



Regione Puglia
Comune di Troia (FG)
Località San Giusta

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI TROIA

Progetto Definitivo

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 32,62 MW sito nel Comune di Troia (FG) in località "S.Giusta", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili

COMMITTENTE

TOZZIgreen

TOZZI GREEN S.P.A.

Via Brigata Ebraica,50
48123 Mezzano (RA) Italia
tozzi.re@legalmail.it

PROGETTAZIONE

MAXIMA
INGEGNERIA
innovazione e sostenibilità

MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

Direttore tecnico: Ing. Massimo Magnotta
via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729



CONSULENTI

Ing. Sabrina Scaramuzzi

Viale Luigi De Laurentis, 6 int.20, 70124 Bari (BA) Italia
Tel./fax. 080 2082652 - 328 5589821
e-mail: progettoacustica@gmail.com - sabrina.scaramuzzi@ingpec.eu

Dott. Antonio Mesisca

Via A. Moro, B/5, 82021 Apice (BN), Italia
Tel. 327 1616306
e-mail: mesisca.antonio@virgilio.it

Dott. Geol. Rocco Porsia

Via Tacito, 31, 75100 Matera (MT) Italia
Tel: +39 3477151670
e-mail: r.porsia@laboratorioterre.it

Dott. Enrico Palchetti

Piazzale delle Cascine, 18 - 50144 Firenze (FI)
Tel. 055 2755800
e-mail: enrico.palchetti@unifi.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DAGRI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

Revisione	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
0	31-03-2023	Emesso per Progettazione Definitiva	MAGNOTTA	GRASSO	MAGNOTTA
Progettista			Scala	COMMESSA	
			-	IT020BD038	
EMESSO PER	TITOLO	FILE	FOGLIO	DI	FORMATO
<input checked="" type="checkbox"/> APPROVAZIONE	Relazione Geologica	4.2.2	-	-	-
<input type="checkbox"/> COSTRUZIONE		Documento No.			
<input type="checkbox"/> AS BUILT		IT020BD038-9S9001			
<input type="checkbox"/> INFORMAZIONE					

SOMMARIO

1. PREMESSA	pag. 2
2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLITOLOGICO, TETTONICO, IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA	“ 7
2.1 – PQa – <<Argille e argille marnose grigio-azzurrognole, localmente sabbiose>>	“ 21
2.2 – PQs – <<Sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei giallastri e lenti ciottolose>>	“ 22
2.3 – Qc ₁ – <<Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni: a volte fortemente cementati e con intercalazioni di sabbie ed arenarie>>	“ 23
2.4 – Qcr <<Crostoni calcarei>>	“ 23
2.5 – Qt (Foglio 163 – LUCERA) – Qt ₃ (Foglio 164 – FOGGIA) – <<Alluvioni terrazzate poco superiori all'alveo attuale, terre nere e crostoni evaporitici>>	“ 24
3. INDAGINI GEOFISICHE, CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	“ 25
3.1 – Indagine sismica a rifrazione	“ 29
3.1.1. – Risultati delle indagini sismiche a rifrazione	“ 32
3.2 – Categoria di sottosuolo, condizioni topografiche, indagine Sismica attiva con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Spectral Analysis of Surface Waves)	“ 34
3.2.1 – Condizioni topografiche	“ 37
3.2.2 – Indagini sismiche con metodologia M.A.S.W.	“ 37
3.2.2.1 – Risultati delle indagini M.A.S.W. effettuate	“ 42
3.3 - Pericolosità sismica di base del sito e definizione delle azioni sismiche di progetto	“ 44
4. CARATTERISTICHE LITOLOGICO-STRATIGRAFICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE DELL'AREA IN STUDIO E STRUTTURE DI FONDAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	“ 64
4.1 – Caratteristiche idrogeologiche	“ 65
4.2 – Caratteristiche geotecniche dei terreni e strutture di fondazione delle opere in progetto	“ 66
5. COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA E CONCLUSIONI	“ 70
6. BIBLIOGRAFIA	“ 76
ALLEGATI:	
Allegato 1: Corografia – Scala 1:25.000	
Allegato 2: Carta di Pericolosità Geomorfológica, Idraulica e del Rischio – Scala 1:10.000	
Allegato 3: Carta Geologica e Geomorfológica con ubicazione delle indagini geofisiche – Scala 1:5.000	
Allegato 4: Risultati delle Indagini Geofisiche	

1. PREMESSA

Nell'ambito del <<**Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza complessiva di 32,62 Mwp (30,25 Mw in immissione) sito nel Comune di Troia (FG) in località "S.Giusta", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili**>> la Società TOZZI GREEN S.p.A. con sede in via Brigata Ebraica n. 50 – Mezzano (RA) in qualità di proponente ha dato incarico allo scrivente di effettuare uno studio geologico-geotecnico e sismico di alcune aree, individuate nella cartografia allegata alla presente relazione, tutte ricadenti in agro del Comune di Troia a circa 12.00 km a nord-est del centro abitato, dove saranno installati i pannelli fotovoltaici, del corridoio ricadente esclusivamente nel territorio comunale di Troia lungo cui si snoderà il cavidotto di connessione tra il campo fotovoltaico e l'area in cui sorgerà la stazione Terna anch'essa sita nel territorio comunale di Troia.

Lo studio in oggetto, volto a definire il modello geologico-geotecnico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrologici, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici, con lo scopo precipuo di valutare il conseguente livello di pericolosità geologica ed il

comportamento prima e dopo la realizzazione delle opere, così come richiesto dalla normativa tecnica vigente ed in particolare della **LEGGE 02 febbraio 1974 n. 64** e successive modifiche ed integrazioni, del **D.M. LL.PP. 11 marzo 1988** e delle loro relative norme di attuazione, del **D.Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008**, del **D.Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018** e **Circolare esplicativa n. 7 del 21 gennaio 2019**, tenendo in debito conto le prescrizioni *dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Italia Meridionale* istituita con **D. Lgs. 152/2006**, **Legge 221/2015**, **D.M. 294/2016** e **DPCM 4 aprile 2018 - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico Regione Puglia**, istituita con la **Legge Regionale n. 19 del 9 dicembre 2002** e delle relative norme tecniche di attuazione (30 novembre 2005), *dell’ex Autorità di Bacino della Puglia*.

La consultazione delle norme di attuazione del **PIANO DI BACINO - STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO** - e della cartografia ad esso allegato ha consentito di verificare che le aree su cui sarà realizzato l’impianto agrivoltaico non ricadono tra quelle a Rischio, a Pericolosità Idraulica e a Pericolosità Geomorfologica (vedi cartografia allegata), per cui le stesse non sono soggette alle prescrizioni ed alle restrizioni ai sensi dello stesso Piano, la sottostazione utente sarà realizzata in un’area a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1) e, infine, il corridoio lungo cui si snoderà il cavidotto che collega il parco agrivoltaico e la sottostazione attraverserà per alcuni tratti aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1) ed elevata (PG2)

ed alcuni tratti dovranno attraversare aree a pericolosità idraulica bassa (BP), media (MP), alta (AP).

Per superare gli ostacoli dovuti all'attraversamento di tali tratti si farà ricorso alla TOC (trivellazione orizzontale controllata).

I lavori previsti, che certamente determineranno la variazione dell'assetto idrografico-idrogeologico attuale dei versanti in oggetto, dovranno essere condotti con le necessarie accortezze (corretto rimodellamento dei versanti, regimazione delle acque meteoriche, eventuale realizzazione di opere di presidio o interventi finalizzati al miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni, ecc.) al fine di continuare a garantire, anche dopo i lavori in progetto e di tutte le opere a servizio del parco agrivoltaico da realizzare, la stabilità dell'intera area.

La gestione controllata delle acque meteoriche, che attualmente scorrono liberamente sui versanti in oggetto, dovrà garantire sia durante che dopo gli interventi in progetto il contenimento dei processi erosivi areali o concentrati che siano e, plausibilmente, potrà determinare anche un incremento della stabilità dei siti che saranno interessati dai lavori.

In seguito alla pubblicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ed alla Deliberazione della Giunta Regionale di Puglia n. 153 del 2 marzo 2004, che ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale, si è resa necessaria la caratterizzazione sismica dell'area in esame al fine di verificare le caratteristiche di tale area alla luce della nuova normativa tecnica per le

costruzioni in zona sismica (**D.Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018 e Circolare esplicativa n. 7 del 21 gennaio 2019**).

Le informazioni sui caratteri litologico-stratigrafici del sottosuolo e le principali caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche delle aree interessate dal progetto sono state estrapolate dalla vasta bibliografia relativa ai terreni affioranti nell'area, mentre i caratteri morfologici sono stati raccolti nel corso di alcune ricognizioni di superficie effettuate nella zona interessata e nelle zone limitrofe e confrontando i dati acquisiti con quelli desunti dalla bibliografia e dalla cartografia ufficiale esistente.

Le indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. e quelle effettuate con il metodo della sismica a rifrazione in onda P eseguite nell'area in cui sarà realizzato il parco agrivoltaico (vedi allegata planimetria con ubicazione delle indagini) al fine di verificare le caratteristiche sismiche del sedime dove saranno realizzati i suddetti lavori hanno consentito, altresì, di ricostruire, seppure in maniera indiretta, gli spessori e le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni presenti nel sottosuolo di tale area.

Le indagini sismiche effettuate e lo studio geologico generale dell'area in cui saranno realizzati i lavori in oggetto sono state utilizzate per effettuare la ricostruzione del modello geotecnico del volume di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione delle opere in progetto e che a loro volta influenzeranno il comportamento delle opere stesse.

La definizione dei parametri geotecnici dei terreni affioranti nell'area in esame, sulla base dei quali potrà essere effettuato un dimensionamento delle opere da realizzare, sono stati desunti dalla vasta bibliografia ufficiale esistente, mentre i moduli elastici sono stati calcolati dalle indagini sismiche realizzate.

Di seguito, dopo la descrizione del contesto geologico-morfologico generale dell'area interessata dalla realizzazione dei lavori in oggetto, si riportano i dati acquisiti nel corso dello studio effettuato ed il parere sulla fattibilità delle opere in progetto.

2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLITOLOGICO, TETTONICO, IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA

L'area territoriale in cui si collocano i siti interessati dalla realizzazione delle opere in progetto costituisce geograficamente una vasta piana alluvionale, compresa in un'area di avanfossa ancora più ampia, denominata Tavoliere delle Puglie, ubicata tra il dominio garganico, quello appenninico e quello murgiano.

I siti dove saranno realizzati il parco agrivoltaico, la sottostazione e la rete delle opere di connessione ricadono quasi completamente nel Foglio n. 175 "CERIGNOLA" ad eccezione di un piccolo tratto di cavidotto che ricade nel Foglio n. 174 "ARIANO IRPINO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000, di cui viene riportato in allegato uno stralcio.

L'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte solare è ubicata in posizione all'incirca baricentrica rispetto ai centri abitati di Troia (circa 12,00 km in direzione ovest-sud-ovest), Foggia (circa 10,00 km in direzione est-nord-est), Lucera (circa 15,00 km in direzione nord-ovest) Castelluccio dei Sauri (circa 11,00 km in direzione sud-est), mentre la

sottostazione sorgerà in un'area ubicata tra il centro abitato di Troia ed il centro abitato di Castelluccio Valmaggiore.

Il fattore pendenza, insieme alla conformazione stratigrafico-strutturale, riassumibile nella costituzione litologica e nella disposizione suborizzontale delle formazioni geologiche affioranti, e alla totale assenza di segnali, quali ripide scarpate e/o pareti subverticali, che possano far pensare alla presenza di faglie nelle immediate vicinanze di tutte le aree in studio, fanno sì che non vi siano emergenze morfologiche particolari cui far fronte.

Le informazioni sui caratteri litologico - stratigrafici - geostrutturali delle aree interessate dalle attività in oggetto sono state desunte dalla bibliografia ufficiale, ivi comprese le documentazioni cartografiche, e dai dati in possesso dello scrivente.

Le principali caratteristiche geologiche, morfologiche, geotecniche ed idrogeologiche, riferite al sottosuolo delle aree in cui saranno realizzati gli interventi in oggetto, sono state raccolte nel corso delle ricognizioni di superficie e desunte anche dalla vasta bibliografia relativa ai terreni affioranti nelle aree in esame.

Il sito su cui saranno installati i pannelli fotovoltaici dista meno di 20,00 km dalle prime pendici dell'Appennino Dauno, all'interno di una porzione della Capitanata, l'estesa superficie spianata ed erosa che dalle estreme propaggini orientali dell'Appennino degrada dolcemente verso il mare adriatico, che è compresa nei limiti del Foglio 175 – Cerignola, ed costituita

dai depositi alluvionali dei torrenti Cervaro, Celone, Carapelle e del Fiume Ofanto e dei loro relativi affluenti.

I terreni affioranti nell'area in esame e nelle zone circostanti sono rappresentati da:

- Argille e argille marnose grigio-azzurrognole fossilifere (Pliocene);
- Sabbie giallastre con fauna litorale (Pliocene);
- alluvioni terrazzate (Pleistocene-Olocene);
- alluvioni recenti ed attuali (Olocene).

La natura dei terreni superficiali, che si rinvengono fino ad una profondità di poche decine di metri, escluse le sabbie giallastre e le argille, sono da mettere in relazione al trasporto fluviale dei corsi d'acqua.

L'area in cui sarà realizzato il parco agrivoltaico in progetto si colloca per intero nel territorio comunale di Troia (FG) ed impegna superfici debolmente inclinate modellate dagli eventi climatici e glacioeustatici, nonché dalle vicende idrauliche di età mesopleistocenico-olocenica.

Il territorio considerato presenta ulteriori connotazioni identificative in ordine alla sua specifica posizione territoriale principalmente correlate alla presenza di alcuni alvei torrentizi e fluviali, che costituiscono elementi idrografici di particolare rilievo morfologico cui sono collegabili anche parte degli attuali assetti litologici.

Le quote che caratterizzano l'area in cui si sviluppa il parco agrivoltaico in progetto variano tra un minimo di 156,00 ed un massimo di

178,00 m s.l.m., su pendii scarsamente acclivi, con pendenze che mediamente si mantengono molto al di sotto di 15°.

Tale circostanza è stata direttamente verificata nel corso dei sopralluoghi e dalla cartografia esistente (CTR in scala 1:5.000) che hanno consentito di riscontrare che i versanti collinari su cui saranno installati i pannelli solari ed opere annesse sono tutti al disotto dei 15°, permettendo di definire, in relazione alle NTC 2018 in prospettiva sismica, che l'intera area su cui saranno realizzati gli interventi in progetto ricade per intero in categoria topografica T1.

Tutta la piana, di cui fa parte anche l'area in studio, tende a sollevarsi configurandosi con pendenze lievi verso i quadranti nord-orientali.

La conformazione topografico-morfologica del sito su cui sarà realizzato il parco agrivoltaico e la sottostazione fanno in modo che siano del tutto assenti fenomeni franosi e di dissesto più generalizzato.

Le osservazioni effettuate direttamente in campagna e, soprattutto, lo studio della cartografia geomorfologica e della cartografia dell'ADB Puglia evidenziano quanto appena detto.

Come già ricordato in premessa l'area su cui si svilupperà il parco fotovoltaico e quella in cui sarà realizzata la sottostazione, ricadono al di fuori di aree a Rischio ed a Pericolosità Idraulica ed a Pericolosità Geomorfologica, mentre alcuni tratti del cavidotto di connessione del parco con la sottostazione intercettano aree a Pericolosità Geomorfologica Media e Moderata (PG1) ed a

Pericolosità idraulica bassa, media ed alta, ma sono tutti molto distanti da zone visibilmente in frana e da aree palesemente caratterizzate da dissesto diffuso.

Come già ricordato in premessa l'area su cui si svilupperà il parco agrivoltaico non ricade tra quelle a Rischio, a Pericolosità Idraulica e a Pericolosità Geomorfologica (vedi cartografia allegata), mentre l'area in cui sarà realizzata la sottostazione utente ricade in un'area a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1) e alcuni tratti del cavidotto di connessione del parco con la sottostazione intercettano aree a Pericolosità Geomorfologica Media e Moderata (PG1) ed elevata (PG2) ed aree a Pericolosità idraulica bassa, media ed alta, ma sono tutti molto distanti da zone visibilmente in frana e da aree palesemente caratterizzate da dissesto diffuso.

Pur non presentando aspetti morfologici particolarmente compromessi, per continuare a mantenere un certo equilibrio morfologico delle aree interessate dai lavori di costruzione del parco agrivoltaico e, in un certo senso, per aumentarne anche la stabilità morfologica, gli interventi in progetto dovranno prevedere la realizzazione di opere di raccolta ed allontanamento controllato delle acque di pioggia nella zona di installazione dei pannelli fotovoltaici con lo scopo di non incrementare la corrivazione di tali acque sulle porzioni di versante interessate dal progetto e per evitare fenomeni di erosione areale dovuta al dilavamento delle acque non incanalate.

Come sopra accennato i due alvei più significativi che sviluppano il loro corso a nord e a sud del parco agrivoltaico in progetto, individuati topograficamente con i toponimi di torrente Celone e di torrente Cervaro,

rappresentano due precisi elementi fisiografici verosimilmente coincidenti con preesistenti strutture tettoniche profonde.

Gli alvei dei due corsi d'acqua presentano forme complessivamente sinuose dovute alle basse pendenze del territorio attraversato e si sviluppano in direzione NE, raccordando la zona a ridosso dei Monti della Daunia al Mare Adriatico, attraversano l'intera piana del Tavoliere intercettando nelle parti più alte rilievi di quota superiori ai 350 m slm.

Nel loro percorso intersecano i vari ripiani terrazzati di origine marina correlabili ad oscillazioni glacioeustatiche la cui disposizione, inclinata verso il Golfo di Manfredonia, rappresenta il risultato della sedimentazione recente che, congiuntamente alla progressiva attività di sollevamento regionale conseguente alle spinte appenniniche, ha "plasmato" morfologicamente l'attuale piana del Tavoliere.

Trattasi di un'attività polifasica in cui ai meccanismi di regressione marina si sono sovrapposte anche le fasi continentali di alluvionamento causate dalle pulsazioni isostatiche del sistema catena-avanfossa-avampaese.

I corsi d'acqua di origine pedemontana che scorrono nella piana, tra cui anche i due corsi d'acqua in questione, intersecano dunque una serie di superfici alluvionali poste a quote diverse, lievemente inclinate verso mare e delimitate da più o meno ripide scarpate con inclinazioni tanto più lievi quanto più ci si avvicina alla linea di costa.

Le attuali superfici visibili nelle loro condizioni naturali rappresentano dunque il risultato dell'avvicinarsi delle sedimentazioni marine e continentali

e nel caso specifico si deve ritenere che i sedimenti olocenici di pianura abbiano di fatto in gran parte obliterato o cancellato anche le tracce degli antichi terrazzi per la sovrapposizione di sedimenti alluvionali generati dalla tracimazione degli stessi corsi d'acqua in prossimità della fascia costiera.

Le suddette caratteristiche sono peraltro confermate dal sistema idrografico secondario che si configura in forme anastomizzate, con fitti reticoli a direzione di deflusso molto varie, spesso anche contrastanti, di raccordo alle due principali aste fluviali aventi direttrice prevalente coincidente con la direzione di massima pendenza verso mare.

Ad eccezione dei corsi d'acqua principali, che hanno comunque portate medie molto modeste, tutti gli alvei, impluvi e fossi sono normalmente privi d'acqua per gran parte dell'anno ed attivi solo in concomitanza con eventi pluviometrici a carattere eccezionale che possono esplicarsi in aree del bacino idrologico anche non coincidenti con il comparto esaminato.

E' da far notare in tal senso che il territorio oggetto di studio ha subito notevoli variazioni rispetto alle originarie morfologie, sia per la rettifica degli alvei dei torrenti minori, sia per la realizzazione di canali artificiali drenanti e/o di collettamento, realizzati principalmente in occasione della bonifica post-bellica per l'allontanamento delle acque di pioggia e per impedire il ristagno delle stesse nell'ambito dell'ampia pianura compresa tra i due citati corsi d'acqua principali.

Per quanto sopra segnalato si può dire che gran parte delle litologie oggi presenti in questa fascia territoriale costituiscano il risultato di

sedimentazioni terrigene alluvionali, causate da rigurgito, per tracimazione dagli argini, delle acque limacciose dei canali e dei corsi d'acqua che attraversano l'ampia pianura alluvionale.

I materiali trascinati dalle acque, nel corso di antichi eventi alluvionali, si sarebbero depositati in ampie aree golenali, oggi asciutte, le cui condizioni idrauliche fossili si palesano allorché si verificano condizioni metereologiche con precipitazioni accentuate.

In definitiva si può ritenere che da un punto di vista morfologico non sussistono condizioni limitative o ostative alla realizzazione di impianti o di strutture edilizie in quanto non si rilevano morfologie a stabilità precaria.

Mancano infatti condizioni predisponesti al dissesto così come non si rilevano elementi di instabilità in atto o potenziali.

Sulla base di quanto direttamente osservato e con riferimento alle conoscenze geologiche del comparto è possibile sviluppare sintetiche valutazioni sulla geologia del territorio per definire in dettaglio anche quella delle aree di intervento.

Come accennato i terreni presenti, che caratterizzano l'intero Tavoliere compresa le aree in esame, costituiscono la successione plio-pleistocenica dell'Avanfossa adriatica.

A partire dal substrato pre-pleistocenico che rappresenta il basamento del Tavoliere, costituito da una potente serie di sedimenti carbonatici di piattaforma di età Mesozoica, si rinvengono le sequenze tipiche di riempimento di questo bacino subsidente comunemente noto come Fossa Bradanica.

Tutta l'area del Tavoliere può essere definita come un'ampia fossa tipo Graben con orientazione appenninica delimitato nelle sue parti meridionali dall'Altopiano murgiano e in quelle settentrionali dall' Horst garganico.

