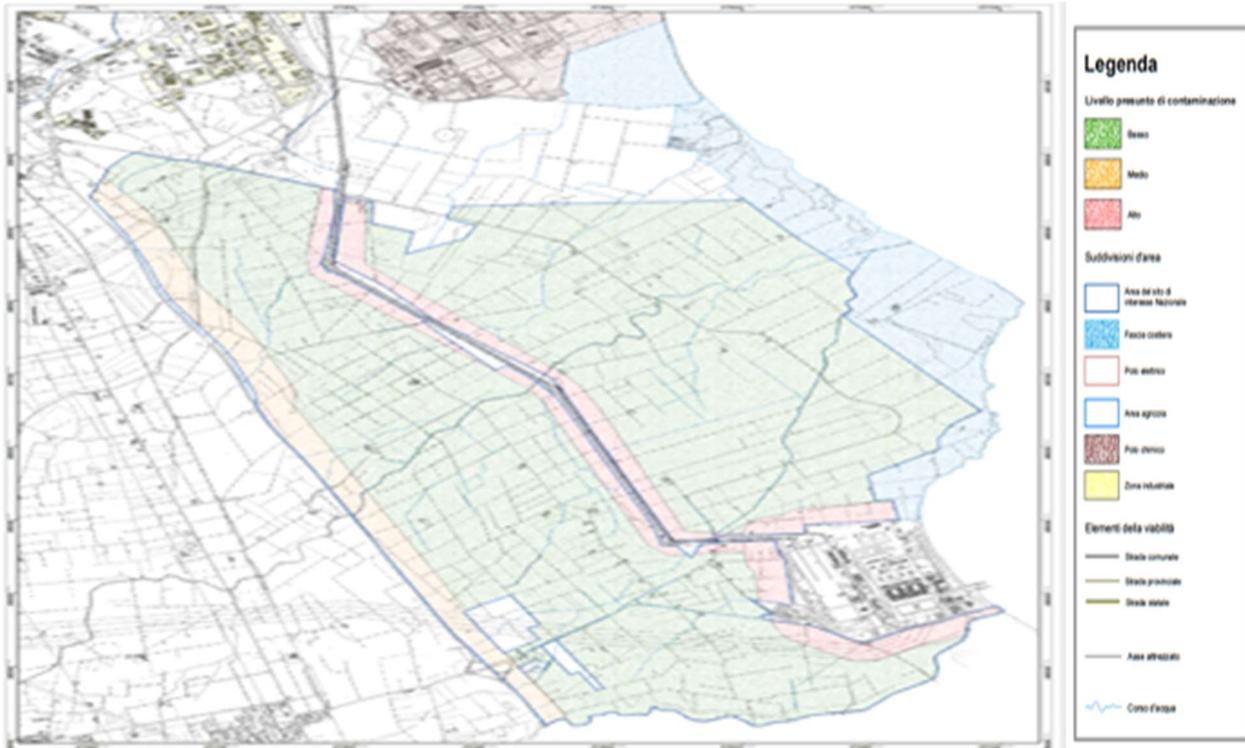
In premessa si è avuto modo di riportare che, per le ragioni richiamate, tutta l'area agricola dell'area SIN è stata caratterizzata in due differenti step e con l'utilizzo solo di risorse pubbliche, senza incidere sulla già molto precaria condizione economica del settore primario agricolo.

Con il "Piano di Caratterizzazione" sviluppato dall'Università di Lecce e dall'ARPA Puglia, DAP di Brindisi, nel 2004, si è ritenuto opportuno suddividere l'area agricola del SIN, interclusa fra la zona industriale e la centrale termoelettrica di Enel Produzione Spa a Cerano, in tre differenti aree di probabile contaminazione, quali:

- 1) **Area ad "Alta" probabilità di "contaminazione"**, individuata nell'intorno del nastro trasportatore del carbone e per un'estensione, per entrambi i lati di 150 m. Quest'area è stata sottoposta a caratterizzazione chimica, da parte di Sviluppo Italia, con il "Piano di Investigazione" sviluppato dall'Università e dall'ARPA, fra il 2004 ed il 2005 e, quindi con il riferimento normativo relativo al D.M. 471/99;
- 2) **Area a "Media" probabilità di "contaminazione"**, individuata in prossimità della SS 613 (superstrada) Brindisi-Lecce. Quest'area è stata sottoposta a caratterizzazione chimica, con il "Piano di Investigazione" sviluppato da INVITALIA, fra il 2014 ed il 2015 e, quindi con il riferimento normativo relativo al T.U.A. D.Lgs 152/2006;
- 3) **Area a "Bassa" probabilità di "contaminazione"**, interclusa fra le precedenti due, nella porzione ad W del nastro trasportatore e per tutta l'area ad Est di questo, costituente, per gran parte, l'area del "Parco Naturale regionale Salina di Punta della Contessa". Anche quest'area è stata caratterizzata con il "Piano di Investigazione" sviluppato da INVITALIA fra il 2014 ed il 2015.

La tavola allegata n. 7 riporta la perimetrazione dell'area SIN di Brindisi, limitata all'area agricola ed alla centrale termoelettrica di Enel Produzione Spa – Brindisi Sud – Cerano, differenziata con tre distinte colorazioni che rappresentano:

- ⇒ **Area in rosso: area ad "Alta" probabilità di "contaminazione"**, posta nell'intorno del nastro trasportatore del carbone e della stessa centrale termoelettrica;
- ⇒ **Area in giallo: area a "Media" probabilità di "contaminazione"**, posta in adiacenza alla SS. 613 -superstrada Brindisi-Lecce e sottoposta, in particolare, alla ricaduta degli inquinanti immessi in atmosfera dall'intenso traffico veicolare e, se pur leggermente, in adiacenza all'area identificata come ad "Alta" probabilità di contaminazione;
- ⇒ **Area in Verde: area a "Bassa" probabilità di "contaminazione"**, posta sia ad oriente che ad occidente del nastro trasportatore del carbone. In quest'area, in particolare, sorge l'impianto agrivoltaico proposto.



**Tavola n. 7: suddivisione dell'area SIN (agricola) in tipologia di presunta "contaminazione".**

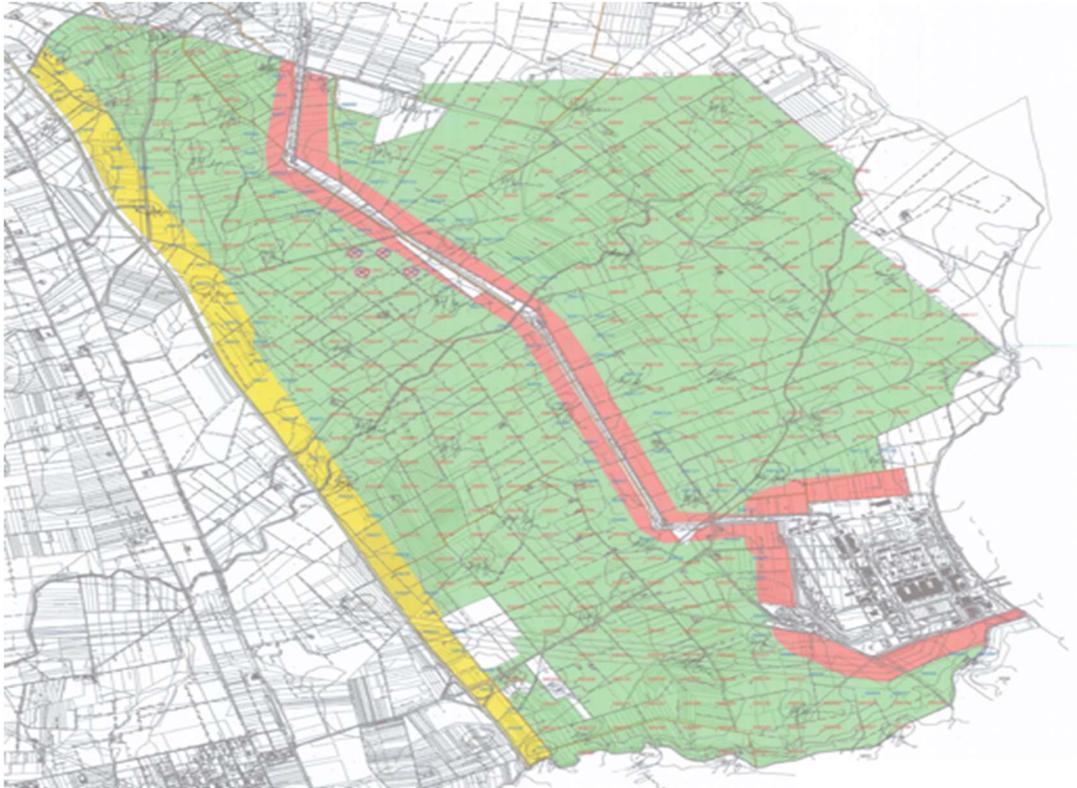
Nella tavola n. 7, oltre alla differenziazione cromatica richiamata, si evidenziano tutta una serie di puntini che corrispondono ai "sondaggi ambientali" effettuati nell'ambito delle due campagne di caratterizzazione chimica effettuate e per le quali si avrà modo di ritornare nei successivi capitoli.

Ai fini di questa relazione, per riconoscere il reale stato di "contaminazione" dei terreni interessati dalla proposta di realizzazione dell'impianto agrivoltaico, si è operato come di seguito riportato:

- Ricerca bibliografica delle caratterizzazioni chimiche effettuate nei due differenti step investigativi;
- Individuazione dei sondaggi "ambientali" effettuati, nell'ambito dei due richiamati "Piani di Investigazione", sui terreni costituenti l'impronta topografica dell'impianto agrivoltaico proposto e nell'immediato intorno;
- Ricerca e tabellazione dei risultati delle indagini chimiche effettuate sui campioni prelevati dai sondaggi di interesse;
- Rappresentazione tabellare e grafica dei riscontri registrati.

La Tavola n. 7, che segue, riporta l'area agricola perimetrata come SIN e, con i puntini, l'ubicazione di tutti i sondaggi effettuati dai "Piani di Investigazione" di Sviluppo Italia e Invitalia e le relative sigle identificative che di seguito si riportano:

- **Sondaggi "S"** : realizzati nell'area ad "Alta" probabilità di contaminazione;
- **Sondaggi "S M"**: realizzati nell'area a "Media" probabilità di contaminazione;
- **Sondaggi "S B"**: realizzati nell'area a "Bassa" probabilità di contaminazione;



**Tavola n. 8: Sondaggi effettuati in area agricola SIN con ubicazione.**

Infine, di seguito ed a scala maggiore, si riportano le Tavole n. 8 e 9 che rappresentano, su ortofoto, sia l'impronta dell'impianto agrivoltaico proposto che i sondaggi ambientali realizzati sui terreni acquisito e nell'immediata prossimità; anche in queste due tavole si rileva una differente colorazione fra i sondaggi ambientali identificati come "SM" ed "SB", precedentemente richiamati e l'assenza dei sondaggi "S" realizzati in prossimità del nastro.

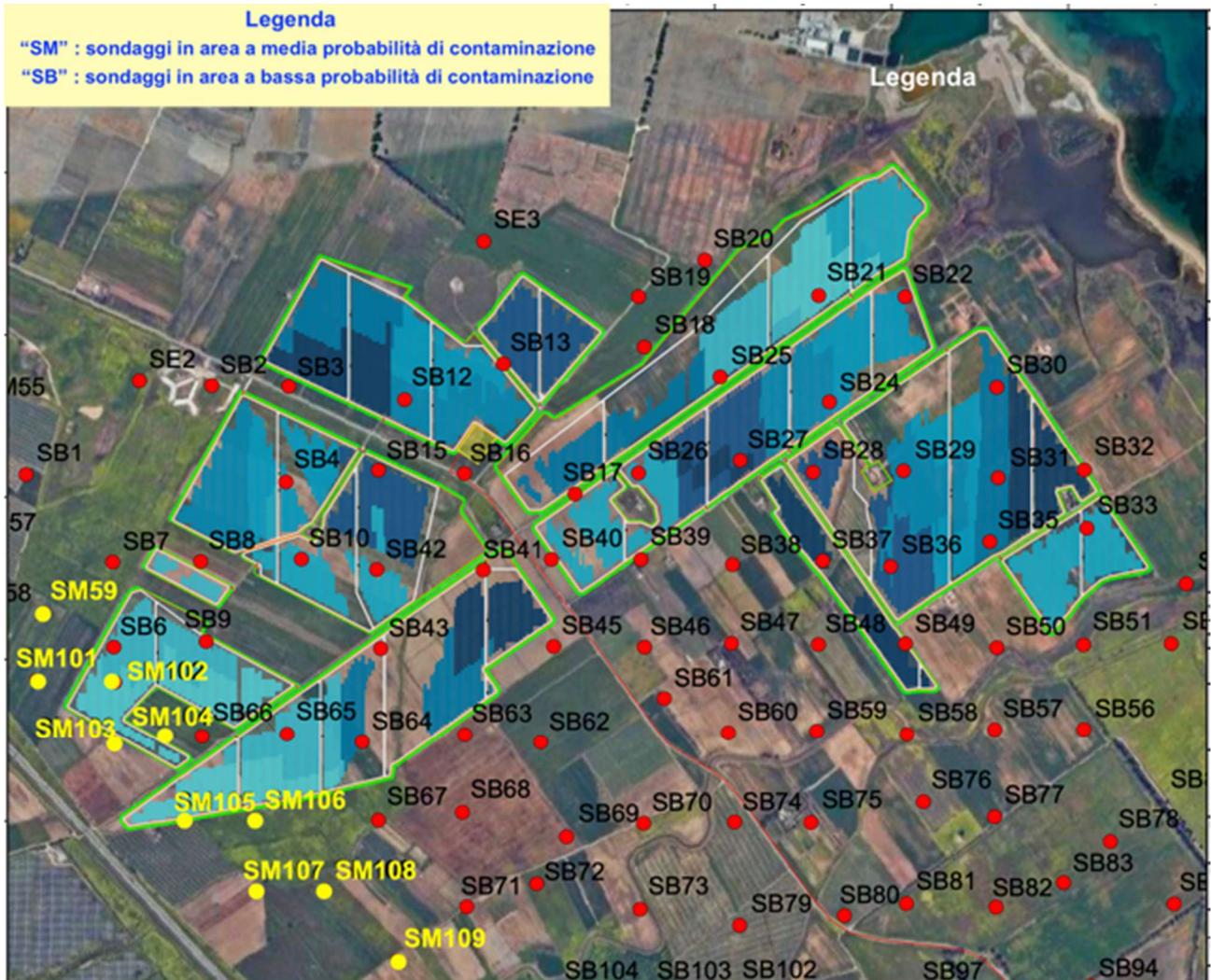


Tavola n. 9: Sondaggi ambientali realizzati nell'area d'imposta ed in prossimità dell'im-pianto, come suddivisi in "SM" (in giallo) da "SB" (in rosso).

In merito alle acque di falda, l'area si caratterizza per la presenza di un livello di argilla, posta a circa 8-10 m. al di sotto del piano di campagna, che permette la formazione di una "falda freatica" superficiale e confina la "falda profonda" nell'ambito della imponente copertura calcarea ed al di sotto del pacco delle argille; la presenza delle argille che si approfondiscono al di sotto del livello del mare, permette alla falda di essere in pressione e quindi di tipo "artesiano".

Con le considerazioni riportate la tavola n. 10 che segue riporta l'ubicazione dei pozzi freatici superficiali, evidenziati in bianco, da quelli profondi ed artesiani evidenziati in giallo ed in rosso; la differenza di colorazione dei pozzi artesiani sta nella loro localizzazione nell'area SIN, rispettivamente, in area agricola (in rosso) ed in area industriale e ZSC (in giallo).

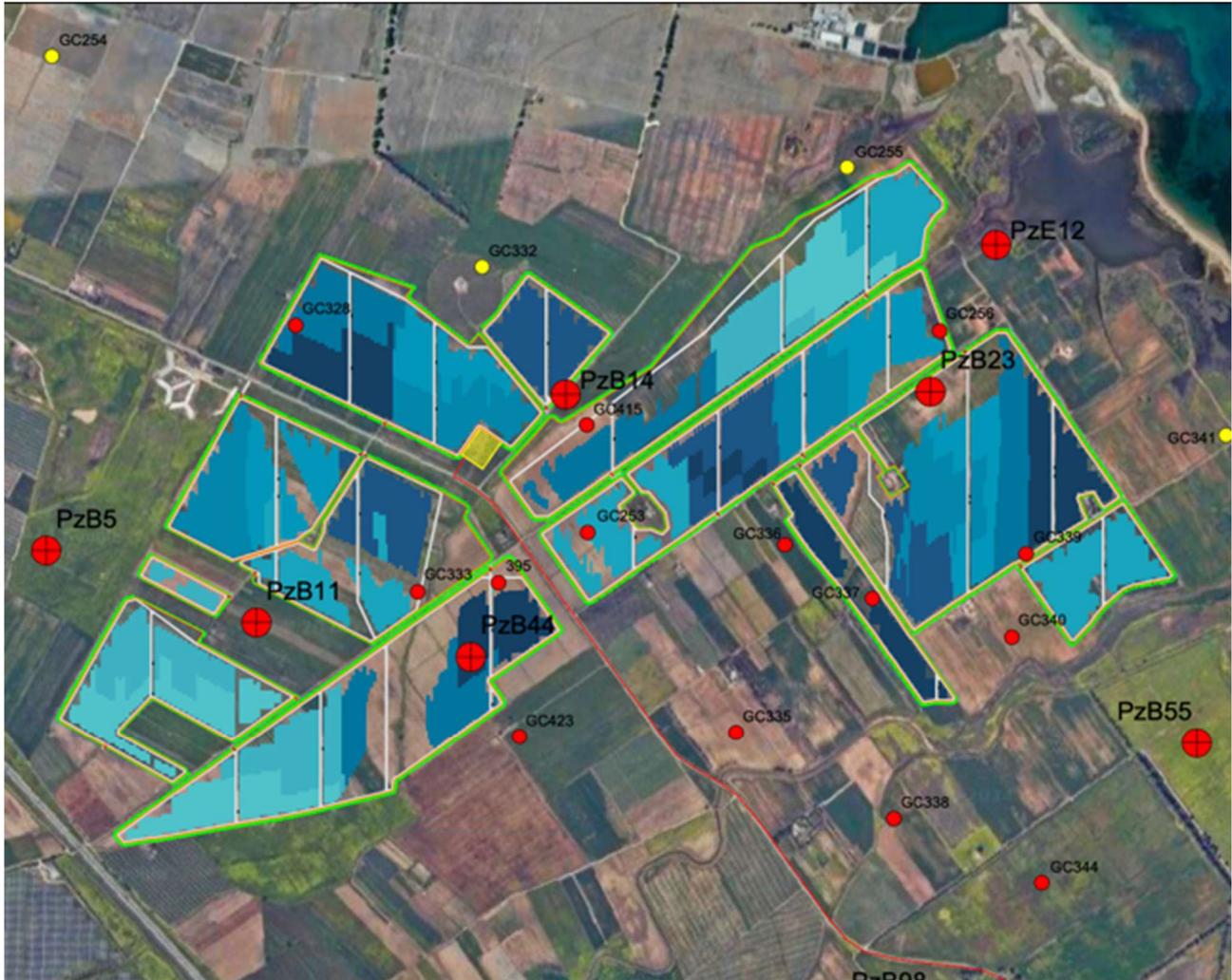


Tavola n. 10: Ubicazione dei pozzi freatici ed artesiani.

Dalla tavola n. 10 si evince facilmente che nell'area d'impronta dell'impianto proposto si rileva la presenza di:

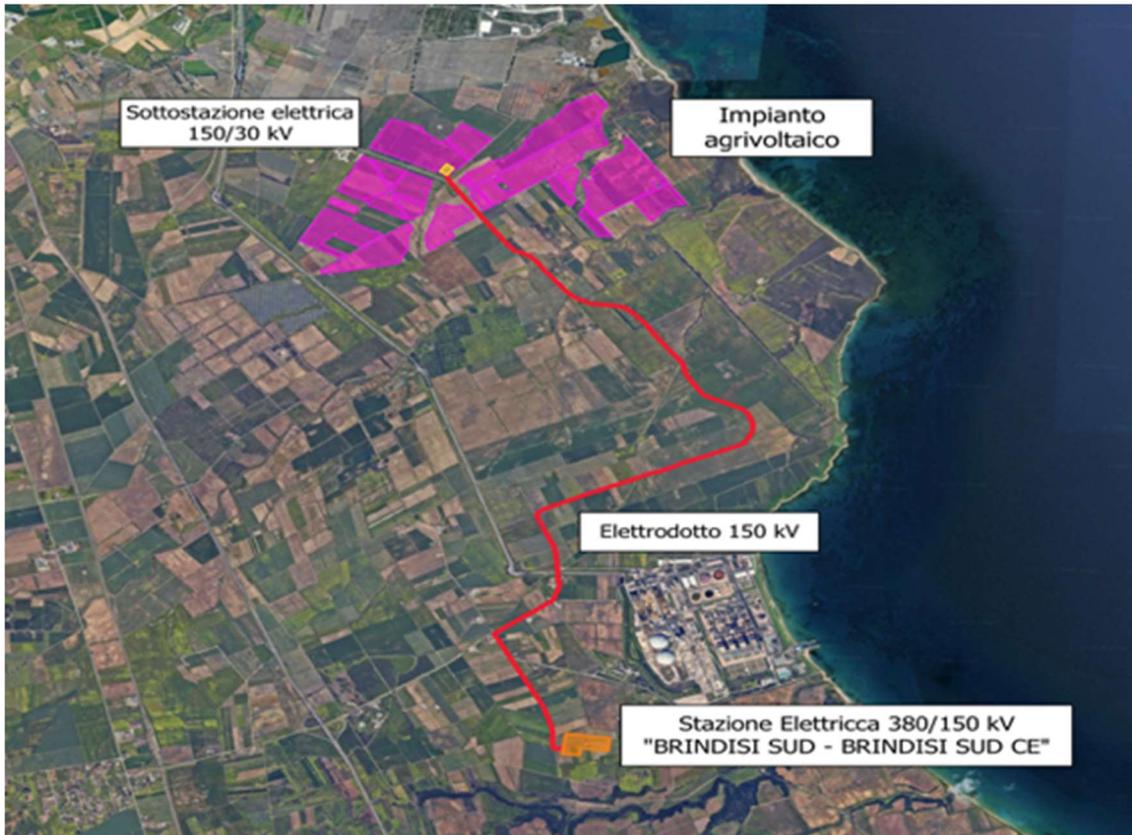
- ⇒ **Pozzi freatici superficiali identificati come: PzB11, PzB14, PzB23 e PzB44;**
- ⇒ **Pozzi artesiani esterni all'area agricola identificati come: GC265 e GC332;**
- ⇒ **Pozzi artesiani interni all'area agricola identificati come: GC265, GC415, GC253, GC 395, GC 333 e GC 337.**

In definitiva, i pozzi presenti permetteranno di alimentare le "pozze naturalistiche" previste in adiacenza dell'impianto proposto.

#### 4 INQUADRAMENTO DEL CAVIDOTTO IN STUDIO.

Si è fatto cenno alla necessità di sviluppare una relazione integrativa per il “cavidotto” di collegamento fra l’impianto proposto e la centrale primaria di restituzione dell’energia elettrica fotovoltaica prodotta, posta in località “Cerano” ed a circa 8,6 Km. di distanza dalla cabina di rilascio dell’impianto PV24ENV28; tale necessità è dovuta ad alcune “interferenze” che si registrano nella proiezione del tracciato nel territorio comunale di Brindisi.

Di seguito, alla Tavola n. 11 si riporta l’inquadramento geografico del cavidotto sullo stralcio della ortofoto; da questo si evince quanto sia stato difficoltoso il tracciamento in virtù della situazione idrogeografica esistente e quindi della necessità di evitare numerosi superamenti del “reticolo idrografico” che si presentava fra la località “Cerano” e la cabina di restituzione dell’impianto proposto.



**Tavola n. 11: inquadramento geografico del cavidotto su ortofoto.**

Il tracciato del cavidotto di interconnessione di AT interesserà interamente il comune di Brindisi per circa 8,6 km, di cui 5,6 km in strada pubblica, come riportato nella sottostante tabella.

