



Provincia di Foggia



Regione Puglia



Comune di Troia



HYPHEN RENEWABLES

COMUNE DI TROIA

"TROIA MOFFA"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI TROIA (FG) IN LOCALITÀ "MONTALVINO", DI POTENZA AC PARI A 14,00 MW E POTENZA DC PARI A 16.284 MWp, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE (RTN) NEL COMUNE DI TROIA (FG)

Proponente:

HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.
Corso Magenta, 85 - 20123 Milano
Tel: +39 02 8295 8832
PEC: hyphenrenewable1@pec.it

Tecnici e Specialisti:

- Dott.ssa Paola D'Angela: studi e indagini archeologiche;
- Dott.ssa Sara Di Franco: studio previsionale d'impatto acustico;
- Dott. Antonello Fabiano: studi e indagini geologiche e idrogeologiche;
- Dott. Agronomo Chiara Vacca: studio pedoagronomico, progetto agricolo;
- Dott. Biologo Gianluca Stasolla: piano monitoraggio ambientale;
- Dott. Gabriele Gemma: elaborati grafici, documentazione tecnica;
- Ing. Francesco Ambron: progettazione opere elettriche connessione AT;
- Ing. Pierdomenico Montefinese: progettazione opere elettriche BT – MT;
- Ing. Domenico Lorusso: analisi paesaggistica e studio impatto ambientale

Progettista:

np enne. pi. studio s.r.l.
Lungomare IX Maggio, 38 - 70132 Bari
Tel/Fax: +39 0805346068 - 0805346888
e-mail: pietro.novielli@ennepistudio.it

Nome Elaborato:

MOF_XYZ_Relazione Geologica e Geotecnica

Descrizione Elaborato:

Relazione Geologica, Geotecnica e Idrogeologica

Timbro e firma

Antonello Fabiano



0 3					Scala: varie
0 2					
0 1					
0 0	Febbraio 2024	Dott. Geol. A. Fabiano	Enne Pi Studio Srl	Hyphen Puglia 1 S.r.l.	
Rev	Data	Redatto	Verificato	Approvato	

Sommario

Indice delle tavole	2
Premessa	3
1. Ubicazione dell'area oggetto di studio e descrizione del progetto.....	4
2. Inquadramento geologico generale	6
2.1. Inquadramento geologico di dettaglio	8
3. Inquadramento tettonico e geomorfologico.....	8
4. Caratteri Idrografici ed Idrogeologici.....	11
5. Piano di tutela delle acque	12
6. Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico (PAI).....	14
7. Indagini eseguite.....	16
7.1. Risultati derivanti dalle indagini eseguite	17
8. Sismicità del territorio	23
9. Pericolosità sismica di base	27
9.1. Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	27
9.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno.....	29
9.3 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	31
9.4 Definizione della pericolosità sismica di base	34
9.5 Pericolosità sismica di sito.....	38
10. Caratterizzazione geotecnica dei litotipi.....	45
11. Opere di Connessione alla RTN.....	45
Conclusioni	46
TAVOLE IN ALLEGATO E RELAZIONE SULLE INDAGINI ESEGUITE.....	49

Indice delle tavole

Tavola 1 – Cartografia amministrativa

Tavola 2 – Carta topografica d'Italia IGM 1:25.000

Tavola 3 – Ortofoto (Google 2020)

Tavola 4 – Carta geologica di dettaglio

Tavola 5 – Digital Terrain Model (DTM)

Tavola 6 – Reticolo Idrografico – Carta idrogeomorfologica (Foglio 420)

Tavola 7A - Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – Aree a Pericolosità Inondazione

Tavola 7B - Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Aree a pericolosità Geomorfologica

Premessa

Lo scrivente **dott. Geol. Antonello Fabiano**, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n. 675, su incarico della **Enne.Pi Studio srl** e per conto della proponente Società **Hyphen Puglia 1 S.r.l.**, ha redatto la presente relazione tecnica che intende esaminare ed evidenziare le caratteristiche litologiche, stratigrafiche, tettoniche, sismiche e geomorfologiche relative all'area di sedime interessata dall'intervento di realizzazione di un impianto agrovoltaiico denominato "Troia Moffa" in agro di Troia (FG) alla Loc. "Montalvino" nonché delle relative opere di connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale (RTN).

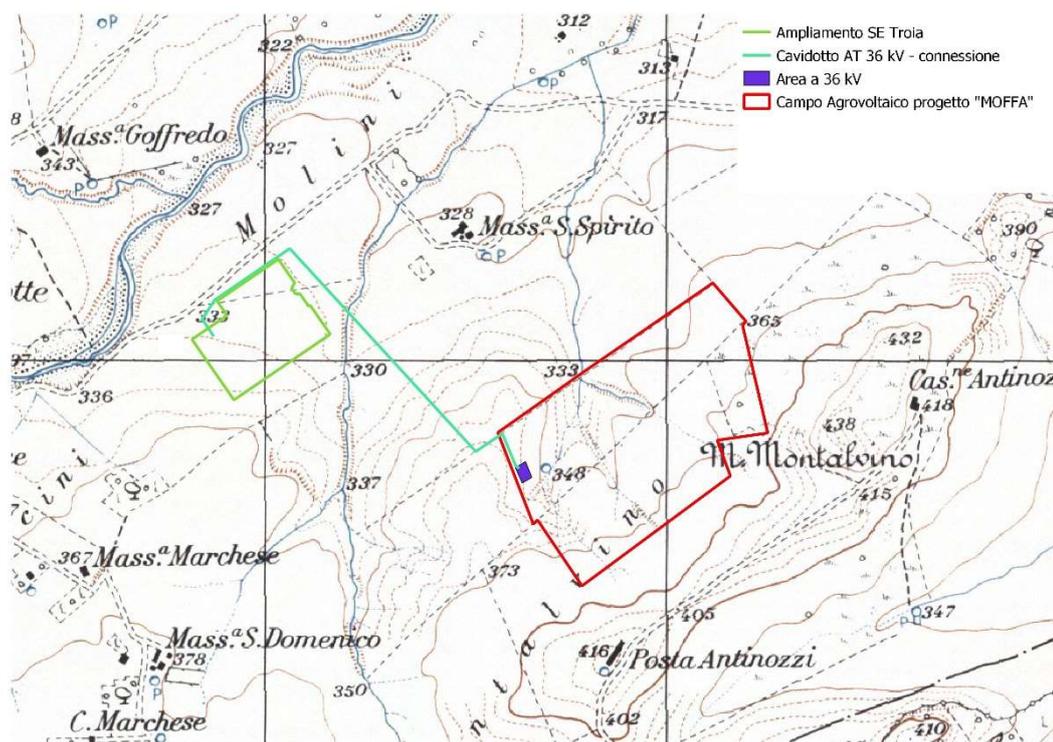
Lo studio è stato svolto secondo quanto prescritto dalle disposizioni delle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018 e dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003. L'area oggetto di studio è stata inquadrata in relazione al Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia (PAI) mediante la perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica, geomorfologica e definendo la relativa classe di rischio così come previsto dal DPCM 29 settembre 1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto legge 11 giugno 1998, n. 180."

È stata valutata anche la compatibilità dell'intervento con le indicazioni del Piano di Tutela della Acque della Regione Puglia. Le indicazioni qui raccolte derivano da un rilevamento geologico di dettaglio, dalle conoscenze geologiche dello scrivente, da ricerche cartografiche e bibliografiche e dalle indagini sismiche eseguite in sito. In una prima fase, quindi, si è provveduto all'acquisizione di tutte le cartografie esistenti, generali e tematiche, per precisare le caratteristiche e le configurazioni naturali dei luoghi. In particolare è stata consultata la documentazione cartografica riportata sulla tavoletta I.G.M. "Troia" II SO (scala 1:25000) del foglio "Lucera" n. 163 (scala 1:100000), ortofoto a colori della zona, CTR Regione Puglia in scala 1:5000, la cartografia tematica relativa alla geologia e quindi la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000 del foglio "Lucera" n. 163,

note illustrative del foglio n. 163 "Lucera" della Carta Geologica d'Italia. Si precisa, infine, che laddove non opportunamente esplicitato, tutte le informazioni contenute nella presente si riferiscono all'area di installazione dell'impianto FV nonché al percorso del cavidotto di connessione.

1. Ubicazione dell'area oggetto di studio e descrizione del progetto

L'area di studio è situata nel Comune di Troia (FG), in territorio agricolo, nella parte Ovest rispetto al centro abitato e precisamente alla Loc. "Montalvino". I lotti, con accesso da strade interpoderali, si trovano ad una quota compresa tra i 335 ed i 395 m s.l.m. Topograficamente ricade nel foglio 163 "Lucera" Tavoletta "Troia" II SO ed il punto centrale del sito è identificato dalle coordinate: 41.35866° N - 15.27310° E.



Ubicazione su stralcio del F. 163 IGM – Troia II SO in scala 1:25000 nell'originale



Ripresa fotografica Area ubicazione intervento

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrovoltaico della potenza in AC di 14,00 MW e della potenza in DC di 16,284 MW, su una superficie di ettari 27 are 22 e centiare 13 (ha 27.22.13). All'interno del campo saranno posizionate n. 1 cabina di raccolta, n. 4 cabine di campo (inverter-trasformatori) da 4.200 kVA (per i 4 sottocampi), n. 1 cabina (locale tecnico) per servizi ausiliari e n. 3 container officina, manutenzione e deposito. Sarà inoltre realizzata all'interno del campo AgroFV, un'area dedicata alla trasformazione a 36 kV. Dalla cabina di raccolta uscirà il cavo a media tensione che entrerà nell'area a 36 kV, e qui avverrà la trasformazione ed elevazione da MT ad AT. La connessione al futuro ampliamento della S.E. di Terna avverrà con cavidotto AT a 36 kV della lunghezza di circa 1,2 km, che andrà ad attestarsi all'edificio quadri a 36 kV della futura S.E. di Terna.

La soluzione tecnica di connessione prevede che l'impianto sia collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV denominata "Troia". Quindi la connessione dell'impianto agroFV avverrà sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica Terna, che sarà posizionata a circa 500 metri a nord-ovest dall'area impianto. Il cavidotto per la connessione tra l'impianto agrovoltaico e la stazione elettrica Terna di nuova realizzazione,

totalmente interrato, avrà una lunghezza di circa 1,2 km, ed insisterà su terreni privati prima di arrivare all'area della nuova Stazione elettrica.

A tal proposito si rimanda alle seguenti tavole in allegato:

- Tavola 1 Cartografia amministrativa
- Tavola 2 Carta topografica d'Italia IGM 1:25.000
- Tavola 3 Ortofoto (Google 2020)

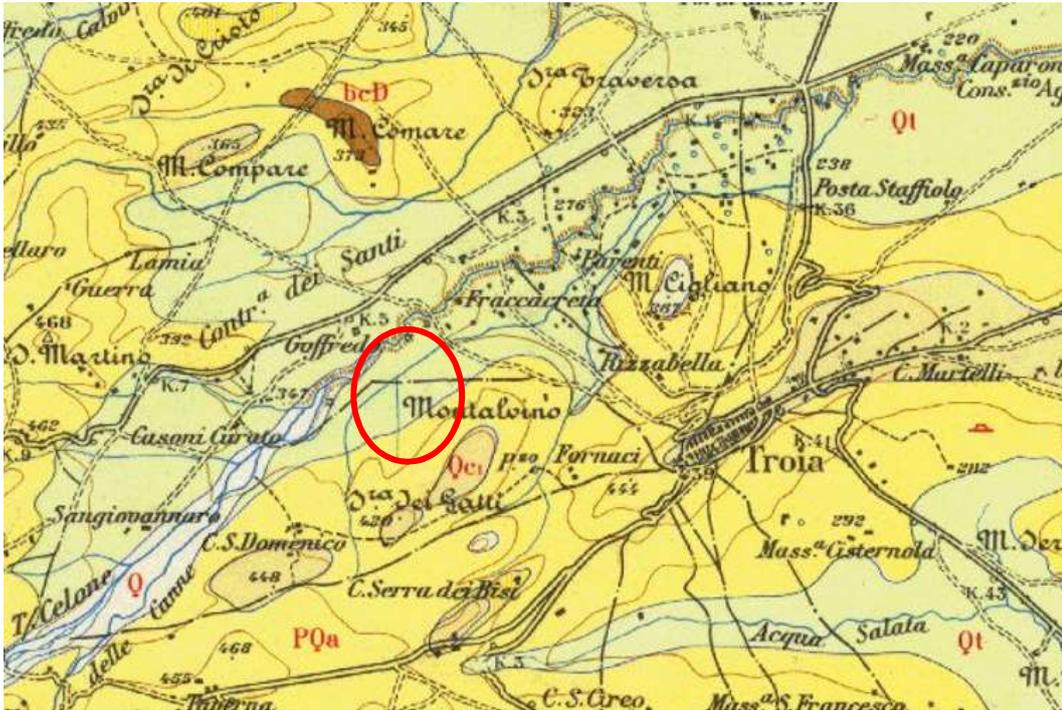
2. Inquadramento geologico generale

L'area ricade nel Foglio 163 "Lucera" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.