Tali elementi del basamento carbonatico risulterebbero dunque in continuità con le forme del rilievo attualmente affioranti per il tramite di un sistema a gradoni immergente verso l'Appennino, interposto tra Murge e Gargano.

Su questo esteso Graben, a partire dal Miocene, si sarebbero depositate le unità del ciclo della Fossa Bradanica caratterizzate verso la fascia appenninica da interposizione di colate gravitative comprendenti sedimenti torbiditici, caotici, con mescolanze sabbioso-argillose e ciottoloso-sabbiose.

I depositi caratteristici della sedimentazione plio-pleistocenica, così come risulta da sondaggi profondi e da letteratura, sarebbero invece costituiti da conglomerati e sabbie, argille, sabbie e nuovamente conglomerati.

Tale sequenza post-cretacica si origina dunque con i conglomerati trasgressivi che precedono l'ingressione marina pliocenica e si chiudono con le facies sabbioso-conglomeratiche che accompagnano la regressione finale pleistocenica.

Anche nell'ambito territoriale studiato si ritrovano le sequenze accennate che tuttavia vengono intercettate solo relativamente alla parte alta delle unità stratigrafiche regressive.

Nel caso specifico alle formazioni sabbioso-conglomeratiche del ciclo della Fossa Bradanica si presume che possano essersi sovrapposte le attività di

ingressione e regressione marina originatesi a partire da circa un milione di anni fa a seguito della progressiva attenuazione delle spinte appenniniche.

Gli effetti distensivi della tettonica quaternaria avrebbero dunque prodotto una nuova riconfigurazione del territorio favorendo la sedimentazione di facies marine e continentali terrazzate, specialmente lungo le fasce prossime alle aree costiere.

Per il Tavoliere meridionale appare dunque di non facile soluzione la ricostruzione di un quadro completo ed esaustivo delle varie fasi di terrazzamento e la distinzione dei cicli sedimentari in funzione anche degli eventi climatici.

Si può verosimilmente presumere che le piane alluvionali dei fiumi attuali possano essere state generate anche dallo smantellamento dei depositi del ciclo bradanico, per un accentuarsi delle precipitazioni e conseguentemente dell'erosione, nelle zone di raccordo tra la fascia pedecollinare appenninica e quella di pianura.

In ogni caso dal punto di vista della caratterizzazione litologica e geologico-tecnica, saranno dettagliatamente illustrate le condizioni specifiche dei siti individuati così come rilevato dagli studi e dalle indagini effettuate in precedenza sull'area.

Come già ricordato il comparto territoriale in cui ricade l'area in studio, corrispondente ad una parte del Tavoliere centrale, risulta contrassegnato da depositi pleistocenici ed olocenici a facies limoso-argillose o sabbioso-limose, passanti a facies ciottoloso-sabbiose o conglomeratiche.

Può ritenersi plausibile che ai suddetti depositi si sovrappongano sedimenti marini e alluvionali terrazzati di età suprapleistocenica ed olocenica.

In conformità alla natura del sedimento variano anche le caratteristiche idrogeologiche delle formazioni.

Le lenti o gli orizzonti sabbioso-ghiaiosi, di età plio-pleistocenica o olocenica, risultano infatti molto permeabili o mediamente permeabili per porosità, viceversa impermeabili o scarsamente permeabili le formazioni argillose profonde ed i limi sabbioso-argillosi.

In relazione a tali caratteristiche si può dunque ritenere possibile la formazione di acquiferi superficiali nelle parti corticali della coltre sedimentaria in funzione di substrati o livelli impermeabili capaci di sostenere l'acquifero stesso.

Tali acquiferi identificabili come acquiferi sospesi appaiono di norma poco estesi e possono ritenersi del tutto improduttivi ai fini di una possibile alimentazione idrica.

Ben più diffusa e significativa la presenza di falda o livelli acquiferi nella parte basale della coltre sedimentaria, nella fascia di contatto, tra le sabbie e le alluvioni conglomeratiche, con le sottostanti argille marine.

I livelli acquiferi in tal caso possono costituire un unico corpo idrico ovvero un sistema multi acquifero rappresentato da corpi discontinui di forma lenticolare alternati a strati argillosi che evidenziano anche caratteri di artesianità.

In tutta la parte del Tavoliere meridionale le argille grigio-azzurre, che rappresentano il livello di base dell'acquifero, si dispongono a profondità non superiori ai 100 m.

Viceversa i corpi sedimentari prevalentemente permeabili ed a diversa granulometria, tendono ad intercalarsi ai livelli limoso-sabbiosi o argillosi di scarsa permeabilità man mano che ci si avvicina alla costa.

Nel caso specifico, come sarà meglio precisato in seguito, si può ritenere che lo spessore complessivo dei sedimenti permeabili o semi-permeabili possa raggiungere ed anche superare i 50 m e che la sottostante coltre argillosa intercettata a partire da tale profondità possa proseguire nel sottosuolo per centinaia di metri.

La resa dei pozzi, così come documentato in numerose ricerche di letteratura, è condizionata dallo spessore e dalle caratteristiche granulometriche degli strati acquiferi, nonché dalla configurazione della superficie di fondo della falda.

L'alimentazione dell'acquifero può avvenire da superfici con affioramenti permeabili anche distanti rispetto alla zona di formazione del corpo idrico e nel caso specifico può essere ragionevolmente attribuito in gran parte ad alimentazioni sotterranee direttamente connesse alle fluenze dei torrenti che scorrono nella zona.

Le caratteristiche idrogeologiche ed idrochimiche del sistema acquifero della piana costiera rappresentano dunque un sistema assai complesso e poco

conosciuto, sia in relazione alla possibile connessione idraulica con le altre falde sotterranee, sia alle modalità di alimentazione e deflusso.

Analogamente molto variabili risultano anche i contenuti idrochimici delle acque le cui componenti minerali possono essere fortemente condizionate dall'esistenza di acque connate o di acque a forte componente organica.

L'acquifero superficiale confinato nei livelli porosi della coltre sedimentaria di copertura ha dunque caratteristiche nell'insieme non perfettamente definibili anche relativamente alle portate emungibili che variano notevolmente da pozzo a pozzo e per lo stesso pozzo nel tempo.

Per il sito in studio saranno svolte considerazioni apposite circa le condizioni idrogeologiche sulla base delle notizie bibliografiche raccolte e dei rilievi effettuati con riferimento anche ai dati acquisiti nel corso dei sopralluoghi effettuati e delle indagini sismiche realizzate.

Un particolare cenno, infine, merita la possibile esistenza dell'acquifero carsico profondo che ospita le acque circolanti nei livelli fratturati delle rocce carbonatiche confinate al di sotto della successione argillosa.

L'esistenza di tale acquifero è stata evidenziata da perforazioni profonde a scopi minerari o petroliferi.

La profondità cui si intercettano le formazioni calcaree è sempre superiore ai 1000 m e le caratteristiche idrauliche dell'acquifero sono in tali casi determinate anche dalla particolare connessione con i sistemi di piattaforma garganica e di quello murgiano.

L'acquifero carsico non può dunque considerarsi un riferimento utile per eventuali prelievi o utilizzi, ma nello stesso tempo deve ritenersi assolutamente escluso dalle vicende che si possono esplicitare sulla fascia di superficie.

Per le opere in progetto saranno dunque considerate solo le possibili influenze che attengono il rapporto esclusivo tra superficie ed acquifero secondario presente negli orizzonti pleistocenico-olocenici.

Per quanto riguarda la circolazione delle acque di precipitazione al suolo, questa viene condizionata dalla permeabilità dei materiali affioranti e dalle pendenze delle aree in esame.

Nei depositi alluvionali terrazzati, mediamente permeabili per porosità, una cospicua aliquota delle acque meteoriche tenderà ad infiltrarsi nel sottosuolo e solo una piccola parte scorrerà in superficie, con variabilità delle aliquote a seconda della maggiore o minore componente limoso-argillosa.

Tali depositi permettono l'infiltrazione delle acque meteoriche, ma la mancanza di un livello impermeabile continuo superficiale non consente la formazione di una falda superficiale.

Le aliquote di acqua che si infiltrano nel sottosuolo e la natura dei terreni affioranti sono tali, comunque, da permettere la formazione di una falda acquifera superficiale solo localmente negli affioramenti costituiti dai depositi alluvionali terrazzati dove è prevalente la frazione sabbioso-ghiaiosa.

Di seguito si descrivono con maggiore dettaglio solo le unità geologiche affioranti nelle aree di sedime dei pannelli fotovoltaici e delle opere di connessione da realizzare e quelle ad esse immediatamente sottostanti.

2.1 – PQa – <<Argille e argille marnose grigio-azzurrognole, localmente sabbiose>>

Si tratta di sedimenti argillosi e argilloso-marnosi di colore grigio-azzurrognolo e costituiscono la parte bassa della serie pleistocenica.

I depositi prevalentemente argillosi si sviluppano principalmente lungo una larga fascia che, con direzione NO – SE, bordano ad occidente il grande pianoro che si estende con lieve pendenza da Ascoli Satriano e Lavello, verso il paese di Cerignola e fino al mare Adriatico.

Tali argille affiorano anche a nord di Ascoli Satriano e lungo il corso del fiume Ofanto sotto l'estesa copertura dei suoi depositi alluvionali terrazzati.

Le associazioni micropaleontologiche fanno ritenere che tali argille siano un termine di passaggio tra il Pliocene superiore ed il Calabriano, come è stato riscontrato in regioni vicine.

Lo spessore massimo si aggira intorno ai 1.500 metri.

La sottostazione utente e buona parte del cavidotto saranno realizzati sui depositi argillosi appartenenti a questa formazione.

2.2 – PQs – <<Sabbie e sabbie argillose a volte con livelli arenacei giallastri e lenti ciottolose>>

In continuità di sedimentazione con le argille si hanno, in alto, sedimenti sabbiosi a volte fittamente stratificati con intercalazioni e lenti ciottolose verso la parte superiore della serie.

Si tratta di sabbie più o meno argillose nelle quali la parte argillosa diminuisce progressivamente dal basso verso l'alto.

Esse sono di colore generalmente giallastro ed hanno uno spessore di poco superiore ai 50 metri.

Estese zone da Ascoli Satriano a Lavello ed oltre, sono ricoperte da questi sedimenti sabbiosi, mentre in buona parte dell'area in cui sorgerà il parco agrivoltaico essi sono sottostanti ai depositi sabbioso-ciottolosi affioranti.

Solo in una piccola porzione del parco agrivoltaico tali depositi affiorano e costituiranno il terreno di sedime dei pannelli solari che ivi saranno installati.

Ciò è dovuto principalmente al fatto che l'azione erosiva dei numerosi, ma modesti corsi d'acqua, non è tale da raggiungere il complesso argilloso sottostante.

In base alle associazioni fossilifere rinvenute in questi depositi, si ritiene che questi sedimenti debbano essere ascritti ad una fase del Pleistocene antico caratterizzata da un impoverimento delle faune plioceniche in relazione all'abbassamento di temperatura già in atto.

2.3 – Qc₁ – <<Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni: a volte fortemente cementati e con intercalazioni di sabbie ed arenarie>>

Questo termine della serie di cui si riscontrano i primi indizi nella parte alta del complesso PQs, è costituito da depositi di ciottolame poligenico con ganga sabbiosa ad elementi arenacei e calcarei di dimensioni variabili dai 5 ai 30 cm.

Tale formazione ciottolosa generalmente poco compatta, si presenta solo localmente fortemente cementata con aspetto di puddinga.

Essa costituisce buona parte del grande pianoro morfologico Ascoli Satriano – Lavello, inciso nel mezzo dal Fiume Ofanto e di quello, meno esteso, di Castelluccio dei Sauri.

Lo spessore varia da punto a punto, ma in generale si aggira sui 50 metri.

Concrezioni e crostoni calcarei sono presenti talvolta nella parte alta della serie.

2.4 – Qcr – <<Crostoni calcarei>>

Crostoni calcarei evaporitici, straterellati, in pile di diversi metri di spessore, talora sotto forma di concrezioni e lenti in Qt, di aspetto talvolta spugnoso, affiorano, in larghe placche, in diversa posizione altimetrica e morfologica.

Si ritiene che l'età di questi crostoni sia diversa in rapporto alla differente posizione altimetrica, anche se alcuni considerano coevi gli affioramenti di questi depositi.

Un piccolo tratto del cavidotto attraverserà tali depositi.

2.5 – Qt (Foglio 163 – LUCERA) – Qt₃ (Foglio 164 – FOGGIA) –
<<Alluvioni terrazzate poco superiori all'alveo attuale, terre nere e
crostoni evaporitici>>

Con tali sigle sono state indicate le stesse alluvioni terrazzate recenti sopraelevate di pochi metri sull'alveo attuale dei principali corsi d'acqua, rispettivamente nei due fogli citati.

Formate in prevalenza da sedimenti sabbioso-argillosi, subordinatamente ciottolosi, presentano nella loro compagine una stratificazione varvata ben evidente, nonché incrostazioni calcaree generate probabilmente dalla risalita per capillarità di acque di ristagno.

Tali alluvioni terrazzate assumono eccezionale vastità lungo i corsi dei principali corsi d'acqua torrente Celone e torrente Cervaro e dei loro affluenti, nonché lungo il corso del Fiume Ofanto, e rappresentano i depositi su cui si sviluppa quasi per intero il parco agrivoltaico in progetto.

3. INDAGINI GEOFISICHE, CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

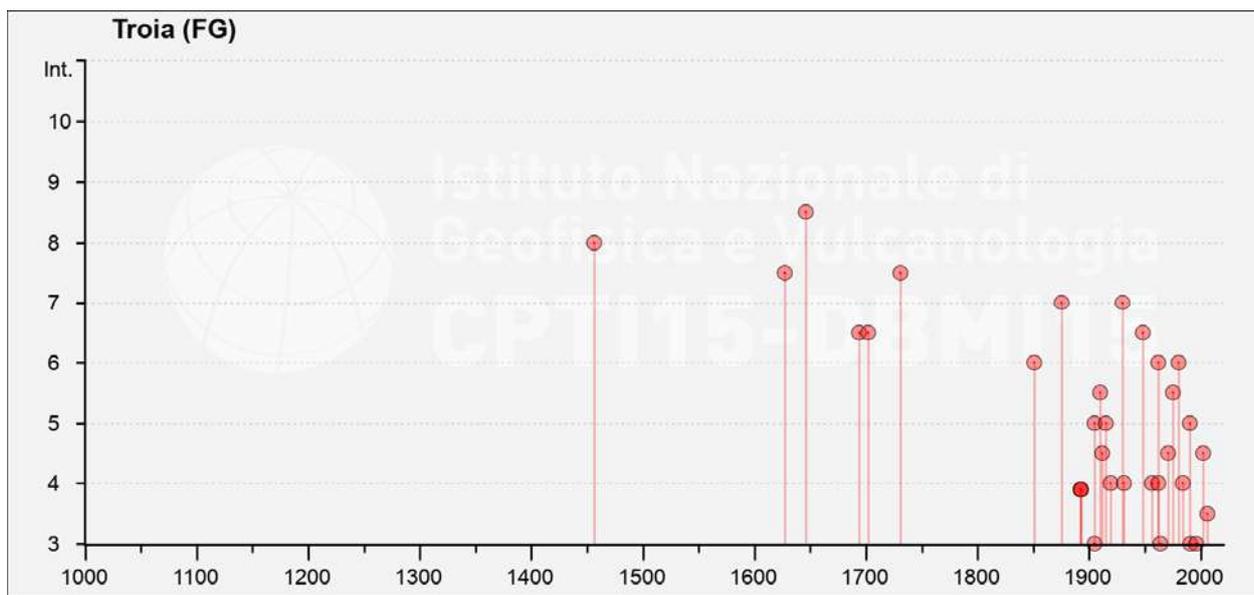
In ottemperanza della normativa tecnica vigente, in particolare della nuova normativa sismica NTC 2018 e relativi regolamenti di attuazione, è stato necessario effettuare uno studio sulla pericolosità sismica di base del sito su cui sorgerà il parco agrivoltaico per consentire la definizione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati.

Tutti i dati di intensità macrosismica relativi ai terremoti italiani che rientrano nell'arco temporale compreso tra l'anno 1000 e l'anno 2020 riportati negli archivi sismici DBMI15 v4.0 messi a punto dall'INGV consentono di elaborare la storia sismica della città di Troia e del suo territorio comunale fornendo dati relativi ai terremoti significativi che hanno interessato il sito in esame, data ed ora dell'evento, magnitudo, intensità nella zona dell'epicentro, intensità nel sito in esame, ecc., con lo scopo di consentire una stima quanto più accurata possibile della pericolosità sismica del sito in studio.

Nella tabella e nel grafico sotto riportati sono elencati gli eventi più significativi relativi alla città di Troia, nel cui agro ricade il sito in esame.

ffetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7-8	1627	07	30	10	50		Capitanata	64	10	6.66
8-9	1646	05	31				Gargano	35	10	6.72
6-7	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6-7	1702	03	14	05			Sannio-Irpinia	37	10	6.56
7-8	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
6	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
7	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86
NF	1882	06	06	05	40		Isernino	50	7	5.20
F	1892	04	20				Gargano	15	6-7	5.02
F	1892	06	06				Isole Tremiti	68	6	4.88
F	1893	01	25				Vallo di Diano	134	7	5.15
NF	1899	08	16	00	05		Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	1905	03	14	19	16		Avellinese	94	6-7	4.90
5	1905	08	18	04	07		Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18
5-6	1910	06	07	02	04		Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4-5	1912	07	02	07	34		Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
4	1919	10	21	00	24		Gargano	24	5-6	5.03
7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
4	1931	05	10	10	48	5	Irpinia	43	5-6	4.64
6-7	1948	08	18	21	12	2	Gargano	58	7-8	5.55
2	1951	01	16	01	11		Gargano	73	7	5.22
NF	1955	02	09	10	06		Gargano	31	6-7	5.05
4	1956	09	22	03	19	3	Gargano	57	6	4.64
NF	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04
4	1962	01	19	05	01	2	Gargano	31	5	4.42
6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
3	1964	02	18	06	58	2	Irpinia	18	5-6	4.44
4-5	1971	05	06	03	45	0	Irpinia	68	6	4.83
5-6	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02
2	1977	07	24	09	55	2	Irpinia	85	5-6	4.37
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4-5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
3-4	2006	10	04	17	34	2	Adriatico centrale	98	4-5	4.30

Sismicità storica della città di Troia



Principali eventi sismici della città di Troia

I dati sopra riportati relativi alla sismicità storica del sito sono stati utilizzati per la definizione delle azioni sismiche sul sito in esame.

Nel corso dello studio è stata effettuata la caratterizzazione sismica dell'area ed è stata definita la categoria di suolo di fondazione ai sensi della nuova normativa tecnica per le costruzioni in area sismica.

L'evoluzione del quadro normativo ha determinato il passaggio da uno scenario in cui l'azione sismica veniva determinata individuando la zona sismica in cui ricadeva il sito di costruzione e il relativo grado di sismicità, allo scenario attuale in cui l'azione sismica è definita puntualmente su tutto il territorio nazionale, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine), delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del suolo, della classe d'uso della costruzione e dello Stato Limite considerato.

Per determinare la risposta sismica locale sono disponibili **due approcci**:

- un **approccio semplificato** che si basa sulla classificazione del sottosuolo e l'individuazione, mediante apposite tabelle fornite dalla normativa, del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , del coefficiente di amplificazione topografica S_T nonché del coefficiente C_c che modifica il periodo T_c e di conseguenza gli altri periodi notevoli dello spettro (NTC 2018, §3.2.2-3)

- un **approccio rigoroso** che per mezzo di un'analisi della risposta sismica locale fornisce in modo più accurato i valori dei parametri necessari per definire gli spettri di risposta in accelerazione per il sito della costruzione.

Il punto di partenza per la caratterizzazione sismica di un sito è la realizzazione di indagini geofisiche e a tale scopo sono state effettuate n. 2 prospezioni indirette del sottosuolo condotte con il metodo della sismica a rifrazione in onda P e n. 2 prospezioni con il metodo della sismica attiva con metodologia M.A.S.W. con il fine di valutare il comportamento elastodinamico del sottosuolo in esame, per ricostruire, con l'ausilio delle informazioni bibliografiche, la sequenza litostratigrafica del sito su cui sorgerà il campo agrivoltaico e per individuare la categoria di suolo di fondazione ai sensi della nuova normativa tecnica per le costruzioni in area sismica (NTC 2018).

3.1 - Indagine sismica a rifrazione

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche, generate in un punto in superficie (punto sorgente), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni).

Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà geometriche e fisico-meccaniche dei terreni.

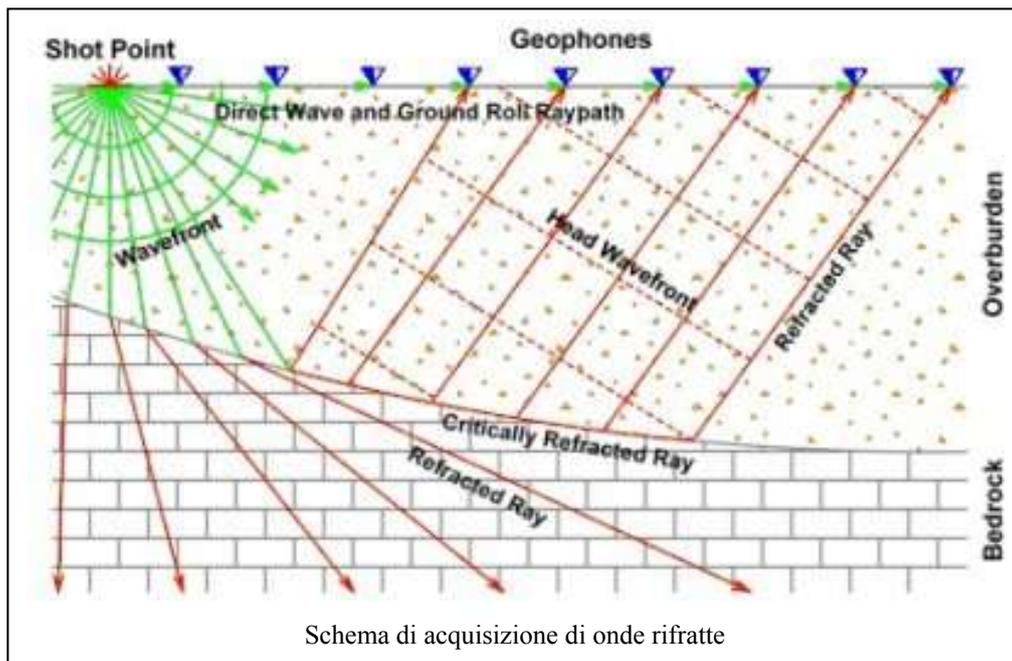
Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massa dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo (“bedrock”).