Provincia	Comune	Nome	Competenza	Estensione [metri]
Brindisi	Brindisi	Strada Provinciale 88	Provinciale	4.442
Brindisi	Brindisi	Strada Comunale 29	Comunale	1.203
			TOT	5.645

Alla tavola n. 11 si è riportato l’impianto nella sua interezza ed il percorso di interconnessione tra l’impianto agrivoltaico, proponente Società BIO3 PV HYDRONGEN S.R.L. con sede in Via Giovanni Bovio 84 a Spinazzola (BT), e la nuova stazione elettrica ai fini dell’allacciamento alla Rete Trasmisione Nazione (RTN) ma non sono state evidenziate le interferenze che si rilevano lungo il tracciato.

L’impianto agrivoltaico si colloca nel comune di Brindisi e l’intero cavidotto si estende nel medesimo comune sui Fogli particellari identificati come n: 118,120,141,171, e 170.

Nella figura seguente si riporta il tracciato con l'individuazione dei punti di attraversamento che vengono a costituire anche delle interferenze.



**Tavola n. 12: inquadramento geografico del cavidotto e punti di interferenza.**

Dalla tavola n. 12, se pur orientata orizzontalmente, si evidenziano n. 8 punti di interferenza che, in qualche modo, condizionano la realizzazione dell'opera.

In particolare, le interferenze evidenziate sono di seguito riportate:

- **Interferenza n. 1: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale Pandi;**
- **Interferenza n. 2: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale Foggia di Rau (a)**
- **Interferenza n. 3: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale Foggia di Rau (b)**
- **Interferenza n. 4: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale delle Chianche (a)**
- **Interferenza n. 5: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale delle Chianche (b)**
- **Interferenza n. 6: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale delle Chianche (c)**
- **Interferenza n. 7: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e varie tubazioni della centrale termoelettrica Federico II**
- **Interferenza n. 8: Intersezione tra Strada Comunale 29 e canale di irrigazione.**

Di seguito si approfondiscono le 8 intersezioni rilevate e le soluzioni trovate al fine di eliminare e/o ridurre le richiamate interferenze.

**Interferenza n. 1: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale Pandi.**

**1 – Intersezione tra la Strada Provinciale 88 ed il Canale Pandi**



Per non interferire con le fondazioni del ponte di attraversamento del "Canale Pandi", verrà predisposto un percorso laterale per il passaggio del cavidotto di interconnessione con la tecnica della Trivellazione Orizzontale Continua (T.O.C.).

**Interferenza n. 2: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale Foggia di Rau (a- prima).**

**2 – Intersezione tra la Strada Provinciale n. 88 ed il Canale Foggia di Rau (a- prima)**



Per non interferire con le fondazioni del ponte di attraversamento del canale Foggia di Rau, verrà predisposto un percorso laterale per il passaggio del cavidotto di interconnessione con la tecnica della Trivellazione Orizzontale Continua (T.O.C.).

**Interferenza n. 3: Intersezione tra Strada Provinciale n. 88 ed il Canale Foggia di Rau (b-seconda)**

**3 – Intersezione tra la Strada Provinciale n. 88 ed il Canale Foggia di Rau (b-seconda)**



Per non interferire con le fondazioni del ponte di attraversamento del canale Foggia di Rau, verrà predisposto un percorso laterale per il passaggio del cavidotto di interconnessione con la tecnica della Trivellazione Orizzontale Continua (T.O.C.).

**Interferenza n. 4: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale delle Chianche (a-prima).**

**4 – Intersezione tra la Strada Provinciale 88 ed il Canale delle Chianche (a-prima)**



Per non interferire con le fondazioni del ponte di attraversamento del "Canale delle Chianche", verrà predisposto un percorso laterale per il passaggio del cavidotto di interconnessione con la tecnica della Trivellazione Orizzontale Continua (T.O.C.).

**Interferenza n. 5: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale delle Chianche (b-seconda).**

**5 – Intersezione tra la Strada Provinciale n. 88 ed il Canale delle Chianche (b-seconda)**



Per non interferire con le fondazioni del ponte di attraversamento del “*Canale delle Chianche*”, verrà predisposto un percorso laterale per il passaggio del cavidotto di interconnessione con la tecnica della Trivellazione Orizzontale Continua (T.O.C.).

**Interferenza n. 6: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e Canale delle Chianche (c-terza).**

**6 – Intersezione tra la Strada Provinciale n. 88 ed il Canale delle Chianche (c-terza)**



Per non interferire con le fondazioni del ponte di attraversamento del “*Canale delle Chianche*”, verrà predisposto un percorso laterale per il passaggio del cavidotto di interconnessione con la tecnica della Trivellazione Orizzontale Continua (T.O.C.).

**Interferenza n. 7: Intersezione tra Strada Provinciale 88 e varie tubazioni della centrale termoelettrica Federico II.**

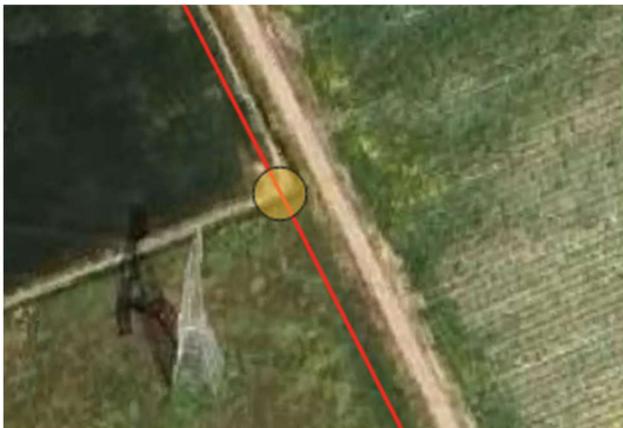
**7 – Intersezione tra la Strada Provinciale n. 88 e varie tubazioni della centrale termoelettrica Federico II.**



Per non interferire con le tubazioni della centrale termoelettrica Federico II, il passaggio avverrà attaccandosi al cavalcavia e non andando interrati.

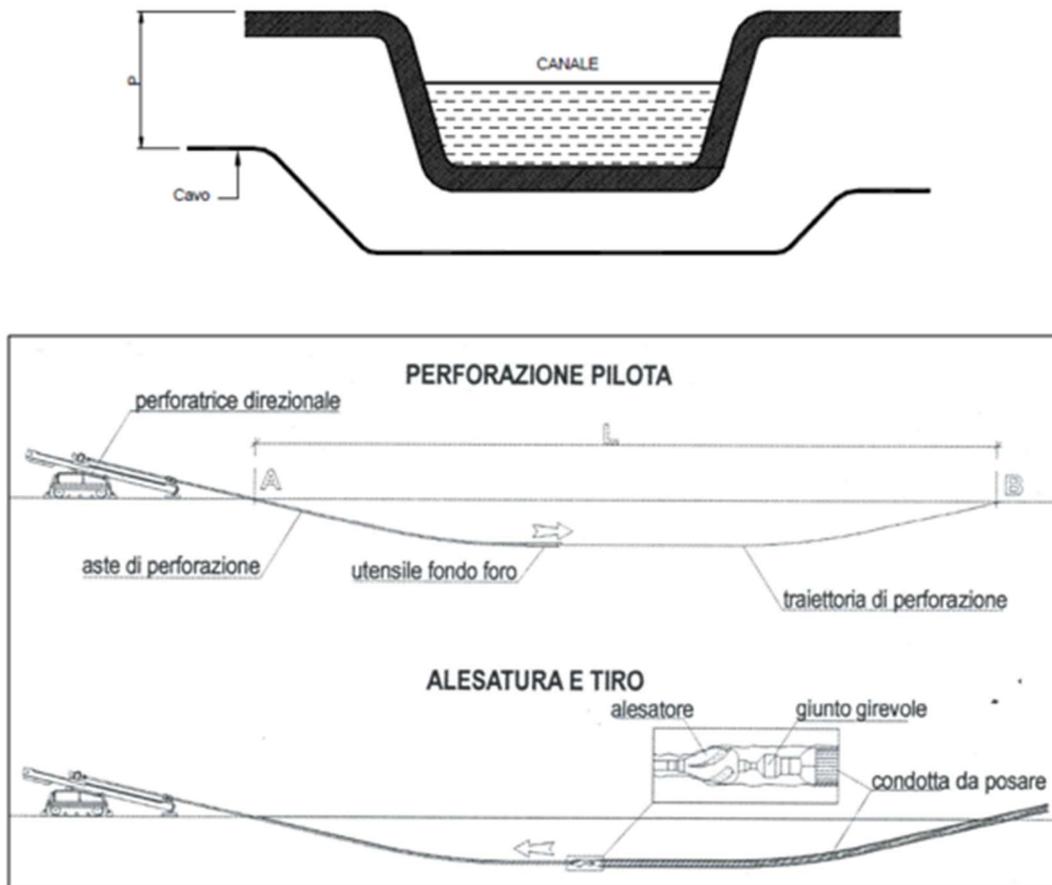
**Interferenza n. 8: Intersezione tra Strada Comunale 29 e canale di irrigazione.**

**8 – Intersezione tra la Strada Comunale 29 ed un canale di irrigazione.**



Per tutti gli attraversamenti con canali si prevede di eseguire i passanti con soluzione T.O.C (trivellazione orizzontale controllata), quindi per i punti 1,2,3,4,5,6, e 8..

Si riporta uno schema esplicativo del tipo di passaggio:



Invece, per l'attraversamento con le tubature della centrale termoelettrica Federico II, punto 7, si è scelto attraversamento tramite aggancio alla strad, senza perciò andare in cavidotto interrato.

La scelta è dovuta alla notevole profondità che si dovrebbe raggiungere in T.O.C. per sottopassare le tubature.

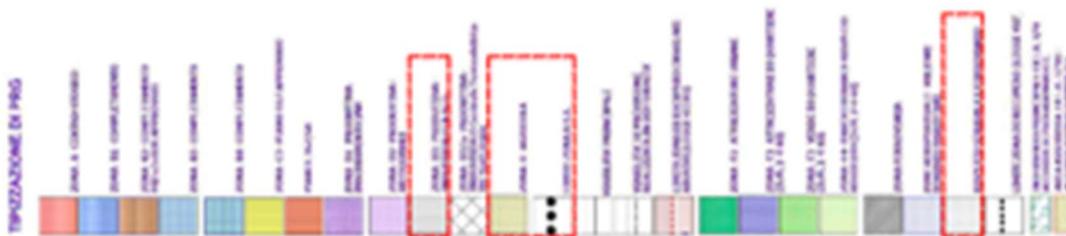
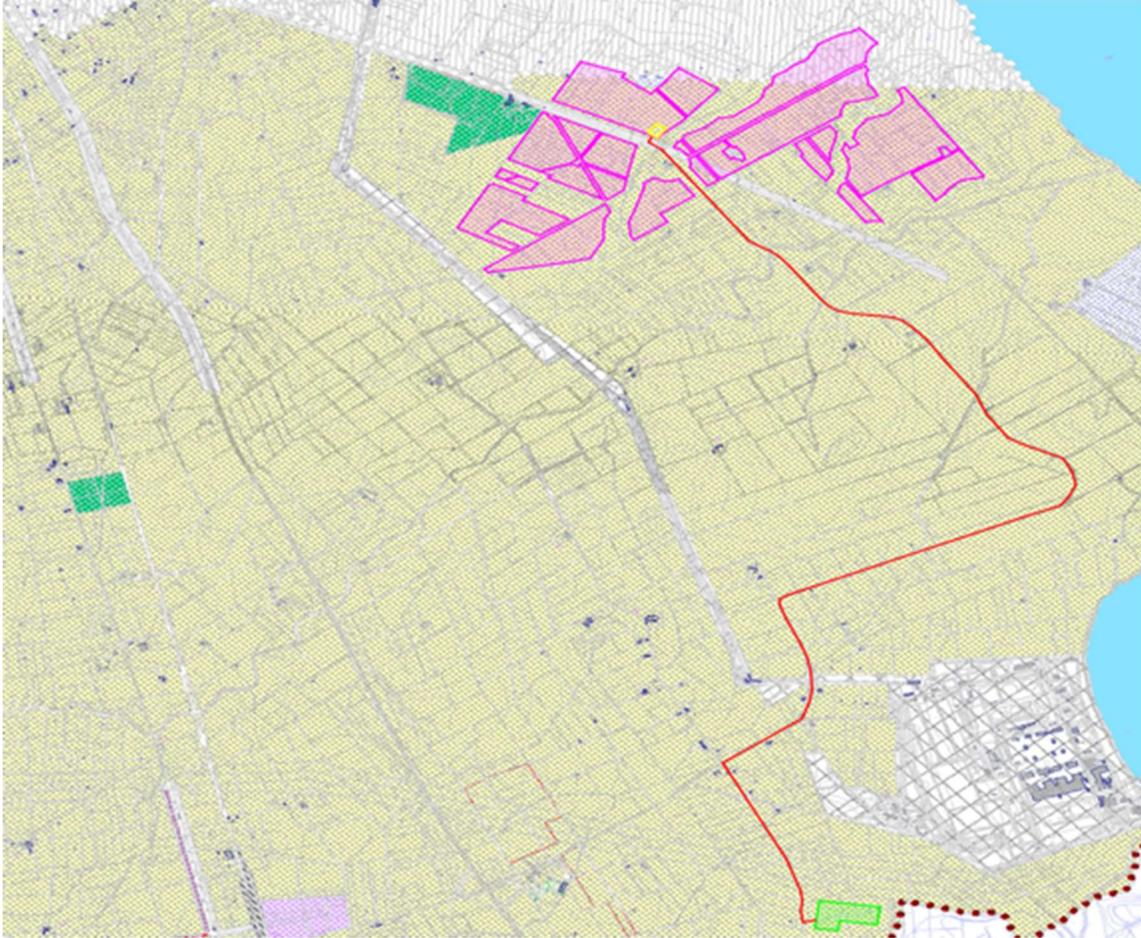
Per quanto concerne eventuali interferenze interrato tra il cavidotto e sottoservizi esistenti saranno valutati in fase realizzativa dell'opera rispettando le prescrizioni a seconda del tipo di interferenza.

## 5 VINCOLI URBANISTICI CHE INSISTONO SUL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO.

Come si avrà modo di riportare, i circa 13 m. di dislivello che separano la cabina primaria di località "Cerano" (circa 28 m slmm) con la quota topografica media dell'impianto, pari a circa 15 m., non comportano sostanziali difformità di ordine geologico ed in particolare, non sussistono eteropie stratigrafiche laterali; le uniche sostanziali differenze, in una successione stratigrafica omogenea, si rilevano nella "potenza" degli strati di base costituenti la "Conca di Brindisi" ed, in particolare, sulle argille calabriere che tendono a ridursi in spessore da Est verso W.

### 5.1 Il PRG del Comune di Brindisi.

La tavola che segue riproduce l'impianto ed il cavidotto nell'ambito del PRG del Comune di Brindisi.



**Tavola n. 13: PRG del Comune di Brindisi.**

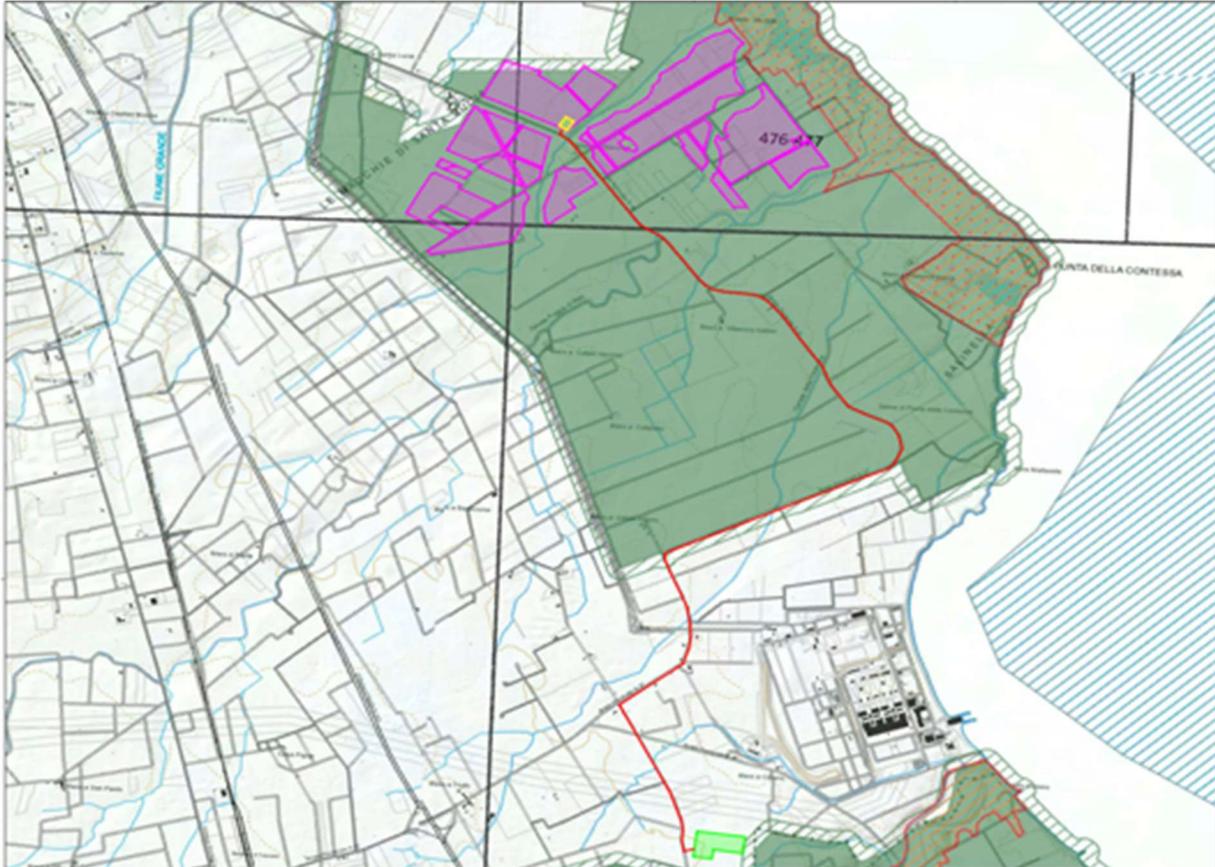
Dalla tavola n. 13 si evince che il tracciato del cavidotto interessa totalmente l'area agricola del Comune di Brindisi

## 5.2 IL PPTR REGIONALE.

Di seguito si riportano alcuni riscontri vincolistici rivenienti dal Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR).

- **Aree Protette.**

Di seguito si riporta lo stralcio del layout dell'impianto ed il relativo cavidotto.



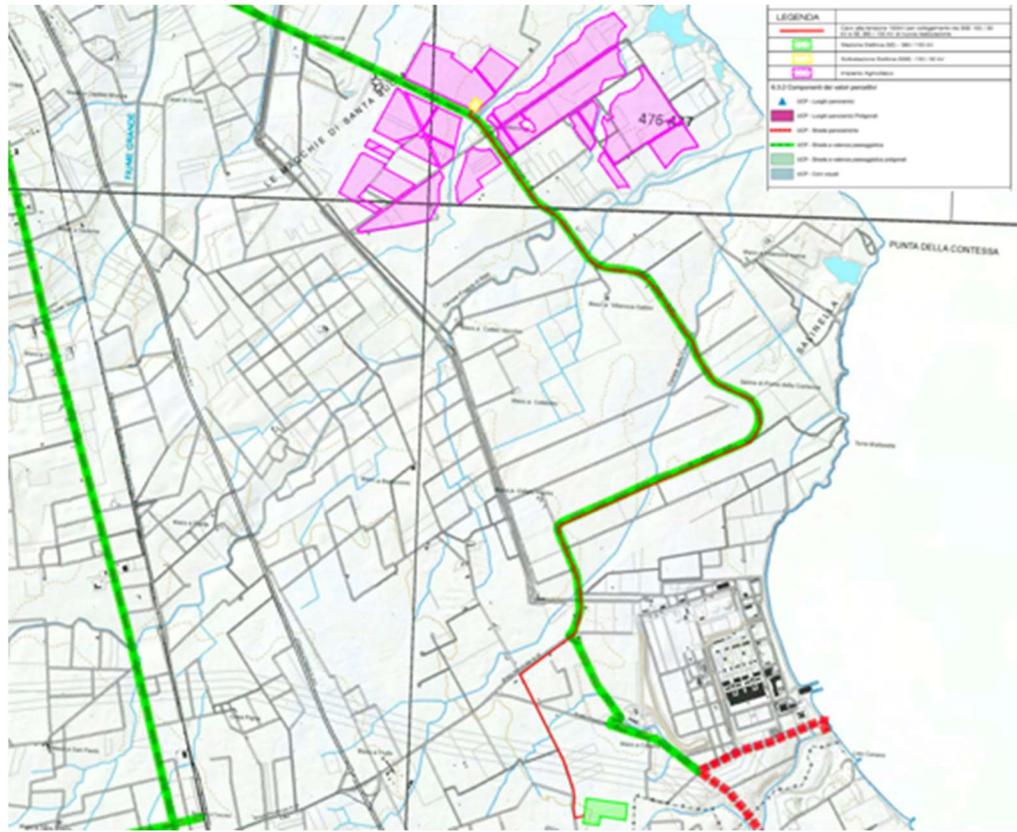
**Tavola n. 14: PPTR: aree protette.**

Dalla tavola n. 14 si evince che l'impianto ricade nell'area del "Parco Naturale Regionale della Salina di Punta della Contessa", così come buona parte del cavidotto che viene realizzato sul sedime stradale della S.P. n. 88 che, fra l'altro, nella porzione più meridionale rappresenta il limite meridionale del "Parco".

Oltre questo tratto, il cavidotto non attraversa aree protette, fino alla stazione elettrica denominata "Cerano".



- **Componenti dei valori percettivi**



**Tavola n. 16: PPTR: componenti dei valori percettivi.**

Dalla tavola n. 16 si evince che il cavidotto interessa tutto il tratto della S.P. n. 88 che il PPTR evidenzia come “*strada a valenza paesaggistica*”, fino al punto in cui il cavidotto abbandona la S.P. 88.

- **Componenti idrologiche.**

Infine, per il PPTR, si è ritenuto opportuno riportare anche le interazioni che si produrranno fra il cavidotto che raggiunge la S.E. “Brindisi Sud – Cerano” e le componenti idrologiche dell’area del Sito di Interesse Nazionale (SIN) per la bonifica, nel quale sorge l’impianto ed il relativo cavidotto.

Dalla Tavola n. 17, si rilevano, come riportato nel precedente capitolo relativo all’inquadramento dell’impianto e del cavidotto, alcune interferenze con la rete idrografica presente; in particolare l’impianto si interseca:

- Con il “*Canale Foggia di Rau*” ed un suo emissario in sponda destra;
- Con il “*Canale delle Chianche*” per due volte;
- Con un canale che adduce le acque meteoriche nell’area umida di Cerano.

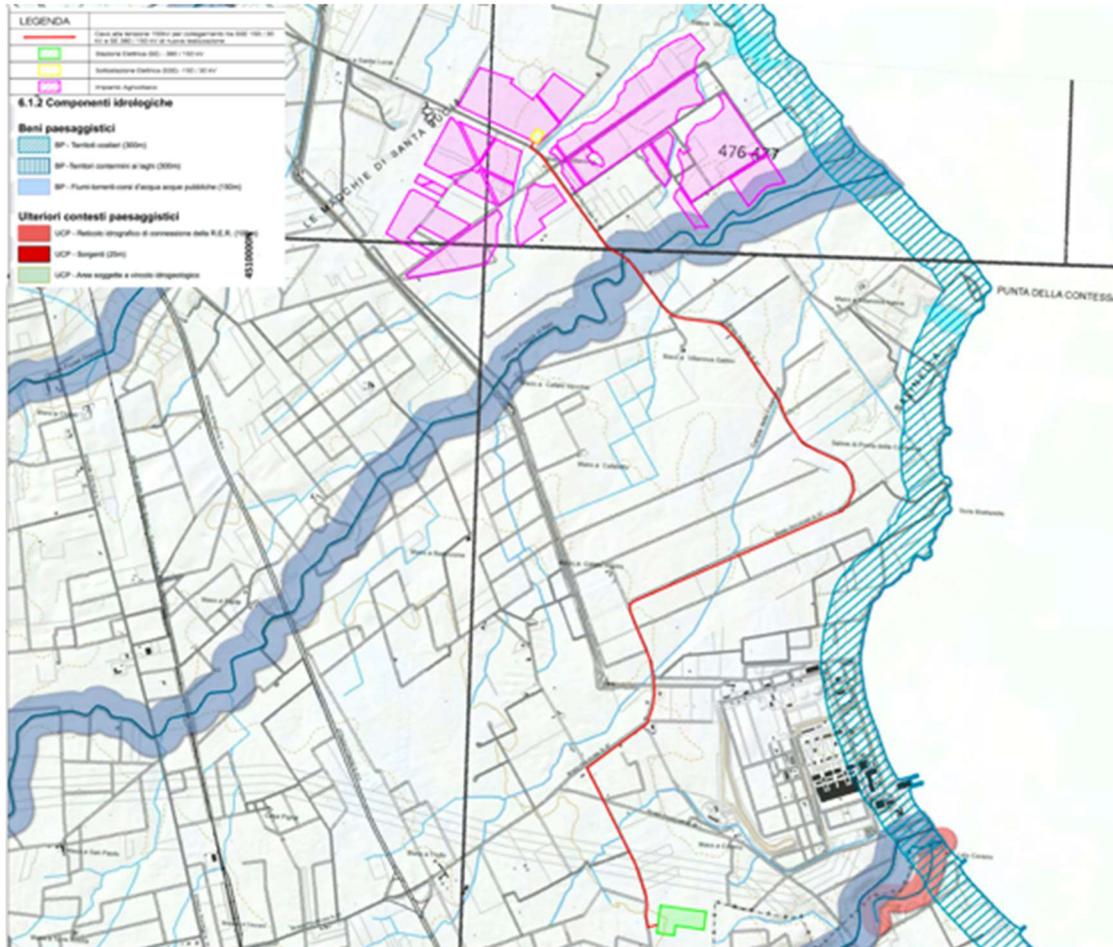


Tavola n. 17: PPTR: componenti idrologiche.