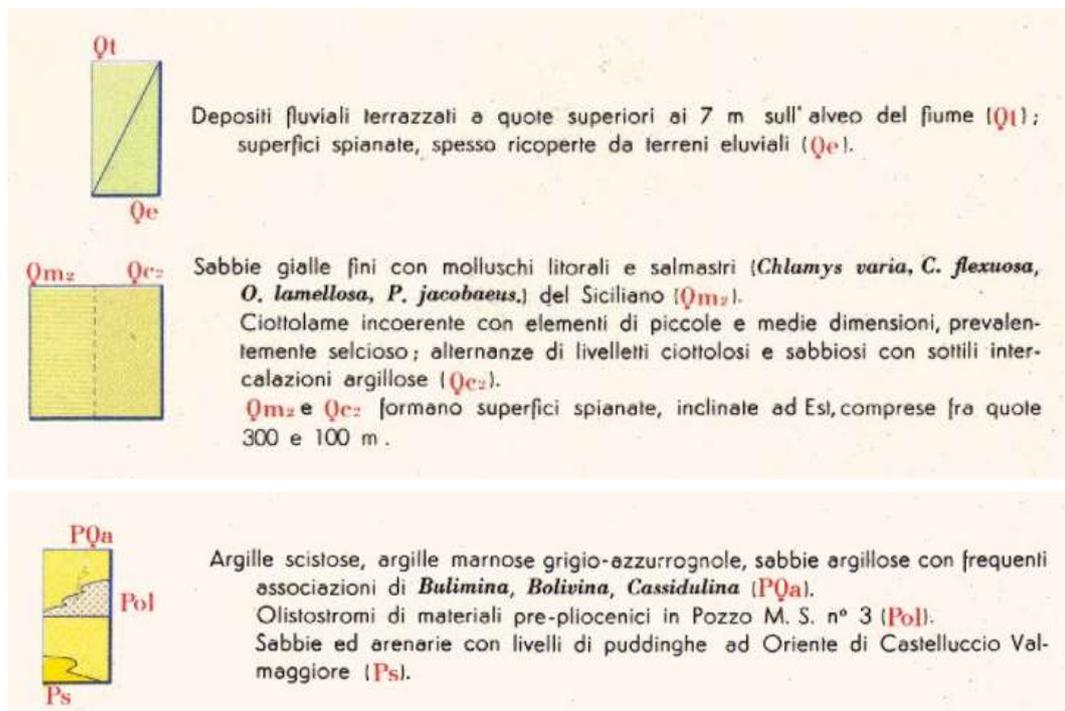
All'interno del Foglio Lucera, le facies si alternano in modo vario e nell'ambito di un unico ciclo di sedimentazione ove la definizione dell'età dei singoli complessi litostratigrafici che lo costituiscono non può essere ovviamente stabilita se non tenendo in giusto conto le faune più giovani ed i reali rapporti di giacitura fra i vari complessi stessi.

Come conseguenza di quanto detto si è tracciato quello schema dei rapporti stratigrafici, inserito nel F° « Lucera », dal quale risulta: 1) un primo ciclo di sedimentazione miocenica, interessato da differenziazione dei rapporti quantitativi delle associazioni litologiche e da una probabile, piccola fase orogenica, come quella indicata alla base di Msa; 2) un secondo ciclo di sedimentazione, indicato dai terreni pliocenici e pleistocenici depositati in continuità fino alla emersione della regione; 3) un ciclo di attività continentale con limitate deposizioni e con intense erosioni delle formazioni più antiche, erosioni manifestatesi ovunque a partire dalla fine del Pleistocene antico.

Nell'immagine seguente si mostra l'ubicazione dell'area d'intervento in riferimento alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000



Ubicazione su Carta Geologica d'Italia foglio 163 "Lucera" – 1:100000 nell'originale



2.1. Inquadramento geologico di dettaglio

Dal punto di vista geologico, al di sotto della copertura di terreno vegetale (circa 2 m), localmente l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di argille grigio azzurrognole (PQ^a).

In particolare, sulla base del rilevamento geologico in situ, dalle conoscenze dello scrivente e dalle indagini eseguite, la stratigrafia del sito sottostante l'area oggetto di studio si caratterizza nella seguente maniera partendo dall'alto verso il basso:

- Terreno vegetale (spessore circa 1 m)
- Argille poco compatte (spessore circa 1 m)
- Argille compatte

A tal proposito si rimanda ai seguenti elaborati grafici:

Tavola 4 Carta geologica di dettaglio

3. Inquadramento tettonico e geomorfologico

La semplicità dei lineamenti tettonici superficiali è rilevabile dalle superfici di affioramento dei terreni pliocenici e quaternari, tali sedimenti si presentano con una debole inversione a NE e EST. L'analisi tettonica, riscontrabile soltanto dalle analisi micropaleontologiche, che ha consentito la possibilità di distinguere il Pliocene medio superiore dal Calabriano, ha evidenziato la presenza di disturbi tettonici importanti ed in superficie nella zona di Apricena.

Le principali dislocazioni si possono osservare a NE di questa località, dove due strutture fagliate con assetto sub-parallelo e orientamento E- O hanno provocato l'abbassamento dell'area in cui è ubicata Mass.a Rodisani.

Tali faglie presentano un modesto rigetto con valori variabili da pochi metri a 100 m circa, con valori crescenti da oriente verso occidente.

In questa zona sembra evidente che i terreni garganici continuino al di sotto della copertura pliocenico quaternaria, al di sotto di oltre 600 mt di Pliocene medio-superiore è stato incontrato "alloctono" per più di 300 mt; si è rientrati poi per altri

600 mt circa nel pliocene medio superiore. L'alloctono presenta terreno flyschiodi uguali a quelli affioranti in superficie.

L'assetto strutturale caratterizzante i lineamenti tettonici del territorio investigato, che attualmente si denotano nell'ambito delle formazioni affioranti, non presentano superficialmente deformazioni geologico-strutturali e/o linee di fratture o dislocazioni in genere.

I sedimenti hanno un assetto pressoché orizzontale con processi di sollevamento databili nel tardo pleistocene.

Poco più a Sud - Ovest; al di sotto del Pliocene medio superiore si rileva la presenza del Miocene inferiore-medio e Cretacico superiore e sembra che i terreni pliocenici siano in continuità stratigrafica, per una certa ampiezza, al di sotto di quelli flyschoidi affioranti in superficie; interamente verso l'asse delle catene appenniniche fuori dal foglio S. Severo, questi ultimi poggerebbero direttamente sui terreni cretacei. Risulta evidente una sovrapposizione più o meno estesa di terreni flyschiodi al di sopra dei sedimenti pliocenici, non solo, ma anche una intercalazione di placche dei suddetti terreni entro il Pliocene. La presenza di sedimenti flyschiodi terziari entro la serie plio-pleistocenice sarebbe dovuta a colamenti gravitativi in un'asse soggetto a rapida ed intensa subsidenza.

Nel suo insieme l'assetto geomorfologico dell'area è determinato dalle litologie presenti, dai processi modellatori (erosione, trasporto, deposizione), dall'assetto strutturale e dagli eventi climatici.

I sedimenti costituenti la geologia dell'area, si dispongono in pianalti molto regolari con inclinazione debole verso l'attuale linea di costa.

Le due facies prevalenti e diverse, argillose, con copertura conglomeratica, implicano una tendenza all'erodibilità differente che implica localmente un gradino sub-verticale frammentato ed identificabile con gli affioramenti sabbioso ghiaiosi, susseguenti verso il basso in una scarpata molto ripida, localmente franosa o calanchiva che caratterizza le argille sottostanti.

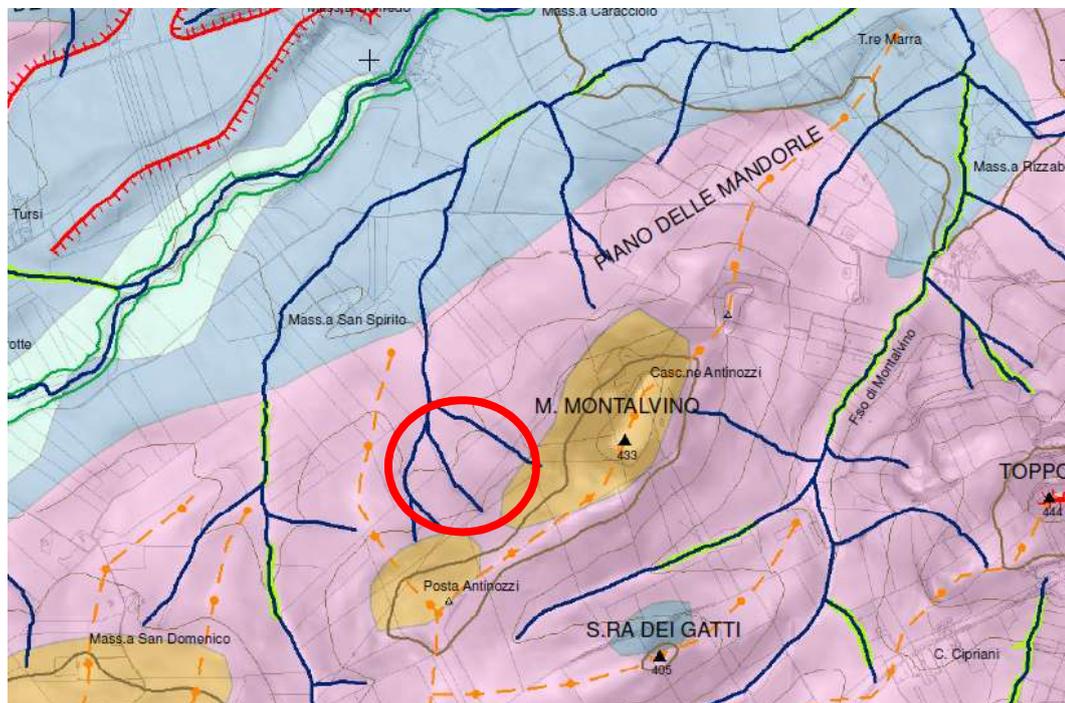
Infatti tutte le zone in cui è possibile riscontrare la presenza di materiali argillosi, il paesaggio si presenta dolce e modellato con fenomeni di risollevarmento superficiali, legati alla scarsa permeabilità del terreno e, lungo i tratti più acclivi, avvallamenti e rigonfiamenti tipici di materiali a comportamento plastico .

In corrispondenza delle aree con pendenza più elevata si notano spesso movimenti gravitativi, soprattutto movimenti innescati dall'azione dell'acqua che può avere effetti sia sulla diminuzione della resistenza meccanica, sia nell'aumento della forza destabilizzante.

Fenomeni di terrazzamenti di depositi alluvionali sono molto pronunciati per i ripiani più recenti; quelli più antichi sono meno differenziati e disposti in modo disimmetrico rispetto all'asse vallivo.

A tal proposito si rimanda ai seguenti elaborati grafici:

Tavola 6 Digital Terrain Model (DTM)





Ubicazione dell'area di studio sulla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (SIT) – Foglio 420

4. Caratteri Idrografici ed Idrogeologici

L'idrografia dell'area investigata è rappresentata prevalentemente dal Torrente Celone e affluenti questi ultimi con carattere torrentizio che durante la stagione estiva restano per lo più asciutti.

La stagione in cui si registra il maggiore apporto idrico nell'area investigata è l'Autunno. In questo periodo, il ruscellamento superficiale dell'acqua piovana, esplica la sua azione di alterazione maggiormente sui sedimenti Sabbiosi ed Argillo-Sabbiosi affioranti.

Nell'area di studio, i tagli naturali ed artificiali, convogliano le acque nel solco del Torrente "Celone" che scorre in direzione SO-NE con portate modeste e regime tipicamente torrentizio con magre estive e piene invernali. I terreni di diretto interesse, sono soggetti ad una percolazione acquifera in grande legata alla porosità con una permeabilità primaria medio-bassa in corrispondenza della frazione Argillo-Sabbiosa e media in presenza di banchi Sabbiosi Il livello della falda

tende a subire delle notevoli variazioni stagionali, con innalzamenti durante il periodo autunnale.