L'unica condizione per eseguire studi di sismica a rifrazione è che la successione rocciosa da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità.

Normalmente il sottosuolo è caratterizzato da strati piano-paralleli con velocità crescente all'aumentare della profondità.

In contesti più complessi (inversioni di velocità o presenza di corpi non stratificati) bisogna tener conto del modello tridimensionale del sottosuolo ed intervenire con indagini più specifiche (misure sismiche in foro) per non incorrere in errori interpretativi.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati a rifrazione è stato il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980).



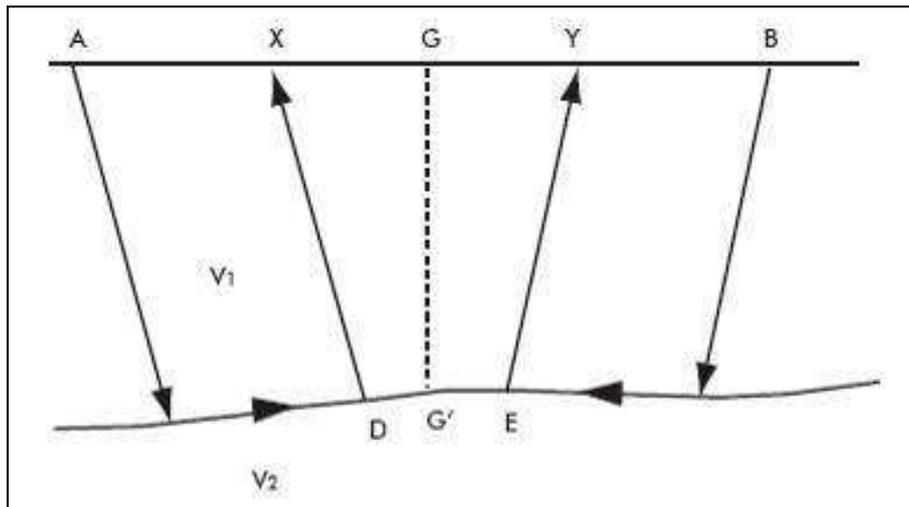
Sismica a rifrazione

L'analisi GRM (metodo reciproco generalizzato) si basa sulla determinazione del tempo di tragitto delle onde sismiche tra due geofoni, separati da una distanza variabile XY , ottimale affinché i segmenti dei raggi che viaggiano verso l'alto e arrivano a ciascun geofono emergano quasi dallo stesso punto del riflettore (G').

Ciò permette di valutare tutte le eventuali variazioni laterali di velocità del rifrattore e, quindi, di ricostruire anche morfologie complesse.

Successivamente, con l'ausilio del software "Rayfract" della Intelligent Resources Inc., si è proceduto all'analisi del sottosuolo in tomografia sismica.

Il software, utilizzando i tempi d'arrivo delle onde lette sui sismogrammi sperimentali, permette di eseguire delle ottimizzazioni del modello di velocità.



Tali interpretazioni danno modo di rappresentare le velocità sismiche sia secondo sismostrati e sia secondo un'imaging bidimensionale a colori.

Per i profili eseguiti sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

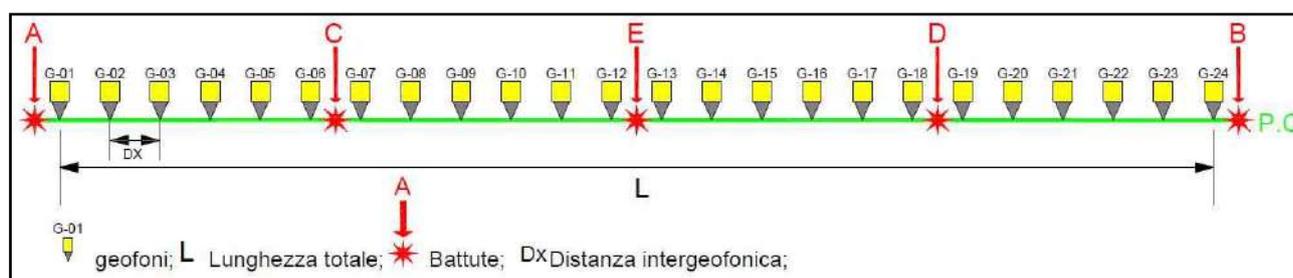
- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni;
- Ventiquattro geofoni a componente verticale con frequenza di 14 Hz;
- Un piattello in alluminio;
- Un generatore di onde ad impatti trasversali;
- Un martello di 8 Kg dotato di trigger;



Strumentazione utilizzata

	Lunghezza (metri)	Distanza geofonica (metri)
Profilo sismico n. 1	72	3,00
Profilo sismico n. 2	72	3,00

Di seguito è mostrato lo schema geometrico di acquisizione.



Il picking delle onde sismiche è stato effettuato sui sismogrammi sperimentali (vedi allegato) mediante il software TomTime della Geotom, LCC, dopo un opportuno filtraggio delle tracce.

I primi arrivi sono riportati nei diagrammi tempo-distanza “dromocrone” (vedi allegato).

3.1.1 – Risultati delle indagini sismiche a rifrazione

L’elaborazione dei dati di campagna ha permesso di definire che il sottosuolo dei due punti in cui sono state effettuate le indagini sismiche è caratterizzato, almeno fino alle profondità raggiunte, da tre “sismostrati” e dalla correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-stratigrafiche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che per il profilo n. 1:

il primo sismostrato è associabile a terreno vegetale e coltre aerata superficiale di natura sabbioso-limoso-argillosa con presenza di ciottoli;

il secondo sismostrato è associabile a depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa mediamente addensati;

il terzo sismostrato è associabile a depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa ben addensati.

per il profilo n. 2:

il primo sismostrato è associabile a terreno vegetale e coltre aerata superficiale di natura sabbioso-limoso-argillosa con presenza di ciottoli;

il secondo sismostrato è associabile a depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa mediamente addensati;

il terzo sismostrato è associabile a depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa ben addensati.

Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di compressibilità), espressi in Kg/cm².

Questi valori sono stati calcolati considerando un peso di volume dei terreni γ pari ad uno e, pertanto, per ottenere i moduli dinamici reali è necessario moltiplicarli per il peso di volume effettivo dei terreni.

Le velocità Vs sono state estrapolate dai valori medi dei risultati ottenuti con l'indagine MASW.

PROFILO N. 1 (A-B)		AREA IMPIANTO AGRIVOLTAICO					
Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.3	590	170	0.45	1.00	858	295	3158
2° sismostrato 1.3÷9.1	1010	396	0.41	1.00	4508	1600	8272
substrato >9.1	1 740	620	0.43	1.00	11192	3921	25654

PROFILO N. 2 (C-D)		AREA IMPIANTO AGRIVOLTAICO					
Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.8	390	165	0.39	1.00	773	278	1181
2° sismostrato 1.8÷8.4	950	313	0.44	1.00	2876	999	7873
substrato >8.4	1 610	590	0.42	1.00	10101	3551	21705

Vp = velocità onde longitudinali in m/s

Vs = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm³

E = modulo dinamico di Young in Kg/cm²

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm²

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm²

3.2 – Categoria di sottosuolo, condizioni topografiche, indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Spectral Analysis of Surface Waves)

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad (3.2.1)$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

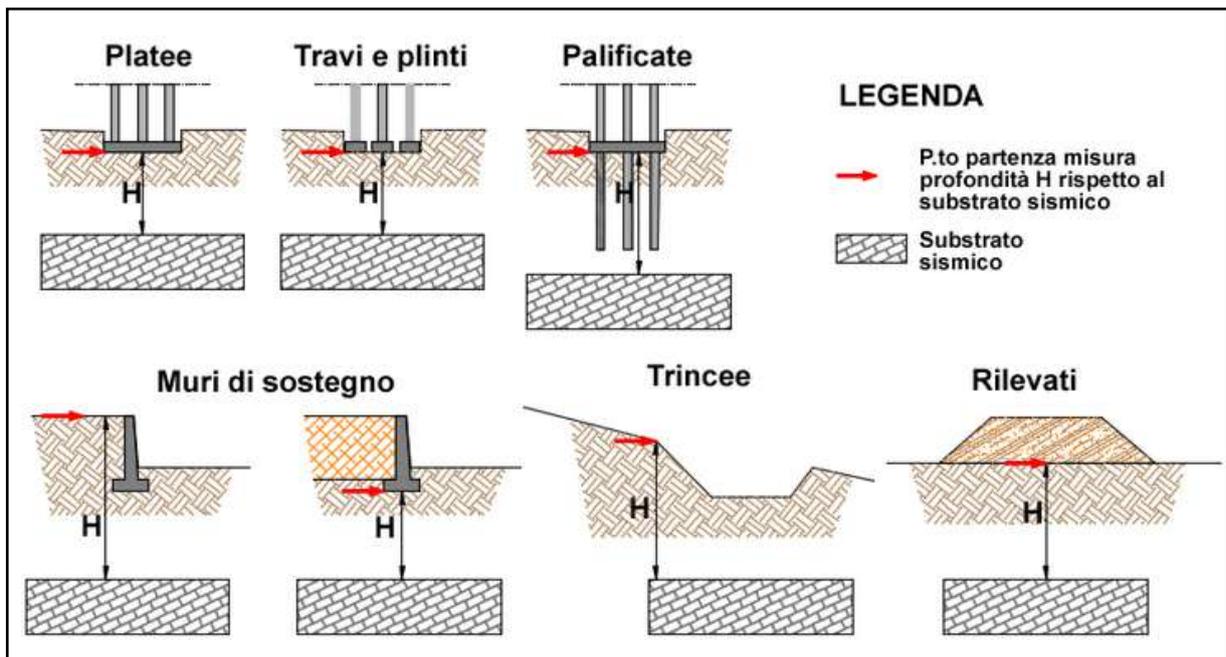
$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.



Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 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.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in **Tab. 3.2.II** delle NTC 2018

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato - NTC 2018

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana 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.
C	Depositati 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.
D	Depositati 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.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto 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.

Nel caso in esame l'esecuzione di un'indagine sismica di superficie condotta con metodologia M.A.S.W. ha consentito di calcolare in maniera diretta il valore delle V_s in corrispondenza dell'area dell'impianto agrivoltaico.

3.2.1 - Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione **Tab. 3.2.III** delle NTC 2018.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

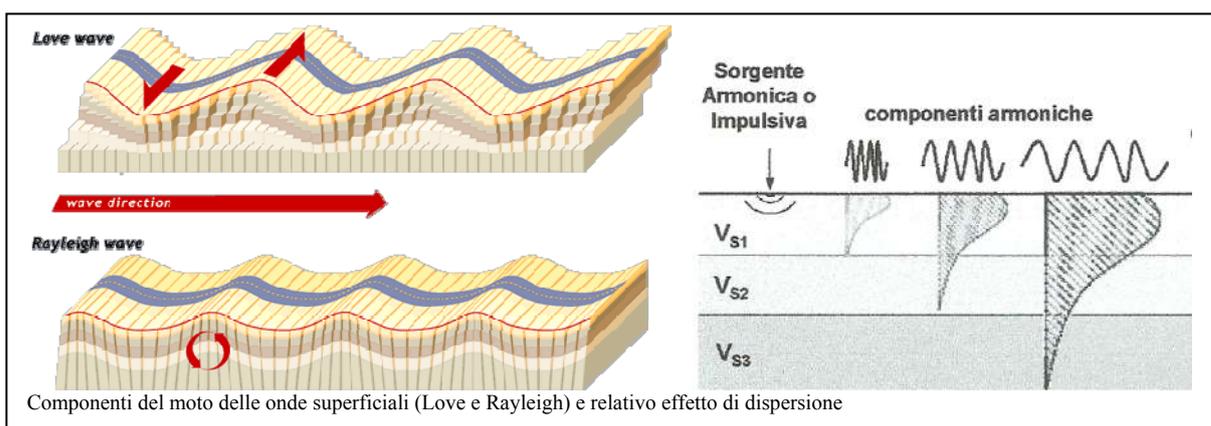
3.2.2 – Indagini sismiche con metodologia M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in

corrispondenza di diversi sensori (nel nostro caso geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.



La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006).

- Nel **“metodo attivo”** le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- Nel **“metodo passivo”** (Re.Mi.) lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali). E’ possibile utilizzare alcune varianti geometriche del metodo passivo (disposizione dei geofoni a cerchio, quadrato, triangolo e croce) per una valutazione più accurata del trend dispersivo delle onde superficiali (Park e Miller, 2006).

In questa indagine è stato utilizzato il “metodo attivo”, risultato il più idoneo a causa dell’assenza di rumore ambientale.

I profili MASW realizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

Denominazione	Sorgente	Lunghezza profilo	Distanza intergeofonica	n. geofoni
Profilo M.A.S.W. n. 1 (A-B) Area impianto agrivoltaico	Martello	72 m	3.0 m	24
Profilo M.A.S.W. n. 2 (B-C) Area impianto agrivoltaico	Martello	72 m	3.0 m	24

Per le misure eseguite sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni.
- 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz.
- SurfSeis 3.0 della Kansas Geological Survey.

DAQlink Specifications

1 to 24 channels per unit
 Weatherproof enclosure
 Multiple units can be used together for large channel count

A/D conversion:

24 bit high-speed sigma delta converters

Dynamic range:

144 dB (system)
 Greater than 118 dB (measured at 2msec)

Bandwidth:

DC to 15 KHz –
 Analog filter flat response to 8000 Hz
 Digital Filter Bandwidth = 85% of (sample rate)

Common Mode Rejection:

Greater than 100 dB

Crosstalk:

Better than 125 dB

Noise Floor:

0.2 microvolt RMS noise (2 msec sample rate)

Trigger Accuracy:

+/- 1 microsecond at all sample rates

Maximum Input Signal:

Standard (x 2 gain): 3.58 volts peak to peak
 (Optional: (x1 gain): 7.16 volts peak to peak)

Input Impedance:

100 K ohms

Preamplifier Gains:

X2, and x32 standard; software selectable
 (X1 and x16 available on special request)

Anti-alias Filters:

85 % of Nyquist frequency

Digital Filters:

Low Cut – User Selectable frequency
 Notch – 50 or 60 Hz standard – User selectable
 High Cut – User Selectable

Sample Interval:

0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 millisecond

Sample Frequency:

48000, 16000, 8000, 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 64.5 samples/second

Record Length:

Up to 4 Gbytes/ number of channels

Pre- trigger delay:

10 second

Continuous Recording Option

GPS Interface Standard

Internal Clock synchronized to GPS time
 GPS Time and Position saved with data

Internal Storage:

Compact Flash style storage media
 Standard FAT16 or FAT32 file system
 (Maximum file size = 32GB)

100Mbit Ethernet

Download speed 8MByte/sec; real time transfer

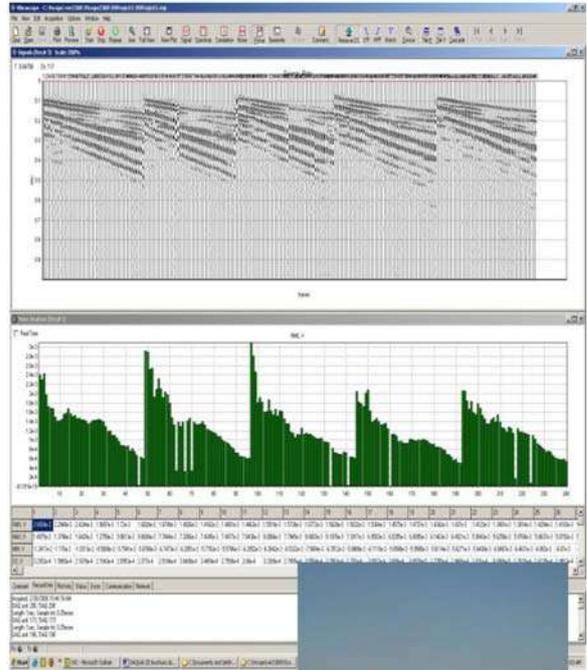
Power consumption:

24 channels – less than 0.4 watts/channel

Built in Line Testing and Instrument Tests

Size: 330x230x60 mm

Weight: 3.4 Kg



Sono state acquisite, per ogni misura, sei registrazioni, sommate tra loro al fine di ottenere un buon rapporto segnale/rumore.

Esse hanno le seguenti caratteristiche:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
Masw attivo	0.5 millisecondi	1 secondo	Martello

I sismogrammi ottenuti sono stati elaborati con una trasformazione bidimensionale dal dominio tempo-distanza (t-x), al dominio velocità di fase-frequenza (p-f).

E' stato così possibile analizzare l'energia di propagazione del "rumore ambientale" lungo tutte le direzioni della linea sismica e riconoscere le onde superficiali con carattere dispersivo.

I sei spettri di potenza p-f ottenuti sono stati sommati e sullo spettro risultante sono stati individuati una serie di punti sul confine inferiore dell'area ad alta energia (picking).

Tali valori sono stati riportati su un grafico velocità di fase/periodo ed è stata analizzata la relativa curva di dispersione.

E' stato poi calcolato un modello ottimale di velocità di onde trasversali mediante il "fitting" tra curva di dispersione e valori sperimentali.

3.2.2.1 – Risultati delle indagini M.A.S.W. effettuate

I modelli Vs-profondità, ottenuti mediante l'analisi M.A.S.W., sono di seguito schematizzati:

M.A.S.W. n. 1 (A-B) Area impianto agrivoltaico	
Vs (m/s)	Profondità (mt)
170.0	-1.3
360.5	-3.3
389.4	-4.5
408.0	-8.4
470.4	-11.9
500.1	-14.4
578.7	-21.8
624.2	-28.6
662.8	-36.9
794.9	-46.5

M.A.S.W. n. 2 (C-D) Area impianto agrivoltaico	
Vs (m/s)	Profondità (mt)
165.2	-1.8
269.9	-2.9
251.6	-5.1
363.5	-7.5
439.6	-10.7
502.8	-14.8
575.7	-19.6
656.2	-26.2
678.9	-33.7
874.0	-42.2

In conformità al D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, come nel caso in esame, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella sotto riportata espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità.

Le velocità misurate lungo i profili realizzati sono:

M.A.S.W. n. 1 → $V_{S30}=468$ m/s

M.A.S.W. n. 2 → $V_{Seq}=436$ m/s

pertanto il sito su cui sorgerà l'impianto agrivoltaico può essere annoverato in parte tra le **categorie di suolo di fondazione di tipo 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.**

3.3 - Pericolosità sismica di base del sito e definizione delle azioni sismiche di progetto

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido

con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} come definite nel § 3.2.1 delle NTC, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_C valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 e T^*_C , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (14/01/2008) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del

territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale.

In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale.

Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*c).

Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Secondo le NTC l'area dell'impianto agrivoltaico e la prima parte del cavidotto fino a circa 2/3 del corridoio da esso attraversato sono caratterizzati da un'accelerazione compresa tra 0.125-0.150 g, mentre l'area su cui sorgerà la stazione Terna e l'ultima parte del cavidotto sono caratterizzate da un'accelerazione compresa tra 0.150-0.175 g come evidenziato nella figura n. 1, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per i siti in questione con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi - categoria A $V_{S30}>800\text{m/s}$).