- **5.9 La campagna brindisina e la cover croop .**

Anche per l'aspetto rilevante della interconnessione fra il cavidotto interrato e le colture che caratterizzano il territorio interessato, si è attivato un evidente impegno nell'interessare in particolare i terreni che presentano colture stagionali non irrigue, impegnando, il meno possibile, aree coltivate a vigneto e/o ad uliveto; di seguito lo stralcio del PRG dell'intero impianto, con cavidotto e le considerazioni sulle valenze ecologiche, sulle trasformazioni agroforestali, sulle morfotipologie rurali e sull'uso del suolo.

Ciò apparrebbe pleonastico in virtù del fatto che per 5,8 Km. rispetto al totale di 8,2 km., il cavidotto interessa il percorso della S.P. n. 88 e solo per la restante parte interessa terreni agricoli, fino al raggiungimento della stazione elettrica di "Brindisi Sud -Cerano".

Di seguito, quindi, si riportano gli aspetti di maggiore interesse.

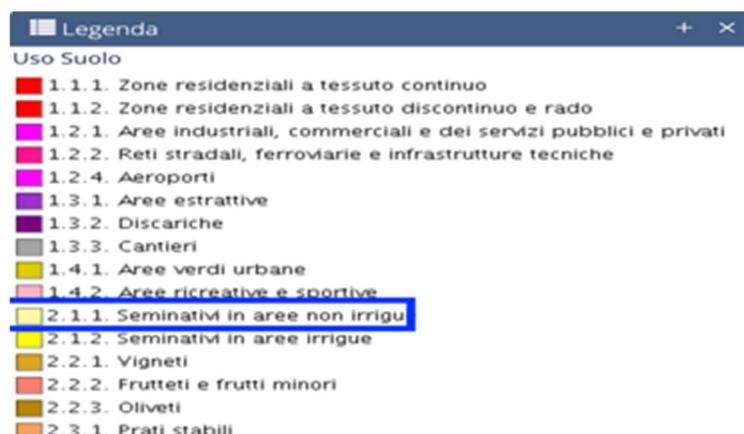
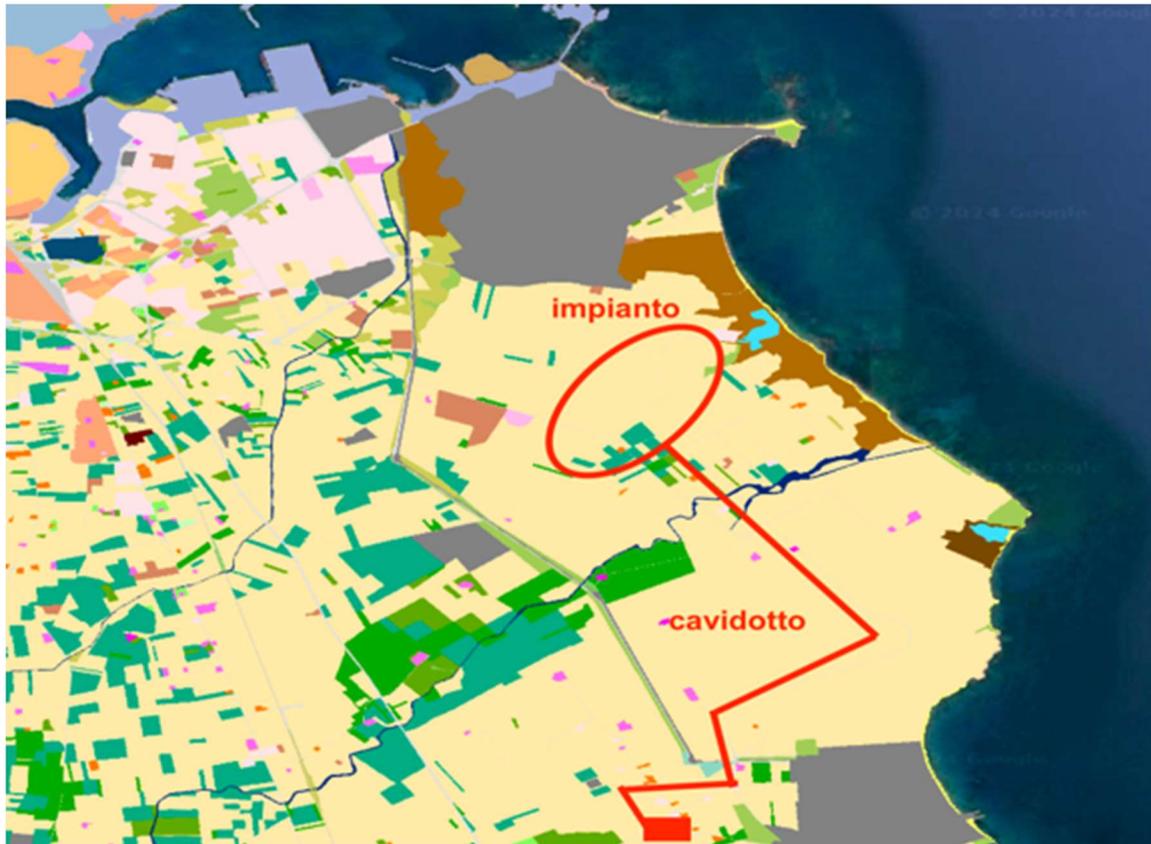


Tavola n. 18: la “land cover” dei terreni interessati dal cavidotto.

La tavola evidenzia l’aspetto essenziale che, in particolare per l’area terminale del congiungimento del cavidotto alla Stazione Elettrica di “Brindisi Sud-Cerano”, l’area interessata dal cavidotto è costituita da “*seminativi in aree non irrigue*” che, sostanzialmente, sono quelle di minore interesse agronomico e sulle quali, con maggiore facilità ove non coltivati, si insediano i processi di desertificazione, ormai molto incipienti nelle aree in stato di abbandono culturale.

La successiva tavola n. 19 rappresenta lo stralcio della “*valenza ecologica*” del territorio, come rappresentata nel PPTR – “*Cap. 5.9- La Campagna Brindisina*”.

Dalla tavola e dalla relativa legenda si evince che tutta l’area dell’impianto e del relativo cavidotto di collegamento alla S.E. “*Cerano*” si sviluppa su un territorio che presenta una valenza ecologica “*medio bassa*”.



Elaborato 3.2.7.b  
LA VALENZA ECOLOGICA DEI PAESAGGI RURALI

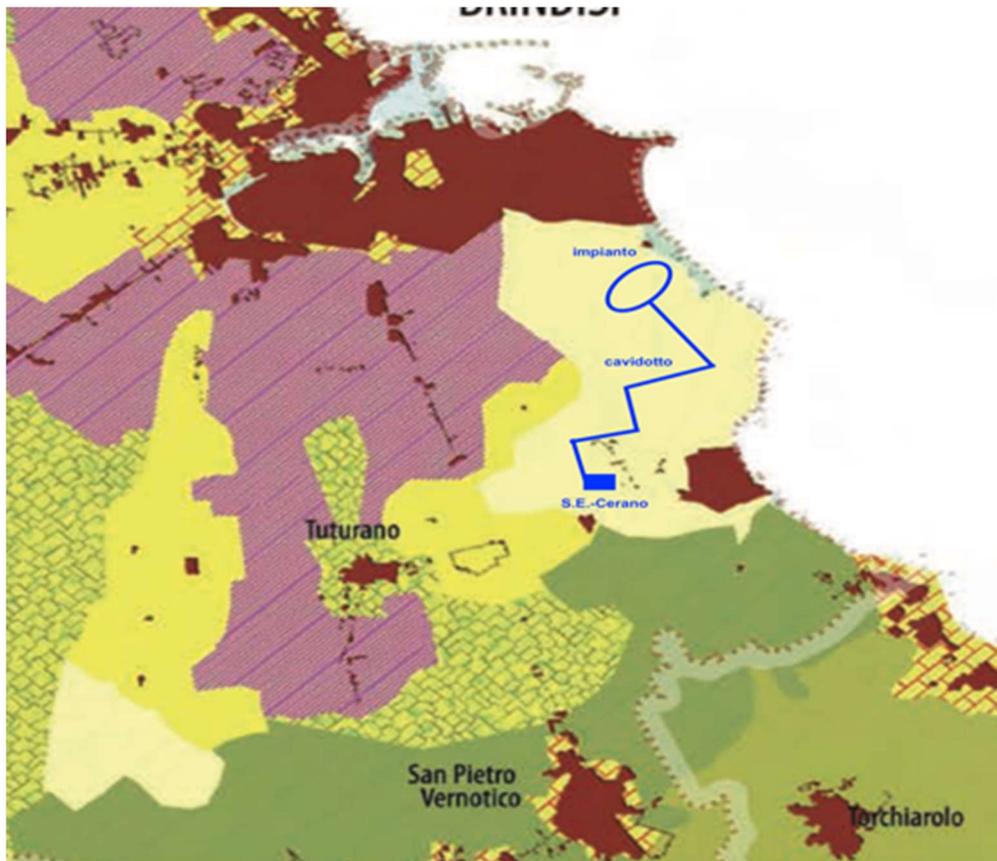


**Tavola n. 19: la “valenza ecologica”.**

La tavola n. 20, che segue, congiuntamente alla propria legenda, riporta le “*morfortipologie rurali*” che, nella sostanza, conferma quanto già riportato nelle precedenti tavole e che, quindi, l’area dell’impianto e del relativo cavidotto si attestano su “*seminativi prevalenti a trama larga*” e, quindi, di poco interesse agronomico.

Da questo punto di vista, quindi, la realizzazione dell’impianto e del cavidotto, questo ultimo per la parte al di fuori della S.P. n. 88, occupano terreni di poca valenza agronomica.

Tutto ciò va ad aggiungersi al fatto che tali terreni sono stati sottoposti a continue ricadute di inquinanti rivenienti dai poli industriali di Brindisi.



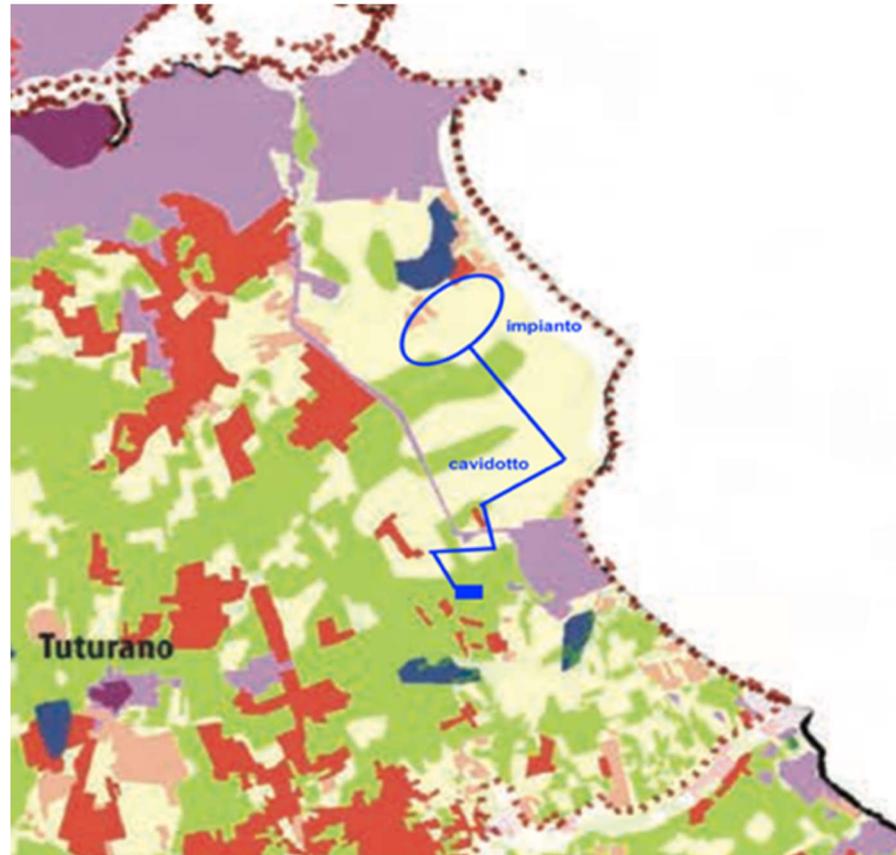
CAT.1 MONOCOLTURE PREVALENTI	
1.1	Oliveto prevalente di collina
1.2	Oliveto prevalente pianeggiante a trama larga
1.3	Monocoltura di oliveto a trama fitta
1.4	Oliveto prevalente a trama fitta
1.5	Vigneto prevalente a trama larga
1.6	Vigneto prevalente a tendone coperto con films in plastica
1.7	Seminativo prevalente a trama larga
1.8	Seminativo prevalente a trama fitta
1.9	Frutteto prevalente
1.10	Pascolo

Tavola n. 20: le "morfotipologie rurali".

Infine, di interesse vi è anche la tavola che riporta le trasformazioni agroforestali che si sono sviluppate nel territorio a Sud del polo chimico di Brindisi.

Dalla tavola e dalla relativa legenda si evince chiaramente che l'area d'imposta dell'impianto e del cavidotto alloggia su territori identificati come "PA" e quindi come "Persistenza degli usi agro-silvo-pastorali".

In sostanza, la realizzazione dell'impianto non modifica i processi e le metodiche di utilizzo dei terreni dell'area.



Elaborato 3.2.7.a (ex 3.2.4.11)  
LE TRASFORMAZIONI AGROFORESTALI

- PA. Persistenza degli usi agro-silvo-pastorali
- NA. Processi di ricolonizzazione da parte della vegetazione spontanea
- ES. Transizione verso ordinamenti agricoli meno intensivi
- PN. Persistenza di condizioni di naturalità
- IC. Intensivizzazione colturale asciutto
- II. Intensivizzazione colturale irriguo
- DP. Disboscamento per la messa a pascolo
- DC. Disboscamento per la messa a coltura
- PU. Persistenza urbana
- UR. Urbanizzazione di aree agro-forestali
- Laghi
- Saline

Tavola n. 21: le "trasformazioni agroforestali".

## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA INVESTIGATA.

La relazione geologica allegata al progetto ed effettuata per confermare la fattibilità dell'area alla realizzazione del progetto, oltre alla positiva verifica richiamata, ha evidenziato, in particolare, la necessità di effettuare le fondazioni delle stringhe degli inseguitori solari, attraverso l'infissione, con battitura, delle travi in acciaio che le collegano ai tracker; tale tecnica di infissione è possibile proprio in virtù della presenza di terreni sedimentari aventi, per i primi 5/6 m. di profondità, una matrice costituita da limi siltosi passanti a sabbie ed a materiali arenitici.

L'infissione non comporterà la necessità di inserire alcun elemento estraneo (boiaccia cementizia, calcestruzzo, ecc.) alla naturale composizione dei terreni; tale azione, oltre a non indurre alcun problema di contaminazione qualitativa rispetto ai terreni esistenti, permette anche la facile estrazione in fase di decommissioning e, quindi, di fine vita dopo i 30-32 anni di funzionalità.

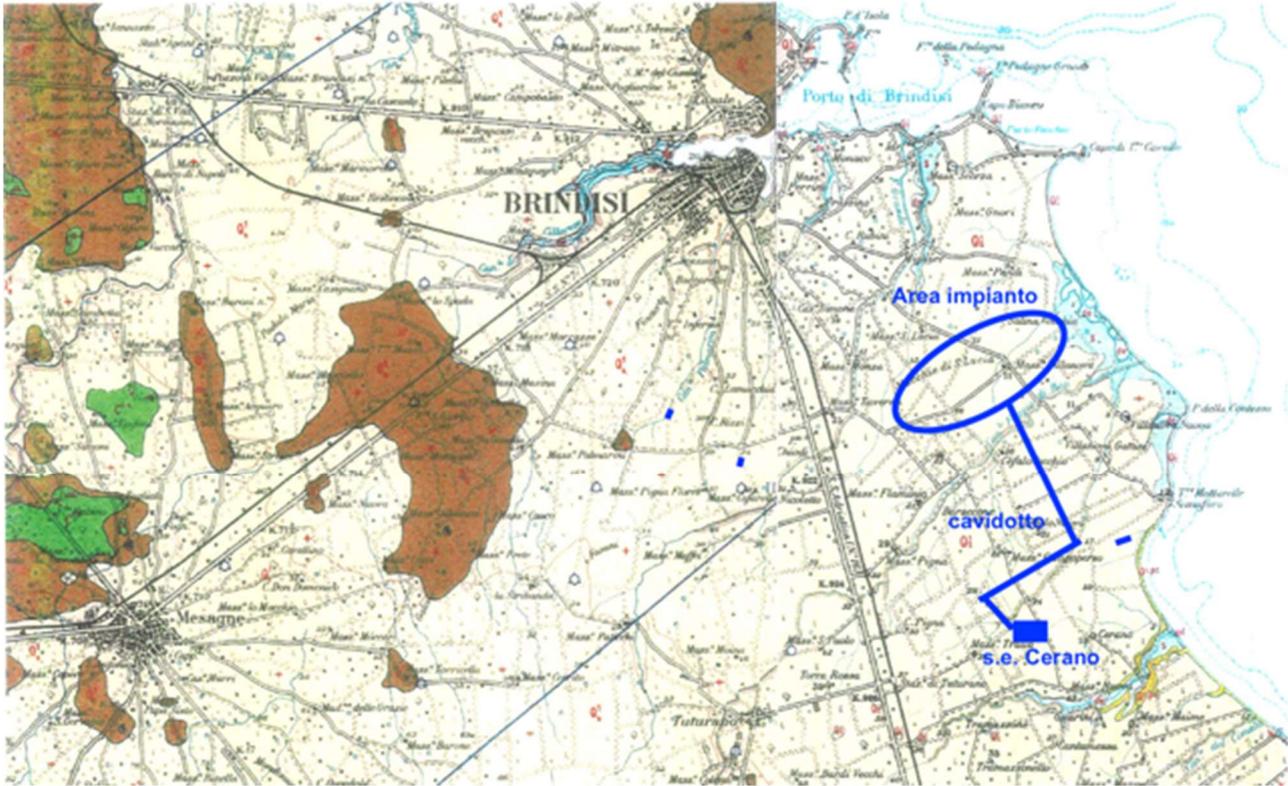
Altresì, la tecnica dell'infissione delle fondazioni delle travi d'acciaio, non comporterà neppure la necessità di estrarre terreni e quindi di dover ottemperare, eventualmente alla caratterizzazione chimica di questi; inoltre, al fine di fornire una maggiore stabilità globale alle azioni orizzontali dei venti, si consiglia di infiggere maggiormente le strutture di fondazioni esterne di almeno 0,50/1,0 m. rispetto a quelle interne che, comunque, si dovrebbero attestare a non meno di 2,5/3,0 m. dal piano di campagna.

Per ultimo, ancor prima di trattare gli aspetti prettamente geologiche che caratterizzano l'area, si evidenzia che la maggiore presenza di una matrice limo-argillosa nei prime 2/3 m. di profondità, fa sì che il terreno, dopo l'infissione della trave di fondazione, tende a richiudersi attorno alla trave, conferendo a questa una maggiore resistenza orizzontale.

Da questa premessa si rileva che l'area d'insediamento dell'impianto è caratterizzato solo ed esclusivamente da affioramenti di terreni sedimentari quaternari, i più utili ed adatti alla "infissione" delle travi in acciaio che, fungendo da fondazione, le collegano alla struttura dinamica dell'inseguitore solare.

Per la definizione delle caratteristiche geologiche dell'area d'intervento, soccorre la cartografia geologica di base, rappresentata dai Fogli di Mappa n. 203 e 204 delle Carte Geologiche d'Italia in scala 1:100.000 denominate "Brindisi" e "Lecce" che, come riportato nella sottostante Tavola n. 22, ampliata a 1:50.000 ed unite, evidenzia condizioni geologiche piuttosto semplici e più o meno uniformi per una vasta area circostante quella di studio

## Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000



### LEGENDA:

 <p><b>Q1s</b> Depositi eluviali principali e di "terra rossa".</p>  <p>Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (Q1); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q1). Nelle sabbie più elevate si notano talora <i>Castellina loricata</i> D'ORB., <i>var. varicata</i> SILV., <i>Bullina marginata</i> D'ORB., <i>Ammonia beccarii</i> (LIN.), <i>Ammonia parvula</i> (SHR. ALL. IARL.) (PLEI-STOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a <i>Arctica islandica</i> (LIN.), <i>Chamaea septemradiata</i> MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: <i>Hyalina bulbosa</i> (SCHR.), <i>Castellina loricata</i> D'ORB., <i>varicata</i> SILV., <i>Bullina marginata</i> D'ORB., <i>Bullina reticulata</i> SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.</p> <p>Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, averi le seguenti caratteristiche:</p>  <p><b>Q1s</b> Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina, sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: <i>Hyalina bulbosa</i> (SCHR.), <i>Castellina loricata</i> D'ORB., <i>var. varicata</i> SILV., <i>Bullina marginata</i> D'ORB., <i>Ammonia beccarii</i> (LIN.) (CALABRIANO-PLIOGENE SUP.7) in trasgressione sulle formazioni più antiche.</p>  <p><b>Q1s</b> Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui <i>Caenor almandini</i> MEY. var. <i>antelina</i> MAE. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: <i>Bullina marginata</i> D'ORB., <i>Castellina loricata</i> D'ORB. var. <i>varicata</i> SILV., <i>Dicorbis orbicularis</i> (TERO.), <i>Cibicides savignyi</i> (D'ORB.), <i>C. lobatus</i> (WALK. e JAC.), <i>Globigerinoides ruber</i> (D'ORB.), <i>G. sarsiflor</i> (BRADY), <i>Orbulina aspersa</i> D'ORB., <i>Hastigerina septulata</i> (BRADY) (PLIOGENE SUP.-MEDIT.) in trasgressione sulle formazioni più antiche.</p>	 <p>Sabbie, sabbie argillose e limi grigi leggeri-palustri recenti.</p>  <p><b>Q1s</b> Calcareniti e calcari tipo panchina, con ricca fauna non indicativa a <i>Elphidium crispum</i> (LIN.), <i>Bullina marginata</i> D'ORB., <i>Castellina loricata</i> D'ORB. var. <i>varicata</i> SILV., <i>Uvulgeria peregrina</i> (CUSH.), <i>Sphaerulina bulbosa</i> D'ORB., <i>Cibicides beccarii</i> (D'ORB.), <i>Cibicides foridinus</i> (CUSH.) in trasgressione su <b>Q1s</b>, oppure sulle formazioni cretache. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.</p>  <p><b>Q1s</b> Calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: <i>Elphidium complanatum</i> (D'ORB.), <i>Erypan</i> (LIN.), <i>Dicorbis orbicularis</i> (TERO.), <i>Ammonia beccarii</i> (LIN.), <i>Cibicides foridinus</i> (CUSH.). In trasgressione su <b>Q1s</b> oppure sul Cretaceo. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.</p>  <p>Calcari dolomitici e dolomie grigio-rossicce, a texture irregolare, calcari grigio-chiaro. Microfossili non molto frequenti: <i>Thammatoporella</i> sp., <i>Pragelistruncana stephani stephani</i> (GAND.) P. <i>stephani turbinate</i> (RECH.), <i>Rotalipora appenninica appenninica</i> (SENZ.) P. cf. <i>rethelii</i> (MORIN), <i>Nannofossils</i> sp. (GENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA verso Nord e verso Ovest.</p>
--	--

Tavola n. 22: carta geologica con ubicazione di massima dell'impianto proposto.