Per quanto riguarda la permeabilità dei terreni d'interesse a carattere argilloso, i coefficienti sono assimilabili a $K = 10^{-5}$ cm/sec.

5. Piano di tutela delle acque

La Regione Puglia, ai sensi dell'art. 121 del decreto legislativo 152/2006 si è dotata di un proprio strumento legislativo in materia di protezione delle acque: il Piano di Tutela delle Acque. La redazione di tale piano costituisce il più recente atto di riorganizzazione e innovazione delle conoscenze e degli strumenti per la tutela delle risorse idriche del territorio regionale, peraltro già disciplinate dal Piano regionale di Risanamento delle Acque (P.R.A.) redatto nel 1983.

Lo strumento normativo del Piano di Tutela delle Acque è individuato dall'art. 44 del decreto legislativo 152/99 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole", come strumento prioritario per il raggiungimento e il mantenimento sia degli obiettivi di qualità ambientale per i corpi idrici significativi superficiali e sotterranei, sia degli obiettivi di qualità per specifica destinazione, nonché della tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico.

Esso si configura come uno strumento di pianificazione regionale che sostituisce i vecchi "Piani di Risanamento" previsti dalla legge "Merli" 319/76 e rappresenta, inoltre, un piano stralcio di settore del Piano di Bacino ai sensi dell'art. 17 della legge 183/89 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo". Rispetto a quest'ultimo, però, il Piano di Tutela delle Acque si configura come un piano di più ampio dettaglio di scala regionale.

Le disposizioni del Piano di Tutela delle Acque hanno carattere vincolante per le amministrazioni e gli enti pubblici e per i soggetti privati; tali disposizioni vengono

successivamente recepite dagli altri strumenti di pianificazione territoriale e dagli altri comparti di governo.

Il Piano di Tutela delle Acque è stato approvato con deliberazione della Giunta Regionale n. 230/2009 e successivamente aggiornato con deliberazione della Giunta Regionale n. 1333 del 16.07.2019 (Aggiornamento PTA 2015-2021). Come indicato nelle NTA adottate con l'aggiornamento, art. 65 comma 2, per tutta la fase di adozione degli aggiornamenti e fino all'approvazione definitiva, "...[omissis] le richieste di autorizzazioni, concessioni, nulla osta, permessi od altri atti di consenso comunque denominati, debbano essere conformi ad entrambi gli strumenti pianificatori."

In base al decreto 152/99 i contenuti del Piano di tutela delle acque si possono riassumere come segue:

- i risultati dell'attività conoscitiva;
- l'individuazione degli obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione;
- l'elenco dei corpi idrici a specifica destinazione e delle aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento;
- le misure di tutela qualitative e quantitative tra loro integrate e coordinate per bacino idrografico;
- l'indicazione della cadenza temporale degli interventi e delle relative priorità;
- il programma di verifica dell'efficacia degli interventi previsti;
- gli interventi di bonifica dei corpi idrici.

Si sono analizzati gli elaborati del P.T.A. della Regione Puglia (vigente ed aggiornamenti in adozione) in relazione all'area d'interesse. Di seguito si mostrano i risultati di tale analisi in riferimento all'aggiornamento 2015-2021:

- l'area non ricade in zone di protezione speciale idrogeologica

- il sito di studio non è localizzato in un'area vulnerabile da contaminazione salina o a tutela quali-quantitativa.

6. Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico (PAI)

14

L'area di che trattasi rientra nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia del quale è stato consultato il relativo piano stralcio, per verificare se i terreni in oggetto ricadessero nelle relative perimetrazioni.

Con deliberazione del comitato istituzionale Autorità di Bacino della Puglia del 30/11/2005 è avvenuta l'approvazione del Piano di Bacino della Puglia, Stralcio "Assetto Idrogeologico" e delle relative misure di salvaguardia – L.R. n.19 del 9/12/2002. La legge nazionale 183/1989 sulla difesa del suolo ha stabilito che il bacino idrografico debba essere l'ambito fisico di pianificazione che consente di superare le frammentazioni prodotte dall'adozione di aree di riferimento aventi confini solamente amministrativi. Strumento di governo del bacino idrografico è appunto il Piano di Bacino, ovvero il documento attraverso il quale sono pianificate le azioni e le norme d'uso volte alla conservazione e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Puglia si pone quindi, come obiettivo, la conoscenza del territorio di competenza dell'autorità di bacino in termini di caratteristiche morfologiche, geologiche e idrologiche, effettuando al contempo un'analisi storica degli eventi critici (frane e alluvioni).

In tal modo il PAI individua sul territorio regionale le aree soggette a dissesto idrogeologico e gli interventi da realizzare per la mitigazione dei dissesti. In particolare vengono individuate le zone soggette a rischio da frana e/o idraulico e le zone a diversa pericolosità idraulica.

Dall'analisi delle cartografie ufficiali, si può desumere quanto segue:

- L'area di progetto nonché il cavidotto **ricadono** nell'ambito delle fasce di pericolosità geomorfologica PG1 così come individuate dal P.A.I.

- Le particelle interessate dal progetto nonché il percorso in progetto del cavidotto **non ricadono** nell'ambito di zone a rischio di allagamento ovvero in aree ad alta, media e bassa pericolosità idraulica, così come individuate dal P.A.I.
- Le particelle interessate dal progetto nonché dal percorso del cavidotto ricadono nelle fasce di cui agli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI.

In riferimento alle interferenze con le aree di cui agli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI, si sottolinea che i reticoli ricadenti all'interno dell'area dell'impianto agrovoltaiico sono stati oggetto di studio idrologico ed idraulico ottenendo come risultato le aree di allagamento riferite ai tempi di ritorno di 500 anni (portate maggiori) le quali non sono interessate da nessun tipo di opera in progetto.

Per quanto riguarda, invece, l'interferenza delle opere di progetto (area impianto e cavidotto) con le aree a pericolosità geomorfologica PG1, come mostrato nella relazione di compatibilità geologica e geotecnica, l'intervento risulta ammissibile ai sensi delle NTA del PAI (art. 15) ed inoltre per le sue caratteristiche non andrà a modificare l'attuale assetto morfologico dell'area né tantomeno ad aumentare l'attuale livello di pericolosità geomorfologica vigente.

Rispetto, infine, ai tratti del cavidotto interferenti con il reticolo idrografico presente, si evidenzia che lo stesso interseca un ramo di reticolo a ridosso della futura S.E. di Terna. Per questo tratto si è deciso di utilizzare la metodologia di posa in opera (T.O.C.) consentendo al cavidotto di superare, ad una profondità non inferiore ai 1.5 m al di sotto dell'alveo intersecato, la fascia di rispetto di 150 m definita dagli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI. In tal maniera si garantisce, allo stesso tempo, un ampio margine di sicurezza idraulica sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.

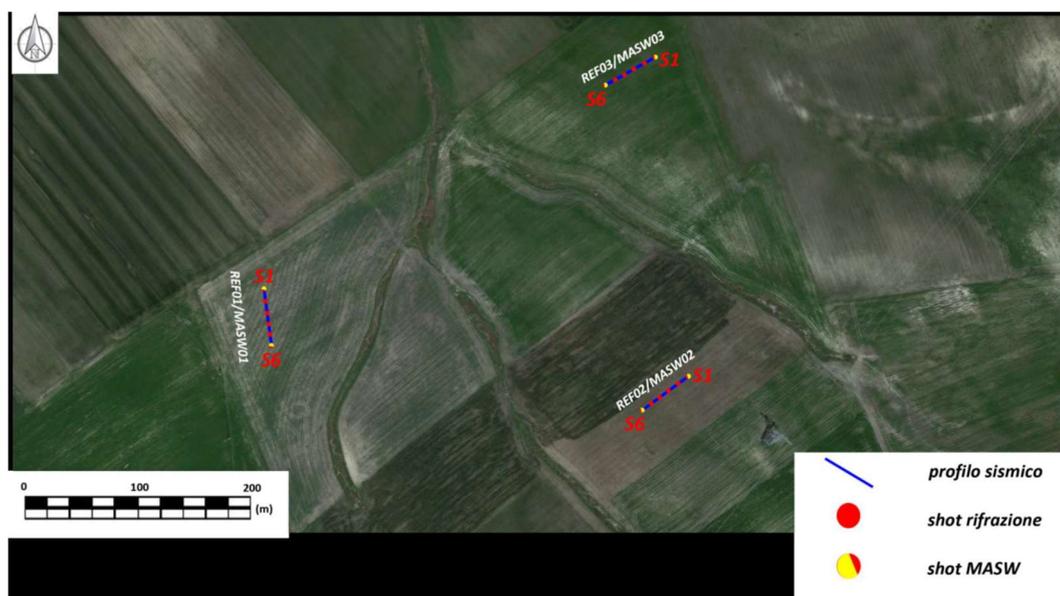
Per la rappresentazione cartografica vedansi Tavola 7A - Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – Aree a Pericolosità Inondazione e Tavola 7B - Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Aree a pericolosità Geomorfologica.

7. Indagini eseguite

Al fine di procedere ad una caratterizzazione geologica, dell'area in esame sono state eseguite dalla ditta G2g snc di Molfetta (BA), le seguenti indagini geofisiche:

- n°2 prospezioni di geoelettrica 2D (ERT01-ETR02)
- n°3 prospezioni di sismica a rifrazione in onde P (REF01-02-03)
- n°3 prospezioni *Multichannel analysis of Surface Waves* (MASW01-02-03)

Le caratteristiche di ciascuna indagine, la strumentazione utilizzata, le operazioni di esecuzione, l'esatta ubicazione ed i relativi risultati sono dettagliatamente descritti nella relazione in allegato alla presente.





7.1. Risultati derivanti dalle indagini eseguite

L'indagine MASW, così come riportato nella relazione in allegato, ha consentito di ottenere tramite l'inversione della curva di dispersione il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità:

<i>Strato</i>	<i>VS (m/s)</i>	<i>profondità top (m)</i>	<i>spessore (m)</i>
1	130	0.0	0.9
2	120	0.9	1.8
3	150	2.7	1.5
4	280	4.2	2.6
5	300	6.8	7.0
6	500	13.9	2.5
7	580	16.4	7.5
8	690	23.9	-

MASW01

<i>Strato</i>	<i>VS (m/s)</i>	<i>profondità top (m)</i>	<i>spessore (m)</i>
1	130	0.0	0.8
2	170	0.8	1.5
3	230	2.3	2.0
4	280	4.3	3.3
5	330	7.6	3.5
6	470	11.1	5.4
7	600	16.5	9.5
8	780	26.0	-

MASW 02

<i>Strato</i>	<i>VS (m/s)</i>	<i>profondità top (m)</i>	<i>spessore (m)</i>
1	140	0.0	0.9
2	170	0.9	1.4
3	160	2.3	2.2
4	150	4.5	2.5
5	250	7.0	3.4
6	350	10.4	7.0
7	410	17.4	9.0
8	650	26.4	-

MASW 03

Secondo la normativa vigente (D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni) “... per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento”. Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel “volume significativo”, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio entro gli strati con velocità inferiore agli 800 m/s. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse. Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde “S”, misurata da p.c., è possibile evidenziare che **il valore V_{seq} è risultato essere in media inferiore ai 360 m/s** alla profondità in corrispondenza del p.c. Pertanto per le NTC 2018 il valore V_{Seq} è assimilabile, nell’approccio semplificato, alla **categoria C**.

PROFONDITA' FONDAZIONE (m da p.c.)	V _{SEQ} (m/s)	CATEGORIA
0.0	328	C
-0.5	340	C
-1.0	352	C
-1.5	367	B
-2.0	383	B

Valori della V_{sequ} sulla base della profondità di fondazione MASW 1

PROFONDITA' FONDAZIONE (m da p.c.)	V _{SEQ} (m/s)	CATEGORIA
0.0	382	B
-0.5	398	B
-1.0	414	B
-1.5	428	B
-2.0	442	B

Valori della V_{sequ} sulla base della profondità di fondazione MASW 2

PROFONDITA' FONDAZIONE (m da p.c.)	V _{SEQ} (m/s)	CATEGORIA
0.0	288	C
-0.5	296	C
-1.0	304	C
-1.5	310	C
-2.0	317	C

Valori della V_{sequ} sulla base della profondità di fondazione MASW 3

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
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.