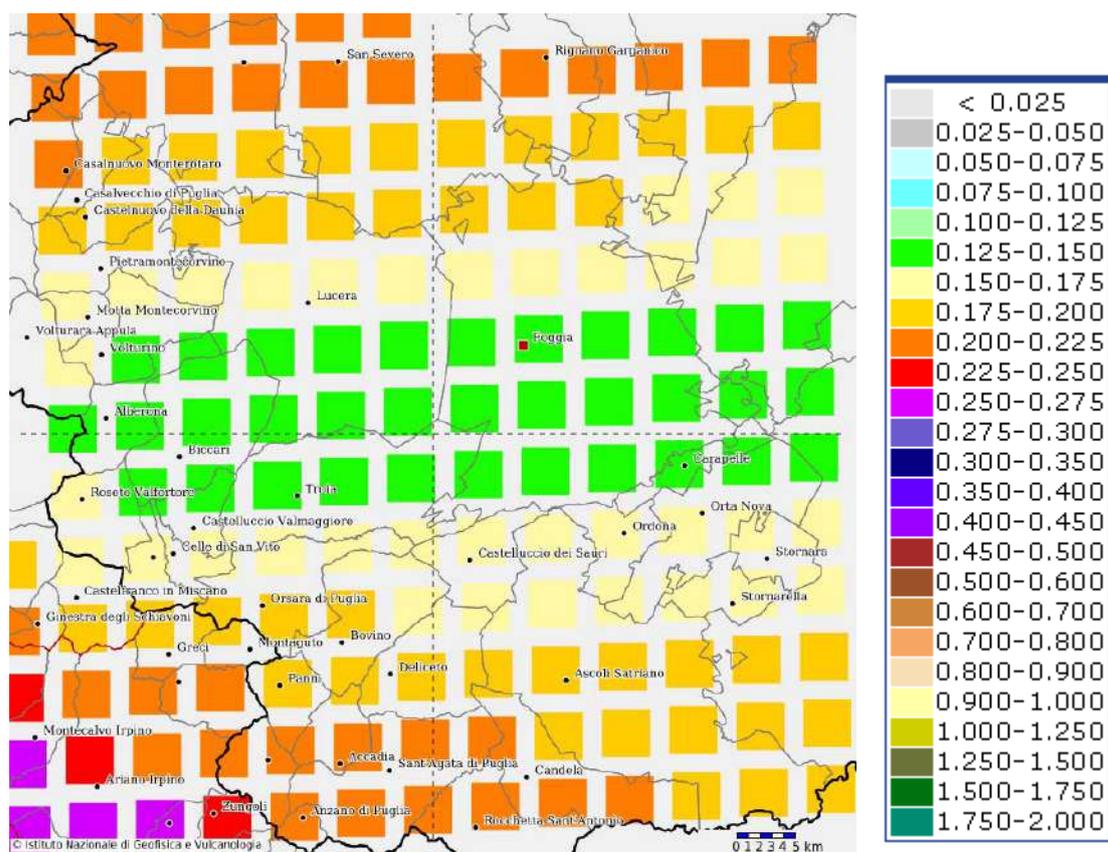


Fig. 1 – AREA IMPIANTO AGRIVOLTAICO - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)

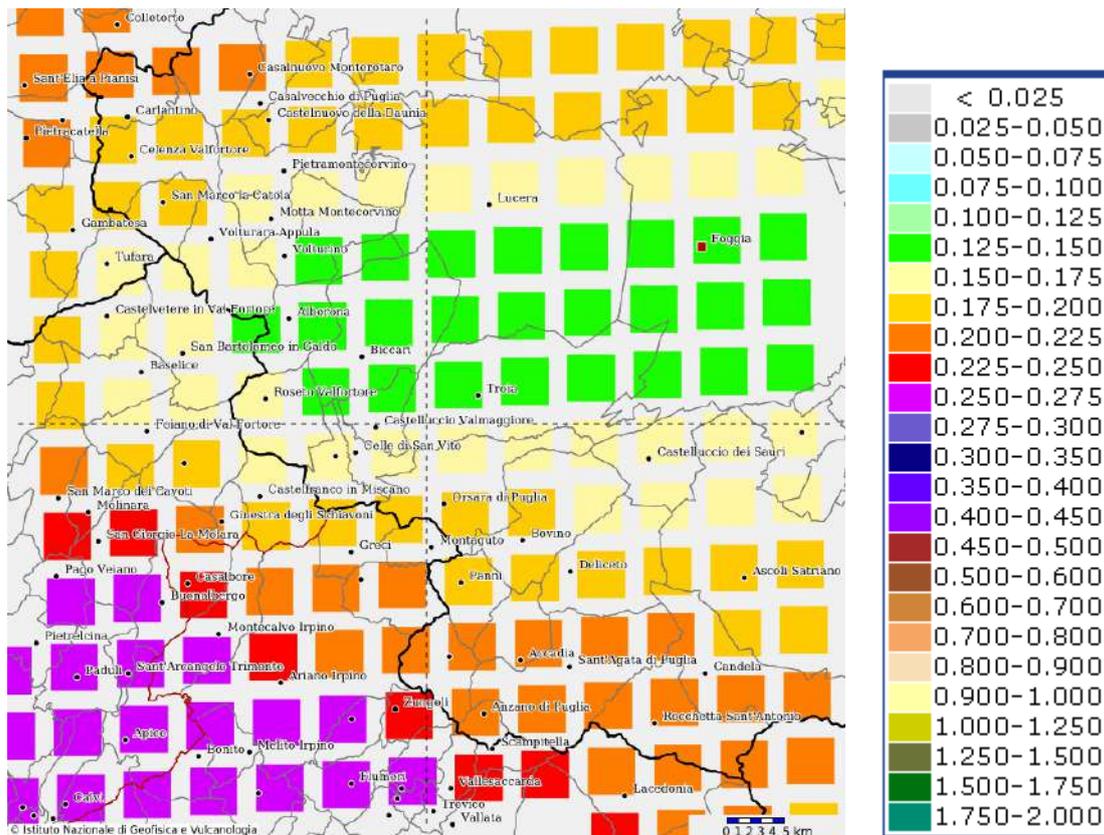


Fig. 2 – AREA SOTTOSTAZIONE TERNA - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)

Tali mappe di pericolosità sismica sono riferite ad un periodo di ritorno $T_R=475$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni e ad un coefficiente d'uso $C_U = 1$ (struttura ordinaria), parametri legati tra loro dalla seguente formula:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) \text{ dove } V_R = V_N \cdot C_U$$

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno		
P_{V_R} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

Nota la zona sismica in cui ricade l'area in studio e definita la categoria di suolo di fondazione della medesima area, è possibile arrivare a valutare le caratteristiche del moto sismico del sito.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende, quindi, dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

Il valore dell'accelerazione massima a_{max} può essere ricavato dalla relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_T \cdot S_s \cdot a_g$$

dove S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_s \cdot S_T$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica calcolabile mediante la tabella sotto riportata

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

e S_T il coefficiente di amplificazione topografica.

E' stata omessa la verifica di una potenziale suscettibilità alla liquefazione dei terreni presenti nel sottosuolo dei siti in esame, in quanto nell'area della sottostazione lo studio geologico ha consentito di definire che i terreni di sedime sono costituiti da terreni prevalentemente argilloso-limoso-sabbiosi e, come è noto, la normativa richiede che la verifica si rende necessaria solo quando si è in presenza di terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, che sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate, potrebbero subire una perdita di resistenza al taglio o accumulo di deformazioni plastiche, pertanto, trattandosi di terreni prevalentemente argillosi è stato possibile omettere la verifica alla liquefazione dei terreni, mentre le indagini sismiche effettuate hanno consentito di escludere, anche se in maniera indiretta, la presenza della falda nel sottosuolo dell'area dell'impianto agrivoltaico, almeno fino alle profondità investigate.

Tale affermazione trova riscontro nel fatto che in presenza di falda acquifera il grado di saturazione dei terreni sarebbe pari al 100% e, quindi, la

velocità delle onde P sarebbe controllata dal mezzo liquido che è incompressibile e, pertanto, poiché la velocità delle onde P in acqua è di circa 1500 m/s, avremmo dovuto misurare una velocità di propagazione delle onde P negli strati superficiali non inferiore a tale velocità.

Nel corso delle indagini geofisiche, invece, le velocità di propagazione delle onde P misurate negli strati più superficiali, fino ad una profondità di circa 8.00-9.00 m dal piano campagna, è nettamente inferiore al valore delle V_p in acqua, mentre a profondità maggiori la V_p ha valori superiori a 1.500 m/s e, pertanto, si può affermare, con un alto margine di sicurezza, che i terreni investigati su cui sarà realizzato il parco agrivoltaico non sono sede di falda acquifera.

Si possono avere esigui accumuli di acqua a formare piccole falde acquifere sospese, da considerarsi effimere e legate al regime delle precipitazioni meteoriche, solo in caso di presenza di lenti argillose più o meno estese nello spazio.

Ciò premesso, nota la posizione geografica dei siti in esame individuata dalle coordinate geografiche espresse in gradi decimali

Latitudine – Area sottostazione Terna	41,343166
Longitudine – Area sottostazione Terna	15,254088
Latitudine – Area impianto agrivoltaico	41,400550
Longitudine - Area impianto agrivoltaico	15,447100

si procede all'individuazione della pericolosità dei due siti sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, che consente di definire i valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento, che sono riportati nelle seguenti tabelle:

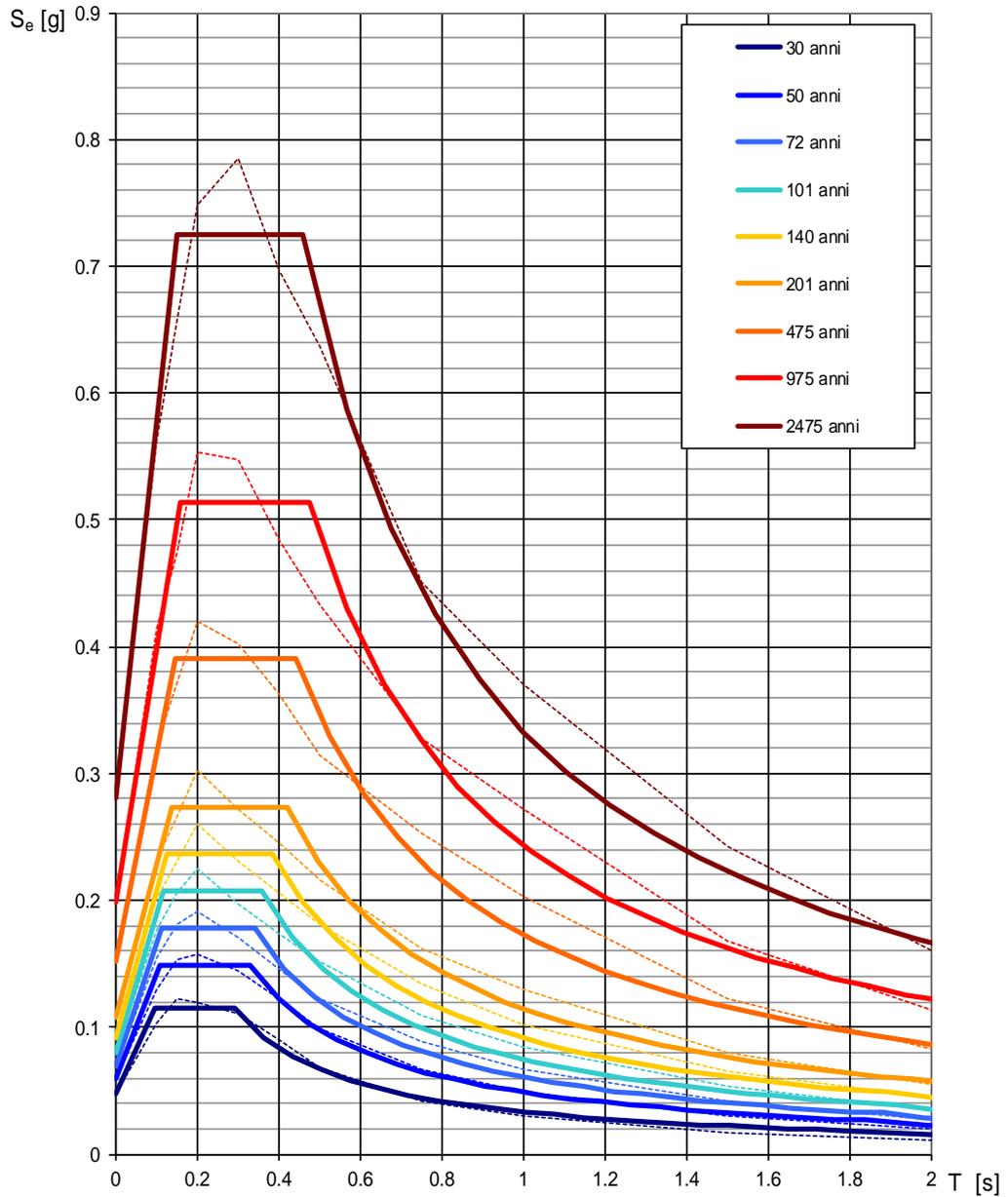
Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento			
Area sottostazione Terna			
T_R	a_g	F_o	T_C^*
[anni]	[g]	[-]	[s]
30	0.048	2.404	0.292
50	0.060	2.495	0.329
72	0.070	2.538	0.342
101	0.080	2.584	0.360
140	0.092	2.579	0.387
201	0.107	2.540	0.421
475	0.152	2.580	0.443
975	0.199	2.579	0.476
2475	0.281	2.580	0.461

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento			
Area impianto agrivoltaico			
T_R	a_g	F_o	T_C^*
[anni]	[g]	[-]	[s]
30	0.046	2.428	0.294
50	0.057	2.543	0.329
72	0.066	2.577	0.350
101	0.075	2.605	0.366
140	0.087	2.544	0.409
201	0.100	2.574	0.423
475	0.135	2.634	0.449
975	0.173	2.613	0.515
2475	0.236	2.624	0.514

Sulla base della definizione di tali parametri, individuata la **categoria di sottosuolo (C)** per la sottostazione Terna e **(B)** per il parco agrivoltaico e la

categoria topografica (T1) per entrambe le aree, sarà possibile per il progettista individuare la strategia di progettazione e definire gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto idonei agli interventi da realizzare ed alla situazione riscontrata.

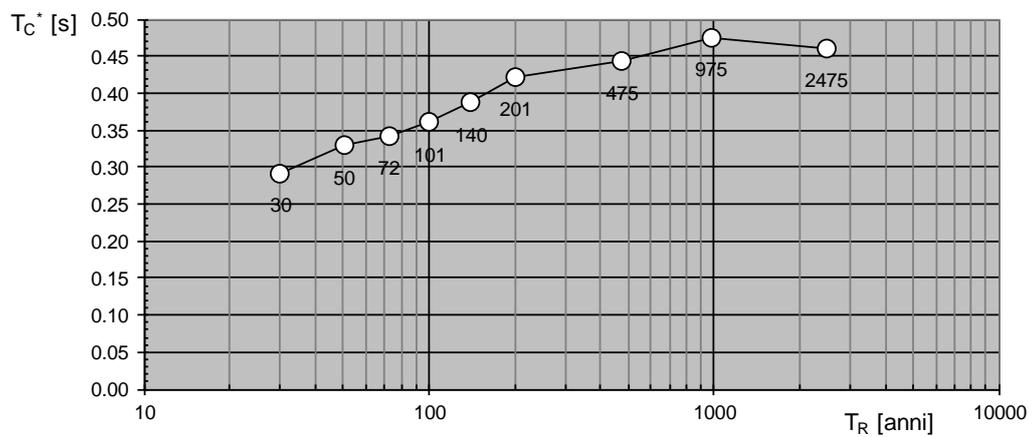
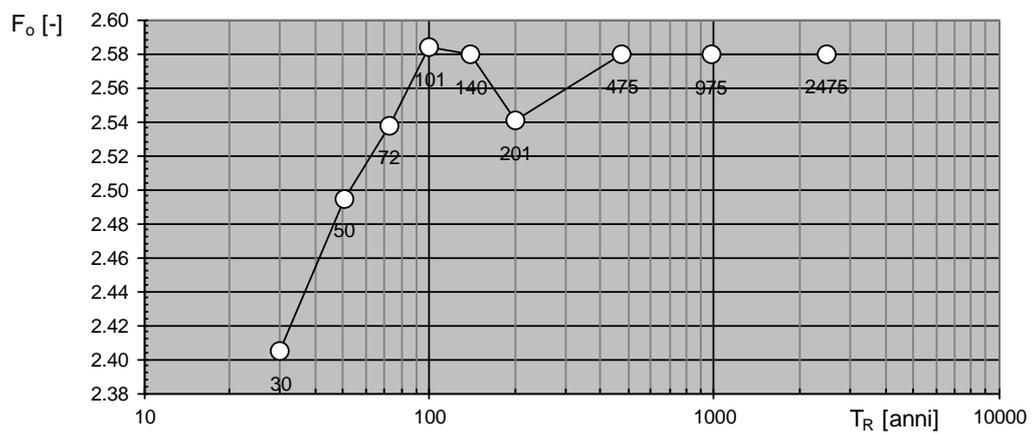
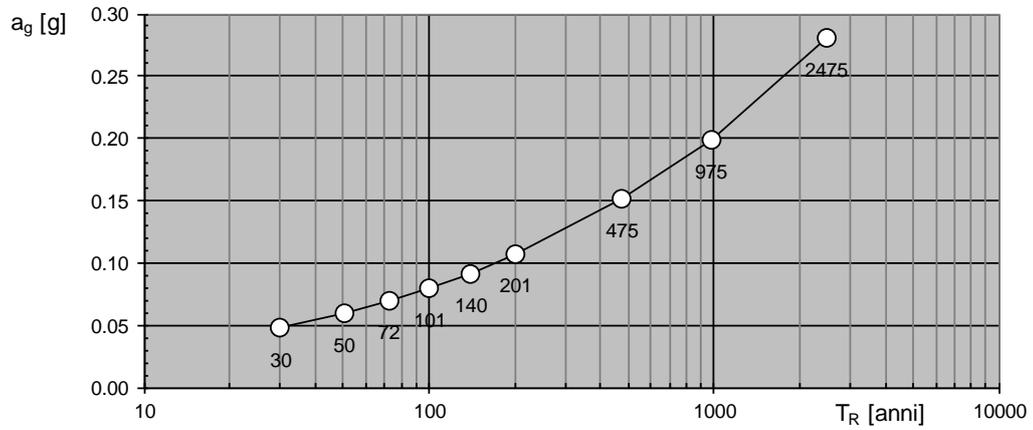
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento - Area sottostazione Terna



NOTA:

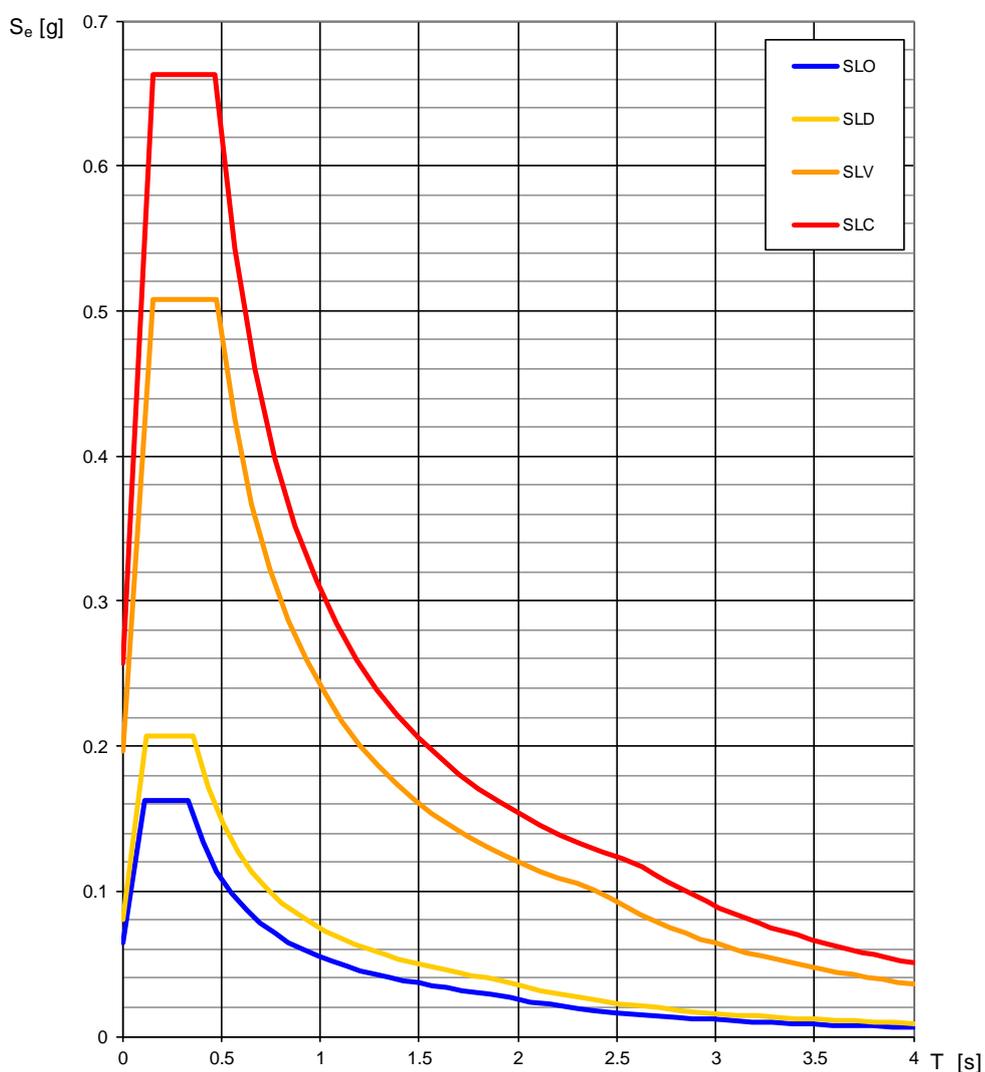
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* : variabilità col periodo di ritorno T_R - Area sottostazione Terna