Il territorio in oggetto di studio è inquadrato, geologicamente, nell'ambito del foglio n° 203 e 204, denominati "Brindisi" e "Lecce" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000.

Nell'ambito di questa carta, a grande classificazione geologica è possibile distinguere essenzialmente due termini:

- **Q1s**= Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche centimetro di spessore che passano gradualmente a sabbie.

- **Q1c**= sabbie giallo-rossastre sovrastanti a livelli arenacei costituenti l'unità "panchina".

Ambedue le unità stratigrafiche appartengono alla così detta "Formazione di Gallipoli".

Qui di seguito si riportano alcune considerazioni di massima relative alla struttura geologica del territorio in studio, mentre maggiori dettagli verranno riportati nel capitolo successivo, relativo alla campagna di rilevamento effettuata per la caratterizzazione chimica dell'area SIN interessata dalla realizzazione dell'impianto proposto.

Un primo aggiornamento della nomenclatura e delle correlazioni stratigrafiche riguardanti i depositi plio-quadernari, indica che questi depositi sono correlati con i sedimenti affioranti sul margine murgiano della Fossa bradanica, riferendo i depositi calcarenitici ed argillosi di età suprapliocenica-infrapleistocenica ai termini trasgressivi del ciclo sedimentario di riempimento dell'avanfossa, sui quali poggiano depositi marini terrazzati.

L'area oggetto di studio è, quindi, ubicata nel territorio comunale di Brindisi che, geologicamente, appartiene alla così detta "Conca di Brindisi"; questa rappresenta una depressione generata da fenomeni tettonici distensivi e ricolmata, successivamente, da depositi di natura sia detritico-organogeni che argillosi.

La struttura geologica del territorio di Brindisi presenta, dal basso verso l'alto, una successione di termini stratigrafici così distinti: il substrato calcareo-dolomitico, le calcareniti, le argille azzurre calabriane ed i depositi recenti.

In merito al "modello geologico" dell'area di studio, dal punto di vista litostratigrafico, l'intera area investigata è dominata dalla diffusa presenza, in affioramento, di depositi continentali per lo più di origine fluvio-colluviale, diversi tra loro per natura, genesi ed età.

A tale proposito va evidenziato che nella citata planimetria geologica detti depositi, anche se giacenti ovunque sui depositi marini post-calabriani, sono stati cartografati solo nelle aree in cui affiorano con una potenza apprezzabile e significativa; questi mascherano sedimenti marini, di norma calcarenitici e calcareo-organogeni ("Panchine") intercalati a sabbie calcaree e/o quarzose.

Detti terreni, riferibili a brevi cicli sedimentari di età post-calabrianica, sono trasgressivi sui terreni di un completo ciclo sedimentario plio-pleistocenico (assimilabile alla ben nota serie "bradanica"), a sua volta trasgressivo sul basamento carbonato mesozoico.

L'intera sequenza sedimentaria è costituita da formazioni marine di età compresa nel Quaternario, in parte correlati con i sedimenti affioranti sui lati murgiani della "Fossa bradanica".

Come riveniente dalla vasta esperienza acquisita dallo scrivente, i diversi termini formazionali si susseguono con monotona sovrapposizione piano parallela o con locali passaggi eteropici soprattutto tra i depositi Olocenici; alla base del ciclo sedimentario plio-pleistocenico sono presenti rocce cretache costituite per lo più da calcari e calcari dolomitici, appartenenti alla "piattaforma carbonata apula", ma che non sono mai affioranti nell'area di studio

Dal basso verso l'alto è stato possibile distinguere la sottoelencata successione stratigrafica:

- Calcari di Altamura
- Calcareniti di Gravina
- Argille subappenniniche
- Depositi postcalabriani
- Depositi lagunari-palustri
- Depositi alluvionali e paleodune.

Molto sinteticamente si riportano alcune considerazioni relative alla successione geologica riscontrata e che, sostanzialmente è simile per tutta l'area del SIN:

#### ➤ **Calcare di Altamura (Cretacico)**

Questa unità rappresenta la parte più antica dell'intera penisola salentina; è costituita da calcari molto compatti di origine sia organogena che chimica, dove si alternano orizzonti chiari e orizzonti scuri, questi ultimi assumono tali caratteristiche per la presenza di dolomite. La porzione più alta di tale unità dal punto di vista fossilifero, è caratterizzata dalla presenza di Hippurites e Radiolites.

Tale Unità si presenta talvolta fratturata e alterata per fenomeni carsici superficiali e per effetto dell'ingressione marina Pleistocenica.

➤ **Calcarenite di Gravina** (Pleistocene medio)

Arenarie calcaree bioclastiche, di colore generalmente bianco-giallastro, con patine grigiastre sulle superfici d'alterazione di antica genesi e marroncino giallastre su quelle di più recente formazione.

La grana è generalmente fine, con rari frammenti (eccezionalmente poligenici) grossolani ed elementi di breccie alla base, inoltre hanno un buon grado di cementazione (legante carbonatico), a luoghi, basso. I litotipi sono massicci, con occasionali cenni di stratificazione sottolineati da orizzonti macrofossiliferi, in cui abbondano resti di molluschi ed echinidi.

Sono fratturati, con giunti prevalentemente subverticali interdistanziati, solitamente, di diversi metri, ma sporadicamente poco spaziosi. Le discontinuità sono prive di una significativa organizzazione spaziale ed hanno aperture dei labbri comprese tra pochi millimetri ed alcuni centimetri. I materiali di riempimento sono assenti o costituiti da CaCO<sub>3</sub> di deposizione secondaria e da detriti in matrice limoso-argillosa marroncina.

➤ **Argille subappennine** (Pleistocene inferiore)

Seguono, in continuità di sedimentazione e rappresentano il termine batimetricamente più profondo del ciclo sedimentario, le argille subappennine che sono costituite da argille e argille marnoso-siltose, sono, a luoghi, fittamente stratificate. Queste affiorano su aree molto ristrette data la presenza di coperture trasgressive del Pleistocene medio-superiore. Nel sottosuolo ed in particolare in prossimità di Brindisi, queste occupano vasti spessori che, come si evince da alcuni dati di perforazione, raggiungono anche i 70-80 metri.

In particolare, per l'area di studio occupano la porzione di Est e presentano spessori estremamente limitati che vanno incrementandosi sempre verso Est e quindi verso il "graben" sul quale sorge l'abitato.

➤ **Depositi terrazzati post calabrian**

In trasgressione sulle "argille Calabrian" sono presenti depositi sabbiosi e/o calcarenitici riferibili a brevi cicli sedimentari verificatisi dopo il Calabrian in conseguenza del ritiro del mare. Nell'area di studio è stata accertata la presenza di due tipi litologici differenti riferibili ai suddetti depositi postcalabrian.

**1) Alternanza di livelli sabbiosi e di calcare organogeno - "Panchina".**

Sulle argille calabrian poggia in trasgressione un'alternanza di materiali sciolti di natura calcarea, rappresentanti un deposito di mare poco profondo.

L'unità geologica definita "panchina" è costituita, essenzialmente, nella parte superiore da una sabbia giallastra a grana piuttosto grossolana, indistintamente stratificata ed inglobante noduli arenacei eterometrici.

Al di sotto si individuano i tipici lastroni arenacei aventi spessore variabile di 10-15 cm. e fortemente fratturati.

Intercalati ai suddetti banconi si riscontra la presenza di sabbia fine, giallastra, monogranulare, dello spessore medio di 20-30 cm.

Lo spessore di tale porzione di panchina è estremamente variabile da luogo a luogo e l'ambiente di sedimentazione è ancora litorale.

Si presenta piuttosto tenace in quanto i vari componenti granulometrici sono legati da un abbondante cemento calcitico e la frazione pelitica è essenzialmente costituita da minerali pesanti quali il quarzo ed i feldspati. Al di sotto di tali porzioni si rinvengono bancate leggermente più potenti di un calcare arenaceo a grana molto fine, lastrificato ed anisotropicamente fessurato. Tale arenaria non presenta macrofossili e minore è la quantità di sabbia fra lastrone e lastrone.

L'ambiente di sedimentazione di questo membro dell'unità "panchina" è di tipo neritico-sublitorale ed i costituenti hanno subito fenomeni diagenetici decisamente maggiori rispetto a quelli posti sopra.

La roccia risulta essere piuttosto tenace anche se aumenta la frazione pelitica, costituita da minerali argillosi e minore è la percentuale di cemento di origine calcitica.

La "panchina" è sede di una falda freatica che solo localmente può assumere portate significative e che il più delle volte si presenta molto scarsa o, addirittura, come semplici essudazioni.

Nell'area di studio, comunque, considerate le particolari caratteristiche morfologiche, la falda appare particolarmente abbondante e localizzata con il tetto alla quota variabile dai 4 ai 7 m. dal p. c. ed il letto posto là dove inizia la componente grigia limo-argillosa e, quindi, alla profondità di circa 10-13 m. dal piano di campagna.

**2) Sabbie e limi più o meno argillosi:**

La "Panchina" é quasi sempre ricoperta da una coltre superficiale di terreni sciolti costituiti da limi più o meno argillosi di colore prevalentemente marrone, sabbie più o meno limose di colore rossastro o giallognolo con frequenti inclusioni di noduli lapidei arenacei dalle dimensioni di una ghiaia.

I suddetti litotipi presentano uno spessore medio di circa 2-3 mt.

➤ **Depositi lagunari palustri:**

Si tratta di limi argillosi e/o sabbiosi, giallastri o nerastri, con intercalazioni di sostanze organiche che rappresentano il riempimento delle lagune e degli stagni costieri formati all'interno dei cordoni litorali. Per le caratteristiche geomorfologiche dell'area di studio questi depositi sono ben rappresentati e caratterizzano tutta la costa più meridionale del territorio di Brindisi là dove, appunto, si rinvengono aree umide.

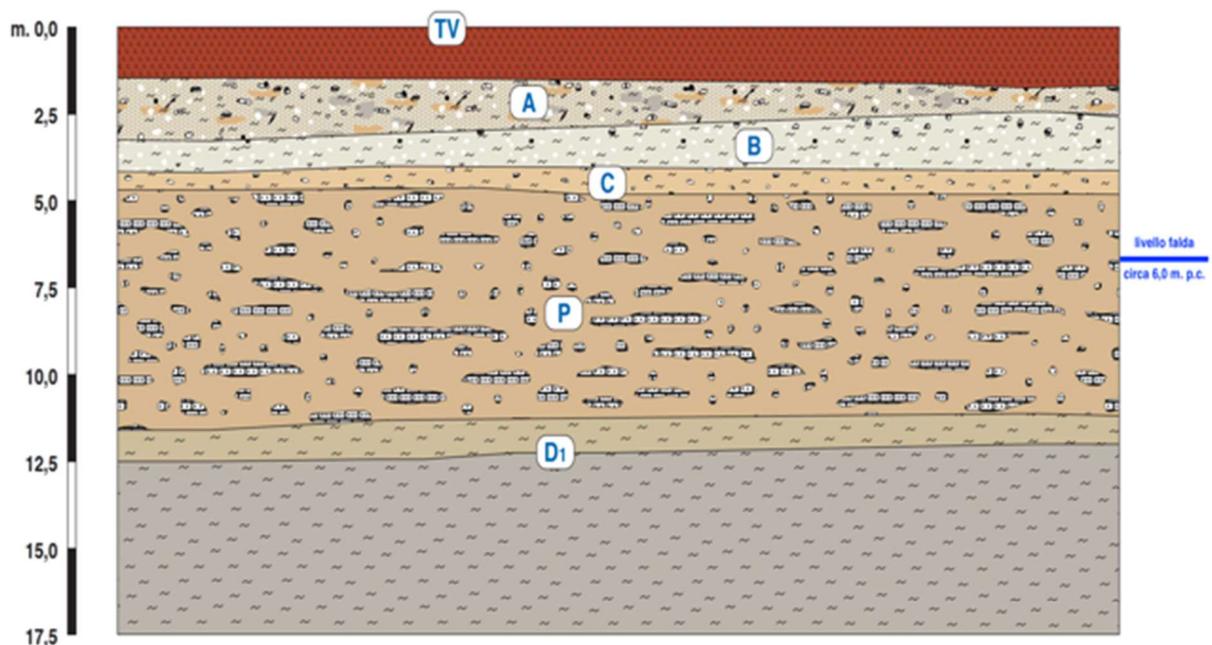
➤ **Depositi alluvionali e paleodune:**

Trattasi di sedimenti continentali sciolti formati da elementi provenienti dall'accumulo da parte delle acque superficiali dei canali. La litologia dell'alluvione dipende da quella dei terreni attraversati dalle acque superficiali: argillosa, sabbiosa e ciottolosa, a secondo che vengano erose argille, calcareniti o calcari.

Infine, dal rilievo geologico effettuato, si è avuto modo di rilevare che lungo i diversi terrazzamenti marini individuati, si ritrovano paleodune residuali, prive di terreni vegetali; in due punti è stato possibile riscontrare che la componente non è solo inerte ma si riscontra la presenza di litificazioni anche incrociate.

Trattandosi di depositi attuali e recenti sono da attribuirsi all'Olocene.

La tavola che segue rappresenta la sezione stratigrafica desunta dall'indagine di campagna effettuata dallo scrivente in area prossima a quella dell'impianto e che rappresenta uno standard della stratificazione geologica che costituisce la "Conca di Brindisi"; in questo caso la falda freatica è stata riscontrata alla profondità di 6,5 m. dal piano di campagna.



**LEGENDA**

- |  |   |
|--|---|
| <b>TV</b> Terreno vegetale   | <b>C</b> Sabbia leggermente limosa con ciottoli e noduli arenacei.  |
| <b>A</b> Limo-sabbioso in aggregazione caotica con noduli arenacei lisse e lenti di sabbia rossastra e limi grigi, noduletti di natura calcifica, ecc. | <b>P</b> Unità "panchina": alternanza di sabbia a ciottoli e livelli di natura arenacea.                  |
| <b>B</b> Limo leggermente sabbioso con noduli calcifici.   | <b>D</b> Unità "Argille Calabriane": costituita nell'ordine da sabbie leggermente limose e sabbie-limose. |

**Tavola n. 23: rappresentazione stratigrafica tipica dell'area della "Conca di Brindisi".**

## 7 ULTERIORI CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-STRATIGRAFICHE SULL'AREA D'IMPIANTO E SUL CAVIDOTTO.

In termini sintetici si è riferito che la “*Conca di Brindisi*” è stata generata dalle spinte orogenetiche rivenienti dall’avanpaese apulo-lucano, soggetto alla orogenesi appenninica, con lo sviluppo di tutta una serie di faglie tettoniche che hanno abbassato i calcari di base creando una grande depressione tettonica; su questa si sono depositati i vari membri stratigrafici le cui caratteristiche composizionali e granulometriche sono connesse direttamente alle variazioni eustatiche del mare adriatico.

L’area in studio si localizza nella porzione centro meridionale della “*Conca di Brindisi*” ed a poca distanza dagli “horst” costituiti da calcareniti (tufi calcarei) e calcari, posti ancora più ad W ed a S dell’area d’imposta.

Per tale configurazione appare del tutto evidente che il “pacco” dei materiali sedimentari che hanno ricoperto la “*Conca di Brindisi*”, come riportato nella relazione allegata al progetto, tende ad incrementare la propria “potenza” passando dall’horst verso il graben più profondo che è localizzato nell’area del porto di Brindisi (Punta Cavallo) ove si registra una potenza del livello delle argille calabriane di base pari a circa 70 m.

Sempre per meglio identificare l’area d’imposta del cavidotto di collegamento fra l’impianto e la CP di “Cerano”, nella cartografia geologica esistente e riveniente da studi ed approfondimenti di indagini di campagna, di seguito si riporta uno stralcio della “*Carta Geologica del Salento*”, con ubicato il sito d’interesse.

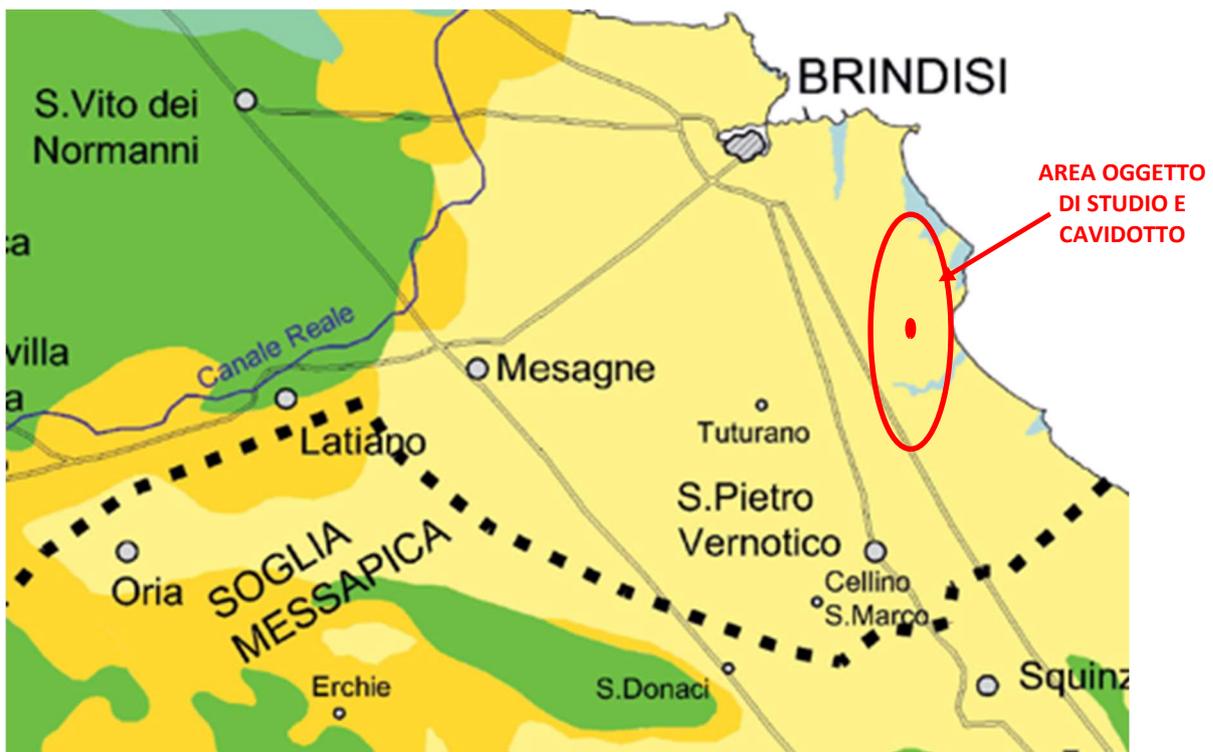
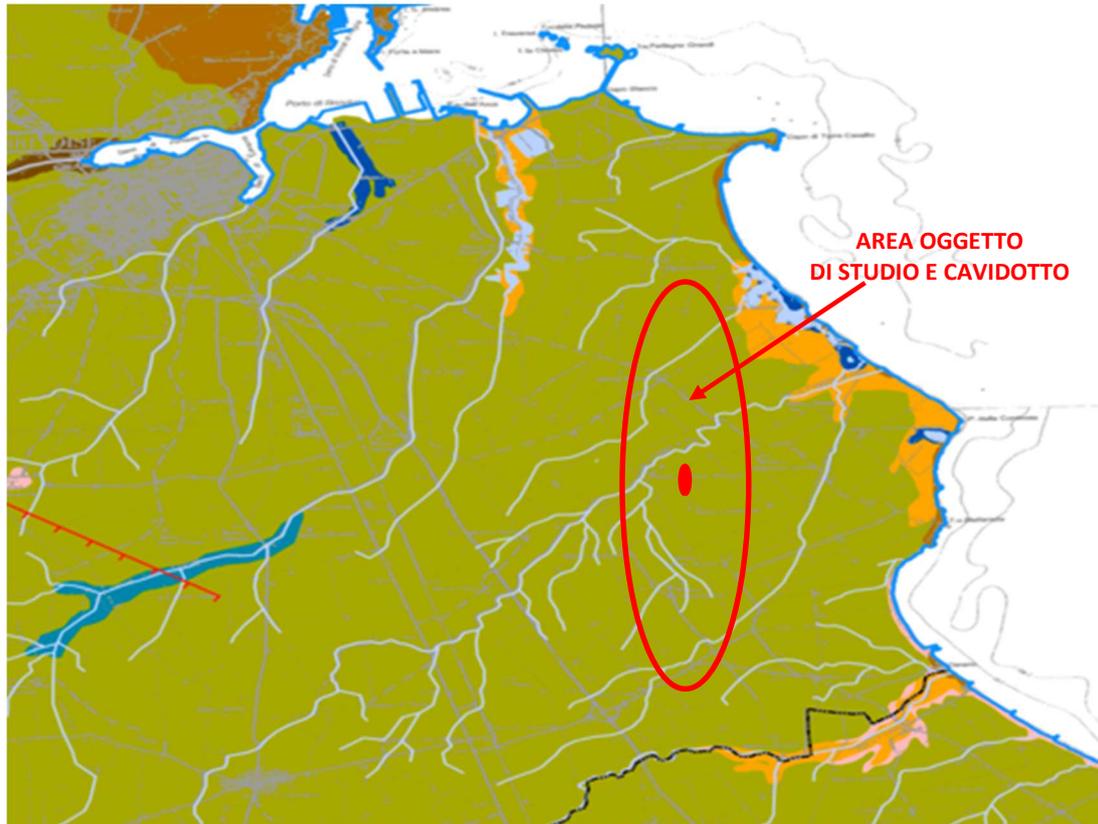


Tavola n. 24: Stralcio dalla “*Carta geologica del Salento*”.

Da questa tavola n. 24 si evidenziano ancora meglio i terreni sedimentari (in giallo chiaro) che costituiscono la “*Conca di Brindisi*”.

Inoltre, dal Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Brindisi (PTCP) si riporta lo stralcio della Tavola n. 2.2 della porzione d’interesse, con l’ubicazione dell’area d’imposta del tracciato del cavidotto di collegamento e di trasferimento dell’energia prodotta dall’impianto proposto.



**Unita' litostratigrafiche**

- Deposito di colmata
- Ghiaie poligeniche, sabbie e limi
- Limi e argille
- Sabbie calcaree con intercalazioni limose
- Sabbie prevalentemente calcaree
- Sabbie, limi e argille (palustri o alluvionali)
- Terre argillose con pezzane e ciottoli calcarei
- Calcareni teneri a grana fine e media
- Calcareni teneri a grana media - grossolana
- Calcareni tenaci a grana media - grossolana
- Calcari in banchi e in strati (spessore >40 cm)

**Limiti**

- Linea di costa
- Amministrativi**
- Limite comunale
- Limite provinciale

**Elementi strutturali**

- Faglia diretta
- Faglia diretta probabile

**Idrografia**

- Elemento lineare
- Elemento areale

**Tavola n. 25: Stralcio dalla "Carta idrogeomorfologica".**

Lo stralcio della "Carta idrogeomorfologica" della Provincia evidenzia i terreni sedimentari (in verde scuro) sui quali, non solo si è proposto l'impianto nell'area SIN (non evidenziata), quanto anche il collegamento del cavidotto che, nella sostanza, ha una lunghezza di circa 8,3 Km. e quindi occupa arealmente una discreta porzione della "Conca di Brindisi" se pur i 2/3 sulla S.P. n. 88 ; dalla tavola si evincono anche una porzione di "faglia" tettoniche che hanno interessato i calcari di base, abbassandoli e creando la richiamata "Conca".

Per ultimo e relativamente sempre al PTCP della Provincia di Brindisi, di seguito si riporta lo stralcio della "Carta delle Permeabilità" dei terreni costituenti la Provincia di Brindisi; da questa si evince che, nel mentre la permeabilità è elevata nelle aree d'affioramento delle calcareniti e dei calcari, nelle zone sedimentarie costituenti la "Conca di Brindisi" la permeabilità si riduce notevolmente.