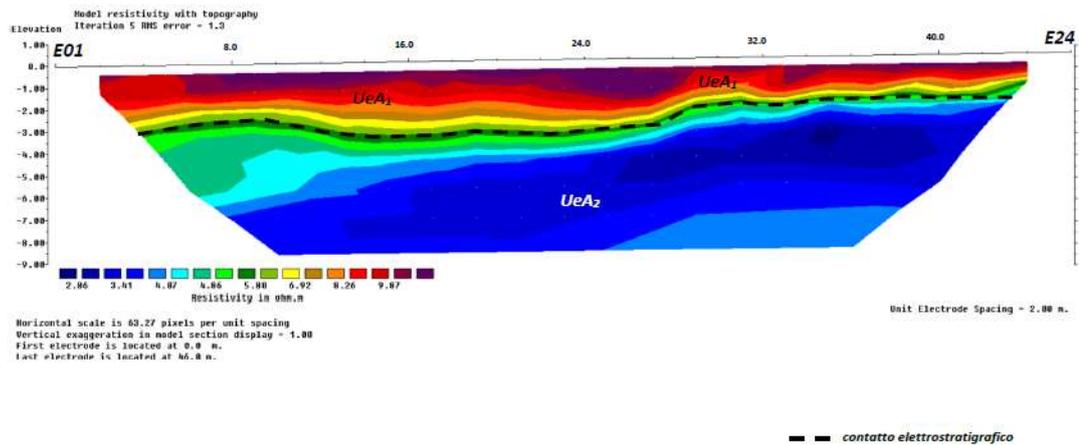
La tomografia geoelettrica eseguita, presenta valori di ρ mediamente variabili tra $8 \div 19 \Omega \cdot m$, distribuiti in maniera piuttosto omogenea sotto forma di elettrostrati ben definiti. L'indagine ha evidenziato una sequenza costituita 2 unit  elettriche.

- **UeA1**
- **UeA2**

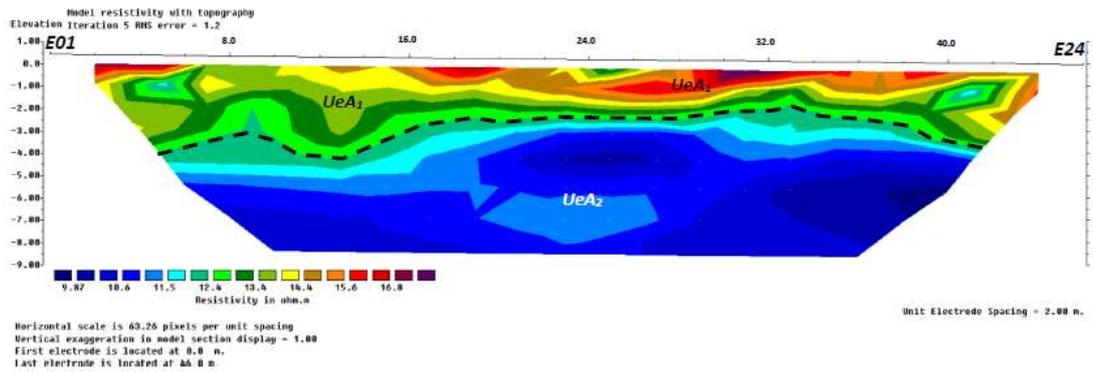
La subunit  **UeA1** presenta uno spessore variabile tra $3.0 \div 4.5$ m. Si nota un tendenziale inspessimento nelle porzioni periferiche ed in particolare verso E01. Tale subunit  presenta valori di ρ compresi tra $12 \div 18 \Omega \cdot m$ distribuiti in maniera piuttosto omogenea.

Chiude la sequenza elettrostratigrafica, con una distribuzione dei valori di ρ piuttosto omogenea, la subunit  **UeA2** ($8 \div 11 \Omega \cdot m$).

Seguono le tomografie sismiche ed elettriche ottenute.



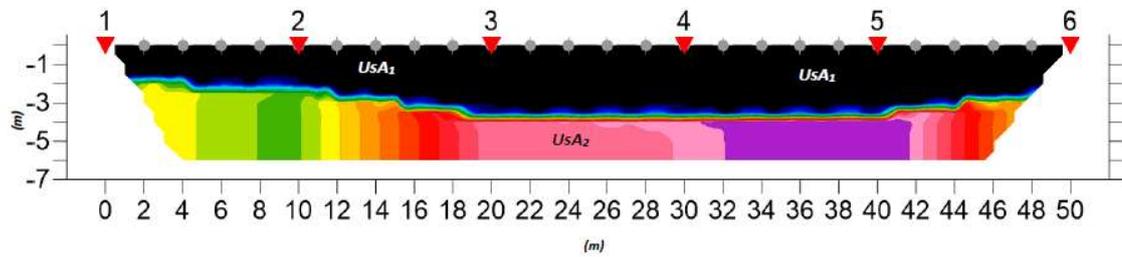
ERT01



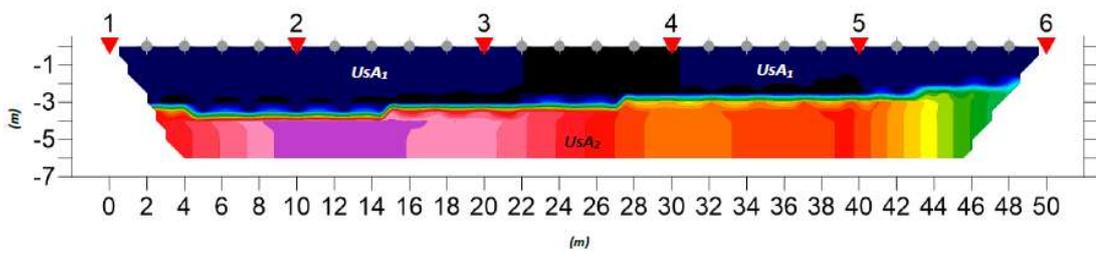
21

--- contatto UsC_2/UsS

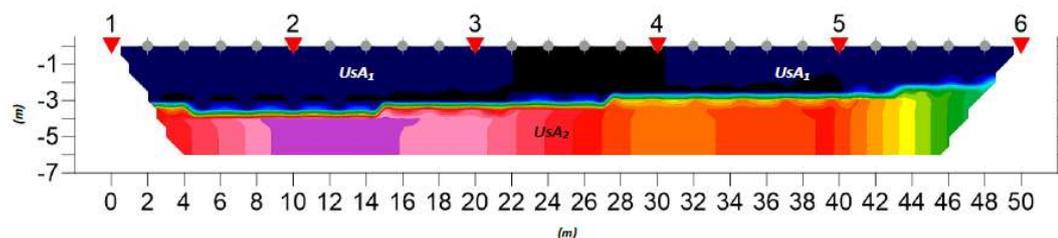
ERT02



REF01



REF02



REF03

sismostrato	V_p (m/s)	elettrostrato	ρ ($\Omega \cdot m$)	associazioni litostratigrafiche di riferimento
UsA_1	330÷400 (REF01) 360÷410 (REF02) 370÷410 (REF03)	UsA_1	6÷12 (ERT01) 12÷18 (ERT02)	<ul style="list-style-type: none"> terreno vegetale argilloso argilla poco compatta / limo argilloso poco compatto
UsA_2	1000÷1600 (REF01) 950÷1600 (REF02) 1000÷1650 (REF03)	UsA_2	3÷5 (ERT01) 8÷11 (ERT02)	<ul style="list-style-type: none"> argilla compatta / limo argilloso compatto

Associazioni litostratigrafiche con gli elettrostrati e i simostrati individuati

8. Sismicità del territorio

L'O.P.C.M. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" hanno determinato una nuova classificazione sismica del territorio italiano. Per quanto riguarda l'area provinciale di Foggia, la nuova situazione è la seguente:

23

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO REGIONALE PUGLIESE						
ALLEGATO 1						
Provincia	Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1988	Zona prevista dall'O.P.C.M. n. 3274/03	Classificazione Regionale
FOGGIA						
	16071001	Accadia	I	II	1	1
	16071002	Alberona	II	II	2	2
	16071003	Anzano di Puglia	I	I	1	1
	16071004	Apricena	II	II	2	2
	46071005	Ascoli Satriano	I	II	1	1
	16071006	Bicari	II	II	2	2
	16071007	Bovino	I	II	1	1
	16071008	Cagnano Varano	II	II	2	2
	16071009	Candela	I	II	1	1
	16071010	Carapeffe	II	II	2	2
	16071011	Carlantino	III	II	2	2
	16071012	Carpino	II	II	2	2
	16071013	Casalnuovo Monterotaro	II	II	2	2
	46071014	Casalvecchio di Puglia	II	II	2	2
	16071015	Castelluccio dei Sauri	II	II	2	2
	16071016	Castelluccio Valmaggiore	II	II	2	2
	16071017	Castelnuovo della Daunia	II	II	2	2
	16071018	Celenza Valfortore	III	II	2	2
	16071019	Celle di San Vito	II	II	2	2
	16071020	Cerignola	II	II	2	2
	16071021	Chiguti	II	II	2	2
	16071022	Deliceto	I	II	1	1
	16071023	Faeto	II	II	2	2
	16071024	Foggia	II	II	2	2
	16071025	Ischitella	II	II	2	2
	16071026	Isole Tremiti	II	III	2	2
	16071027	Lesina	II	II	2	2
	16071028	Lucera	II	II	2	2
	16071029	Manfredonia	II	II	2	2
	16071030	Margherita di Savoia	II	III	2	2
	16071031	Mattinata	II	II	2	2
	16071032	Monteleone di Puglia	I	II	1	1
	16071033	Mnte Sant'Angelo	II	II	2	2
	16071034	Motta Montecorvino	II	II	2	2
	16071035	Orsara di Puglia	II	II	2	2
	16071036	Orta Nova	II	II	2	2
	16071037	Panni	I	II	1	1
	16071038	Peschici	II	III	2	2
	16071039	Pietramontecorvino	II	II	2	2
	16071040	Poggio Imperiale	II	II	2	2
	16071041	Rignano Garganico	II	II	2	2
	16071042	Rocchetta Sant'Antonio	I	II	1	1
	16071043	Rodi Garganico	II	II	2	2
	16071044	Roseto Valfortore	II	II	2	2
	16071045	San Ferdinando di Puglia	II	III	2	2

FOGGIA						
16071046	San Giovanni Rotondo	II	II	2	2	
16071047	San Marco in Lamis	II	II	2	2	
16071048	San Marco la Catola	II	II	2	2	
16071049	Sannicandro Garganico	II	II	2	2	
16071050	San Paolo di Civitate	II	II	2	2	
16071051	San Severo	II	II	2	2	
16071052	Sant'Agata di Puglia	I	II	1	1	
16071053	Serracapriola	II	II	2	2	
16071054	Stornara	II	II	2	2	
16071055	Stornarella	II	II	2	2	
16071056	Torremaggiore	II	II	2	2	
16071057	Trinitapoli	II	III	2	2	
16071058	Troia	II	II	2	2	
16071059	Vico del Gargano	II	II	2	2	
16071060	Vieste	II	III	2	2	
16071061	Volturara Appula	II	II	2	2	
16071062	Volturino	II	II	2	2	
16071063	Ortona	II	II	2	2	
16071064	Zapponeta	II	III	2	2	

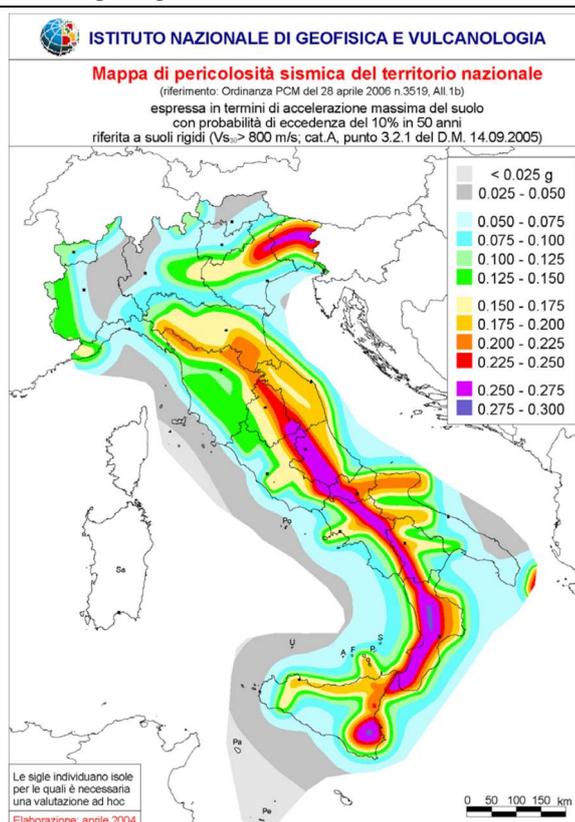
Fig. 12: Classificazione sismica dei Comuni della Provincia di Foggia

Dalla tabella si evince che al Comune di Troia è stata attribuita la Categoria 2 ovvero a **sismicità media**. Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05



Classificazione sismica (OPCM n.ro 3274)



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo (Ordinanza 3519-06)

L'Ordinanza su indicata individua le nuove zone sismiche (quattro) nelle quali è suddiviso l'intero territorio nazionale (ivi compreso il territorio regionale pugliese), classificando sismicamente ciascun Comune in una delle quattro zone e comparando detta nuova classificazione con quella previgente. A tal proposito, si evidenzia che l'ordinanza 3274/03 attribuisce alle singole Regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica per quelle costruzioni da edificare sui rispettivi territori in zona sismica classificata 3.