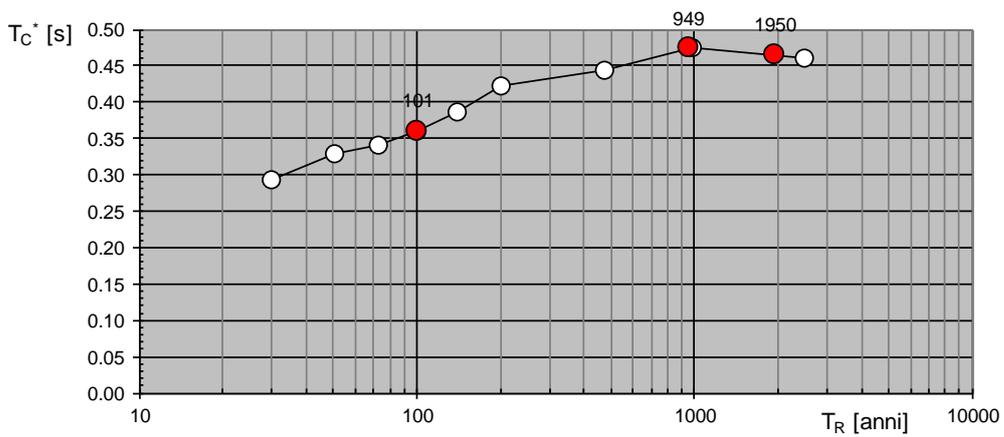
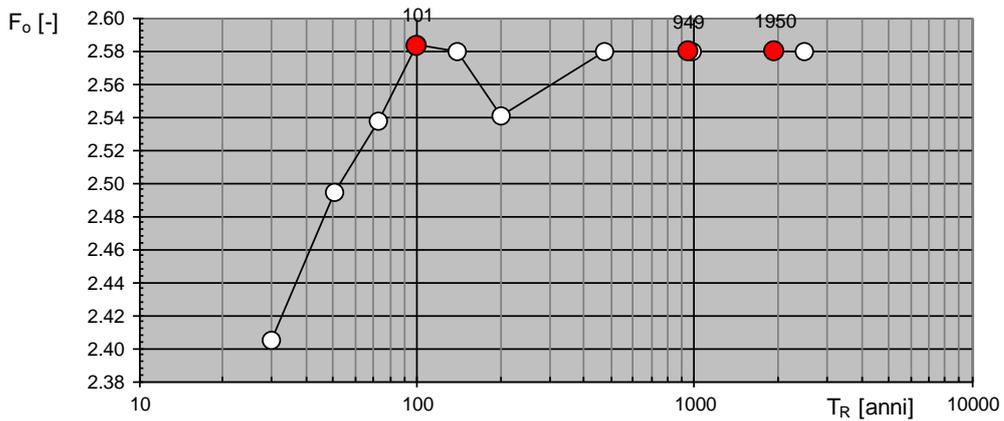
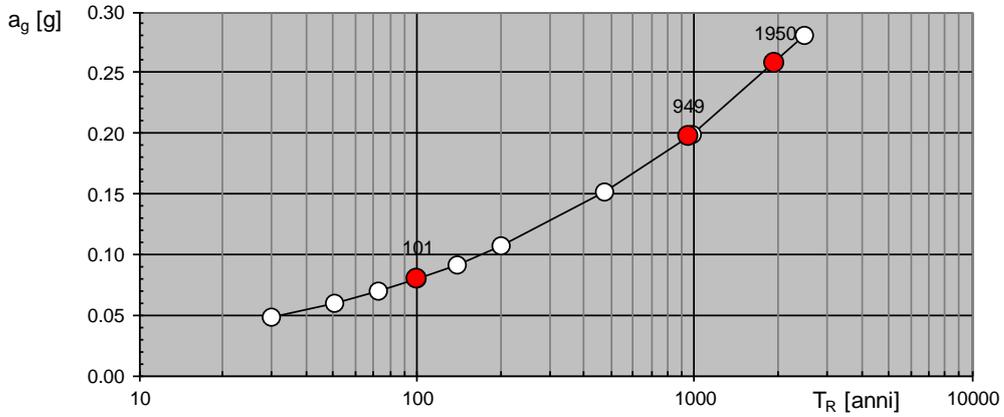


Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL Area sottostazione Terna					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_0	T_C^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.065	2.517	0.336
SLD	63	101	0.080	2.583	0.360
SLV	10	949	0.197	2.579	0.474
SLC	5	1950	0.257	2.580	0.464

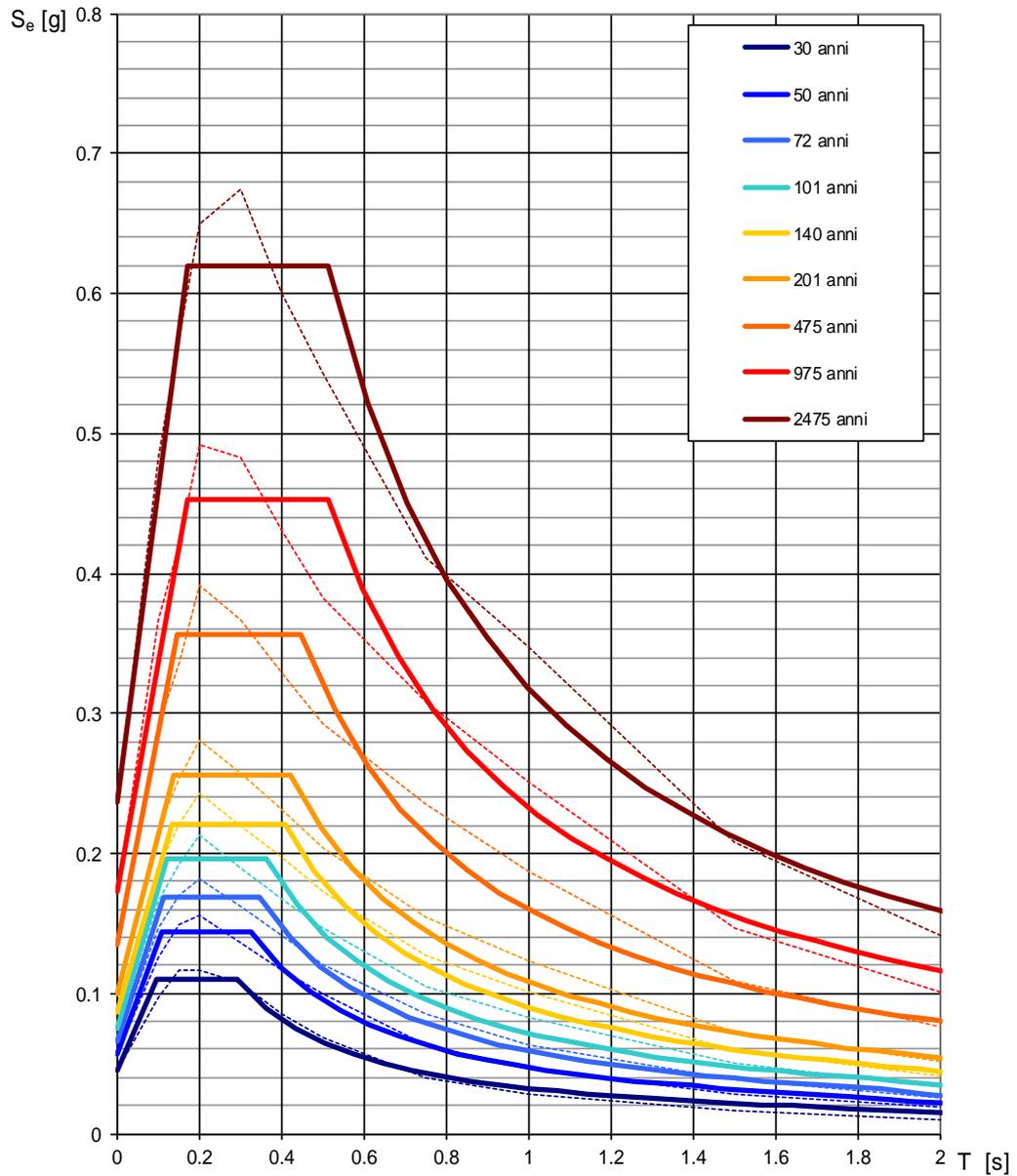
Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite - Area sottostazione Terna



Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R - Area sottostazione Terna



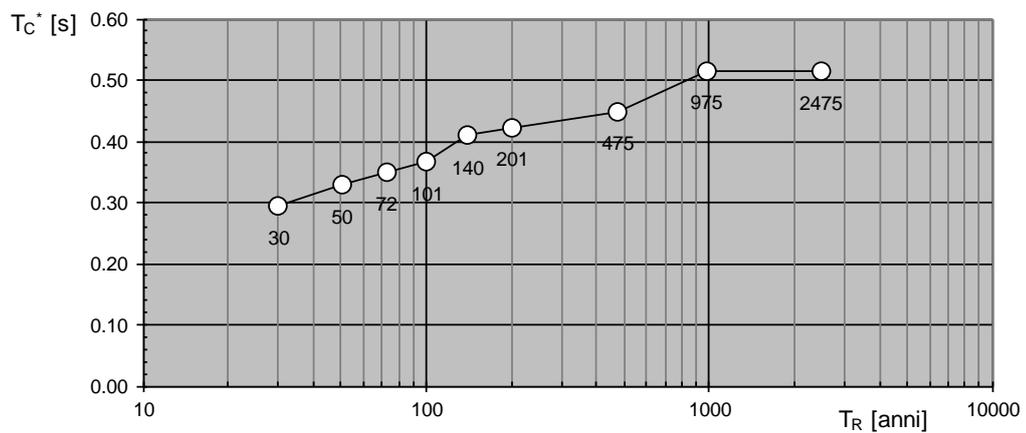
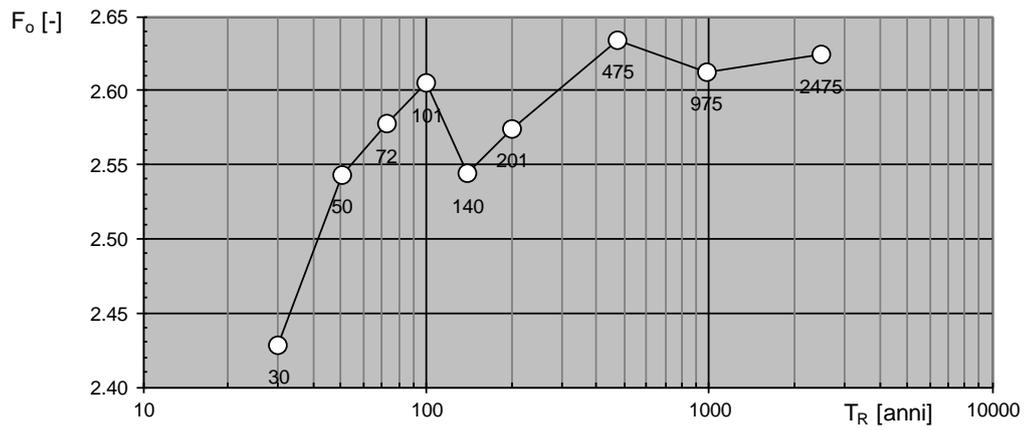
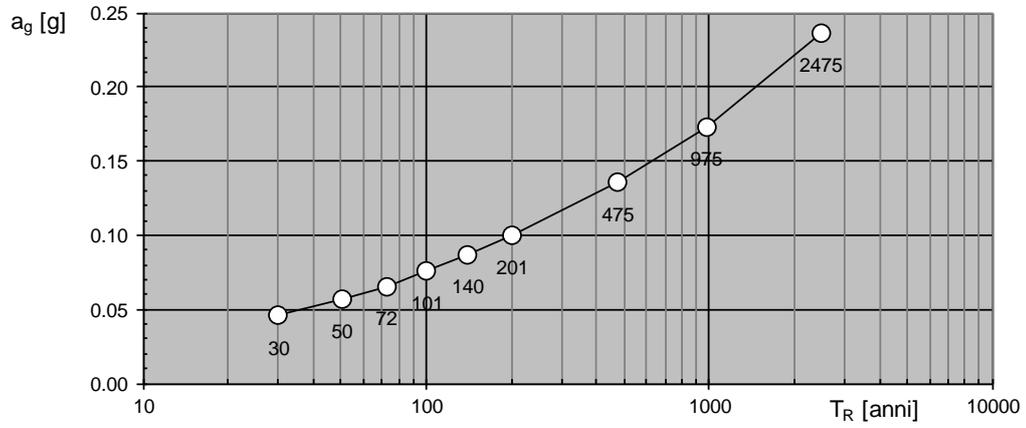
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento - Area impianto agrivoltaico



NOTA:

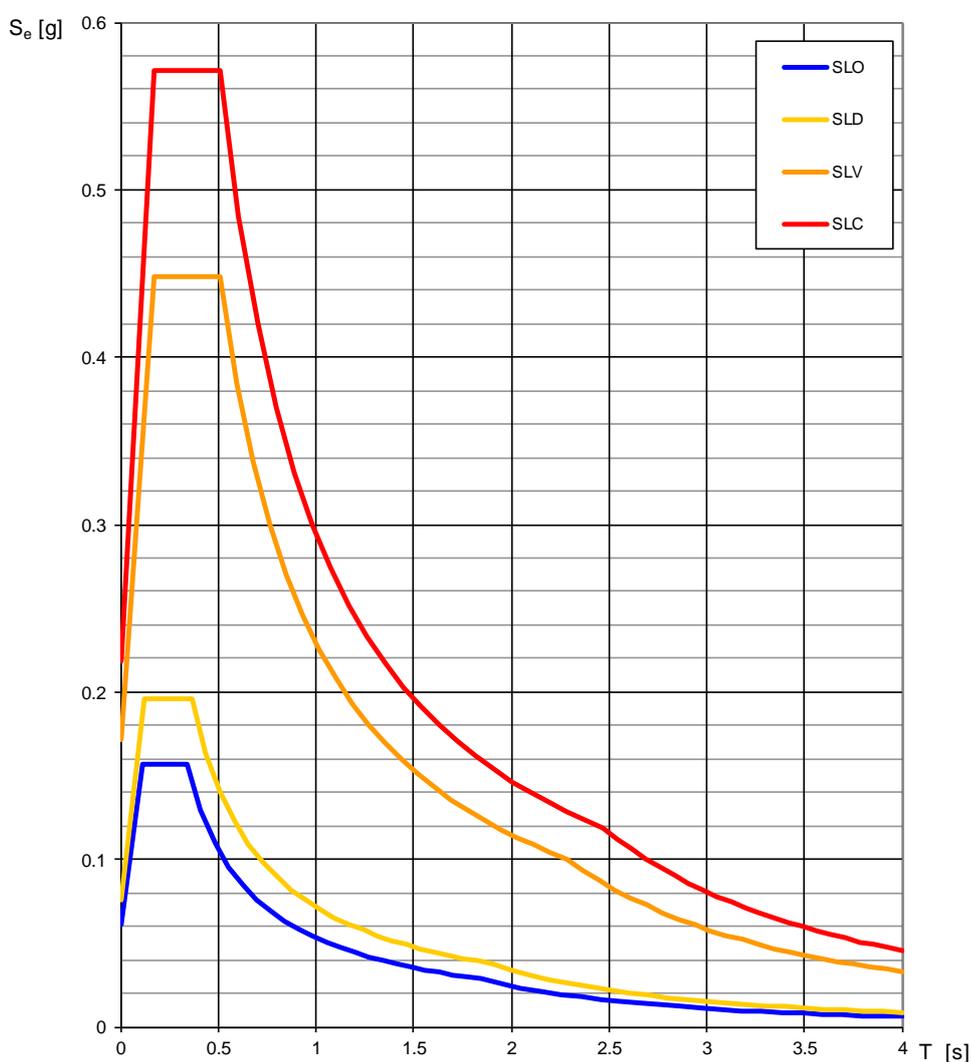
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R - Area impianto agrivoltaiico

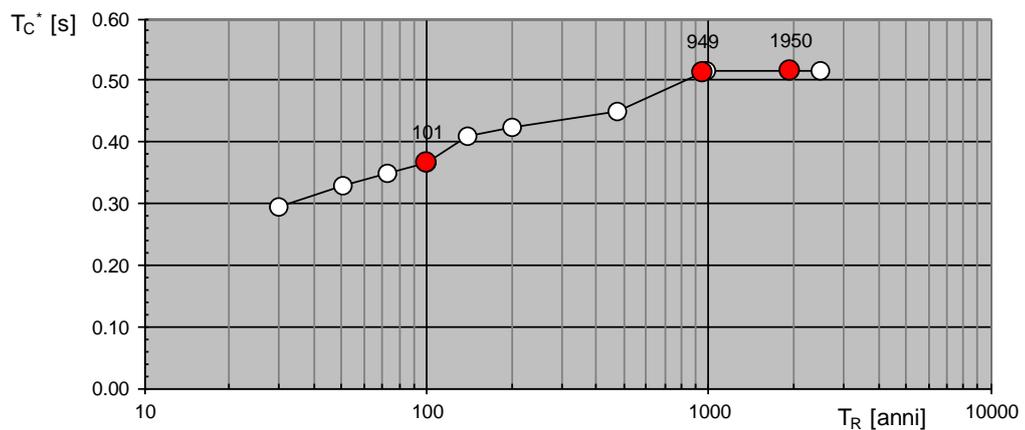
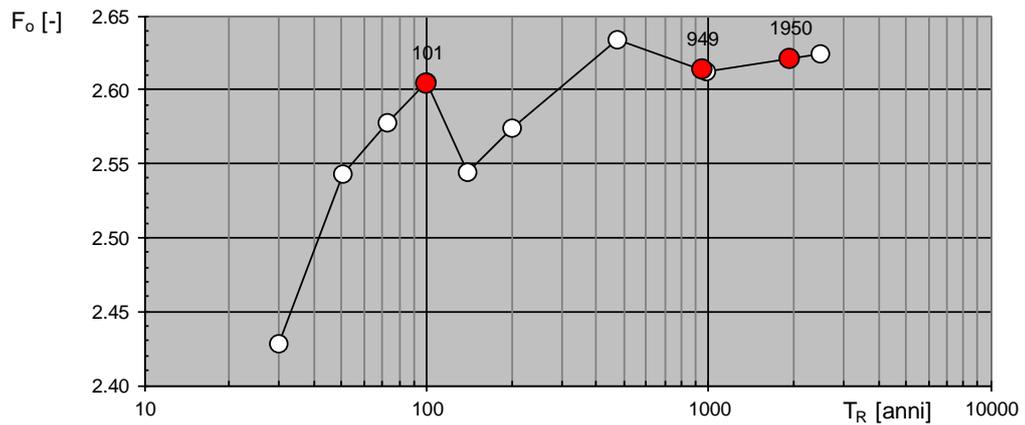
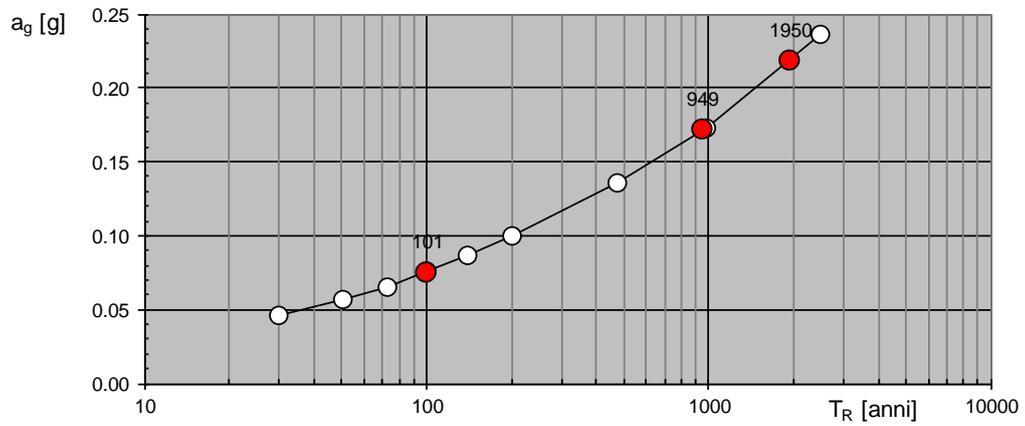


Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL Area Impianto Agrivoltaico					
STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T_R	a_g	F_0	T_C^*
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81	60	0.061	2.560	0.339
SLD	63	101	0.075	2.604	0.366
SLV	10	949	0.172	2.614	0.513
SLC	5	1950	0.218	2.621	0.514

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite - Area impianto agrivoltaico



Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R - Area impianto agrivoltaiico



Il livello di protezione antisismica da adottare per i manufatti da realizzare dipende dalla categoria di importanza, pertanto, poichè le strutture in progetto dovranno avere una **Vita Nominale** $V_N \geq 50$ anni e possono essere considerate ricadenti nella *CLASSE D'USO IV*, il *COEFFICIENTE D'USO* C_U da utilizzare nella progettazione può essere assunto pari a 2,0 ne discende, pertanto, che la **Vita di Riferimento** sarà:

$$V_R = V_N * C_U = 100 \text{ anni}$$

Alla luce delle conoscenze acquisite nel corso dello studio effettuato ed in mancanza di studi specifici e più approfonditi per la previsione dei fenomeni di amplificazione e della risposta sismica locale, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nelle NTC, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c .

Nelle seguenti tabelle sono riassunti i coefficienti sismici per i siti di riferimento in esame.

Area sottostazione Terna – Parametri sismici - Fondazioni							
	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,500	1,510	1,000	0,019	0,010	0,950	0,200
SLD	1,500	1,470	1,000	0,024	0,012	1,177	0,200
SLV	1,400	1,340	1,000	0,066	0,033	2,700	0,240
SLC	1,300	1,350	1,000	0,093	0,047	3,274	0,280

Area sottostazione Terna – Parametri e punti dello spettro di risposta per lo stato limite SLV - Fondazioni												
	C _u [-]	a _g [m/s ²]	F ₀ [-]	T* _c [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	S [-]	q [-]	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]
SLV Orizzontale	2,0	0,197	2,580	0,475	1,400	1,340	1,000	1,400	1,500	0,212	0,636	2,387
SLV Verticale	2,0	0,197	2,580	0,475	1,400	1,340	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Area impianto agrivoltaico – Parametri sismici - Fondazioni							
	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	K _h [-]	K _v [-]	A _{max} [m/s ²]	Beta [-]
STATO LIMITE							
SLO	1,200	1,370	1,000	0,015	0,007	0,718	0,200
SLD	1,200	1,350	1,000	0,018	0,009	0,887	0,200
SLV	1,200	1,260	1,000	0,049	0,025	2,017	0,240
SLC	1,170	1,260	1,000	0,071	0,036	2,499	0,280

Area impianto agrivoltaico – Parametri e punti dello spettro di risposta per lo stato limite SLV - Fondazioni												
	C _u [-]	a _g [m/s ²]	F ₀ [-]	T* _c [s]	S _s [-]	C _c [-]	S _T [-]	S [-]	q [-]	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]
SLV Orizzontale	2,0	0,171	2,614	0,513	1,200	1,260	1,000	1,200	1,500	0,215	0,646	2,286
SLV Verticale	2,0	0,171	2,614	0,513	1,200	1,260	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

4. CARATTERISTICHE LITOLOGICO-STRATIGRAFICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE DELL'AREA IN STUDIO E STRUTTURE DI FONDAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

I caratteri litostratigrafici del sottosuolo dell'area di sedime della sottostazione e dell'estesa area di sedime dell'impianto agrivoltaico sono stati ricostruiti in base alle osservazioni effettuate nel corso dei sopralluoghi effettuati in sito e dai dati desumibili dalla bibliografia ufficiale che, congiuntamente alle indagini sismiche effettuate in tale area e supportate da indagini dirette effettuate dallo scrivente in due siti geologicamente ricadenti nella piana alluvionale della Capitanata in cui affiorano gli stessi tipi litologici presenti nell'area in studio, hanno consentito di effettuare una attendibile ricostruzione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche generali dei siti in esame.