Tale riduzione è ovviamente fornita dai terreni di natura limo-argillosa che sono posti subito sotto i terreni vegetali, alcuni dei quali siltosi ed a forte matrice organica al punto da rilevare fenomeni di "argillificazione secondaria" che, a loro volta soggiacciono ad una maggiore matrice sabbiosa prima di individuare sul fondo il membro argilloso della Formazione.

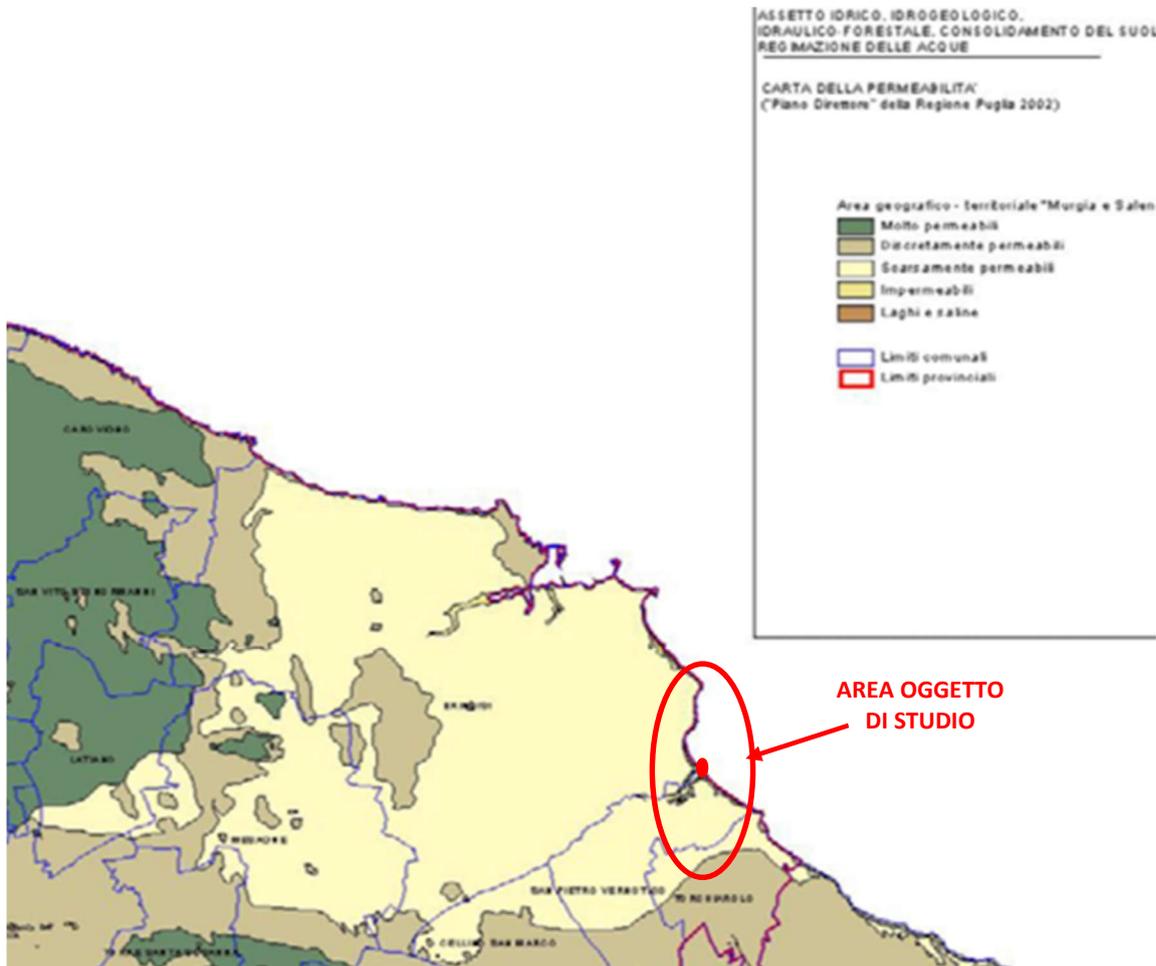


Tavola n. 25: Stralcio dalla “Carta delle permeabilità”.

Infine, sempre al fine dell’identificazione cartografica del sito d’imposta dell’impianto-to proposto e del tracciato del cavidotto da realizzare, di seguito si riporta lo stralcio della “Carta idrogeomorfologica” tratto dal webgis della Regione Puglia e già riportato nella relazione geologica allegata al progetto.

Dal webgis regionale è stato effettuato lo stralcio dell’area d’interesse, tenendo aperto il layer della “litologia superficiale”; dallo stralcio è possibile rilevare come i terreni d’imposta dell’impianto costituiscono parte integrante della “Conca di Brindisi” e delle successioni stratigrafiche che la caratterizzano.

Della successione stratigrafica tipica della “Conca di Brindisi”, come riportata nella relazione geologica allegata al progetto e di seguito ripresa, si ritiene che la più significativa sia costituita dalle “argille” grigio azzurre di base che, fra l’altro, assolvono alla doppia funzione di permettere che nei terreni sabbio-arenacei posti al tetto, si localizzi una “falda freatica” e che, inoltre siano in grado di consentire l’esistenza di, se pur piccoli, “reticoli idrografici” che raggiungano il mare e non si perdano in bacini endoreici.

La tavola che segue riporta lo stralcio della “Carta idrogeomorfologica” dell’area d’imposta del cavidotto; da questa e dalla uniforme colorazione “gialla” si evince che i terreni d’imposta giacciono tutti nell’ambito della “Conca di Brindisi”.

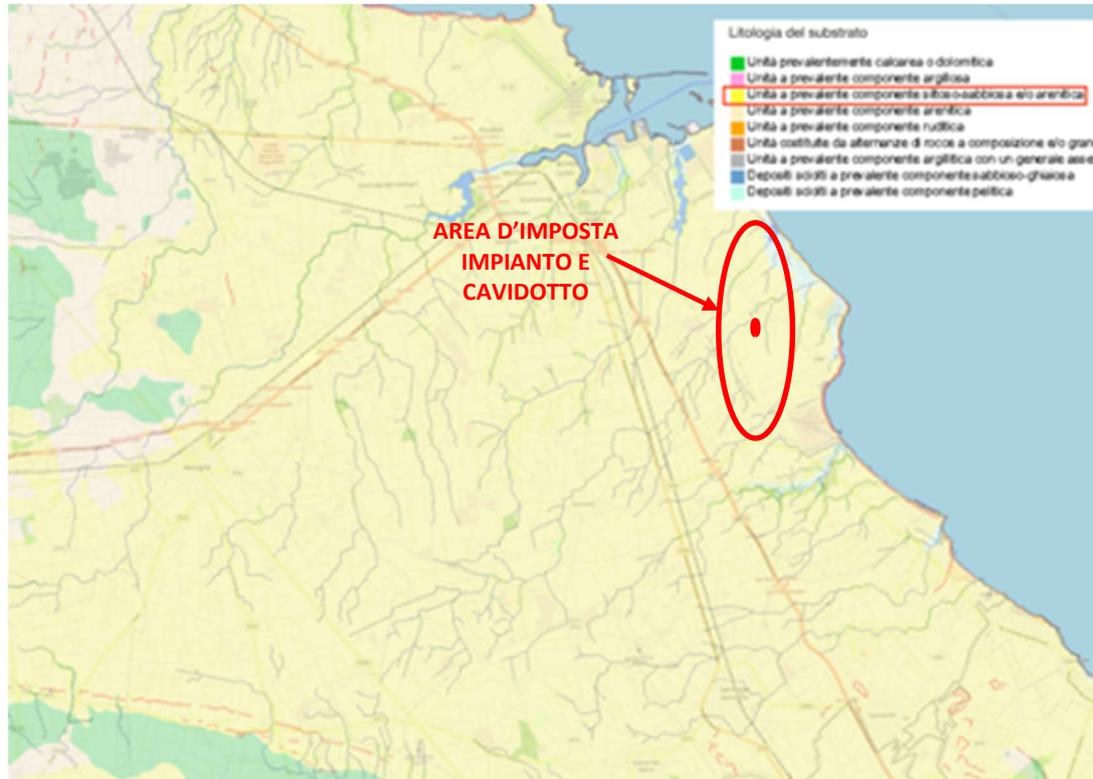


Tavola n. 26: Stralcio della "Carta Idrogeomorfologica" per l'imposta del cavidotto.

In definitiva, qui di seguito si riportano alcune considerazioni di massima relative alla struttura geologica del territorio in studio ed interessato dalla realizzazione del cavidotto.

Un primo aggiornamento della nomenclatura e delle correlazioni stratigrafiche riguardanti i depositi plio-quadernari, indica che questi depositi sono correlati con i sedimenti affioranti sul margine murgiano della Fossa Bradanica, riferendo i depositi calcarenitici ed argillosi di età suprapliocenica-infrapleistocenica ai termini trasgressivi del ciclo sedimentario di riempimento dell'avanfossa, sui quali poggiano depositi marini terrazzati.

L'area oggetto di studio è, quindi, ubicata nel territorio comunale di Brindisi che, geologicamente, appartiene alla così detta "Conca di Brindisi"; questa rappresenta una depressione generata da fenomeni tettonici distensivi e ricolmata, successivamente, da depositi di natura sia detritico-organogeni che argillosi.

La struttura geologica del territorio di Brindisi presenta, dal basso verso l'alto, una successione di termini stratigrafici così distinti: il substrato calcareo-dolomitico, le calcareniti, le argille azzurre calabriane ed i depositi recenti.

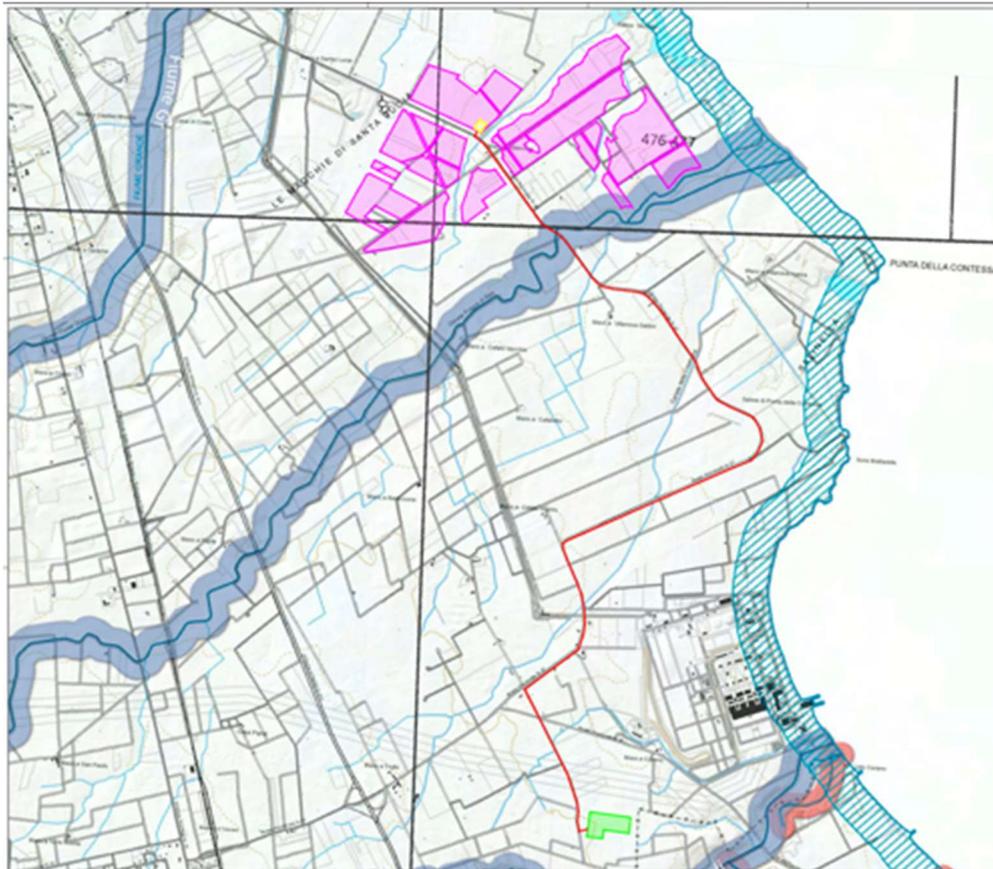
In merito al "modello geologico" dell'area di studio, dal punto di vista litostratigrafico, l'intera area investigata è dominata dalla diffusa presenza, in affioramento, di depositi continentali per lo più di origine fluvio-colluviale, diversi tra loro per natura, genesi ed età.

A tale proposito va evidenziato che nella citata planimetria geologica detti depositi, anche se giacenti ovunque sui depositi marini post-calabriani, sono stati cartografati solo nelle aree in cui affiorano con una potenza apprezzabile e significativa; questi mascherano sedimenti marini, di norma calcarenitici e calcareo-organogeni ("Panchine") intercalati a sabbie calcaree e/o quarzose.

Detti terreni, riferibili a brevi cicli sedimentari di età post-calabrianica, sono trasgressivi sui terreni di un completo ciclo sedimentario plio-pleistocenico (assimilabile alla ben nota serie "bradanica"), a sua volta trasgressivo sul basamento carbonato mesozoico.

L'intera sequenza sedimentaria è costituita da formazioni marine di età compresa nel Quaternario, in parte correlati con i sedimenti affioranti sui lati murgiani della "Fossa bradanica", così come riportato nel precedente capitolo.

Di seguito si riporta lo stralcio, su ortofotocarta, con indicato il cavidotto da realizzare; lo stralcio è stato estratto dalla cartografia del PAI e, fra l'altro, nell'ambito del tracciato non si rileva alcuna area in "pericolosità" e/o "rischio" idraulico.



LEGENDA	
	Cavo alla tensione 150kV per collegamento tra SSE 180 / 30 kV e SE 380 / 150 kV di nuova realizzazione
	Stazione Elettrica (SE) - 380 / 150 kV
	Sottostazione Elettrica (SSE) - 150 / 30 kV
	Impianto Agrivoltaico
<b>6.1.2 Componenti idrologiche</b>	
<b>Beni paesaggistici</b>	
	BP - Territori costieri (300m)
	BP - Territori contermini ai laghi (300m)
	BP - Fiumi-torrenti-corsi d'acqua acque pubbliche (150m)
<b>Ulteriori contesti paesaggistici</b>	
	UCP - Reticolo idrografico di connessione della R.E.R. (100m)
	UCP - Sorgenti (25m)
	UCP - Aree soggette a vincolo idrogeologico

Tavola n. 27: percorso del cavidotto su ortofoto del PAI.

## 8 PERMEABILITÀ DEI TERRENI INVESTIGATI.

La realizzazione del cavidotto dell'impianto agrivoltaico il cui approfondimento è previsto per non oltre 1,1/1,2 m., non altera l'attuale permeabilità dei terreni in posto e, congiuntamente, non incide minimamente sul sistema di alimentazione della falda freatica sottostante; altresì, il rimodellamento morfologico previsto in progetto, con i terreni di scavo rivenienti dalla formazione dei cavidotti elettrici, riduce le, se pur minime, pendenze esistenti sui terreni evitando "ruscellamenti", con erosioni areali e permette una maggiore percolazione delle acque verso la sottostante falda freatica superficiale, allocata alla profondità di circa 5,5-6,0 m. dal piano di campagna.

A tal proposito è evidente che i terreni sottostanti l'impianto agrivoltaico ed il relativo cavidotto devono possedere caratteristiche granulometriche e di permeabilità tali da permettere il displuvio totale delle acque meteoriche verso la sottostante falda freatica che, come detto, alloggia nell'unità geologica chiamata "panchina" e che presenta il "tetto" del proprio livello statico alla profondità di circa 5,5-6,0 m. dal p.c.

Nell'esposizione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno in studio si è avuto modo di riportare che, a prescindere dal primo livello "A", costituente il terreno vegetale ed una discreta presenza di "terra rossa" eluviale, il sottostante livello stratigrafico "B" è granulome-tricamente identificato come "argilla siltosa", di natura secondaria e quindi di genesi rive-niente dall'argillificazione di una forte matrice organica.

Si è anche riferito che tale particolare livello stratigrafico è comune nell'area di studio, oltre che in altre, in virtù del fatto che in epoca geologica recente tutta l'area era interessata da acquitrini e quindi da un deposito di fanghi riccamente organici che, nel tempo, hanno attivato i richiamati processi di "argillificazione secondaria".

In realtà, come si avrà modo di riportare, il processo di "argillificazione" non è ancora del tutto completato per cui la morfologia dei minerali argillosi non è ancora bidimensionale (come nei fillosilicati) ma è tridimensionale, come i limi; ciò permette alle acque meteoriche di percolare, se pur lentamente, nella sottostante falda freatica.

Nell'esposizione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno in studio si è avuto modo di riportare che, a prescindere dal sottile strato costituente il terreno vegetale presente lungo tutti i tratti di scavo del cavidotto in aree agricole, la composizione stratigrafica dell'intero percorso non modifica sostanzialmente la propria strutturazione che, come già riferito, è quella tipica della "Conca di Brindisi"; al più possono evidenziarsi, solo tramite sondaggi geognostici, variazioni sugli spessori dei vari livelli stratigrafici ma, quasi mai eteropie laterali.

La tavola che segue riporta la carta delle permeabilità dell'intero Salento.

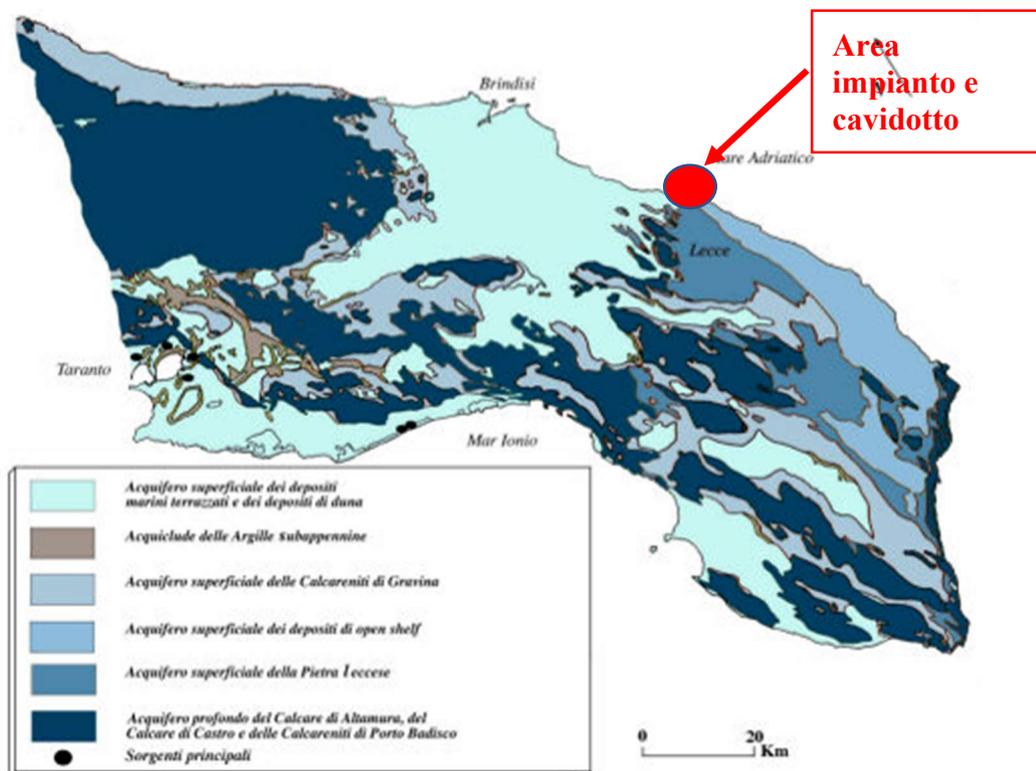


Tavola n. 28 – Carta della permeabilità e delle principali manifestazioni sorgentizie costiere del Salento.

Infine, la letteratura geotecnica riporta, in funzione della realizzazione di opportune prove in situ (Lefranc) una classificazione dei terreni per la "permeabilità" posseduta, come la tabella che segue:

Grado di permeabilità	Valori di K (m/s)
Alto	$>10^{-3}$
Medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
Basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
Molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
Impermeabile	$<10^{-9}$

Fatto salvo che in questa fase, per motivi connessi alla presentazione della documentazione progettuale, non è stato possibile effettuare le richiamate prove Lefranc e che queste verranno effettuate in fase di progettazione esecutiva, è possibile affermare, dall'esperienza acquisita dallo scrivente in 7 lustri di attività geotecnica, che i terreni in studio, con i terreni calcarei in affioramento e/o posti sotto al di sotto di un sottile livello di terreno vegetale, **presentano una permeabilità "K- bassa" con valori anche inferiori a  $10^{-6}$  m/s.**

La tavola che segue riporta la permeabilità del territorio del Salento, con evidenziata l'area di studio; da questa si evince che per la presenza delle argille vi è bassa permeabilità.

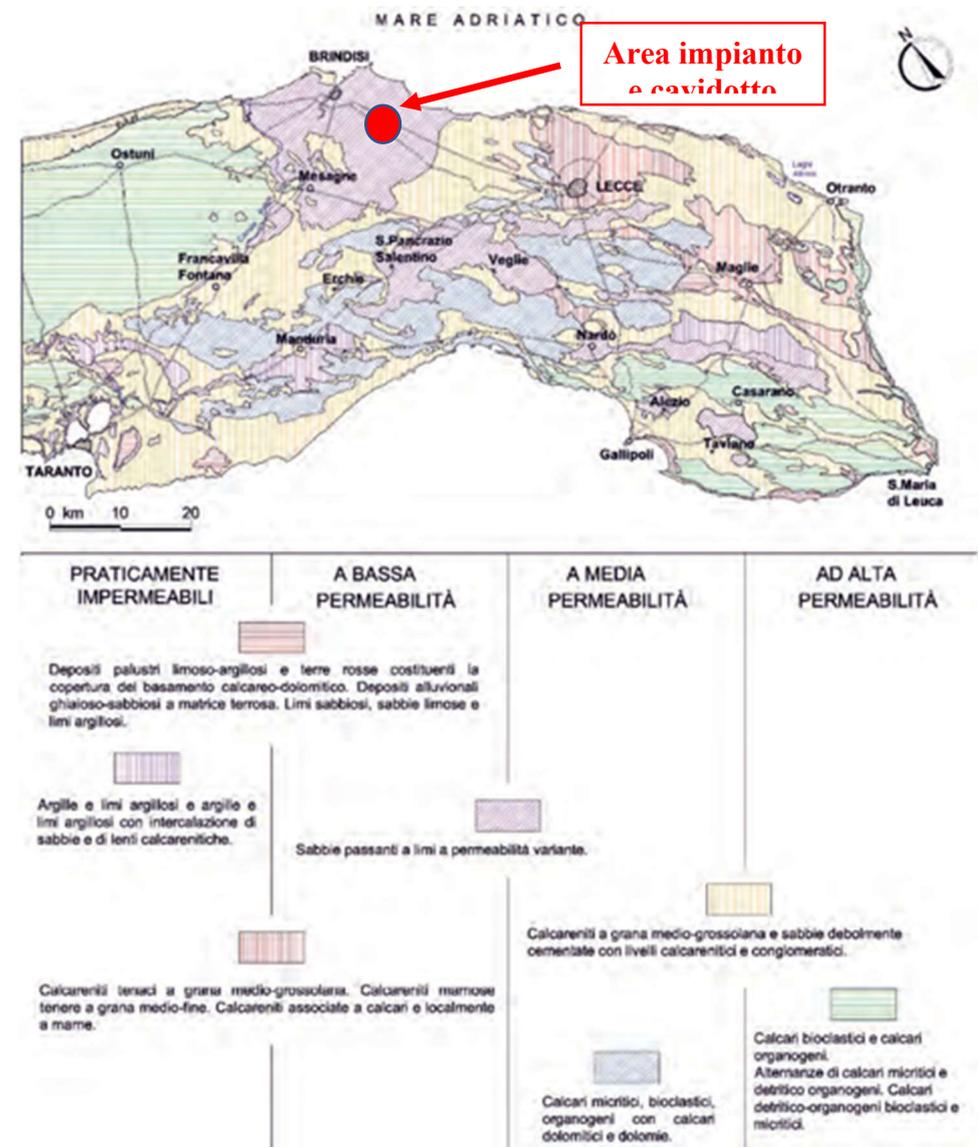


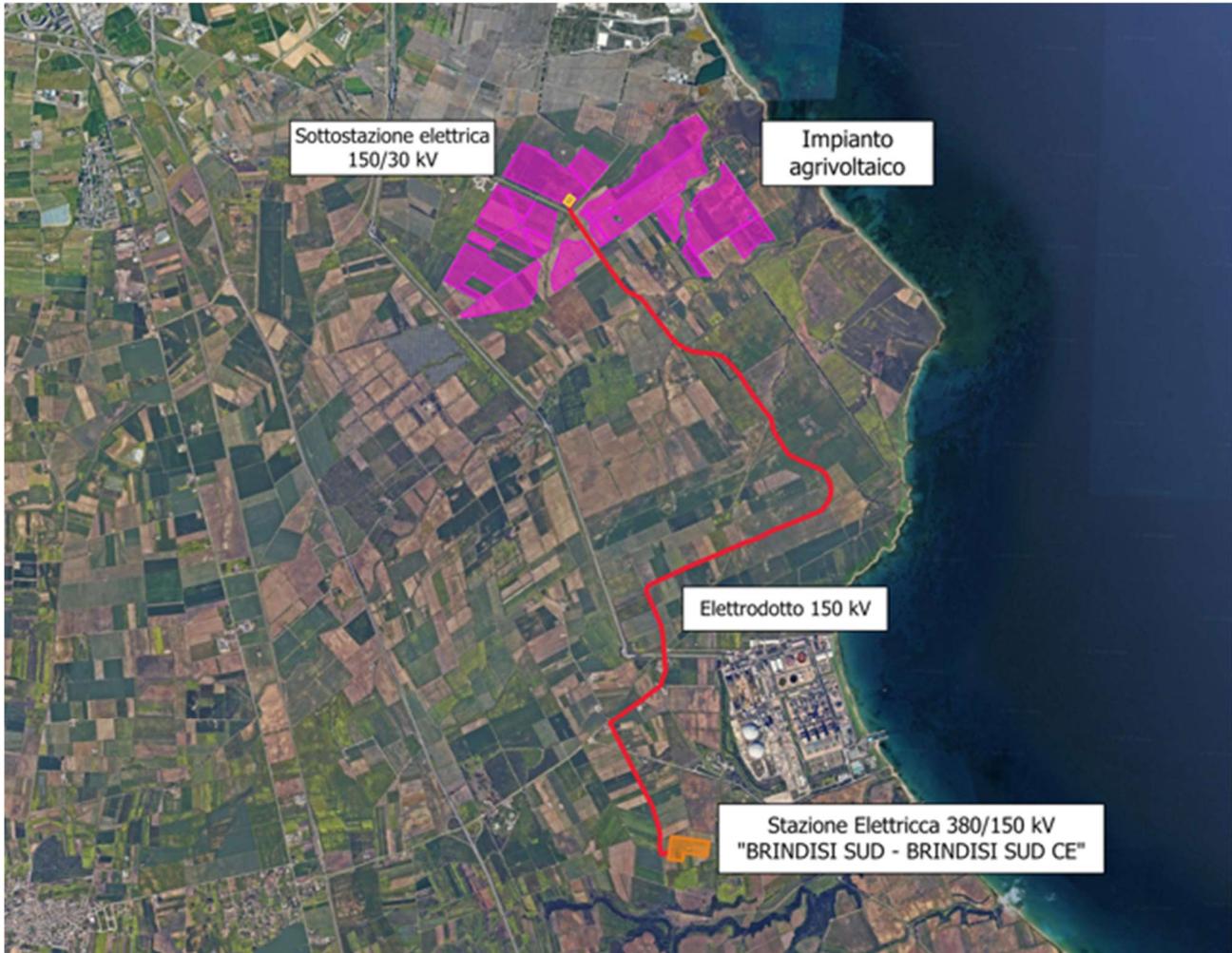
Tavola n.29: permeabilità del territorio del Salento.