A livello regionale la normativa vigente è rappresentata dalla "DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 2 marzo 2004, n. 153 - L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi." Che, come si evince dalla tabella precedente, identifica l'area d'intervento come zona 2.

9. Pericolosità sismica di base

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limiti da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

9.1. Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

VR = periodo di riferimento

VN = vita nominale

CU = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale **VN**, secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò

delle esigenze di durabilità. I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico **VN = 50 anni**.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. CU = 0.7;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. CU = 1.0;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. CU = 1.5;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. CU = 2.0;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso **CU = 1**.

Ricavati i valori di VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale:

$$VR = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

9.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodo di ritorno

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata. Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento PVR* (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di **ag** prefissata (**ag** = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (**TR** = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione:

31

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	TR = 30
Stato limite di esercizio: danno	SLD	TR = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	TR = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	TR = 975

9.3 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle stesse NTC, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Sulla base delle risultanze del rilevamento geologico condotto e dalle indagini eseguite nell'area oggetto di studio, i terreni caratterizzanti l'area di sedime dell'opera da realizzare, si può ipotizzare essere rappresentati da depositi sabbiosi e pertanto compatibili con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018 e quindi, ricadenti nella **categoria di sottosuolo C**:

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

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 – *Categorie topografiche*

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

Tali 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 a 30 m.

Nel caso in esame, si considera come categoria topografica la categoria T1. Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del **coefficiente topografico ST** riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche sopra riportate e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Il valore S_T si utilizza solo se $H > 30$ m, in ogni caso nel sito di studio tale coefficiente è pari a 1,0.

Per poter definire l'amplificazione stratigrafica, occorre tener conto di due coefficienti:

- S_s : coefficienti di amplificazione topografica;
- C_c : coefficiente funzione della categoria di sottosuolo.

Per sottosuolo di categoria A ($V_{s30} > 800$ m/s) i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* , mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – 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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

F_0 è un fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale ed ha valore minimo pari a 2,2. T_C^* rappresenta il Tratto Spettrale a Periodo Costante per un Periodo di Ritorno determinato.

9.4 Definizione della pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale. Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

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

TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

Fo e **TC*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- *Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.*

Dott. Geol. Antonello Fabiano – Via San Lorenzo 209, 72021 Francavilla Fontana (BR)
Cell: 3497892919

E-Mail: antonello.fabiano@libero.it

Sito Web: www.antonellofabiano.it

ID	LON	LAT	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 101		
			ag	FO	T*c	ag	FO	T*c	ag	FO	T*c	ag	FO	T*c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.245
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag , FO , TC^*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre p_1 , 2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR_1 , 2 .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del

reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i d_i}{\sum_{i=1}^4 d_i} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

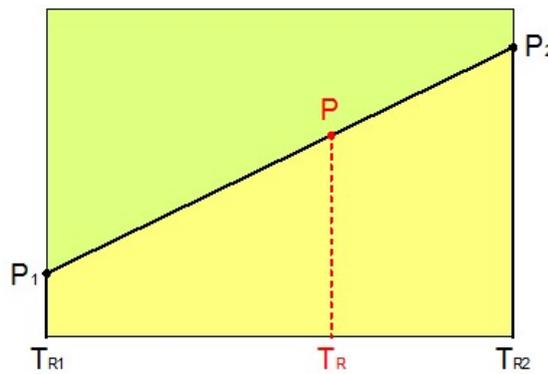


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

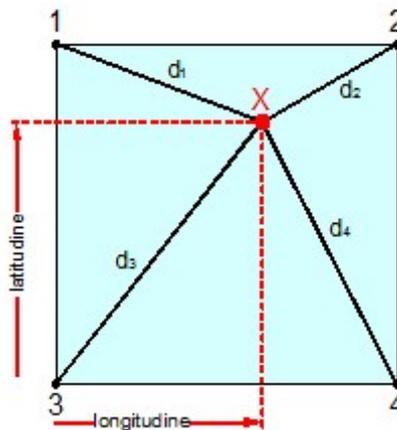


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza. La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile. Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

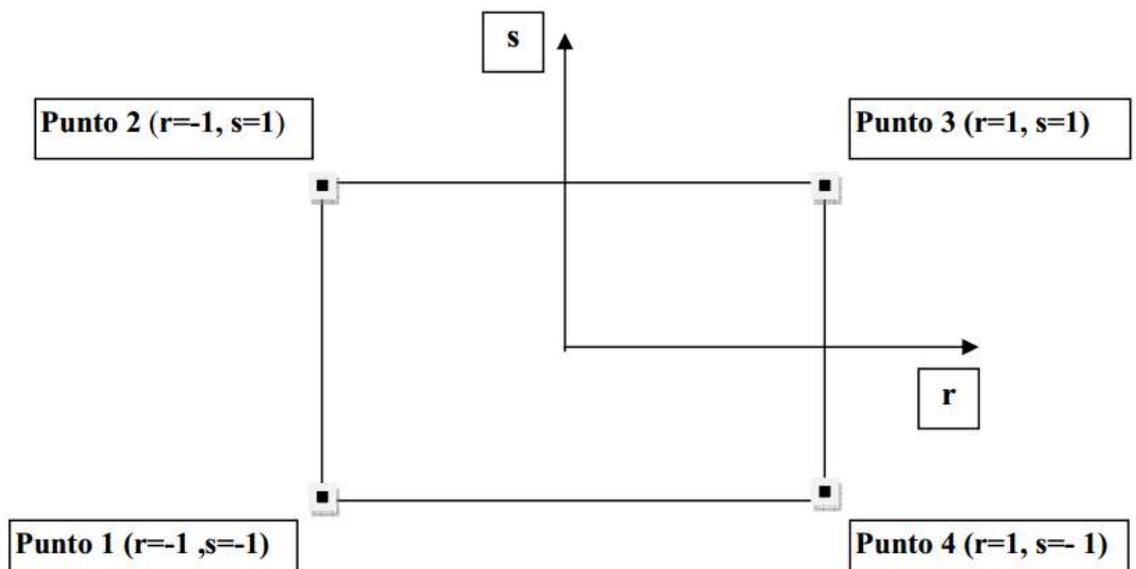


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

9.5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende 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. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2). I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < ag(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < ag(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$ag(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di **F0** (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto ag/g . **ST** (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche: **T1**: $ST = 1.0$; **T2**: $ST = 1.20$; **T3**: $ST = 1.20$; **T4**: $ST = 1.40$.

40

Per il sito d'indagine l'analisi della pericolosità sismica di base è la seguente.

Vita nominale (V_n): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (C_u): 1

Periodo di riferimento (V_r): 50 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (T_r) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.3587418 [°]

Longitudine (WGS84): 15.2731600 [°]

Latitudine (ED50): 41.3597221 [°]

Longitudine (ED50): 15.2740164 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	30773	41.371880	15.222530	4504.34
2	30774	41.370850	15.289150	1768.23
3	30996	41.320860	15.287720	4469.98
4	30995	41.321890	15.221150	6097.05

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr	ag	F0	Tc*
--------------	----	----	----	-----

Realizzazione di impianto agrovoltaiico denominato "Troia Moffa" – Troia (FG) - Relazione Geologica, Geotecnica ed Idrogeologica

	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	30	0.047	2.410	0.293
SLD	50	0.059	2.498	0.332
	72	0.070	2.535	0.346
	101	0.079	2.584	0.364
	140	0.090	2.557	0.408
	201	0.106	2.525	0.426
SLV	475	0.145	2.614	0.447
SLC	975	0.187	2.601	0.507
	2475	0.256	2.647	0.467

41

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.047	2.409	0.293
SLD	50	0.059	2.499	0.330
	72	0.068	2.550	0.347
	101	0.077	2.606	0.366
	140	0.088	2.585	0.409
	201	0.104	2.541	0.427
SLV	475	0.142	2.629	0.448
SLC	975	0.183	2.604	0.509
	2475	0.253	2.641	0.467

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.048	2.399	0.291
SLD	50	0.060	2.493	0.326
	72	0.070	2.545	0.338
	101	0.081	2.572	0.356
	140	0.094	2.592	0.368
	201	0.109	2.540	0.419
SLV	475	0.157	2.555	0.437
SLC	975	0.210	2.559	0.447
	2475	0.303	2.517	0.453

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.049	2.402	0.291

Dott. Geol. Antonello Fabiano – Via San Lorenzo 209, 72021 Francavilla Fontana (BR)

Cell: 3497892919

E-Mail: antonello.fabiano@libero.it

Sito Web: www.antonellofabiano.it

Realizzazione di impianto agrovoltaiico denominato "Troia Moffa" – Troia (FG) - Relazione Geologica, Geotecnica ed Idrogeologica

SLD	50	0.060	2.490	0.329
	72	0.072	2.524	0.338
	101	0.082	2.576	0.355
	140	0.095	2.580	0.369
	201	0.110	2.552	0.416
SLV	475	0.160	2.531	0.441
SLC	975	0.213	2.559	0.447
	2475	0.306	2.529	0.456

42

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.047	2.406	0.293
SLD	50	0.059	2.496	0.330
SLV	475	0.148	2.598	0.445
SLC	975	0.193	2.588	0.488

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

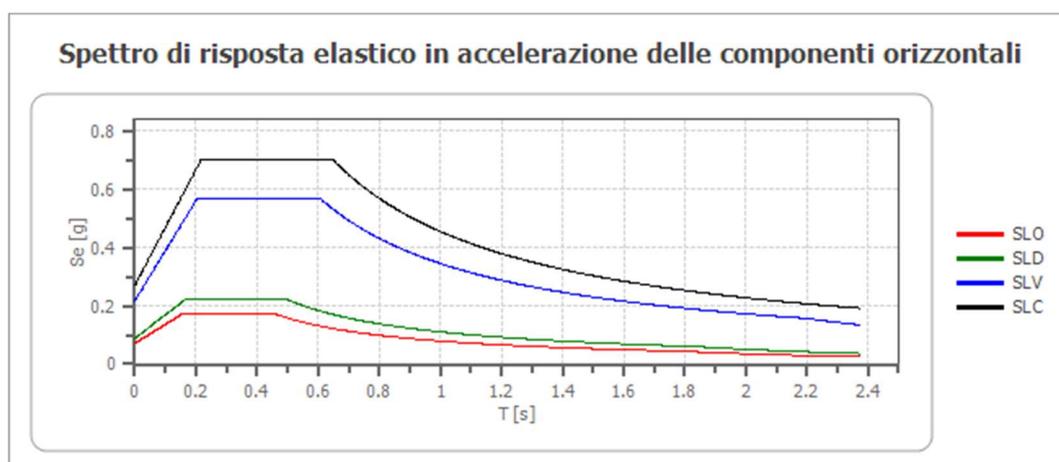
Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.018	0.052	0.065
kv	0.007	0.009	0.026	0.032
amax [m/s ²]	0.697	0.871	2.134	2.651
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(TB)
	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]

Dott. Geol. Antonello Fabiano – Via San Lorenzo 209, 72021 Francavilla Fontana (BR)

Cell: 3497892919

E-Mail: antonello.fabiano@libero.it

Sito Web: www.antonellofabiano.it

Realizzazione di impianto agrovoltivo denominato "Troia Moffa" – Troia (FG) - Relazione Geologica, Geotecnica ed Idrogeologica