La disponibilità di tali dati e di un buon modello stratigrafico-geotecnico sono da considerarsi essenziali per valutare attendibilmente la risposta reologica del sottosuolo e, quindi, per effettuare una buona scelta tipologica e dimensionale delle strutture di fondazione delle opere da realizzare.

Il comportamento meccanico delle formazioni su cui poggeranno le fondazioni dei manufatti da realizzare dipende da diversi fattori tra cui le condizioni di giacitura e lo stato di integrità chimico-fisica dei terreni.

Sulla base dei dati raccolti si è accertato che nelle aree in studio è presente un esiguo spessore di terreno vegetale di natura sabbioso-limoso-argillosa a cui seguono depositi di ghiaie e sabbie argillose con intercalazioni arenacee e lenti di ciottoli nell'area dell'impianto agrivoltaico, depositi prevalentemente argilloso-limosi nell'area della sottostazione.

4.1 – Caratteristiche idrogeologiche

Dai dati dello studio effettuato, dalle osservazioni di superficie, dai dati bibliografici e dai dati delle indagini sismiche effettuate nell'area in cui saranno installati i pannelli fotovoltaici si è potuto rilevare, almeno fino alle profondità investigate, l'assenza della falda nel sottosuolo su cui saranno realizzate le opere in progetto.

Tale affermazione trova riscontro nel fatto che in presenza di falda acquifera il grado di saturazione dei terreni sarebbe pari al 100% e, quindi, la velocità delle onde P sarebbe controllata dal mezzo liquido che è incompressibile e, pertanto, poiché la velocità delle onde P in acqua è di circa 1500 m/s, avremmo dovuto misurare una velocità di propagazione delle onde P negli strati superficiali non inferiore a tale velocità.

Nel corso delle indagini geofisiche, invece, le velocità di propagazione delle onde P misurate negli strati più superficiali è nettamente inferiore al

valore delle Vp in acqua, per cui i terreni investigati, su cui sarà realizzato l'impianto fotovoltaico, non sono sede di falda acquifera ed il possibile accumulo di acqua in alcune zone è da considerarsi effimero e legato al regime delle precipitazioni meteoriche.

Il tracciato lungo cui si snoda il cavidotto è caratterizzato per più di metà della sua lunghezza da affioramenti di depositi permeabili che favoriscono l'infiltrazione in profondità delle acque di precipitazione meteorica, la mancanza di depositi impermeabili al disotto di essi, inoltre, non consente la formazione di una falda acquifera superficiale continua e, quindi, la sua eventuale presenza a profondità maggiori potrà essere ritenuta ininfluyente sui modesti interventi da realizzare.

Nella restante parte del tracciato e nell'area della sottostazione la natura prevalentemente argillosa dei terreni affioranti rende impossibile l'accumulo di acqua in profondità, per cui il sottosuolo si può ritenere privo di falda.

4.2 Caratteristiche geotecniche dei terreni e strutture di fondazione delle opere in progetto

Il comportamento meccanico dei terreni affioranti nelle aree di sedime dipende da diversi fattori tra cui lo stato di addensamento, la granulometria e lo stato di integrità chimico-fisica degli stessi.

Per qualsiasi calcolo geotecnico che riguardi i terreni di fondazione, si consiglia di adottare i seguenti parametri geotecnici che, pur non

essendo stati calcolati direttamente, sono stati dedotti dalla bibliografia esistente:

Parametri di input

Depositi prevalentemente argilloso-limosi (area sottostazione)

- Peso di volume naturale $\gamma = 18.14 - 19.12 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 18.00^\circ - 20.00^\circ$
- Coesione efficace $c' = 9.81 - 14.71 \text{ kPa}$
- Coesione non drenata $c_u = 100.00 - 150.00 \text{ kPa}$

Depositi prevalentemente ciottoloso-sabbioso-limosi (area impianto

agrivoltaico)

- Peso di volume naturale $\gamma = 19.10 - 20.10 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 32.00^\circ - 35.00^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0.00 \text{ kPa}$

Le caratteristiche geologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche delle aree interessate dagli interventi, acquisite nel corso dello studio effettuato, hanno consentito di effettuare una attendibile valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni fino a profondità di interesse ingegneristico.

La disponibilità di tali dati e di un buon modello stratigrafico-geotecnico sono da considerarsi essenziali per valutare attendibilmente la risposta reologica del sottosuolo e, quindi, per effettuare una buona scelta tipologica e dimensionale delle strutture di fondazione.

La scelta progettuale del tipo di fondazioni da adottare e il loro dimensionamento va fatta contestualmente alla progettazione delle strutture in elevato, nella considerazione dell'importanza delle opere da realizzare e delle verifiche in condizione degli stati limiti ultimi (SLU) e di esercizio (SLE).

Gli aspetti principali che hanno contribuito ad effettuare una valutazione dei siti vanno individuati nella costituzione litologico-stratigrafica, nelle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e negli aspetti geomorfologici delle aree.

Le osservazioni di superficie, come già ricordato in precedenza, hanno consentito di rilevare un aspetto geomorfologico delle aree in esame tale da non destare preoccupazioni di alcun genere, essendo le aree poco acclivi e prive di elementi geomorfologici di alcun rilievo, ad eccezione dei pochi canali che raccolgono le acque di pioggia dell'area in cui sarà realizzato il parco agrivoltaico.

Le caratteristiche litologico-stratigrafiche dei terreni osservati in affioramento in associazione a quelle desunte dalle informazioni tratte dalla bibliografia, pur non destando preoccupazioni sulla generale stabilità delle aree in esame e sulla sicurezza dei manufatti che saranno realizzati (cabine elettriche di trasformazione e strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici), hanno consentito di effettuare una ricostruzione del sottosuolo tale da richiedere l'adozione di strutture fondali che abbiano i seguenti requisiti:

- adeguata superficie di contatto per la trasmissione dei carichi indotti al fine di evitare fenomeni di rottura locale dei terreni di fondazione;

- elevata rigidità e sezione inerziale per l'assorbimento di eventuali piccoli cedimenti differenziali immediati ed a lungo termine dovuti ad aggiustamento intergranulare e per opporre la necessaria resistenza alle eventuali sollecitazioni sismiche.

Le opere da realizzare sono le cabine elettriche di trasformazione e le strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici.

Per l'installazione delle cabine elettriche di trasformazione, che saranno di tipo prefabbricato, si potrà fare ricorso ad una struttura fondale di tipo nastriforme o a platea, mentre per le strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici si potranno utilizzare pali metallici infissi a pressione di diametro e lunghezza da definire in funzione del peso dei pannelli e delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

5. COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA E CONCLUSIONI

I dati desunti dallo studio geologico-morfologico di superficie, le informazioni, seppure indirette, sulla stratigrafia del sottosuolo ottenute con l'esecuzione delle indagini geofisiche, correlati ai dati bibliografici disponibili, hanno permesso di acquisire sufficienti informazioni strutturali e geotecniche per una prima caratterizzazione del sottosuolo delle aree di sedime delle opere da realizzare.

Dal punto di vista morfologico l'area su cui saranno installati i pannelli fotovoltaici e saranno realizzate le cabine di trasformazione e l'area in cui sarà realizzata la sottostazione non presentano forme particolarmente evidenti ed accentuate o che richiedano particolare attenzione, grazie anche alla bassa acclività dei versanti su cui sono ubicati gli interventi da realizzare.

La conformazione topografica delle aree individuate, le basse pendenze dei versanti su cui saranno realizzate tutte le opere in progetto e la costituzione litologica di tali aree consentono di asserire, come già ricordato in precedenza, che l'equilibrio geomorfologico dei versanti collinari su cui saranno realizzati gli interventi in programma è quasi esclusivamente legato ad interventi antropici e, solo occasionalmente, ad eventi atmosferici di natura straordinaria, pertanto, sono facilmente prevedibili e controllabili e tali da non destare preoccupazioni.

Mancano, infatti, condizioni predisponenti al dissesto così come non si rilevano elementi di instabilità in atto o potenziali.

La natura compressibile dei depositi superficiali, considerata la modestia dei carichi unitari che le realizzande strutture eserciteranno sul terreno di sedime, non rappresenta alcun problema in quanto la tipologie fondali indicate, trave rovescia o platea per le cabine di trasformazione, micropali di lunghezza e diametro adeguati per i pannelli fotovoltaici, il cui dimensionamento sarà effettuato dal progettista in relazione alla effettiva entità dei carichi e alla loro esatta distribuzione, si ritiene che potranno assolvere appieno alle loro funzioni.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto sono state effettuate indagini sismiche specifiche che hanno reso possibile stabilire che il substrato su cui si andranno ad esplicare le azioni delle opere da realizzare nelle aree dell'impianto agrivoltaico può essere annoverato tra le categorie di suolo di fondazione di **tipo 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**, mentre il substrato su cui si andranno ad esplicare le azioni delle opere da realizzare nell'area della sottostazione Terna può essere annoverato tra le categorie di suolo di fondazione di **tipo C - 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.

Sulla base di questa individuazione di categoria sono definite le azioni sismiche che il progettista dovrà considerare per il calcolo strutturale delle realizzande opere, in osservanza della nuova normativa tecnica per la progettazione in zona sismica.

Nell'area dell'impianto agrivoltaico in affioramento si rinvengono terreni a prevalente componente ghiaioso-sabbioso-limosa, mentre nell'area della sottostazione in affioramento si rinvengono terreni a prevalente componente argilloso-limosa che, congiuntamente alla morfologia delle aree in esame caratterizzate da pendenze non molto accentuate, condizionano in maniera determinante lo schema generale di circolazione delle acque di pioggia ed influiscono in maniera significativa sulla tipologia e sull'evoluzione dei reticoli di drenaggio superficiali.

Ciò significa che il modello idrologico-idrogeologico di riferimento, considerate le caratteristiche morfologiche, geologico-stratigrafiche, l'assetto strutturale complessivo, il grado di permeabilità dei terreni affioranti nell'area dell'impianto è quello tipico dei depositi ghiaioso- sabbioso-limosi con buona infiltrazione e con generale scarsa tendenza al ristagno in superficie delle acque meteoriche, mentre nell'area della sottostazione il modello idrologico-idrogeologico di riferimento è quello tipico dei versanti argillosi, con scarsa

infiltrazione e con generale tendenza al ristagno o allo scorrimento in superficie, in maniera areale e non controllata o concentrata, delle acque meteoriche.

Nonostante le differenti caratteristiche idrologico-idrogeologiche delle due aree i reticoli di drenaggio superficiale si presentano poco o moderatamente sviluppati su entrambe le aree probabilmente per le scarse pendenze dei versanti.

In virtù di quanto appena detto si ritiene, quindi, che la realizzazione delle opere in progetto non apporterà una grossa variazione all'attuale assetto idrologico-idrogeologico della zona in cui sarà realizzato il parco agrivoltaico in quanto, pur sviluppandosi l'impianto su un'area molto ampia all'interno della quale sarà ridotta la superficie di infiltrazione diretta di acqua nel sottosuolo, è pur vero che la discreta permeabilità dei terreni affioranti sulla maggior parte dell'area interessata dall'impianto agrivoltaico porterà comunque allo smaltimento per assorbimento delle acque di precipitazione e, in ogni caso, le aliquote in eccesso saranno allontanate in maniera controllata lungo i canali ivi presenti.

La quantità d'acqua che verrà sottratta alla infiltrazione, considerate le caratteristiche di permeabilità dei terreni affioranti nelle aree in esame, sarà talmente esigua da poter considerare praticamente invariato il bilancio idrogeologico finale di tali aree.

L'esecuzione dei lavori dovrà prevedere un riassetto dei versanti lungo cui saranno realizzati gli interventi, attraverso la raccolta e l'allontanamento controllato delle acque meteoriche mediante un sistema di fossi di guardia, canalizzazioni e smaltimento delle stesse, che determinerà un generale miglioramento delle attuali condizioni idrauliche dei versanti oggetto dei lavori, in quanto tali acque saranno sottratte al libero deflusso fino ad eliminare o quantomeno rallentare i potenziali rischi legati all'erosione per scorrimento areale o concentrato <<selvaggio>> e privo di controllo.

In relazione ai vincoli ed alle prescrizioni delle N.T.A. del P.A.I. si è verificato che nel sito in cui saranno installati i pannelli fotovoltaici non sono presenti areali a rischio e a pericolosità morfologica, mentre sono presenti due lingue relative alla parte apicale di altrettanti canali perimetrati come areali a pericolosità idraulica media ed alta.

In tali zone opportunamente non saranno installati pannelli fotovoltaici ed in ogni caso sarà realizzato uno studio idraulico di tali aree che dimostri la compatibilità degli interventi previsti nelle aree contermini con le condizioni di pericolosità idraulica delle stesse.

La sottostazione ed un tratto di cavidotto ricadranno in zone a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1) e, particolarmente a ridosso del Torrente Cervaro, il cavidotto attraverserà aree a pericolosità idraulica bassa, media ed alta.

Tali ostacoli, soprattutto l'attraversamento del Cervaro, potranno essere superati attraverso l'utilizzo della TOC (trivellazione orizzontale controllata) e,

pertanto, in riferimento agli interventi previsti è possibile asserire che il bilancio idrologico-idrogeologico finale dell'area resterà invariato e che le condizioni geomorfologiche ed idrauliche finali, se correttamente eseguite, saranno migliorative rispetto allo stato attuale.

Quanto finora illustrato, pertanto, consente di confermare la piena compatibilità di tutti gli interventi in progetto con gli obiettivi delle N.T.A. del P.A.I..

Gli interventi previsti e la situazione generale dell'area dal punto di vista geologico-strutturale e stratigrafico, geomorfologico, idrogeologico e geologico-tecnico portano a concludere che la scelta localizzativa dell'intero impianto è idonea ad accogliere la realizzazione delle strutture in progetto, a condizione che i lavori siano eseguiti con la costante tensione volta ad eliminare, laddove possibile, o a mitigare le possibili situazioni di pericolo ampiamente illustrate nel corpo della presente relazione.

In ogni caso prima della fase esecutiva sarà opportuno e necessario effettuare indagini geognostiche approfondite in grado di accertare e verificare quanto finora affermato.

Matera, marzo 2023



Dott. Geol. Rocco PORSIA

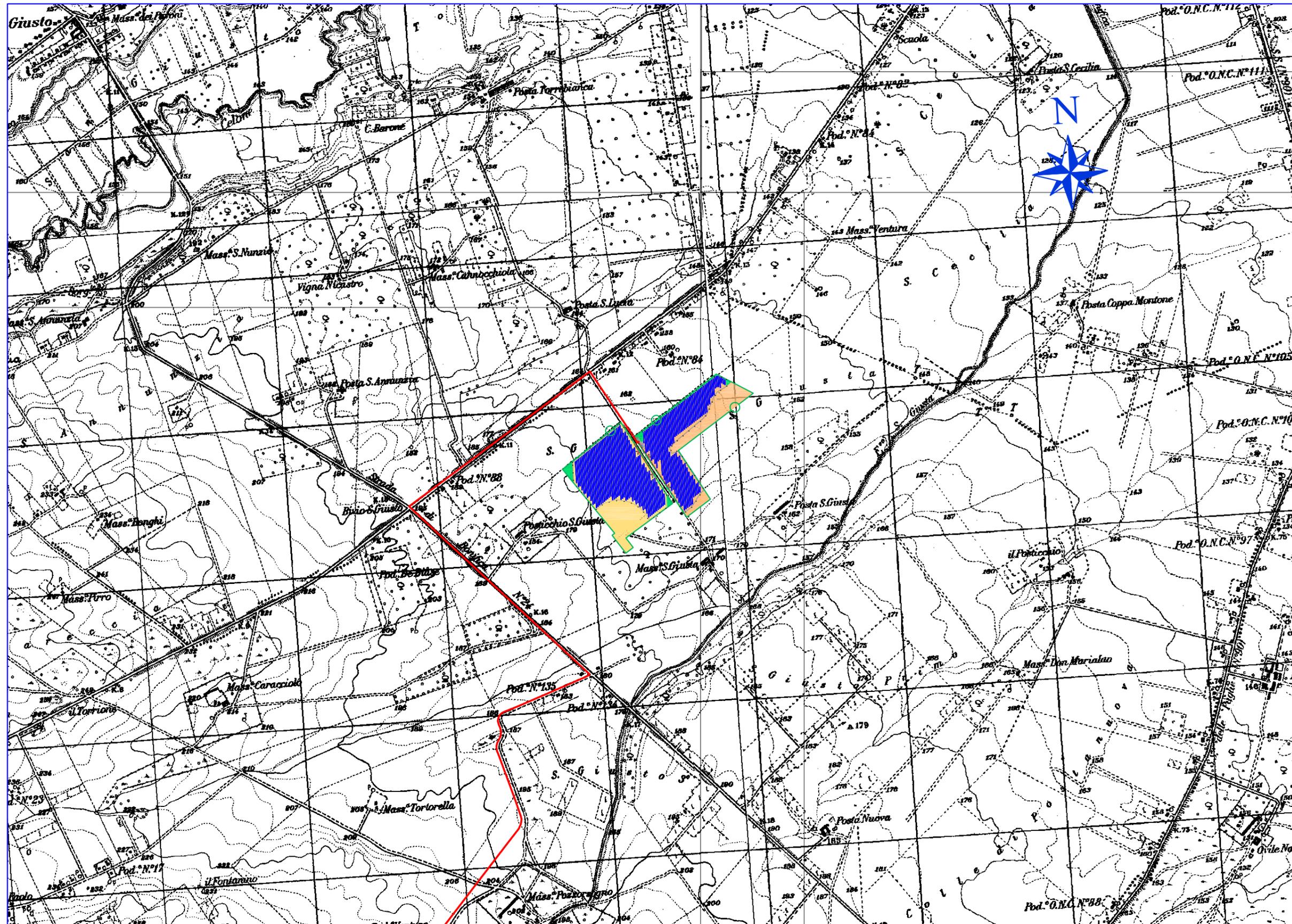
Rocco Porsia

6. BIBLIOGRAFIA

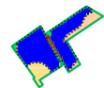
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 – Foglio n. 163 “LUCERA” – Foglio n. 164 “FOGGIA”
- Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 – Foglio n. 163 “LUCERA” – Foglio n. 164 “FOGGIA”
- Piano dell'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia e relativa cartografia
- Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14 gennaio 2008
- Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018
- Consiglio Superiore Lavori Pubblici – Azioni sismiche – Spettri di risposta – ver 1.0.3.
- Pericolosità sismica dei comuni italiani – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- Classificazione sismica – Dipartimento Protezione Civile
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>

Allegato n. 1
Corografia - scala 1:25.000

COROGRAFIA



SCALA 1:25.000



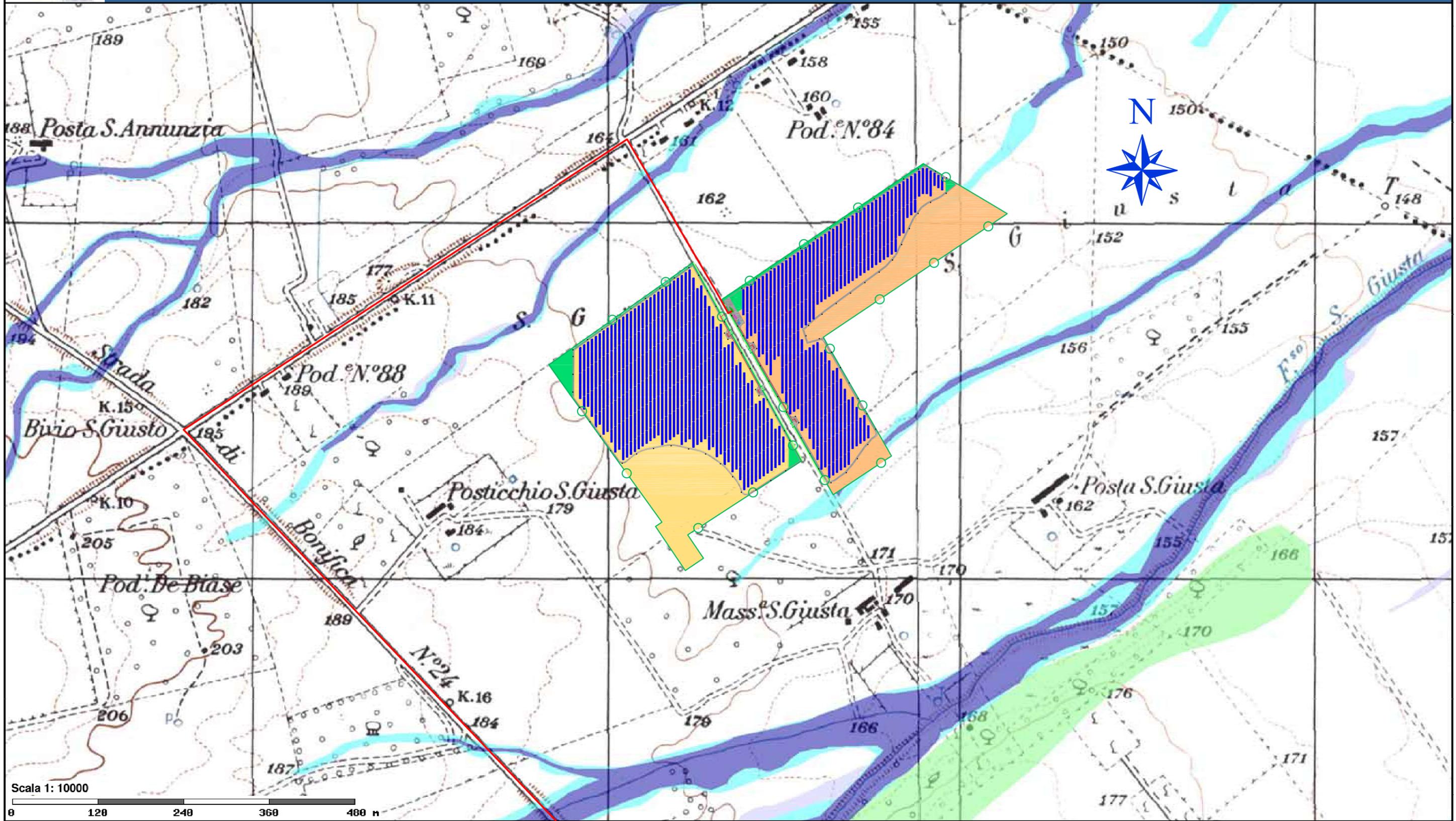
Ubicazione parco agrivoltaico



Cavidotto

Allegato n. 2

**Carta di Pericolosità Geomorfologica,
Idraulica e del Rischio - Scala 1:10.000**



Scala 1: 10000
 0 120 240 360 480 m

PAI

- Peric. Geomorf.**
- media e moderata (PG1)
 - elevata (PG2)
 - elevata (PG3)