## 9 APPROFONDIMENTO SULLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO ED UBICAZIONI PROVE PENETROMETRICHE EFFETTUATE.

Il tracciato del cavidotto, da quanto riportato, sarà realizzato, per la quasi totalità lungo la S.P. n. 88 e, quindi, su uno scavo realizzato sul conglomerato bituminoso della provinciale e per i/4 circa su terreni agricoli.

Si è riferito che la lunghezza del collegamento in cavidotto, con la stazione elettrica 380/150 KV "Brindisi Sud-Cerano" è pari a 8,6 Km di cui 5,6 lungo la S.P. n. 88 e la restante parte (3 km) sui terreni agricoli, così come si rileva dalla sottostante tavola n. 30.

Inoltre, si è anche riportato che la differenza di quota fra l'impianto e la stazione elettrica è minima, passando da circa 14 m. di quota dell'impianto ai 29 m. della s.e. "Cerano"; n. 15 m. che in un territorio tabulare e leggermente degradante verso il mare, non si rilevano.



**Tavola n. 30: ubicazione cavidotto ed impianto su catastale.**

Su questa ultima tavola si è ritenuto opportuno riportare, in maniera puntuale, i terreni che verranno ad essere interessati dagli scavi per la realizzazione del "cavidotto".

Pur nella certezza di operare su di un terreno che, dal punto di vista della composizione sedimentaria, appare del tutto omogenea e con totale assenza di eteropie strati-grafiche laterali, così come innanzi riportato, si fa anche esplicito riferimento alle prove penetrometriche pesanti ed a quelle sismiche MASW, realizzate lungo il tracciato del cavidotto.

La minima differenza di quota (15 m.) fra l'impianto e la stazione elettrica di consegna non ha indotto a realizzare un profilo altimetrico che, nella sostanza, non evidenziando eteropie stratigrafiche laterali, avrebbe fatto sviluppare sezioni geologiche del tutto simili.

In sostanza, lo scavo per alloggiare i cavidotti dell'impianto sarà, come riferito, realizzato per 5,6 km. sulla strada a conglomerato bituminoso della S.P. n. 88 e per la restante parte su strade sterrate comunali. E su terreni agricoli.

Con ciò, si è ritenuto opportuno riportare le sezioni standard del cavidotto, sia per l'area sterrata che, per la strada in conglomerato bituminoso.

Altresì, si è ritenuto opportuno configurare, in termini di massima, quella che potrà essere la composizione stratigrafica posta in adiacenza ed al di sotto del cavidotto, fino alla profondità di 2 m. dall'attuale piano di campagna; non si sono evidenziate difformità nella composizione stratigrafica, in virtù dell'essenza generalistica delle due sezioni.

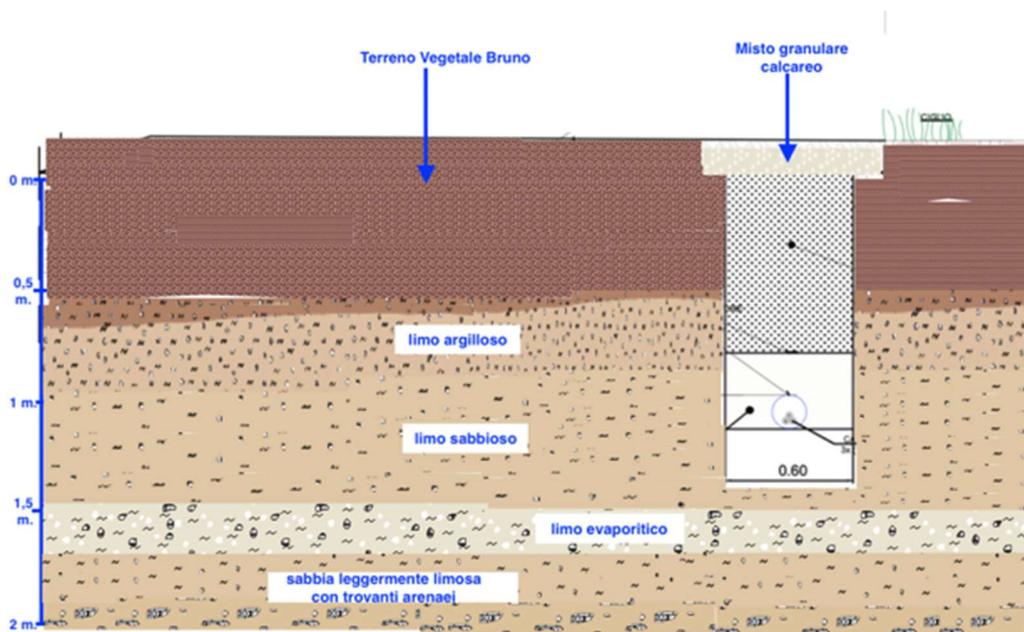
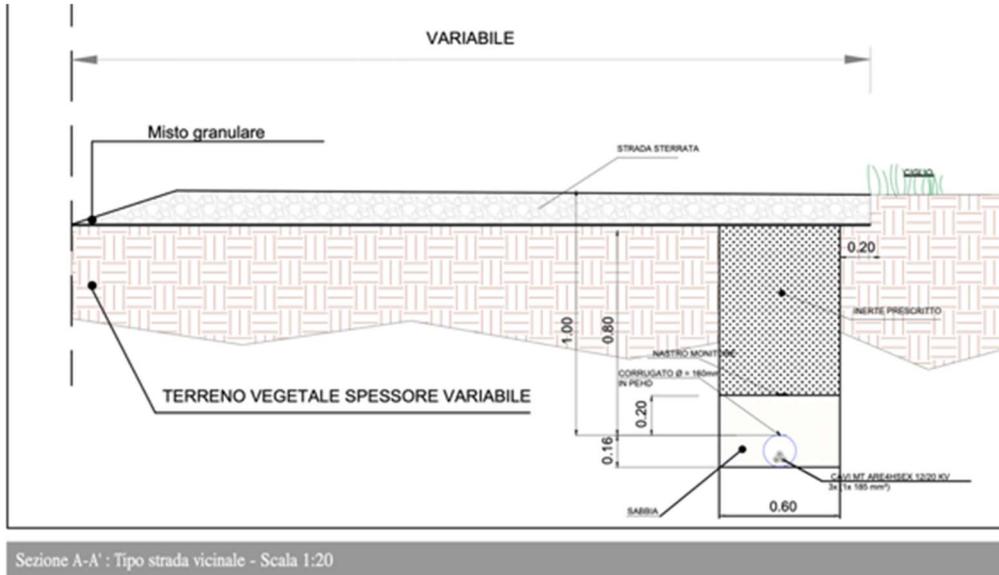
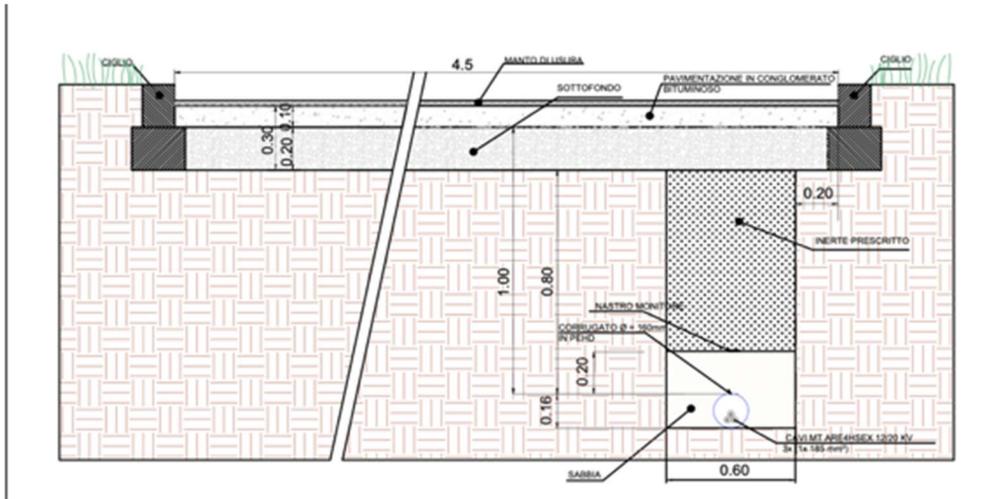


Tavola n. 31: sezione stratigrafica tipica su strada rurale e/o terreno agricolo.

Di seguito si riporta la sezione su strada in conglomerato bituminoso.



Sezione B-B' : Tipo strada comunale - Scala 1:20

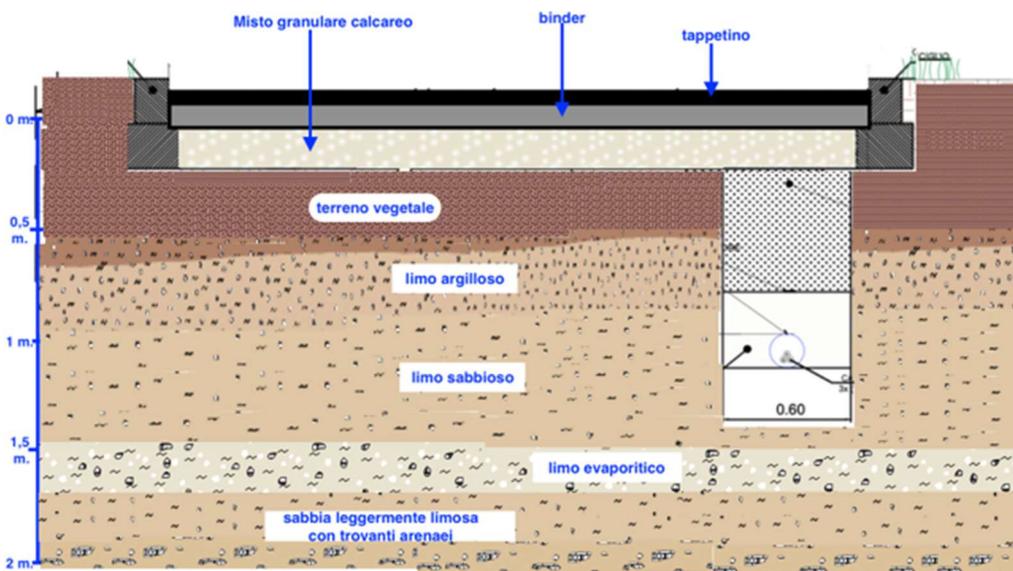


Tavola n. 32: sezione tipica su strada in conglomerato bituminoso.

Infine, come richiamato, si è ritenuto opportuno riportare sulla sezione del cavidotto, quella che presumibilmente, costituisce la stratigrafia dei terreni interessati dallo scavo.

**Legenda:**

-  **Terreno vegetale bruno rossastro.**
-  **Limo argilloso con incremento della matrice limosa con il fondo del livello.**
-  **Limo leggermente sabbioso con incremento della matrice sabbiosa verso il fondo.**
-  **Limo evaporitico con inclusi calcitici (costituisce un livello guida).**
-  **“Panchina”: sabbia con inclusi e livelli arenacei e sede della falda freatica.**
-  **Limo argilloso sabbioso verdastro, tendente a toni azzurri e ad un incremento con la profondità della matrice limo-argillosa**

E' del tutto evidente che tale sezione è stata desunta oltre che dal sopralluogo effettuato, anche dai riscontri che sono stati ricavati dalle prove penetrometriche pesanti effettuate lungo il percorso del cavidotto ed, in particolare, dalla ultra trentennale esperienza che lo scrivente ha acquisto su questi terreni.

Dalla correlazione stratigrafica si evince chiaramente che l'unica eteropia laterale, rispetto alla monotonia della stratigrafia sedimentaria, è costituita dal maggior approfondimento della porzione di terreno vegetale, con a luoghi anche materiale torboso recente, che si può rilevare al di sotto del canale "Foggia di Rau" e del proprio emissario in sponda destra.

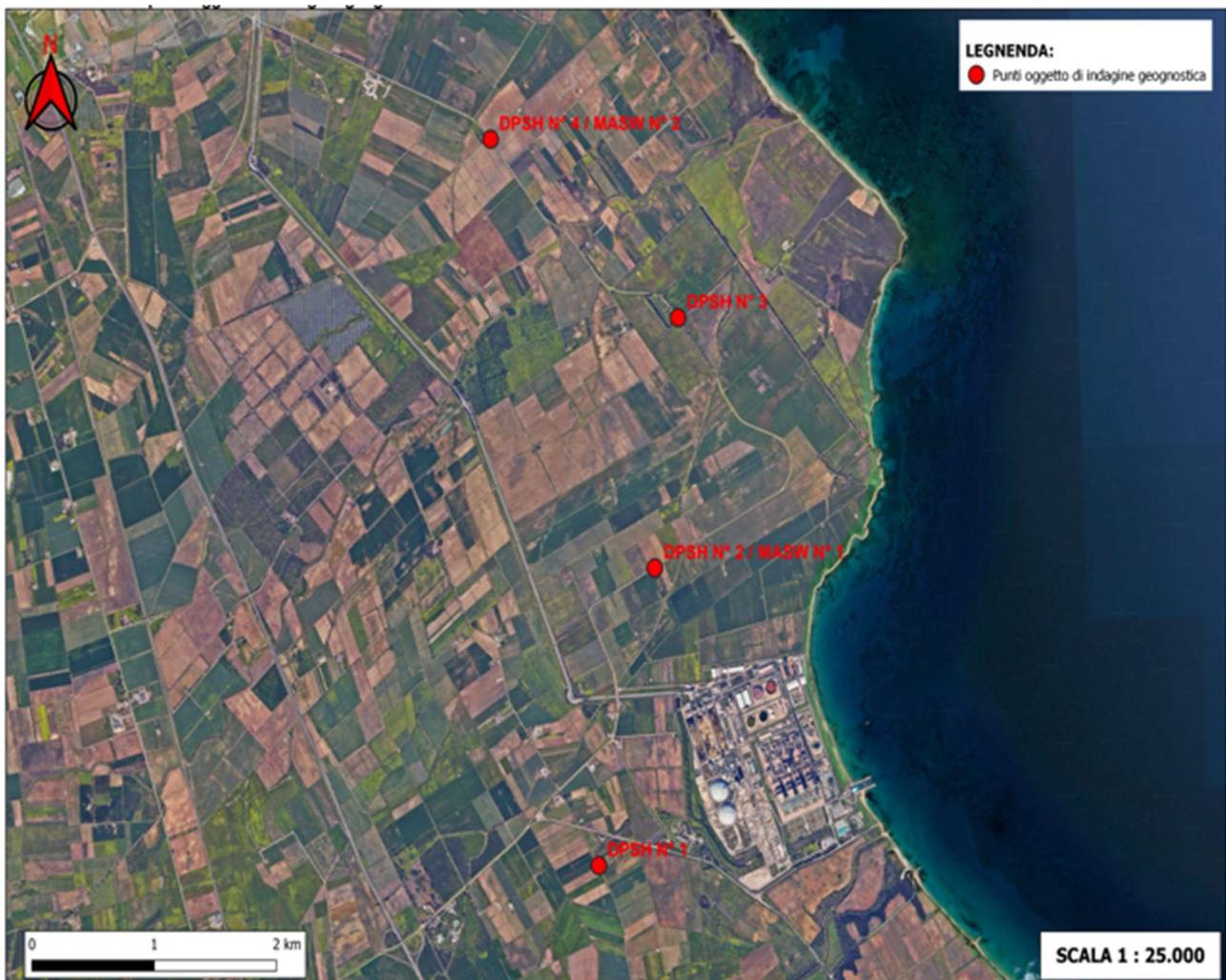
In definitiva, lo scavo per la posa del cavidotto dall'impianto alla CP di "Cerano" avverrà solo ed esclusivamente su terreni sedimentari.

## 10 UBICAZIONE DELLE PROVE GEOGNOSTICHE EFFETTUATE LUNGO IL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO.

Sulla S.P. n. 88 e su un piccolo tratto di terreno agricolo posto in prossimità della costruenda S.E. "Brindisi Sud-Cerano" ove sarà allocato il cavidotto di collegamento fra l'impianto agrivoltaico proposto e la richiamata S.E., è stata effettuata una campagna geognostica costituita da:

- N. 4 prove penetrometriche pesanti
- N. 2 prove Masw.

La tavola che segue riporta l'ubicazione delle prove effettuate.



**Tavola n. 33: ubicazione prove geognostiche.**

Di seguito i riscontri ottenuti.

## 11 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DINAMIC PROBING SUPER HEAVY)

La prova penetrometrica dinamica consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione, secondo una procedura standardizzata.

Le prove in sito sono state effettuate utilizzando un penetrometro dinamico modello DPSH63-73 della GEO DEEP DRILL, con attrezzatura superpesante, DPSH (peso massa battente M  $\approx$  60 kg), eseguite secondo lo standard DIN 4094 (la prova consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi N20 necessari).

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH63-73 GEO DEEP DRILL	
Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60°



La resistenza opposta dal terreno alla punta conica viene correlata alle caratteristiche fisico-meccaniche e portanti del terreno, consentendo inoltre di riconoscere, con buona approssimazione, la stratigrafia del sottosuolo; il tutto fino alla profondità a cui la resistenza del terreno è tale da non permetterne più l'infissione (rigetto della punta).

Per il riconoscimento ed il calcolo delle più significative caratteristiche fisico-meccaniche del terreno di fondazione, sono state elaborate le norme relative al penetrometro superpesante medio italiano usato per le prove (DPSH63-73 GEO DEEP DRILL).

### Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di riportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

Dove:

M = peso massa battente.

M' = peso aste.

H = altezza di caduta.

A = area base punta conica.

D = passo di avanzamento.

Attraverso la nota "Formula degli Olandesi", di seguito riportata, ci si ricava la resistenza dinamica alla punta (altrimenti detta resistenza di rottura dinamica alla punta) (Rpd), parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo.

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Dove:

Rpd = resistenza dinamica punta;

A = sezione della punta conica;

e = infissione media per colpo ( $20 / N$ ) = 20/N cm (con N corrispondente al n° di colpi per ogni approfondimento di 20 cm);

M = peso massa battente (maglio)

H = altezza caduta massa battente;

P = peso totale aste e sistema battuta.

La resistenza dinamica alla punta (Rpd) è correlata alla pressione ammissibile specifica sull'interstrato (Qad altrimenti detta portanza) (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente =  $20 \div 22$ ) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

$$Qad = \frac{Rpd}{[20 \div 22]}$$

Dall'elaborazione delle risultanze delle prove penetrometriche dinamiche, attraverso l'utilizzo del software Dynamic Probing versione 2024.27.5.1170 ci si è ricavati i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati.

### 11.1 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 1 (DPSH-01)

#### Valori rilevati

Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**  
 Prova eseguita in data: **09/07/2024**  
 Profondità prova: **3,00 mt**  
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**  
 Certificato **Nr. 1 del 09.07.2024**  
 Codice commessa nr. **26/2024**  
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**  
 Coordinate geografiche: **Lat. = 40.558186° Long. = 18.013639°**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	10	0,855	83,05	97,18	4,15	4,86
0,40	12	0,851	99,21	116,61	4,96	5,83
0,60	10	0,847	82,31	97,18	4,12	4,86
0,80	9	0,843	73,76	87,46	3,69	4,37
1,00	8	0,840	60,39	71,92	3,02	3,60
1,20	8	0,836	60,14	71,92	3,01	3,60
1,40	8	0,833	59,90	71,92	2,99	3,60
1,60	9	0,830	67,12	80,91	3,36	4,05
1,80	15	0,776	104,69	134,85	5,23	6,74
2,00	11	0,823	75,73	92,00	3,79	4,60
2,20	14	0,770	90,17	117,09	4,51	5,85
2,40	10	0,817	68,34	83,63	3,42	4,18
2,60	12	0,814	81,72	100,36	4,09	5,02
2,80	12	0,811	81,43	100,36	4,07	5,02
3,00	50	0,609	237,95	390,92	11,90	19,55



#### Valori normalizzati

Profondità prova: **3,00 mt**  
 Falda: **NON RILEVATA**  
 Codice commessa nr. **26/2024**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	8	0,847	65,85	77,74	3,29	3,89
0,80	8	0,843	65,56	77,74	3,28	3,89
1,00	8	0,840	60,39	71,92	3,02	3,60
1,20	8	0,836	60,14	71,92	3,01	3,60
1,40	8	0,833	59,90	71,92	2,99	3,60
1,60	8	0,830	59,66	71,92	2,98	3,60
1,80	10	0,826	74,29	89,90	3,71	4,49
2,00	10	0,823	68,85	83,63	3,44	4,18
2,20	10	0,820	68,59	83,63	3,43	4,18
2,40	10	0,817	68,34	83,63	3,42	4,18
2,60	12	0,814	81,72	100,36	4,09	5,02
2,80	12	0,811	81,43	100,36	4,07	5,02
3,00	12	0,809	75,87	93,82	3,79	4,69

### 11.1.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 1

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,40	=	=	=
LIMI SABBIOSI (ORIZZONTE 2)	0,40 ÷ 1,60	NSPT	=	11,93
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	31°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	90,19 Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	80,23 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo di Poisson	=	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,50 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,93 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H0} / \sigma_{V0}$	=	2,51
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIE LIMOSE (ORIZZONTE 3)	1,60 ÷ 2,40	NSPT	=	15,04
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	32°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	124,81 (Kg/cm <sup>q</sup> )

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	91,24 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	=	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	=	3,13
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE CON PRESENZA DI TROVANTI E LIVELLI DA ARENITICI A CALCARENITICI (ORIZZONTE 4)	2,40 ÷ 3,00	NSPT	=	18,17
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	33°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	141,40 Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	119,04 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	=	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	DA MODERATAMENTE AD ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,98 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	=	3,72
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA

*L'area oggetto di indagine risulta interessata, a profondità con spessore e consistenza variabile, dalla presenza di trovanti e livelli da arenacei a calcarenitici che in relazione alla loro poca uniformità, non vengono presi in considerazione nella definizione dei parametri soprariportati.*

## 11.2 INAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 2 (DPSH-02)

Valori rilevati

Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**  
 Prova eseguita in data: **09/07/2024**  
 Profondità prova: **3,40 mt**  
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**  
 Certificato **Nr. 1 del 09.07.2024**  
 Codice commessa nr. **26/2024**  
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**  
 Coordinate geografiche: **Lat. = 40.576944° Long. = 18.019928°**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	12	0,855	99,66	116,61	4,98	5,83
0,40	6	0,851	49,61	58,31	2,48	2,92
0,60	5	0,847	41,16	48,59	2,06	2,43
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	5	0,840	37,75	44,95	1,89	2,25
1,20	9	0,836	67,66	80,91	3,38	4,05
1,40	8	0,833	59,90	71,92	2,99	3,60
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	8	0,823	55,08	66,91	2,75	3,35
2,20	7	0,820	48,01	58,54	2,40	2,93
2,40	6	0,817	41,00	50,18	2,05	2,51
2,60	5	0,814	34,05	41,82	1,70	2,09
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	13	0,756	76,84	101,64	3,84	5,08
3,40	50	0,603	235,88	390,92	11,79	19,55



Valori normalizzati

Profondità prova:

**3,40 mt**

Falda:

**NON RILEVATA**

Codice commessa nr.