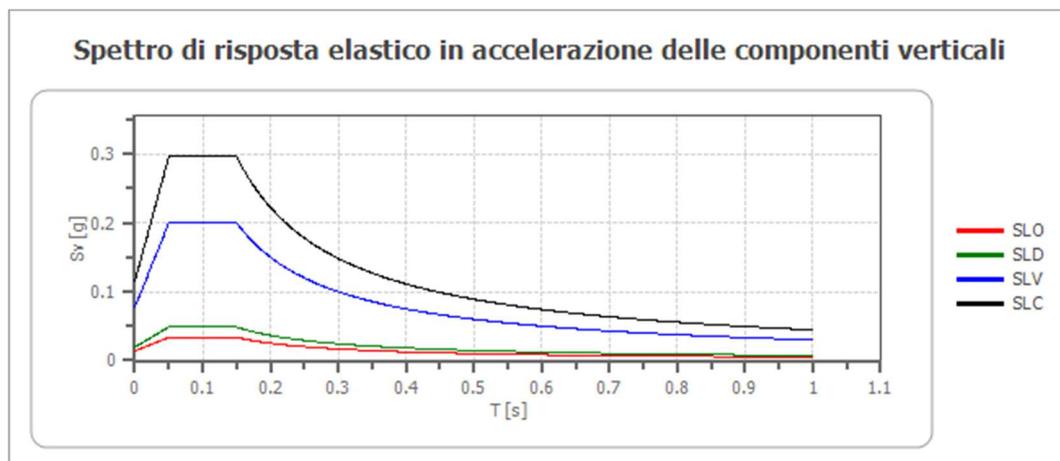
SLO	1.0	0.047	2.406	0.293	1.500	1.580	1.000	1.500	1.000	0.154	0.462	1.790	0.071	0.171
SLD	1.0	0.059	2.496	0.330	1.500	1.510	1.000	1.500	1.000	0.166	0.498	1.837	0.089	0.222
SLV	1.0	0.148	2.598	0.445	1.470	1.370	1.000	1.470	1.000	0.203	0.609	2.192	0.218	0.565
SLC	1.0	0.193	2.588	0.488	1.400	1.330	1.000	1.400	1.000	0.217	0.650	2.372	0.270	0.700

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1,000

43



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.047	2.406	0.293	1	1.580	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.014	0.034
SLD	1.0	0.059	2.496	0.330	1	1.510	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.049
SLV	1.0	0.148	2.598	0.445	1	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.077	0.200
SLC	1.0	0.193	2.588	0.488	1	1.330	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.115	0.296

Spettro di progetto

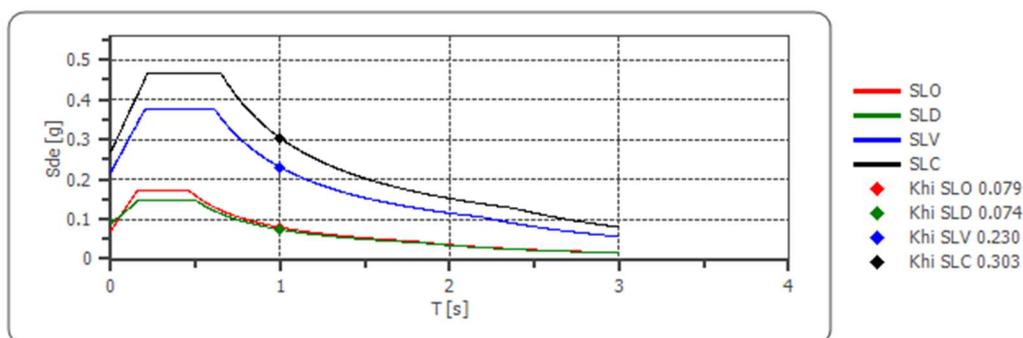
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50

Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

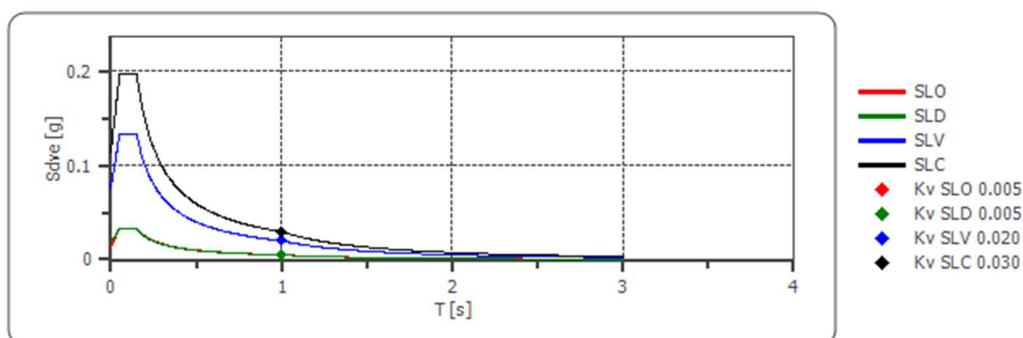
	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.079	0.074	0.230	0.303
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.005	0.005	0.020	0.030

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



44

Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	FO [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.047	2.406	0.293	1.500	1.580	1.000	1.500	1.000	0.154	0.462	1.790	0.071	0.171
SLO verticale	1.0	0.047	2.406	0.293	1.500	1.580	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.014	0.034
SLD orizzontale	1.0	0.059	2.496	0.330	1.500	1.510	1.000	1.500	1.500	0.166	0.498	1.837	0.089	0.148
SLD verticale	1.0	0.059	2.496	0.330	1.500	1.510	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.019	0.032
SLV orizzontale	1.0	0.148	2.598	0.445	1.470	1.370	1.000	1.470	1.500	0.203	0.609	2.192	0.218	0.377
SLV verticale	1.0	0.148	2.598	0.445	1.470	1.370	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.077	0.133
SLC orizzontale	1.0	0.193	2.588	0.488	1.400	1.330	1.000	1.400	1.500	0.217	0.650	2.372	0.270	0.466
SLC verticale	1.0	0.193	2.588	0.488	1.400	1.330	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.115	0.198

Si precisa che data l'accelerazione massima attesa al piano campagna, in corrispondenza dello stato limite SLC ai sensi delle NTC 2018 (cfr. § 7.11.3.4.2 del DM 17 gennaio 2018), in caso di progettazione delle strutture fondali, si dovrà tener conto della necessità di effettuare una verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione.

10. Caratterizzazione geotecnica dei litotipi

La raccolta dei dati dei principali parametri geotecnici, si è basata su dati derivanti dalla bibliografia riguardante i caratteri geotecnici dei terreni della Città di Troia e dalle indagini eseguite. A tal proposito è doveroso sottolineare che i parametri che verranno di seguito illustrati, sono del tutto indicativi e che solo un'adeguata campagna di indagini dirette in sito con prelievo di campioni da sottoporre ad opportune analisi di laboratorio può fornire valori esatti quanto inconfutabili e indiscutibilmente riferibili alle litologie caratterizzanti l'area di progetto.

Si possono considerare i seguenti valori indicativi riferiti alle unità sismostratigrafiche individuate dall'indagine sismica eseguita:

	<i>V_P (m/s)</i>		<i>V_S (m/s)</i>		<i>φ (°)</i>		<i>Poisson</i>		<i>Densità (KN/m³)</i>	
<i>UsA₁</i>	360	410	130	170	24.3	24.5	0.43	0.40	16.7	16.8
<i>UsA₂</i>	950	-	230	-	25.1	-	0.47	-	17.9	-

	<i>Young Din. (Mpa)</i>		<i>Shear (Mpa)</i>		<i>Bulk (Mpa)</i>		<i>Young stat. (Mpa)</i>		<i>K – Winkler (N/mm²)</i>	
<i>UsA₁</i>	74	127	26	45	164	203	9	15	0.003	0.006
<i>UsA₂</i>	286	-	97	-	1531	-	34	-	0.012	-

11. Opere di Connessione alla RTN

La soluzione tecnica di connessione prevede che l'impianto sia collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV denominata "Troia". Quindi la connessione dell'impianto agroFV

avverrà sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica Terna, che sarà posizionata a circa 500 metri a nord-ovest dall'area impianto. Il cavidotto per la connessione tra l'impianto agrovoltaiico e la stazione elettrica Terna di nuova realizzazione, totalmente interrato, avrà una lunghezza di circa 1,2 km, ed insisterà su terreni privati prima di arrivare all'area della nuova Stazione elettrica.

La realizzazione delle opere di connessione andrà ad interessare esclusivamente terreni agricoli. Dal punto di vista delle caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche dell'area di sedime del cavidotto, si ribadisce quanto già indicato nei paragrafi precedenti.

Conclusioni

Nell'ambito del progetto di realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "Troia Moffa" in agro di Troia (FG) alla Loc. "Montalvino", è stata redatta la presente relazione al fine di individuare preliminarmente le caratteristiche geologiche dell'area d'intervento. Il sito di progetto è situato alla quota compresa tra i 335 ed i 395 m s.l.m. Nel sottosuolo sono presenti terreni argillosi da poco a mediamente compatte.

Trattandosi di un terreno con bassi valori di coesione, la stabilità di eventuali pareti scavo dovrà essere assicurata, anche in fase di realizzazione, da idonee opere di sostegno. Nella classificazione sismica nazionale, l'area ricade nella zona 2 e sulla scorta delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni la Classe d'uso è la Classe II. Le indagini sismiche eseguite hanno rilevato un valore di V_{sequ} inferiore ai 360 m/s. Pertanto per le NTC 2018 il valore V_{Seq} è assimilabile, nell'approccio semplificato, alla **categoria C**. Si precisa che la sola indagine sismica, ai fini della definizione inconfutabile delle litologie, consente solo di avere un'idea della stratigrafia del sottosuolo, delle sue caratteristiche geotecniche e della profondità della falda. Ulteriori indagini di tipo diretto ed indiretto, potranno definire ulteriormente e con maggior definizione i rapporti stratigrafici dei terreni costituenti il sedime dell'area di progetto. Inoltre, si ritiene di evidenziare che data l'accelerazione massima attesa al piano campagna, in corrispondenza dello stato

limite SLC ai sensi delle NTC 2018 (cfr. § 7.11.3.4.2 del DM 17 gennaio 2018), nella fase di progettazione di eventuali strutture fondali, si dovrà tener conto della necessità di effettuare una verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione.

Dalle tavole del PAI l'area di intervento è situata al di fuori da zone perimetrate dall'Autorità di Bacino della Puglia quali zone a pericolosità geomorfologica e idraulica.

47

In riferimento alle interferenze con le aree di cui agli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI, si sottolinea che i reticoli ricadenti all'interno dell'area dell'impianto agrovoltaiico sono stati oggetto di studio idrologico ed idraulico ottenendo come risultato le aree di allagamento riferite ai tempi di ritorno di 500 anni (portate maggiori) le quali non sono interessate da nessun tipo di opera in progetto.

.Per quanto riguarda, invece, l'interferenza delle opere di progetto (area impianto e cavidotto) con le aree a pericolosità geomorfologica PG1, come mostrato nella relazione di compatibilità geologica e geotecnica, l'intervento risulta ammissibile ai sensi delle NTA del PAI (art. 15) ed inoltre per le sue caratteristiche non andrà a modificare l'attuale assetto morfologico dell'area né tantomeno ad aumentare l'attuale livello di pericolosità geomorfologica vigente.

Rispetto, infine, ai tratti del cavidotto interferenti con il reticolo idrografico presente, si evidenzia che lo stesso interseca un ramo di reticolo a ridosso della futura S.E. di Terna. Per questo tratto si è deciso di utilizzare la metodologia di posa in opera (T.O.C.) consentendo al cavidotto di superare, ad una profondità non inferiore ai 1.5 m al di sotto dell'alveo intersecato, la fascia di rispetto di 150 m definita dagli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI. In tal maniera si garantisce, allo stesso tempo, un ampio margine di sicurezza idraulica sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.

In ogni caso, ulteriori elementi potranno essere assunti in corso d'opera considerando i dati ottenuti con osservazioni e misurazioni nel corso dei lavori, allo scopo di ottenere il migliore adeguamento dell'opera alla situazione riscontrata. Infatti va comunque effettuata la verifica costante in fase di realizzazione dell'opera per intervenire su qualsiasi tipologia di nuovi elementi che

dovessero evidenziarsi nell'esecuzione dei lavori quali, ad esempio, problematiche legate alle caratteristiche geotecniche del terreno costituente l'area di sedime dell'opera.