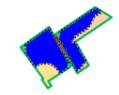
Peric. Idraulica

- bassa (BP)
- media (MP)
- alta (AP)

- Rischio**
- R1
 - R2

- R3
- R4

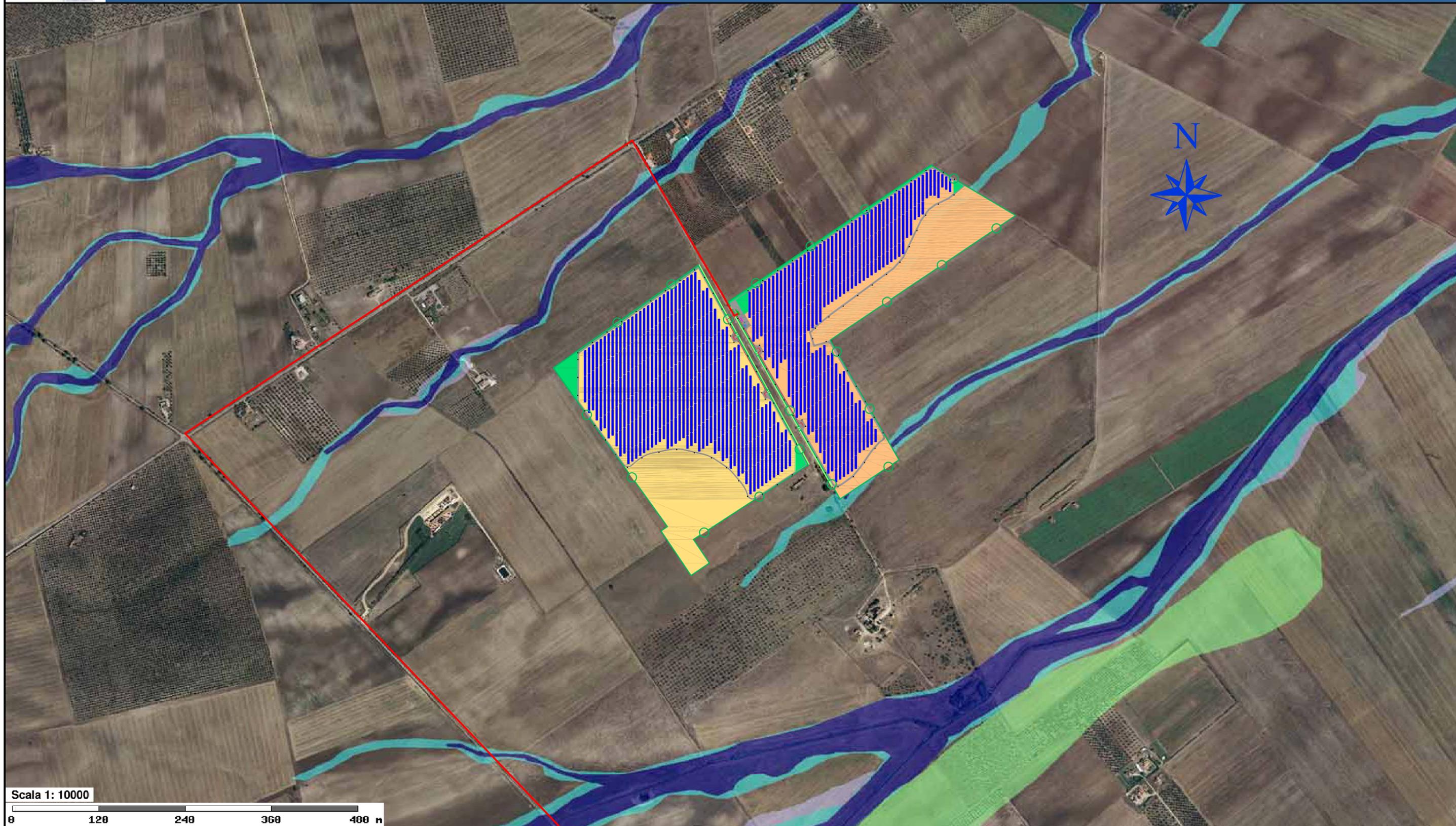
Cartografia di base



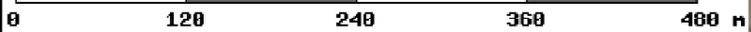
Ubicazione parco agrivoltaico



Cavidotto



Scala 1: 10000



PAI

Peric. Geomorf.

-  media e moderata (PG1)
-  elevata (PG2)
-  elevata (PG3)

Peric. Idraulica

-  bassa (BP)
-  media (MP)
-  alta (AP)

Rischio

-  R1
-  R2

-  R3
-  R4

Cartografia di base



Ubicazione parco agrivoltaico



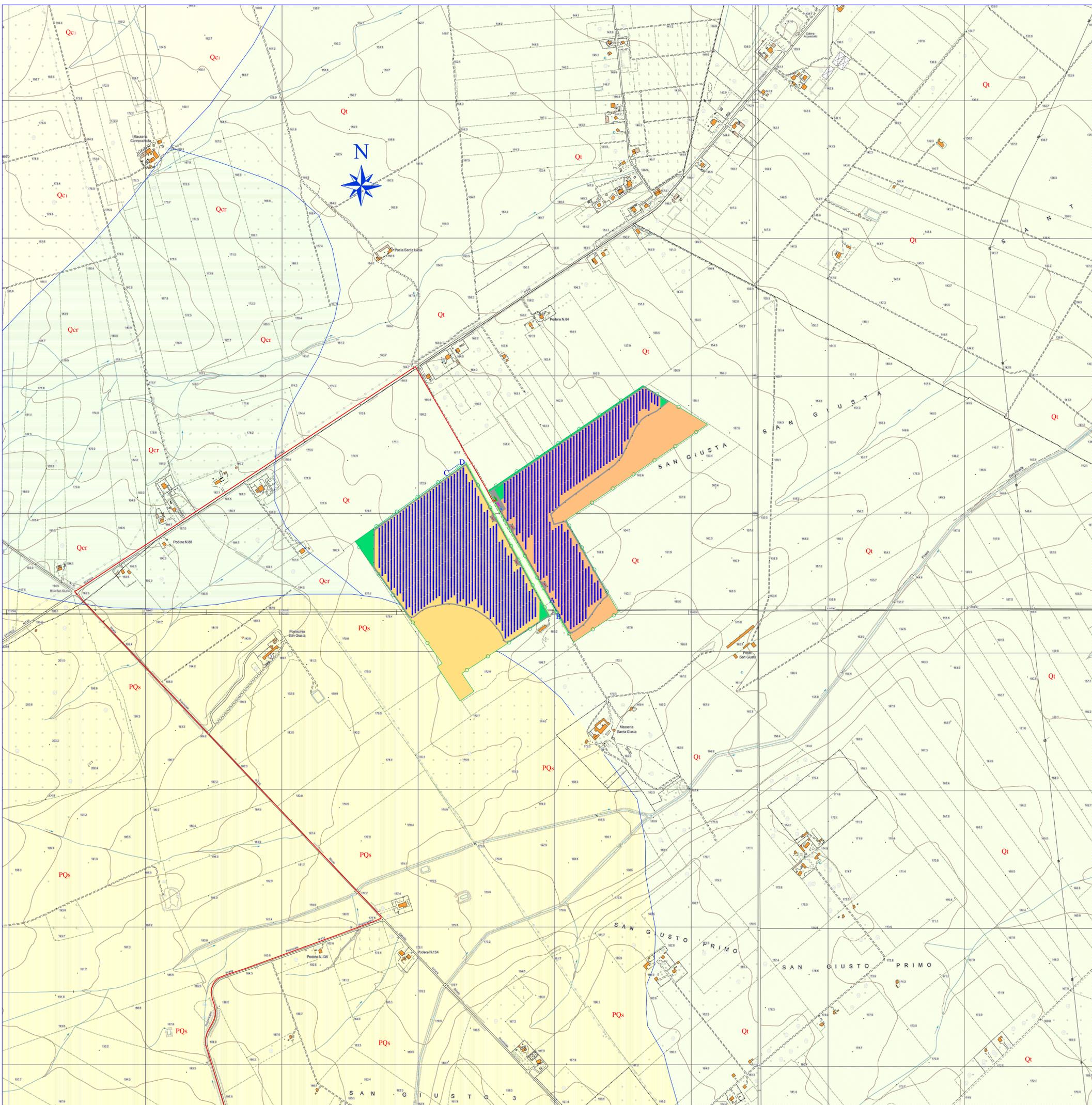
Cavidotto

Allegato n. 3

Carta Geologica e Geomorfologica con

ubicazione delle indagini geofisiche

Scala 1:5.000



LEGENDA

- Qcr Crostoni calcarei
- Qt Depositi fluviali sabbioso-conglomeratici, terrazzati a quote superiori a 7 m dall'attuale alveo dei fiumi
- Qc1 Ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni, di rocce derivanti da terreni dell'Appennino, a volte fortemente cementati e con intercalazioni di sabbie e arenarie
- PQs Sabbie e sabbie argillose giallastre, talora con livelli arenacei giallastri e lenti di ciottoli
- Contatti stratigrafici
- Contatti stratigrafici incerti
- Faglie presunte
- Orlo di scarpata
- Solco erosivo di ruscellamento superficiale
- Ubicazione parco agrivoltaico
- Cavidotto
- Ubicazione indagine sismica in onda P e M.A.S.W.

Regione Puglia
Comune di Troia (FG)
Località San Giusta

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI TROIA
 Progetto Definitivo

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 32,62 MW sito nel Comune di Troia (FG) in località "S. Giusta", delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili

COMMITTENTE

TOZZIGREEN

TOZZI GREEN S.P.A.
 Via Brigata Ebraica, 50
 48123 Mezzano (RA) Italia
 tozzi.ing@gmail.it

PROGETTAZIONE

MAXIMA INGEGNERIA

MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.
 Via Marconi, 10 - 00187 Roma (RM)
 Via Marco Polo, 4 - 01124 SAN GIOVANNI
 PIAZZA, 0944800279

CONSULENTI

Ing. Sabrina Scaramuzzi
 Via Luigi Einaudi, 8 - 02100 TROIA (FG) Italia
 Tel. Fax: 08726262 - 08726982
 e-mail: sscaramuzzi@ingmax.it

Dott. Geol. Rocco Porsia
 Via Tacchi, 21 - 01019 ROMA (RM) Italia
 Tel. +39 067719171
 e-mail: r.porsia@geologia.unroma1.it

Dott. Enrico Palchetti
 Piazza della Costituzione, 16 - 01124 TROIA (FG)
 Tel. 0872755600
 e-mail: enrico.palchetti@univ.it

C	31-03-2023	Emesso per Progettazione Definitiva	MAGGIORATA	GRASSO	MAGGIORATA
Revisione	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
Progettista	Scala		COMMESSA		
	1:5.000		IT020BD038		
EMISSO PER	FILE	4.2.2.3	FOLGIO	DI	FORMATO
<input type="checkbox"/> IMPIANTAZIONE	Carta Geologica e Geomorfologica con ubicazione delle indagini geofisiche				
<input type="checkbox"/> DISTRIBUZIONE	Documento No. IT020BD038-9S9001				
<input type="checkbox"/> ELENCO					
<input type="checkbox"/> DESCRIZIONE					

Questo documento è di nostra proprietà esclusiva. E' proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza la nostra autorizzazione.

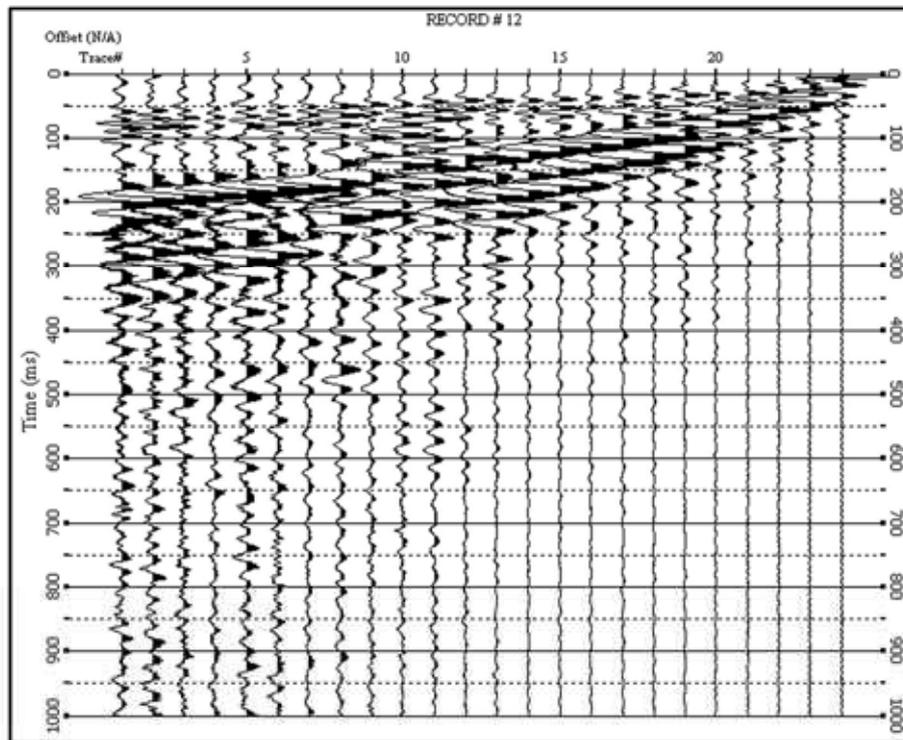
Allegato n. 4

Risultati delle Indagini Geofisiche

ALLEGATO "PROFILO SISMICO 1"

-
- *Sismogrammi analisi Masw offset 6 m (metodo attivo)*
 - *Analisi Masw offset 6 m (metodo attivo)*
 - *Sismogrammi sismica a rifrazione onde P*
 - *Dromocrone onde P*
 - *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
-

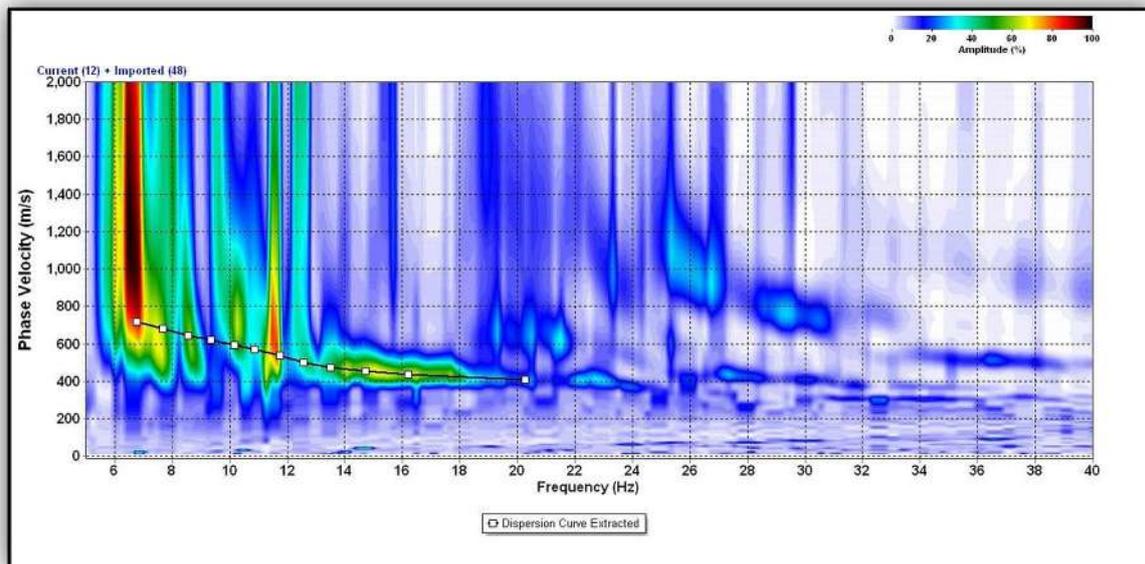
SISMOGRAMMI ANALISI MASW 1



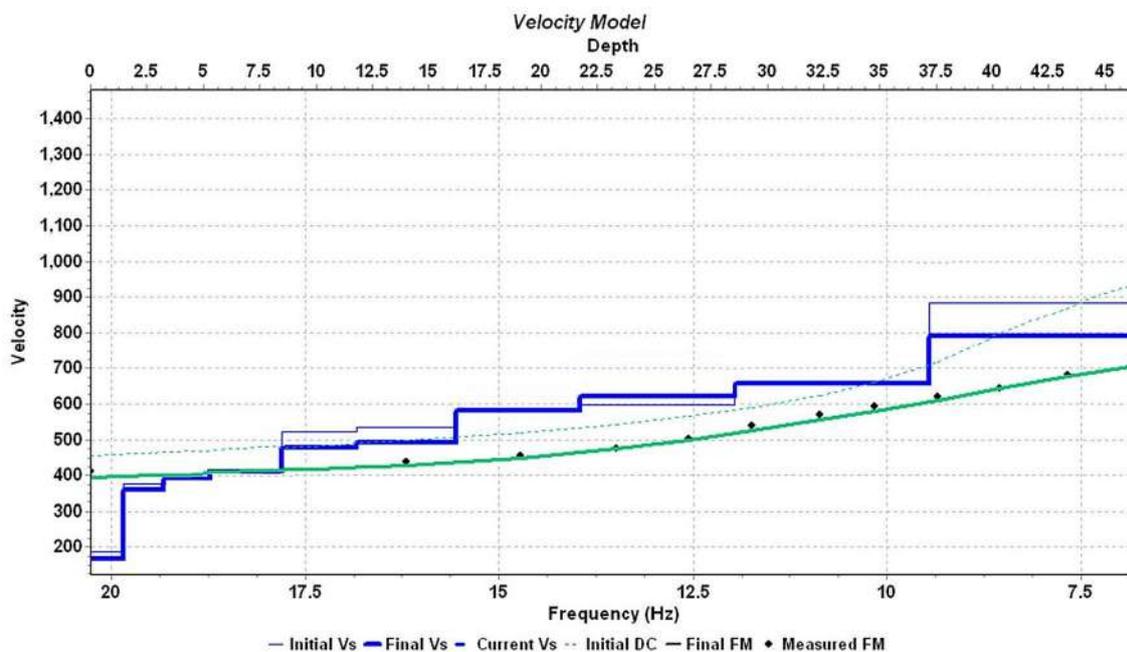
Sismogramma analisi Masw METODO ATTIVO – offset 6 m

ANALISI MASW 1 – offset 6 m

Spettro nel dominio velocità di fase/frequenza



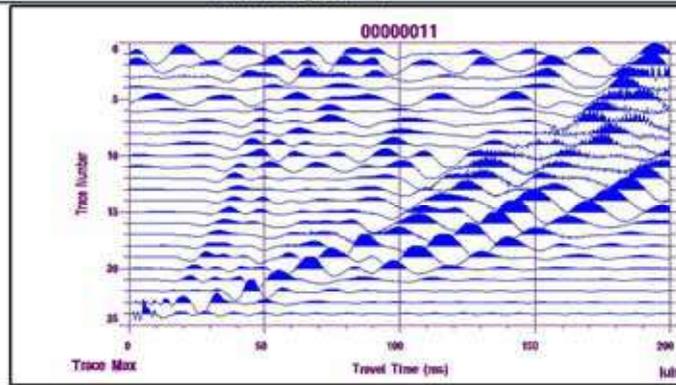
Modello di velocità (V_s) in funzione della profondità e della frequenza



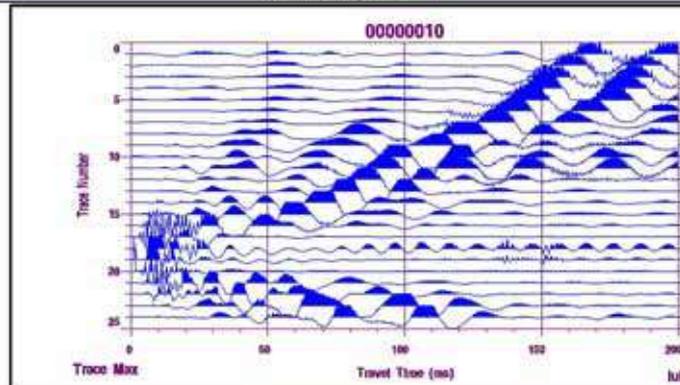
$V_{s,eq}$: 468 m/s
Categoria di sottosuolo B
(NTC 2018)

SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE 1 ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)