**26/2024**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	5	0,847	41,16	48,59	2,06	2,43

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	5	0,840	37,75	44,95	1,89	2,25
1,20	5	0,836	37,59	44,95	1,88	2,25
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	5	0,826	37,14	44,95	1,86	2,25
2,00	5	0,823	34,42	41,82	1,72	2,09
2,20	5	0,820	34,29	41,82	1,71	2,09
2,40	5	0,817	34,17	41,82	1,71	2,09
2,60	5	0,814	34,05	41,82	1,70	2,09
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	5	0,809	31,61	39,09	1,58	1,95
3,20	12	0,806	75,62	93,82	3,78	4,69
3,40	12	0,803	75,38	93,82	3,77	4,69

### 11.2.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 2

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,40	=	=	=
LIMI SABBIOSI (ORIZZONTE 2)	0,40 ÷ 3,00	NSPT	=	7,52
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	64,62 Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	64,58 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo di Poisson	=	0,34
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	POCO ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,45 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,90 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H0} / \sigma_{V0}$	=	1,56
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE CON PRESENZA DI TROVANTI E LIVELLI DA ARENITICI A CALCARENITICI (ORIZZONTE 3)	3,00 ÷ 3,40	NSPT	=	18,28
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	33°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	141,98 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	119,53 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo di Poisson	=	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,58 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,98 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	=	3,74
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA

L'area oggetto di indagine risulta interessata, a profondità con spessore e consistenza variabile, dalla presenza di trovanti e livelli da arenacei a calcarenitici che in relazione alla loro poca uniformità, non vengono presi in considerazione nella definizione dei parametri soprariportati.

### 11.3 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 3 (DPSH-03)

Valori rilevati

Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**  
 Prova eseguita in data: **09/07/2024**  
 Profondità prova: **3,60 mt**  
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**  
 Certificato **Nr. 1 del 09.07.2024**  
 Codice commessa nr. **26/2024**  
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**  
 Coordinate geografiche: **Lat. = 40.592724° Long. = 18.022851°**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	10	0,855	83,05	97,18	4,15	4,86
0,40	10	0,851	82,68	97,18	4,13	4,86
0,60	8	0,847	65,85	77,74	3,29	3,89
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	7	0,840	52,84	62,93	2,64	3,15
1,20	7	0,836	52,63	62,93	2,63	3,15
1,40	7	0,833	52,41	62,93	2,62	3,15
1,60	10	0,830	74,58	89,90	3,73	4,49
1,80	10	0,826	74,29	89,90	3,71	4,49
2,00	12	0,823	82,61	100,36	4,13	5,02
2,20	11	0,820	75,45	92,00	3,77	4,60
2,40	10	0,817	68,34	83,63	3,42	4,18
2,60	10	0,814	68,10	83,63	3,40	4,18
2,80	10	0,811	67,86	83,63	3,39	4,18
3,00	17	0,759	100,84	132,91	5,04	6,65
3,20	26	0,706	143,52	203,28	7,18	10,16
3,40	19	0,753	111,92	148,55	5,60	7,43
3,60	12	0,801	75,14	93,82	3,76	4,69

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
						

Valori normalizzati

Profondità prova: **3,60 mt**  
 Falda: **NON RILEVATA**  
 Codice commessa nr. **26/2024**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	7	0,847	57,62	68,02	2,88	3,40
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	7	0,840	52,84	62,93	2,64	3,15
1,20	7	0,836	52,63	62,93	2,63	3,15
1,40	7	0,833	52,41	62,93	2,62	3,15
1,60	10	0,830	74,58	89,90	3,73	4,49
1,80	10	0,826	74,29	89,90	3,71	4,49
2,00	10	0,823	68,85	83,63	3,44	4,18
2,20	10	0,820	68,59	83,63	3,43	4,18
2,40	10	0,817	68,34	83,63	3,42	4,18
2,60	10	0,814	68,10	83,63	3,40	4,18
2,80	10	0,811	67,86	83,63	3,39	4,18
3,00	10	0,809	63,23	78,18	3,16	3,91
3,20	10	0,806	63,02	78,18	3,15	3,91
3,40	10	0,803	62,81	78,18	3,14	3,91
3,60	10	0,801	62,62	78,18	3,13	3,91

### 11.3.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 3

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,40	=	=	=
SABBIE LIMOSE (ORIZZONTE 2)	0,40 ÷ 1,40	NSPT	=	10,44
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	100,43 Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	74,96 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo di Poisson	=	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,48 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,92 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	=	2,20
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE CON PRESENZA DI TROVANTI E LIVELLI DA ARENITICI A CALCARENITICI (ORIZZONTE 3)	1,40 ÷ 3,60	NSPT	=	15,14
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	32°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	125,34 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	105,52 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo di Poisson	=	0,32
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,54 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,96 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	=	3,15
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA

L'area oggetto di indagine risulta interessata, a profondità con spessore e consistenza variabile, dalla presenza di trovanti e livelli da arenacei a calcarenitici che in relazione alla loro poca uniformità, non vengono presi in considerazione nella definizione dei parametri soprariportati.

#### 11.4 DINAMIC PROBING SUPER HEAVY N° 4 (DPSH-04)

Valori rilevati

Strumento utilizzato: **DPSH63-73 GEO DEEP DRILL (superpesante)**  
 Prova eseguita in data: **09/07/2024**  
 Profondità prova: **3,60 mt**  
 Falda (profondità dal p.c.): **non rilevata**  
 Certificato **Nr. 1 del 09.07.2024**  
 Codice commessa nr. **26/2024**  
 Tipo elaborazione nr. colpi **Medio**  
 Coordinate geografiche: **Lat. = 40.604007° Long. = 18.005774°**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	10	0,855	83,05	97,18	4,15	4,86
0,40	9	0,851	74,41	87,46	3,72	4,37
0,60	7	0,847	57,62	68,02	2,88	3,40
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	7	0,840	52,84	62,93	2,64	3,15
1,20	9	0,836	67,66	80,91	3,38	4,05
1,40	7	0,833	52,41	62,93	2,62	3,15
1,60	7	0,830	52,20	62,93	2,61	3,15
1,80	9	0,826	66,86	80,91	3,34	4,05
2,00	10	0,823	68,85	83,63	3,44	4,18
2,20	8	0,820	54,87	66,91	2,74	3,35
2,40	9	0,817	61,51	75,27	3,08	3,76
2,60	9	0,814	61,29	75,27	3,06	3,76
2,80	8	0,811	54,29	66,91	2,71	3,35
3,00	8	0,809	50,58	62,55	2,53	3,13
3,20	8	0,806	50,41	62,55	2,52	3,13
3,40	9	0,803	56,53	70,37	2,83	3,52
3,60	9	0,801	56,35	70,37	2,82	3,52



Valori normalizzati

Profondità prova: **3,60 mt**  
 Falda: **NON RILEVATA**  
 Codice commessa nr. **26/2024**

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	4	0,855	33,22	38,87	1,66	1,94
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	7	0,847	57,62	68,02	2,88	3,40
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	7	0,840	52,84	62,93	2,64	3,15
1,20	7	0,836	52,63	62,93	2,63	3,15
1,40	7	0,833	52,41	62,93	2,62	3,15
1,60	7	0,830	52,20	62,93	2,61	3,15
1,80	8	0,826	59,43	71,92	2,97	3,60
2,00	8	0,823	55,08	66,91	2,75	3,35
2,20	8	0,820	54,87	66,91	2,74	3,35
2,40	8	0,817	54,67	66,91	2,73	3,35
2,60	8	0,814	54,48	66,91	2,72	3,35
2,80	8	0,811	54,29	66,91	2,71	3,35
3,00	8	0,809	50,58	62,55	2,53	3,13
3,20	8	0,806	50,41	62,55	2,52	3,13
3,40	8	0,803	50,25	62,55	2,51	3,13
3,60	8	0,801	50,09	62,55	2,50	3,13

#### 11.4.1 Parametri Modello Geotecnico DPSH N° 4

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
TERRENO VEGETALE (ORIZZONTE 1)	0,00 ÷ 0,40	=	=	=
SABBIE LIMOSE (ORIZZONTE 2)	0,40 ÷ 1,60	NSPT	=	10,44
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	30°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	100,43 Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	74,96 (Kg/cm <sup>q</sup> )
		Modulo di Poisson	=	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale (γ)	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,48 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo (γ <sub>s</sub> )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,92 (t/mc)

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)	PARAMETRI GEOTECNICI	CORRELAZIONE	VALORE
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	=	2,20
		Falda profondità dal p.c.	=	NON RILEVATA
SABBIE LIMOSE (ORIZZONTE 3)	1,60 ÷ 3,60	NSPT	=	12,11
		Coesione (C)	[Terzaghi-Peck]	0,0 (Kg/cmq)
		Angolo di attrito	[Sower 1961]	31°
		Modulo Elastico (di Young)	[Schultze-Menzenbach]	109,28 (Kg/cmq)
		Modulo Edometrico	[Menzenbach e Malcev]	80,87 (Kg/cmq)
		Modulo di Poisson	=	0,33
		Classificazione AGI (1977)	AGI (1977)	MODERATAMENTE ADDENSATO
		Peso unità di volume naturale ( $\gamma$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,50 (t/mc)
		Peso unità di volume saturo ( $\gamma_s$ )	[Terzaghi-Peck 1948-1967]	1,94 (t/mc)
		Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	=	2,55
		Falda superficiale dal p.c.	=	NON RILEVATA

L'area oggetto di indagine risulta interessata, a profondità con spessore e consistenza variabile, dalla presenza di trovanti e livelli da arenacei a calcarenitici che in relazione alla loro poca uniformità, non vengono presi in considerazione nella definizione dei parametri soprariportati.

### 11.5 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura a);
- avanzamento (penetrazione) d ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

TIPO	SIGLA DI RIFERIMENTO	PESO DELLA MASSA M (kg)	PROF. MAX INDAGINE BATTENTE (m)
Leggero	DPL (Light)	11.5.1.1.1.1 M ≥ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≥ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

### Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (α = 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (α = 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento d=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento d=20-30 cm, punta conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

In cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
d	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (N/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa}{\sigma_{vo}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C <sub>S</sub>	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C <sub>d</sub>	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C <sub>r</sub>	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

### Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

**Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MI*

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

#### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### Modulo Di Young ( $E_Y$ )

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

**Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

**Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

**Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $t$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

**Velocità onde di taglio Vs (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

**Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

**Modulo di reazione (Ko)**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)**

- Robertson (1983) - Qc

**Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

**Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità  $> 5$  , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u-N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)**

- Robertson (1983) - Qc

**Modulo Edometrico-Confinato (Mo)**

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Qc/Nspt=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $Nspt < 30$ ) medie e molli ( $Nspt < 4$ ) e argille sabbiose ( $Nspt = 6-12$ ).

**Modulo Di Young (E<sub>γ</sub>)**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

## 12 DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

L'attuale normativa sismica si fonda sull'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G.U. n° 105 del 08.05.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zone sismiche".

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 rappresenta un primo tentativo di allineamento della normativa italiana con quella europea dato che esso si ispira completamente all'Eurocodice 8.

In prima fase di applicazione dell'ordinanza e fino alla formale individuazione e riclassificazione delle zone sismiche delle singole regioni, tale ordinanza, individua 4 nuove zone sismiche da 1 (maggiore pericolo) a 4 (minore pericolo) nelle quali suddivide l'intero territorio nazionale in relazione all'intensità e frequenza dei terremoti del passato.

A differenza della precedente classificazione, con l'O.P.C.M. n° 3274/2003, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4.

Secondo tale provvedimento legislativo, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base al PGA, Peak Ground Acceleration, cioè il valore di accelerazione massima del suolo (picco di accelerazione al suolo) misurata nel corso di un terremoto o attesa in un determinato sito che tiene conto dell'influenza degli eventuali effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alle caratteristiche del sottosuolo o alla topografia.

**Zona 1** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ROSSO**): Sismicità alta. Identifica la zona più pericolosa dove "possono verificarsi fortissimi terremoti" (PGA oltre 0,25 g).

**Zona 2** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ARANCIONE**): Sismicità medio-alta

In questa zona possono verificarsi forti terremoti (PGA fra 0,15 e 0,25 g).

**Zona 3** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GIALLO**): Sismicità medio-bassa In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari (PGA fra 0,05 e 0,15 g).

**Zona 4** (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GRIGIO**): Sismicità bassa. È la zona meno pericolosa (PGA inferiore a 0,05 g).

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 attribuisce alle singole regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in opere da edificare in zona 4 ad eccezione delle tipologie di edifici ed opere strategiche e rilevanti ai fini di protezione civile e del collasso degli stessi ove sussiste comunque l'obbligo di progettazione antisismica anche in zona 4.

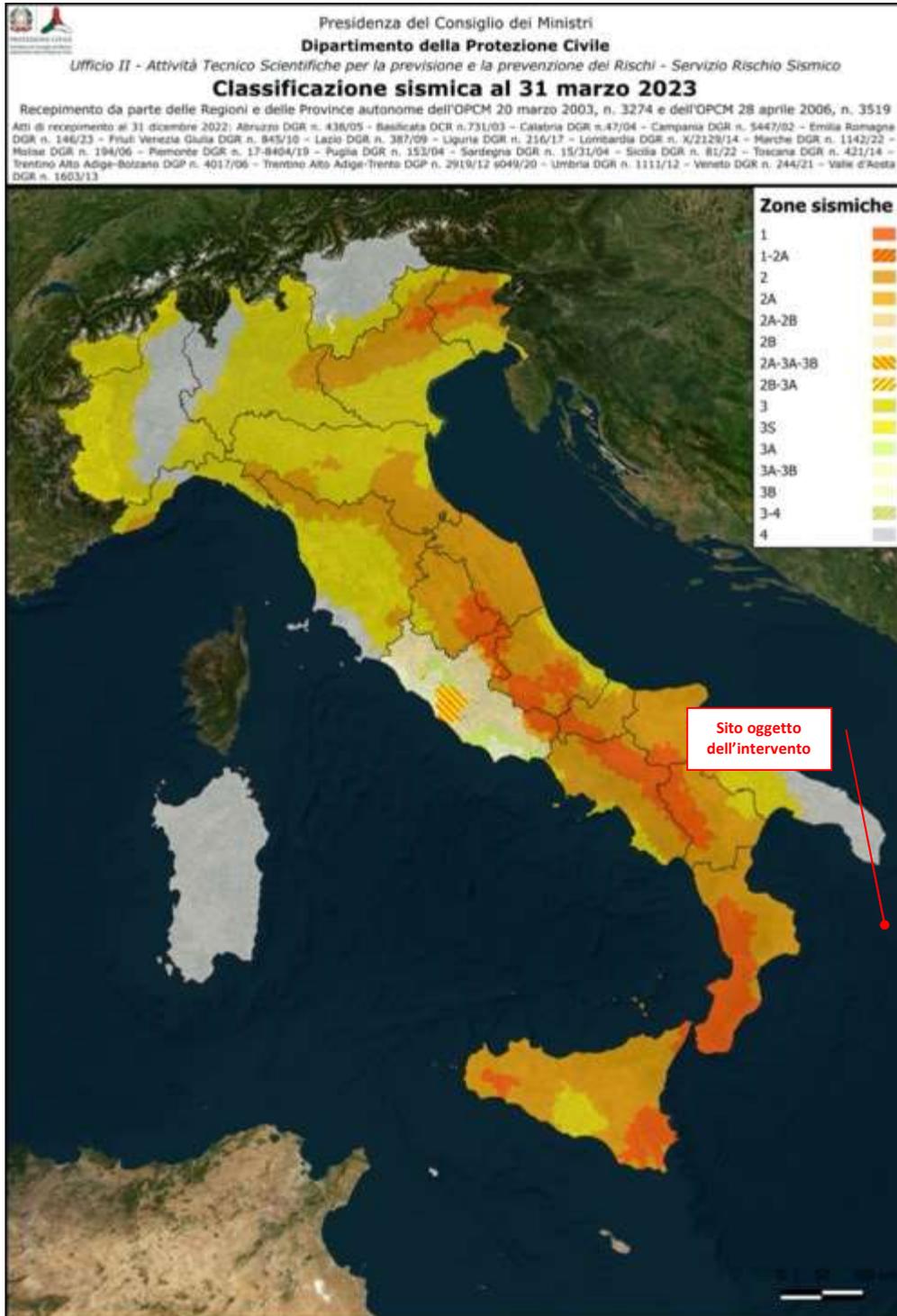
In seguito con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006, è stato adottato un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale, fornendo alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

La Regione Puglia, con Deliberazione di Giunta n° 153 del 02.03.2004 pubblicata sul B.U.R.P. n° 33 del 18.03.2004, in recepimento della previgente normativa statale ha, provveduto alla classificazione sismica dell'intero territorio pugliese, elencando i comuni ricadenti nelle zone sismiche 1, 2, 3 e 4, nonché individuando le tipologie di edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità, durante gli eventi sismici assumeva rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché degli edifici e delle opere infrastrutturali che potevano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, così come distinti negli elenchi "A" e "B", allegati alla medesima delibera n° 153/04. Contestualmente, stabiliva, "sino ad eventuale diversa determinazione" l'insussistenza dell'obbligo "della progettazione antisismica per gli edifici e le opere da realizzare sul territorio pugliese classificato in zona sismica 4", eccezion fatta per gli edifici di interesse strategico e/o rilevanti di cui ai suddetti elenchi "A" e "B", per i quali erano immediatamente applicabili i disposti normativi introdotti dalla citata O.P.C.M. n° 3274/03 e s.m.i., di cui all'O.P.C.M. n° 3316/03.

A seguito dell'anticipazione alla data dell'01.07.2009 dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche, approvate con D.M. 14.01.2008, in conseguenza degli eventi sismici avvenuti in Abruzzo, al fine di meglio tutelare la pubblica e privata incolumità, la Regione Puglia con D.G.R. n. 1626 del 15 settembre 2009 ha ritenuto opportuno l'estensione dell'obbligo della progettazione antisismica anche per le costruzioni private da realizzare in zona sismica classificata "4", modificando quanto precedentemente previsto, nella fattispecie, dalla succitata delibera di G.R. n° 153/04. Pertanto, per tutte le tipologie di fabbricati ricadenti in siti classificati come zona sismica 4, il riferimento normativo è da ricondursi al disposto di

cui al cap. 2 punto 2.7 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", nonché al capitolo C7 della relativa circolare esplicativa ministeriale 02 febbraio 2009 n° 617.



Classificazione sismica del territorio del territorio nazionale  
(<http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita/classificazione-sismica>)

## 12.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II di cui al D.M. 17 gennaio 2018 come sotto riportata, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

**Tabella 3.2.II** – Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato

CATEGORIA	DESCRIZIONE
<b>A</b>	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>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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.
<b>E</b>	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.

F

atta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dalla seguente espressione

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

dove:

$h_i$  = spessore dell’i-esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

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

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

Il profilo delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio  $V_{Seq}$  risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici;
- valutare la trasmissione delle vibrazioni generate dai treni, dalle macchine vibranti, dalle esplosioni in superficie o in sottoterraneo, dal traffico veicolare.

Le azioni sismiche delle cinque categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2. Il sopra riportata, sono definite al § 3.2.3 delle NTC 2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## 12.2 DETERMINAZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO LOCALE

Per la definizione della categoria di sottosuolo, come anticipato al capitolo precedente, ci si è riferiti alle risultanze di una campagna di indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di N° 1 indagine sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguita con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, attraverso uno stendimento di 44,00 mt con distanza geofonica pari a 4,0 mt, rielaborata alla luce degli aggiornamenti normativi per mezzo del software Easy MASW ver. 2023.28.6.1010 della GeoStru.

L'analisi sismica di sito, effettuata tramite l'utilizzo di antenne sismiche e metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), consente di determinare il profilo di rigidezza del sito (velocità delle onde di taglio  $S$ ) tramite la misura di velocità di propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) ed un successivo processo di inversione. Le sorgente sismica è rappresentata da una sorgente sismica attiva, quale una mazza del peso di 5 kg battente verticalmente su una piastra circolare in acciaio del diametro di 220 mm.

La metodologia sopra riportata permette altresì di definire il parametro  $V_{seq}$  utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo da utilizzare in seguito per la progettazione delle costruzioni secondo la normativa antisismica.

Si riporta di seguito la documentazione fotografica e la restituzione grafica delle risultanze dell'indagine in oggetto.