Francavilla Fontana, 26/02/2024

dott. Geol. Antonello FABIANO

Antonello Fabiano



ORDINE DEI GEOLOGI
geologo
ANTONELLO
FABIANO
N. 675
PUGLIA

48

TAVOLE IN ALLEGATO E RELAZIONE SULLE INDAGINI ESEGUITE



TAVOLA 1 - Cartografia Amministrativa

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

Troia Moffa

-  Campo Agrovoltaiico progetto "MOFFA"
-  Ampliamento SE Troia
-  Cavidotto AT 36 kV - connessione

Scala 1:100000 - UTM WGS84 Zona 33N



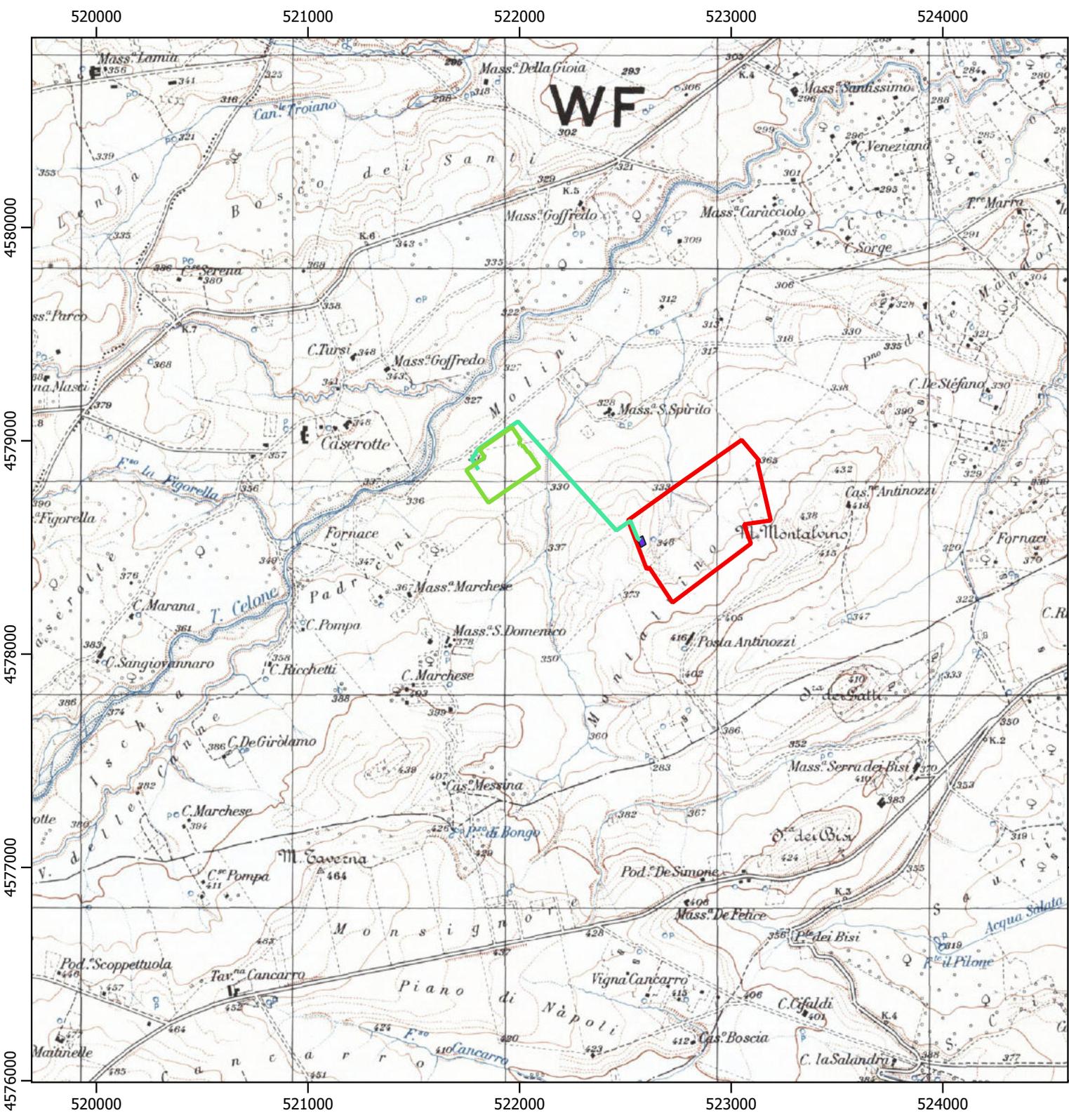


TAVOLA 2 - Carta topografica d'Italia IGM 1:25.000

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

- Troia Moffa
-  Campo Agrovoltatico progetto "MOFFA"
-  Ampliamento SE Troia
-  Cavidotto AT 36 kV - connessione

Scala 1:25000 - UTM WGS84 Zona 33N



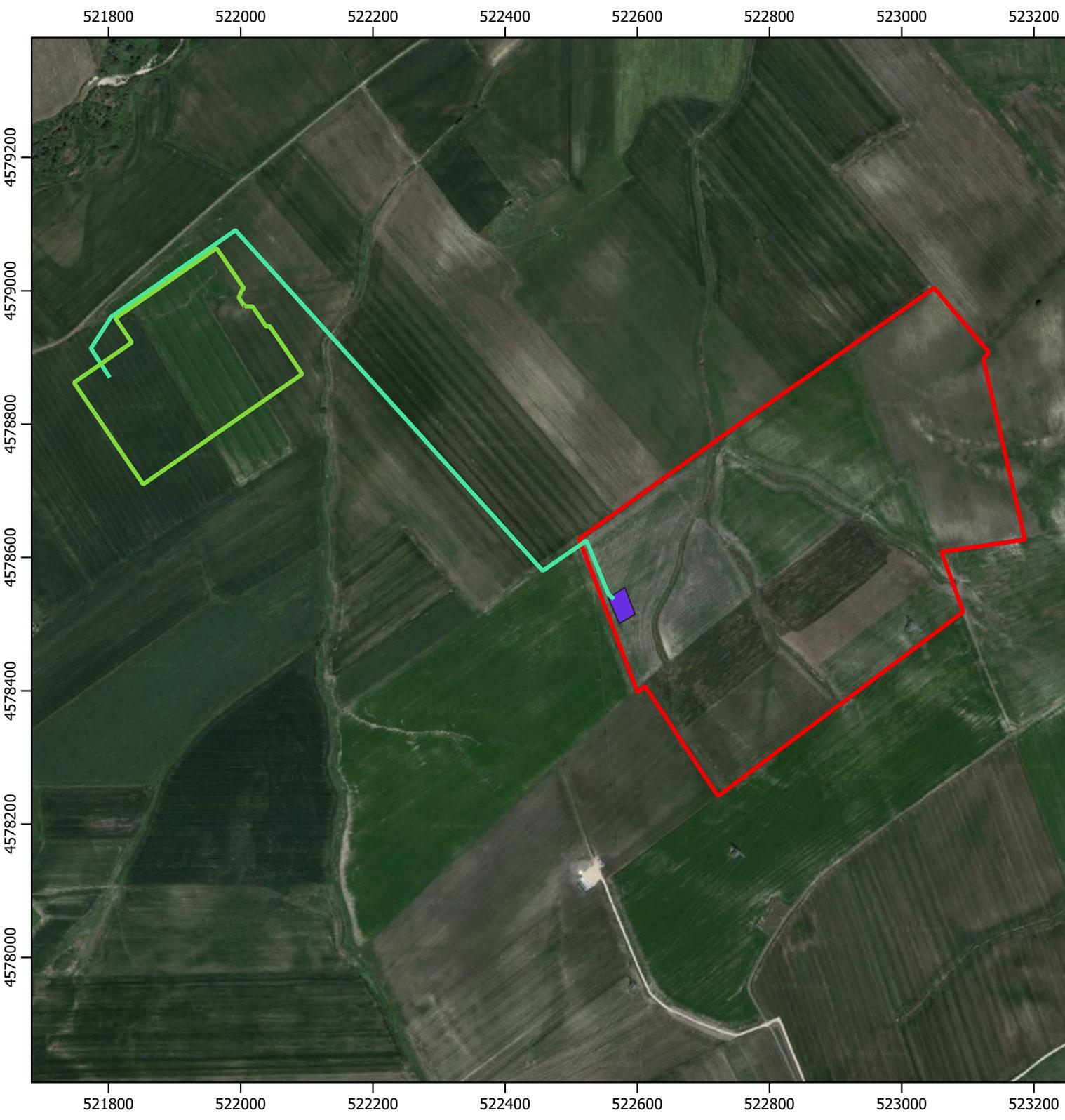


TAVOLA 3 - Ortofoto (Google 2020)

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

Troia Moffa

-  Campo Agrovoltaiico progetto "MOFFA"
-  Ampliamento SE Troia
-  Cavidotto AT 36 kV - connessione

Scala 1:8000 - UTM WGS84 Zona 33N



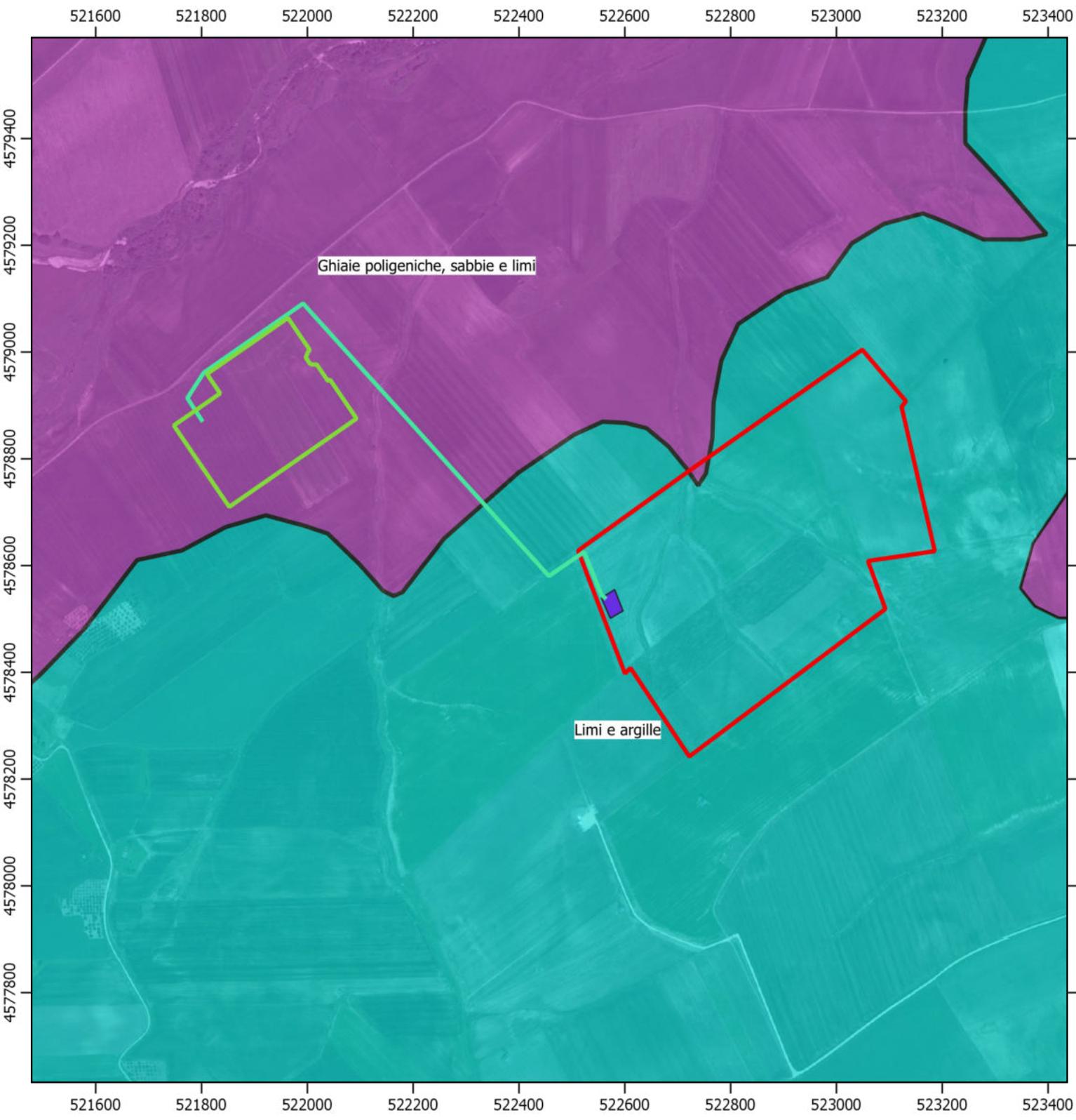


TAVOLA 4 - Carta Geologica di dettaglio

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

Troia Moffa

-  Campo Agrovoltaiico progetto "MOFFA"
-  Ampliamento SE Troia
-  Cavidotto AT 36 kV - connessione