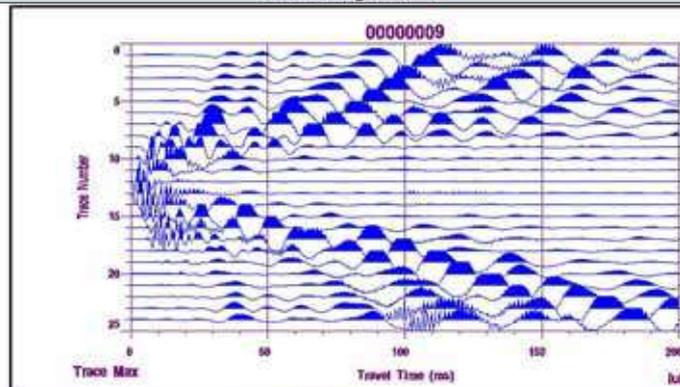
Punto sorgente "A"



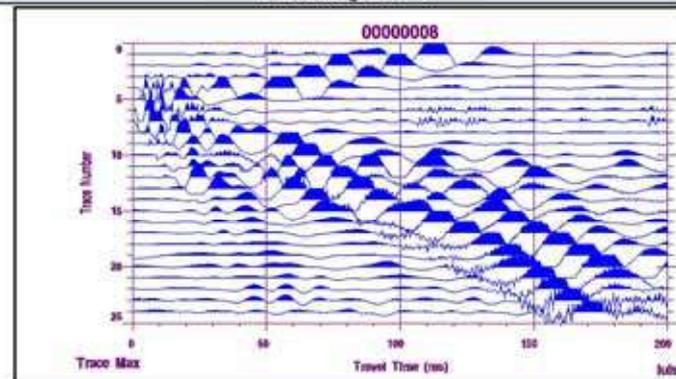
Punto sorgente "C"



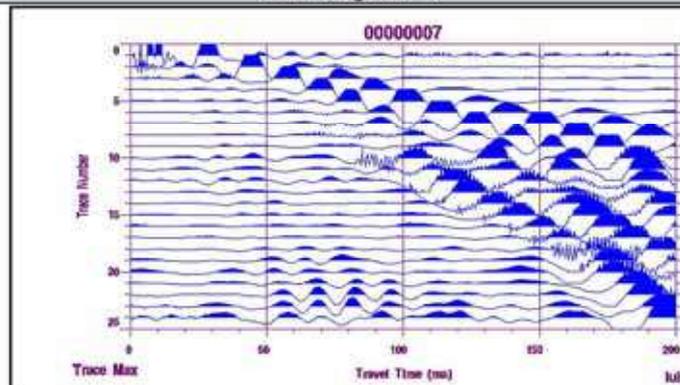
Punto sorgente "E"



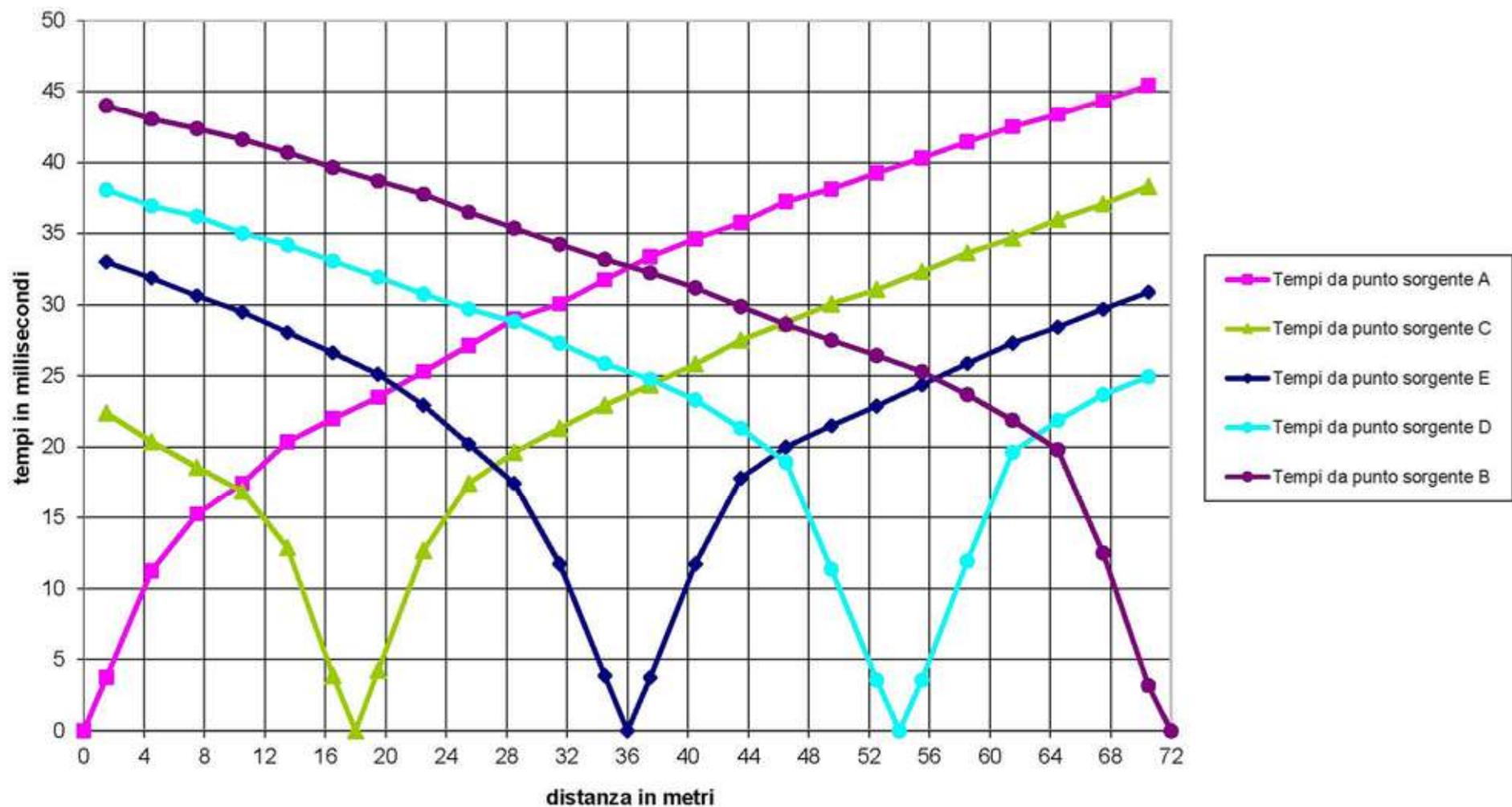
Punto sorgente "D"

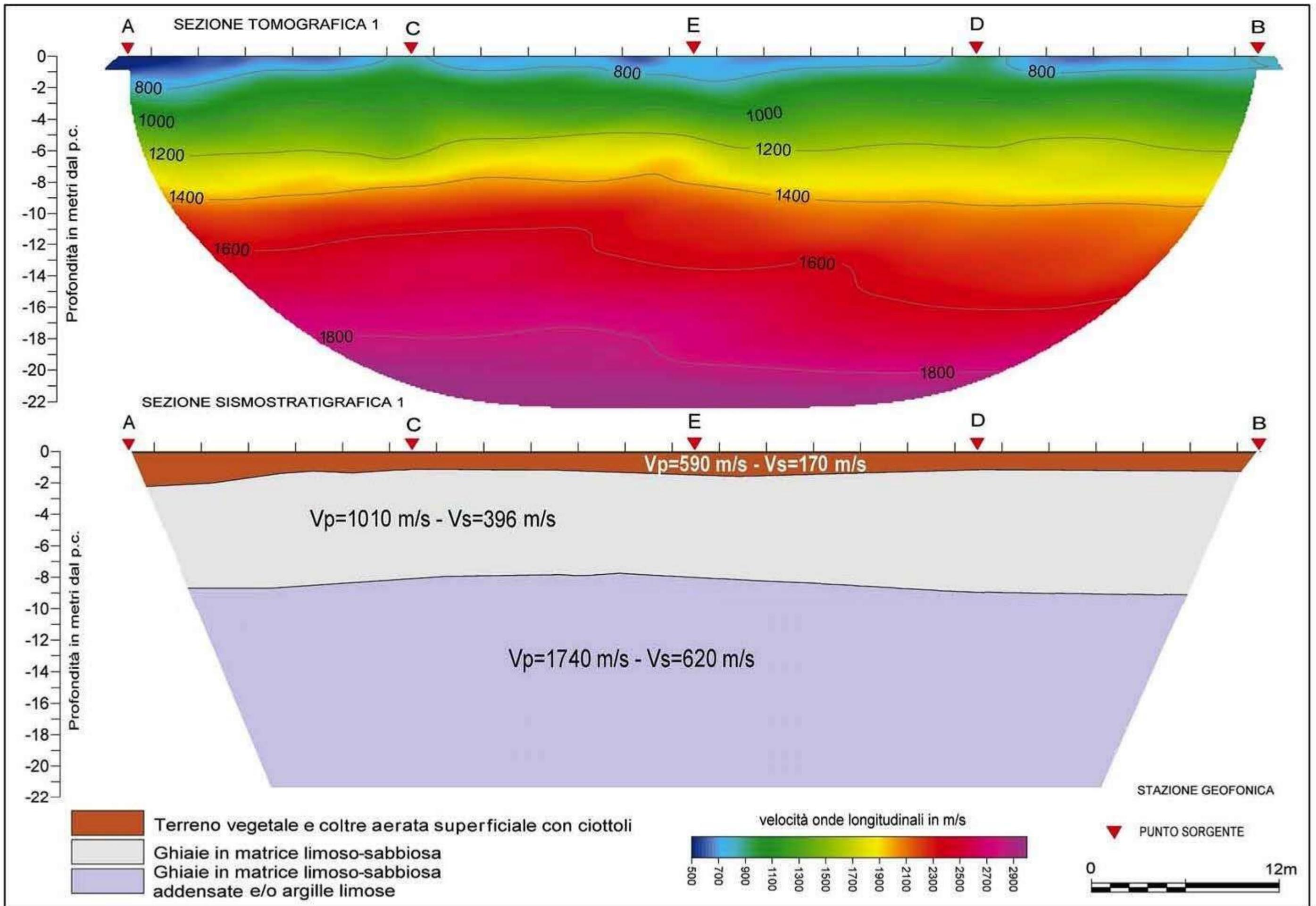


Punto sorgente "B"



Dromocrone profilo sismico 1 - ONDE LONGITUDINALI

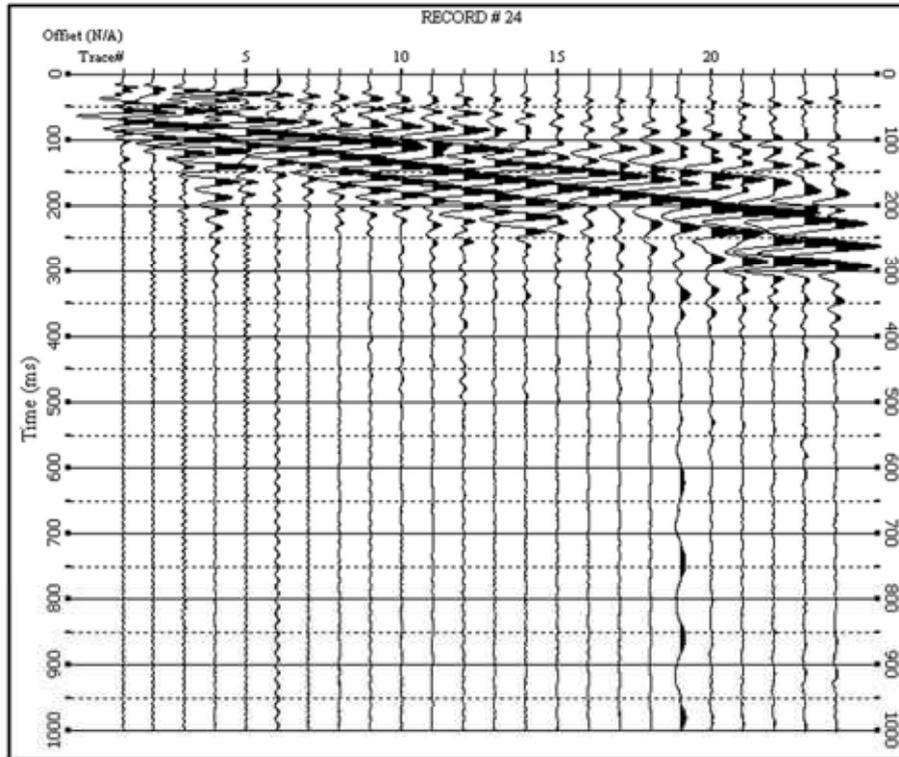




ALLEGATO "PROFILO SISMICO 2"

-
- *Sismogrammi analisi Masw offset 6 m (metodo attivo)*
 - *Analisi Masw offset 6 m (metodo attivo)*
 - *Sismogrammi sismica a rifrazione onde P*
 - *Dromocrone onde P*
 - *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
-

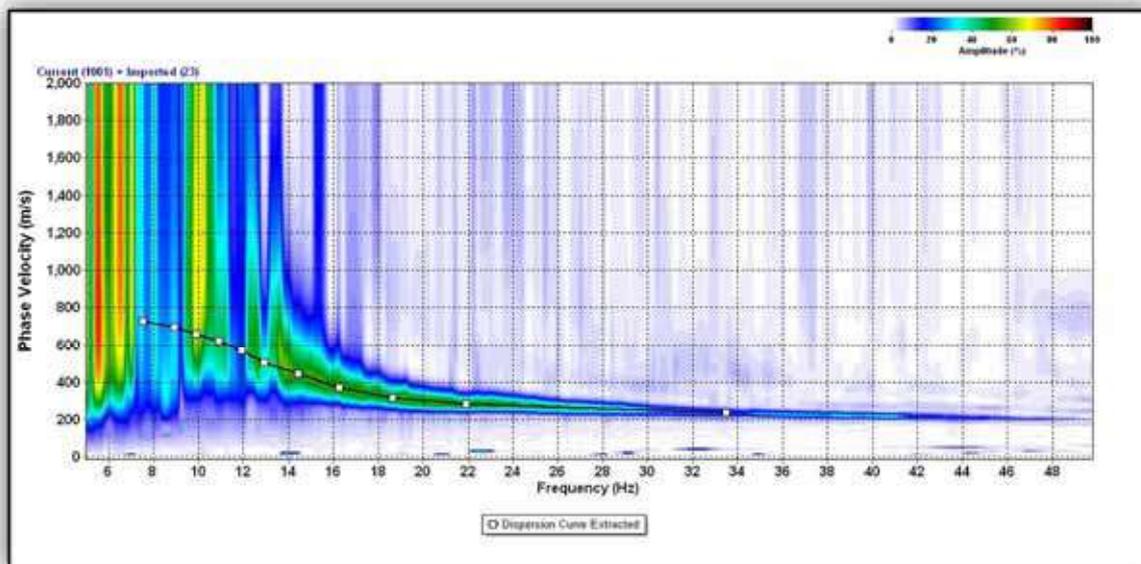
SISMOGRAMMI ANALISI MASW 2



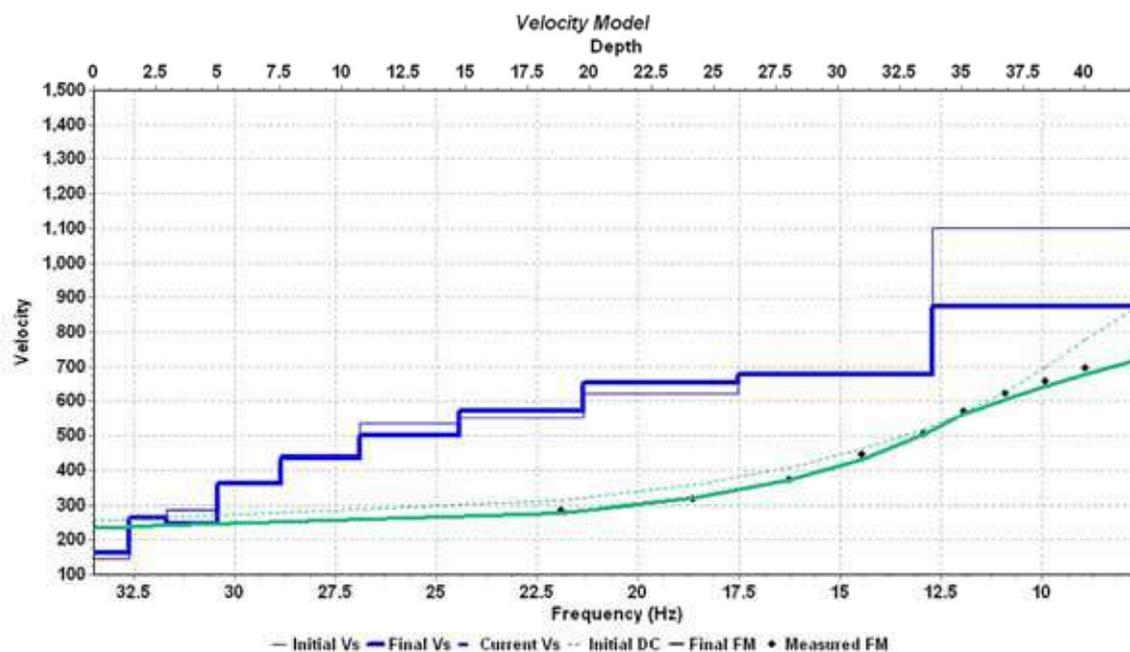
Sismogramma analisi Masw METODO ATTIVO – offset 6 m

ANALISI MASW 2 – offset 6 m

Spettro nel dominio velocità di fase/frequenza



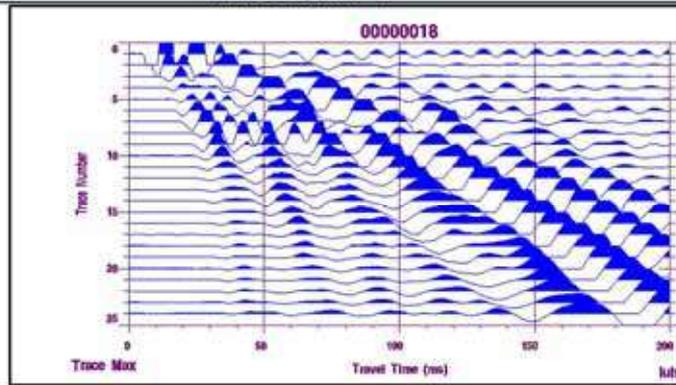
Modello di velocità (V_s) in funzione della profondità e della frequenza



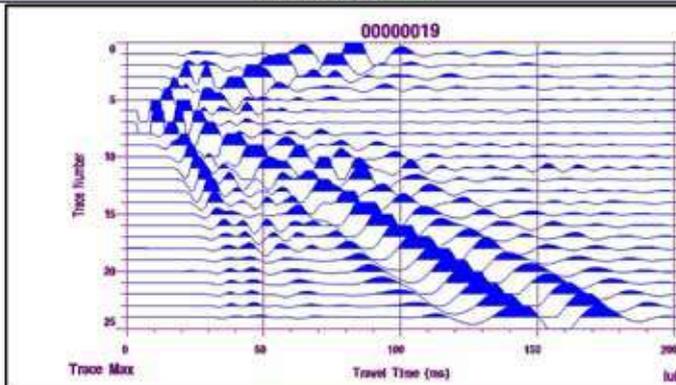
$V_{s,eq}$: 436 m/s
Categoria di sottosuolo B
(NTC 2018)

SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE 2 ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)

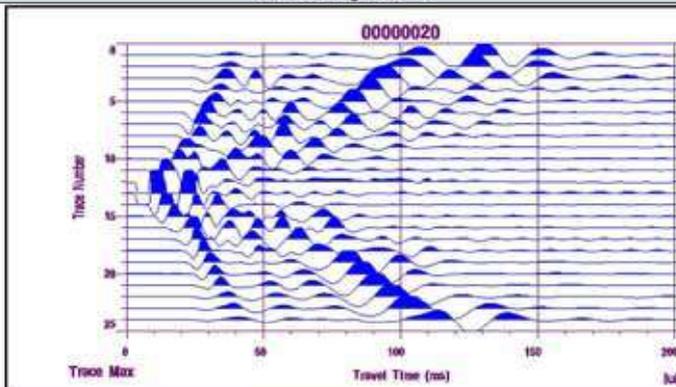
Punto sorgente "A"



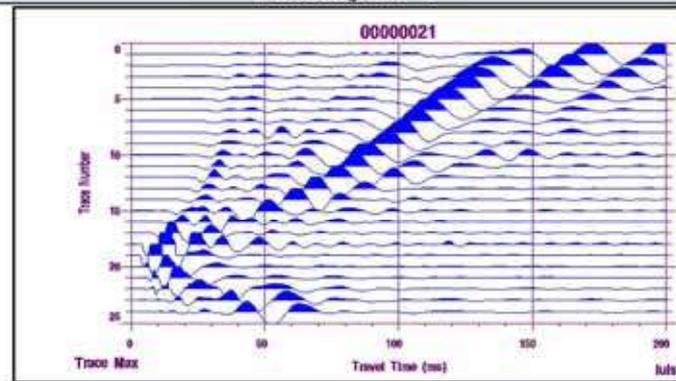
Punto sorgente "C"



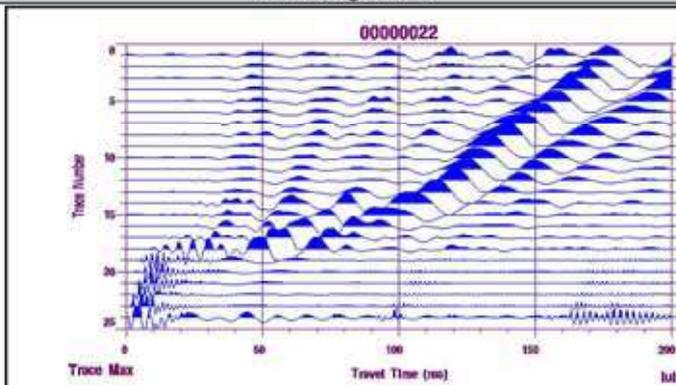
Punto sorgente "E"



Punto sorgente "D"



Punto sorgente "B"



Dromocrone profilo sismico 2 - ONDE LONGITUDINALI