### MASW - 01

Coordinate Geografiche: Lat. = 40.576944° Long. = 18.019928°

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

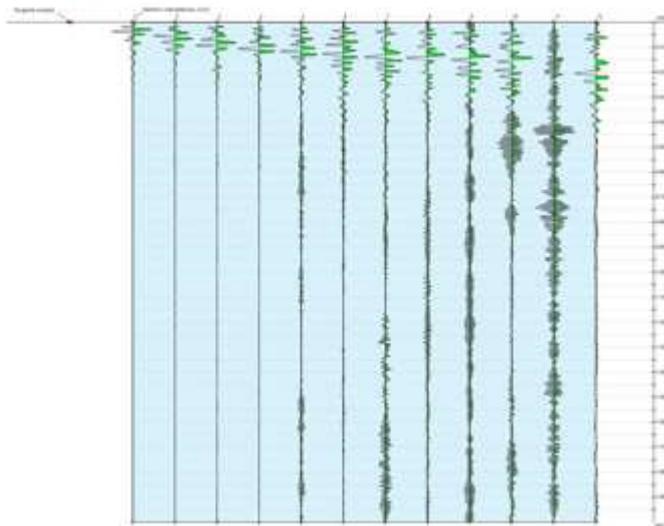




**Documentazione fotografica Indagini Sismiche MASW**

**RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE MASW**

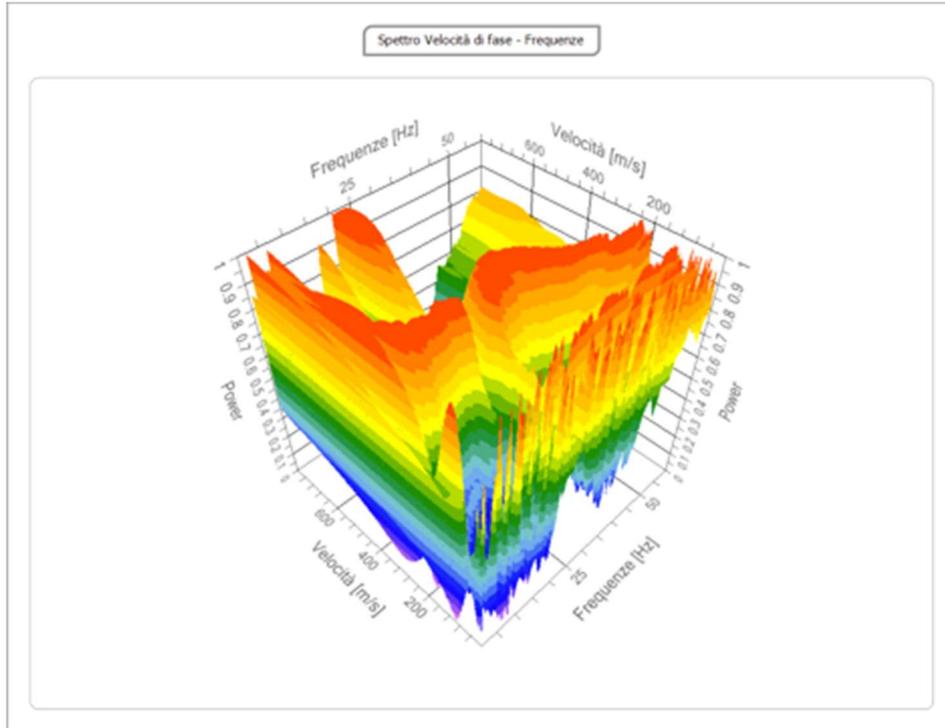
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	2.00



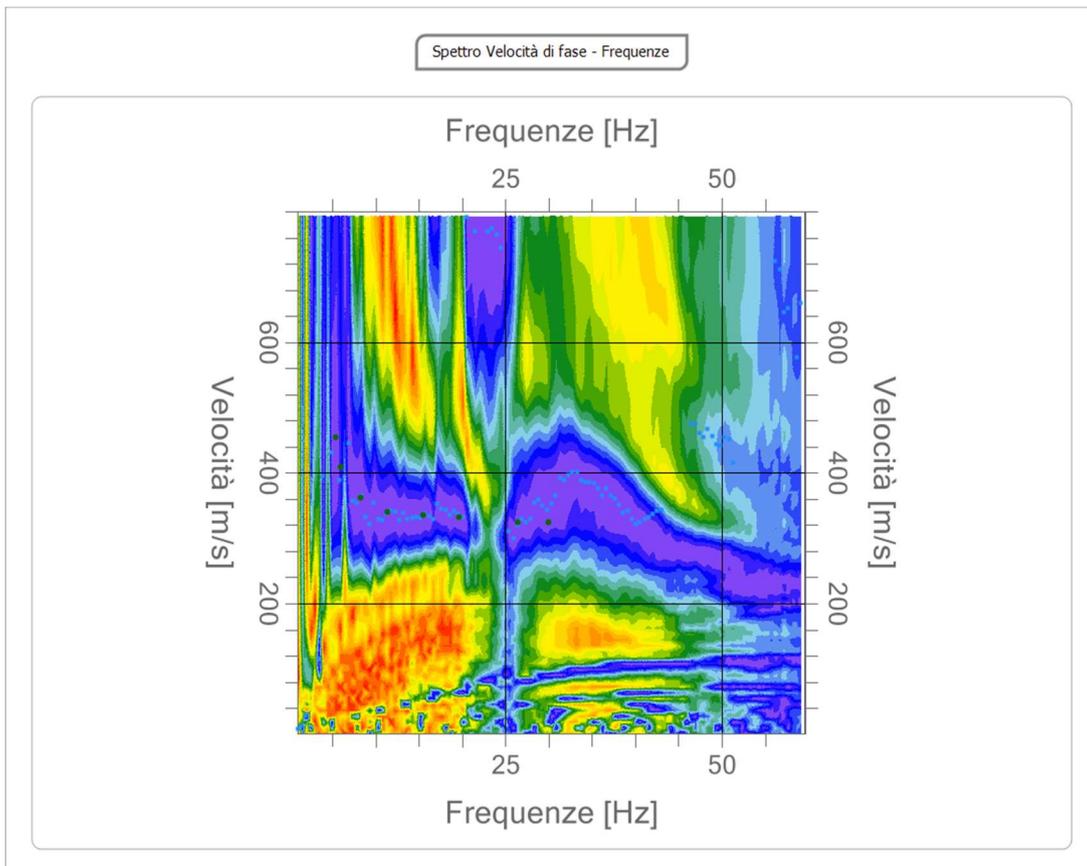
**Tracce sperimentali MASW**

**Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza (3D)**

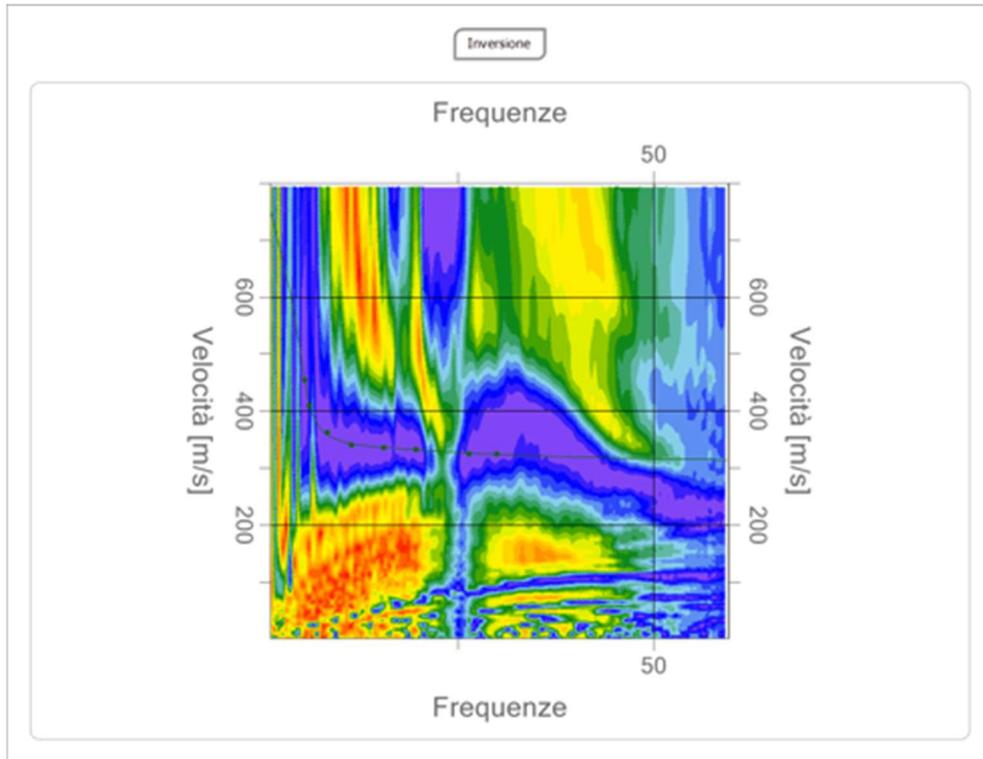
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	40
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



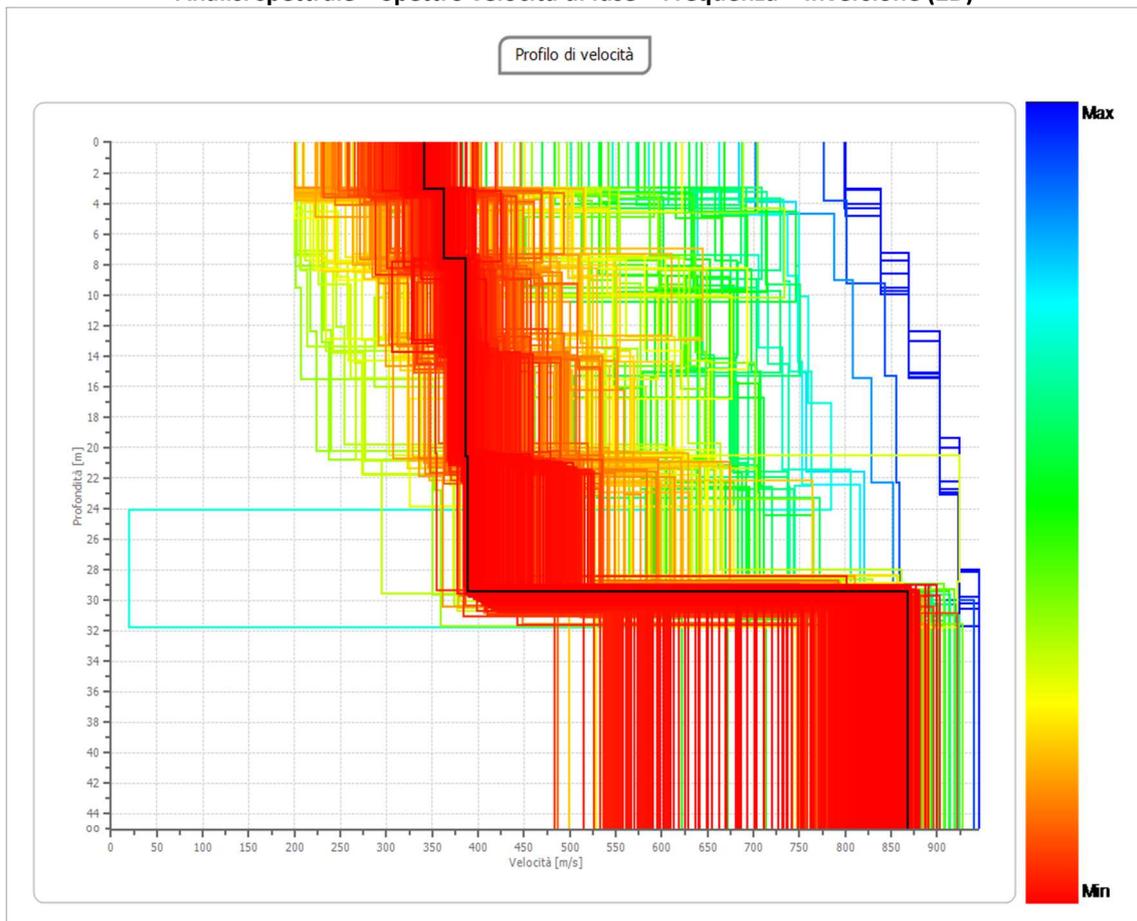
**Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza (3D)**

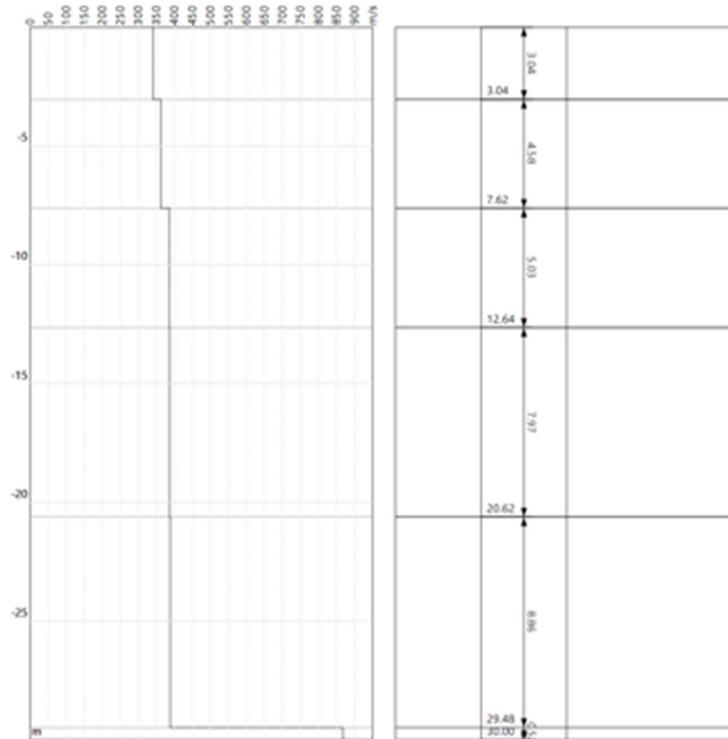


**Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza**



Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza – Inversione (2D)





**Profilo di velocità**

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  ( $H = 29,48$  mt), sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{s,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>377,89</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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.	<b>B</b>

**MASW - 02**

Coordinate geografiche: Lat. = 40.604007° Long. = 18.005774°

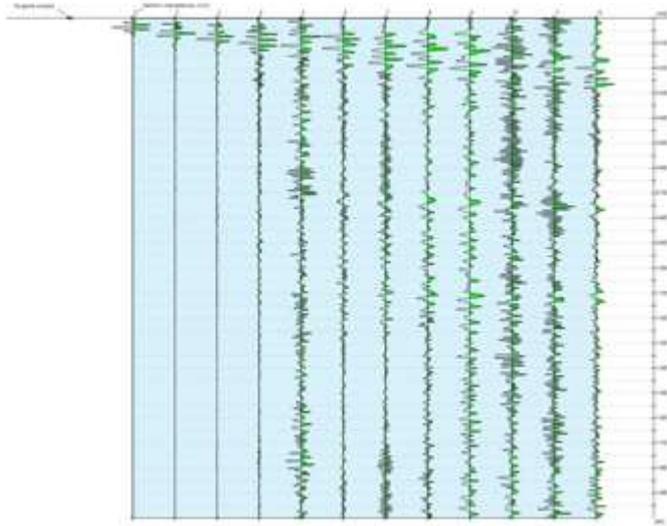
**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**Documentazione fotografica Indagini Sismiche MASW**

**RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE MASW**

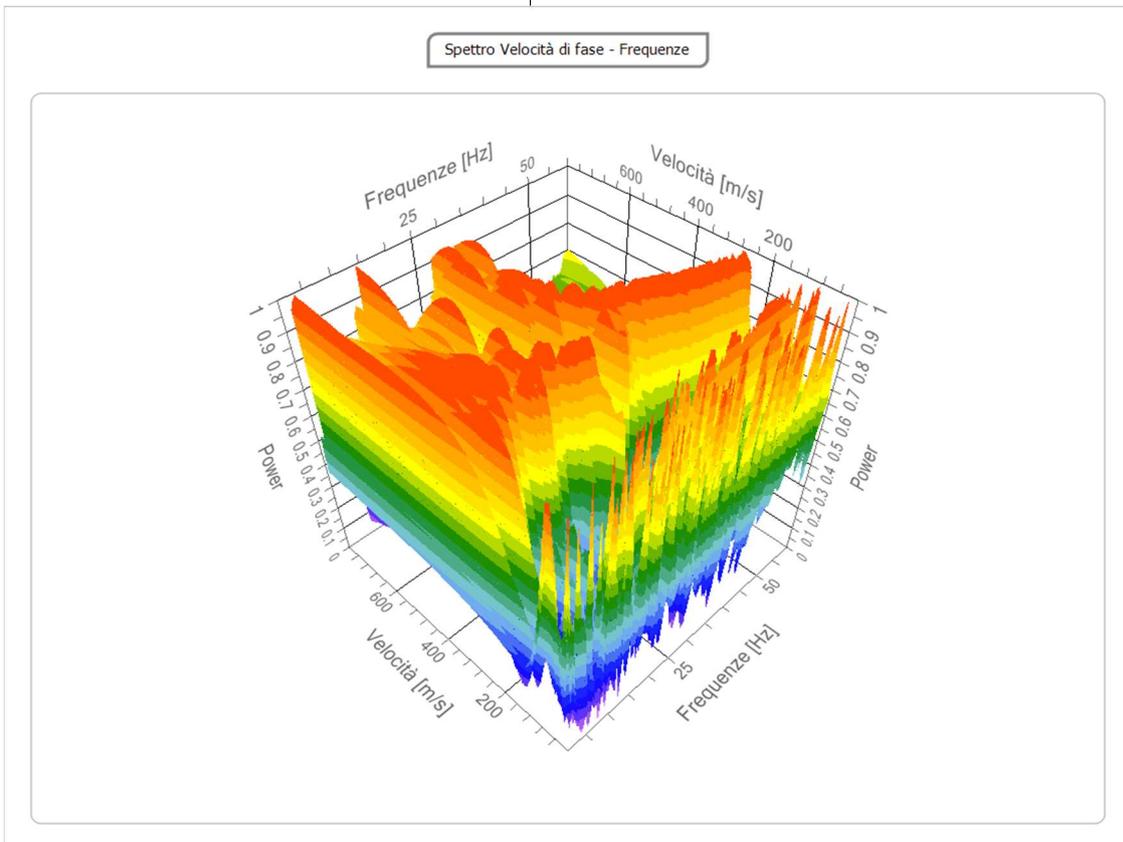
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	2.00



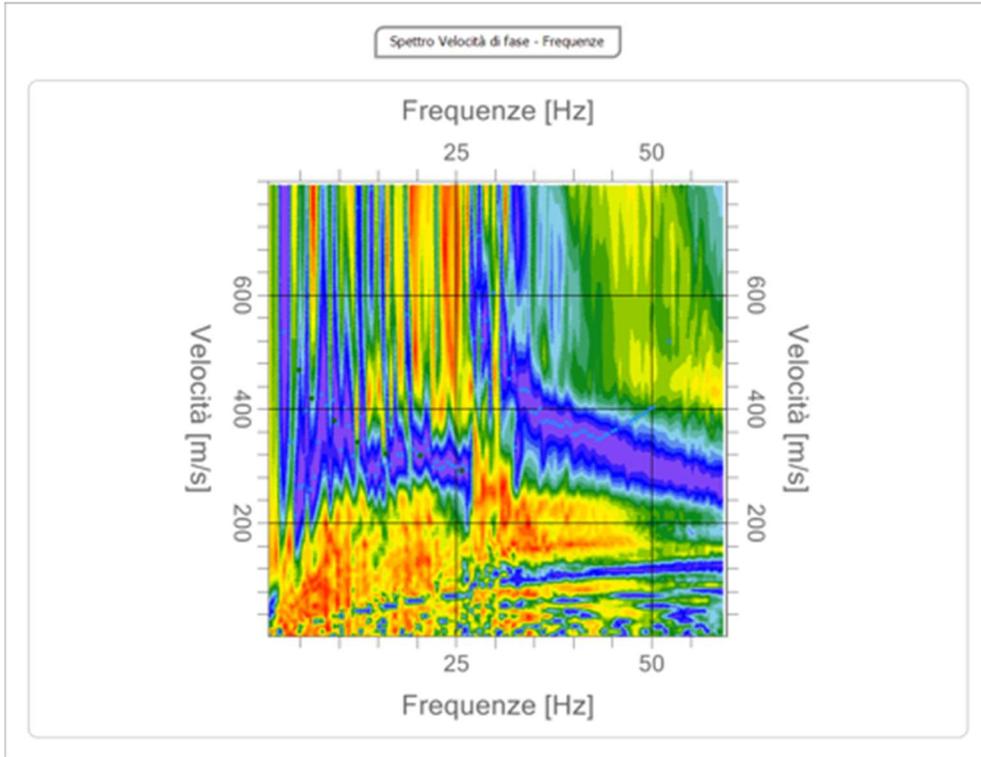
**Tracce sperimentali MASW**

**Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza (3D)**

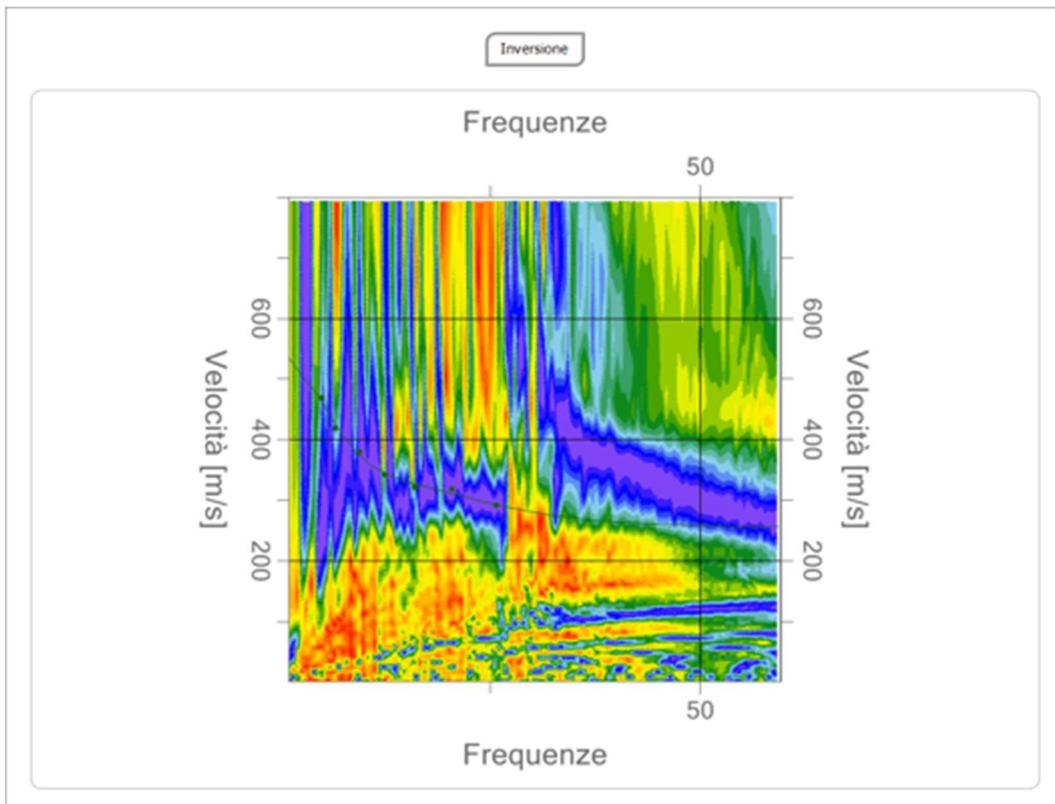
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	40
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



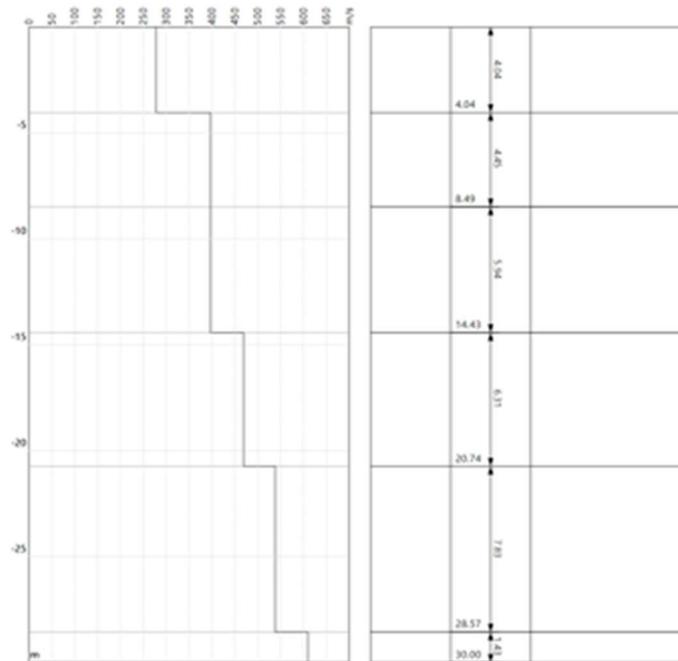
**Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza (3D)**



**Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza**



**Analisi spettrale – Spettro velocità di fase – Frequenza – Inversione (2D)**



Profilo di velocità

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (nel caso di specie uguale a  $V_{s,30}$ ), sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

**Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo**

$V_{s,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
<b>422,18</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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.	<b>B</b>

### 13 SUCCINTE CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.

Le prove penetrometriche e quelle sismiche MASW effettuate lungo il tracciato del cavidotto che collegherà l'impianto agrivoltaico PV2 28ENV08 con la cabina primaria di trasformazione posta in località "Brindisi Sud-Cerano", ancora da realizzare hanno permesso di rilevare:

- Che le prove penetrometriche effettuate non hanno mai raggiunto il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica e quindi non hanno intercettato i livelli litici ed in particolare le arenarie dell'unità "pan-china";
- Tutte le prove sono state approfondite, in virtù dello scavo previsto per il cavidotto fino a 1,10/1,2 m., fino a 3 m. dal piano di campagna, evidenziando solo ed esclusivamente terreni di natura sedimentaria ed a principale matrice limo-argillosa;
- Le prove hanno permesso di definire la mancanza di problematiche connesse alla realizzazione del cavidotto che, nel qual caso, potrà essere realizzato con semplici mezzi da scavo, senza l'uso di martelloni vibranti per l'assenza di materiali litoidei;
- Le prove di sismica indiretta hanno permesso di classificare i terreni come appartenenti alla categoria di sottosuolo "B".