Scala 1:10000 - UTM WGS84 Zona 33N



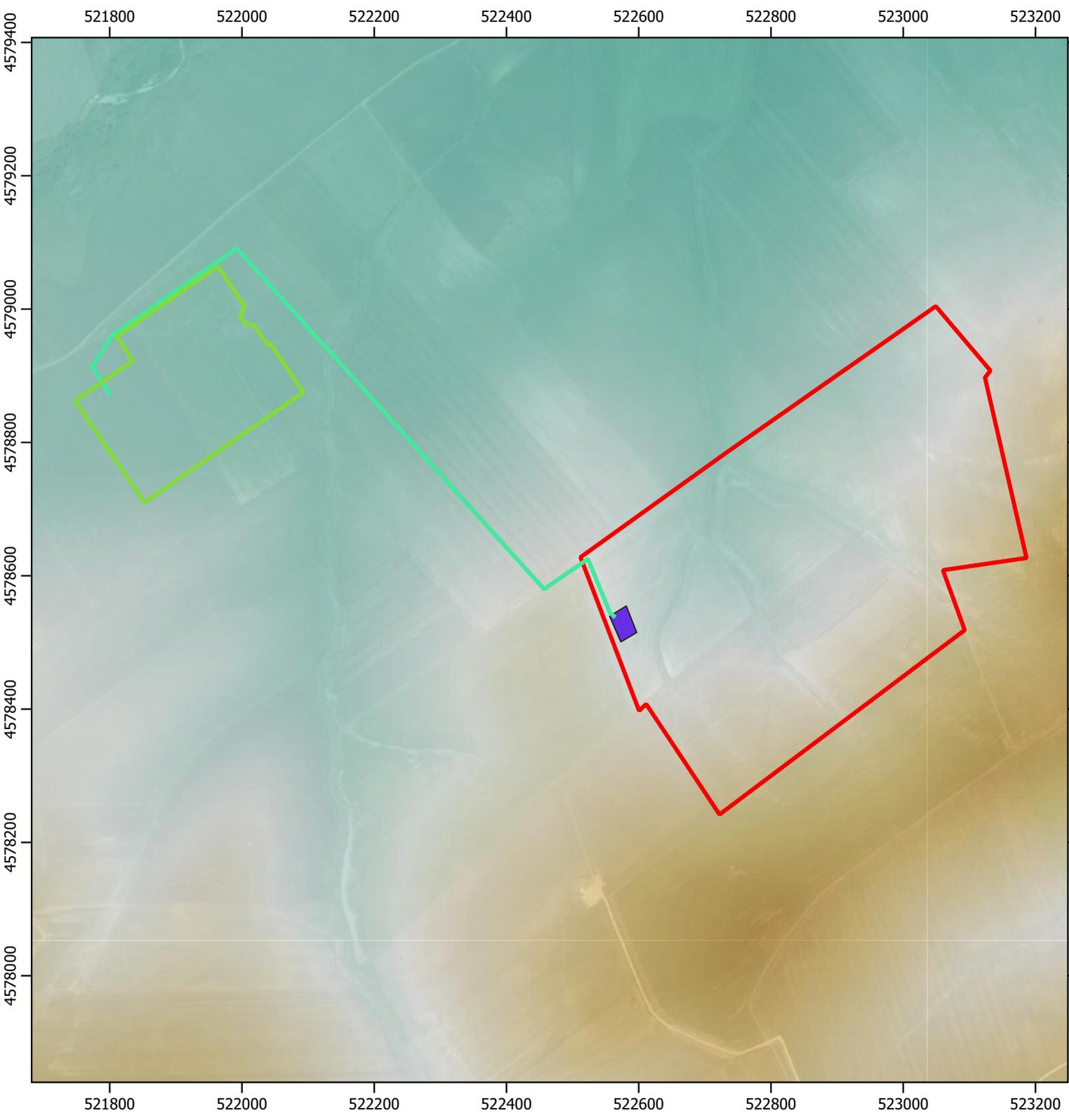


TAVOLA 5 - Digital Terrain Model (DTM)

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

Troia Moffa

-  Campo Agrovoltatico progetto "MOFFA"
-  Ampliamento SE Troia
-  Cavidotto AT 36 kV - connessione

Quota m s.l.m.

-  280.0208
-  319.73835
-  359.4559
-  399.17345
-  438.891

 Scala 8000 - UTM WGS84 Zona 33N

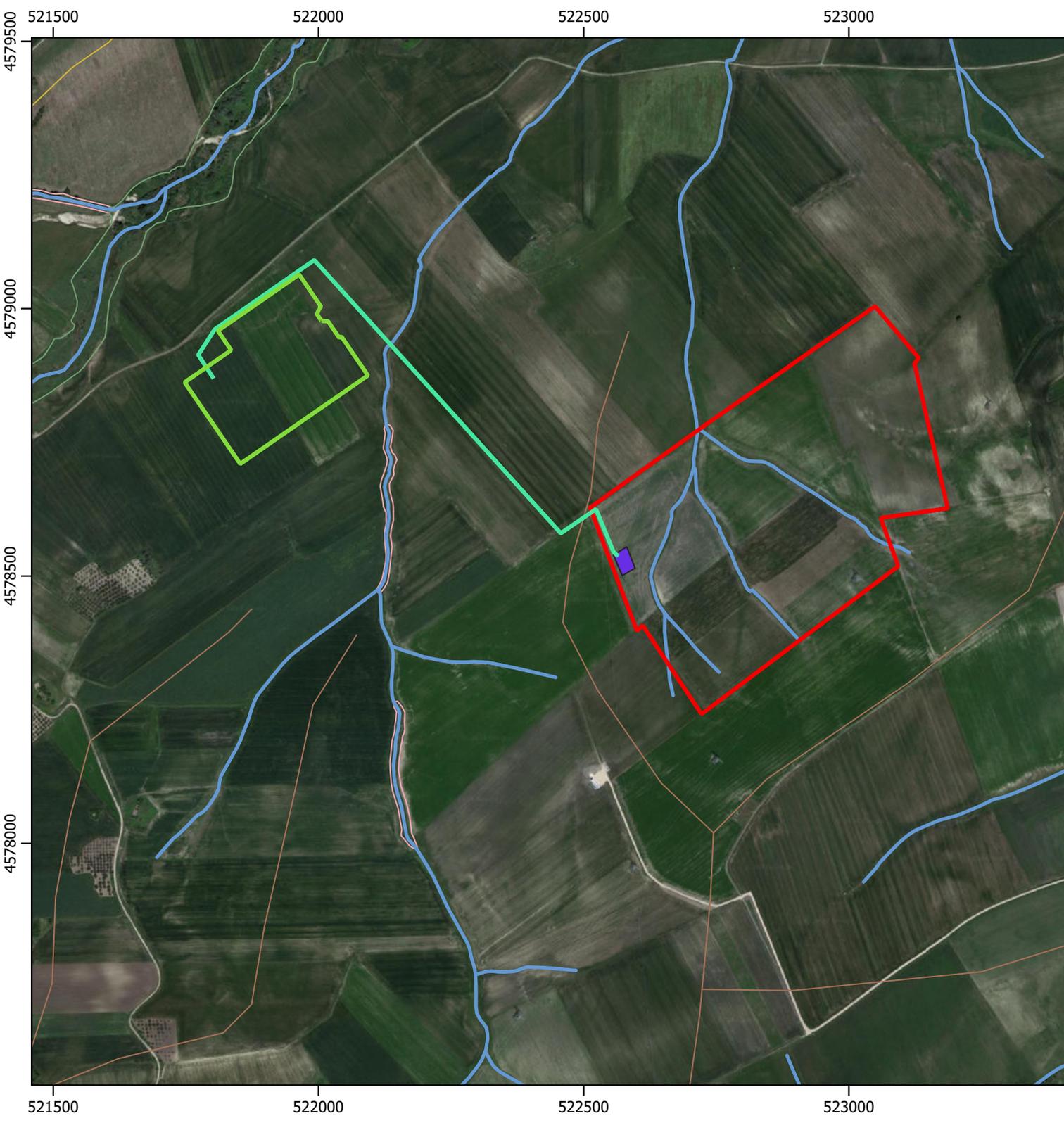


TAVOLA 6 - Ubicazione su Carta
Idrogeomorfologica (Foglio 420)

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

- Ampliamento SE Troia
- Cavidotto AT 36 kV - connessione
- Area a 36 kV
- Campo Agrovoltaico progetto "MOFFA"
- 420_reticolo
- 420_creste
- 420_orli_terrazzo_morfologico
- 420_cigli_sponda_fluviale
- 420_ripe_erosione_fluviale

Scala 1:10000 - UTM WGS84 Zona
33N

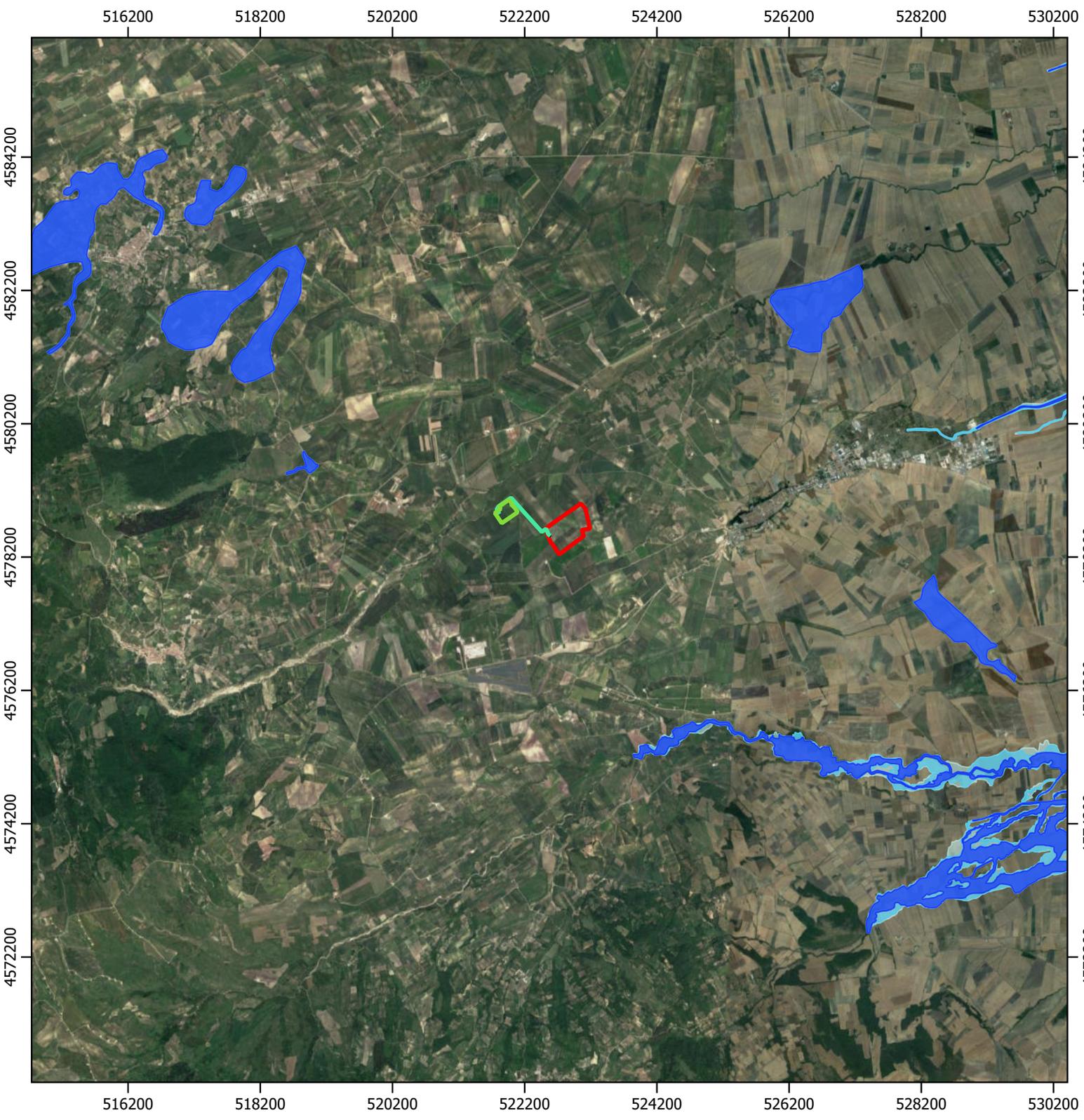


TAVOLA 7A - Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) - Aree a pericolosità di inondazione

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

Troia Moffa

-  Campo Agrovoltaiico progetto "MOFFA"
-  Ampliamento SE Troia
-  Cavidotto AT 36 kV - connessione

Pericolosità per inondazione

Pericolosità

-  AP (Alta)
-  MP (Media)
-  BP (Bassa)

Scala 1:80000 - UTM WGS84 Zona 33N



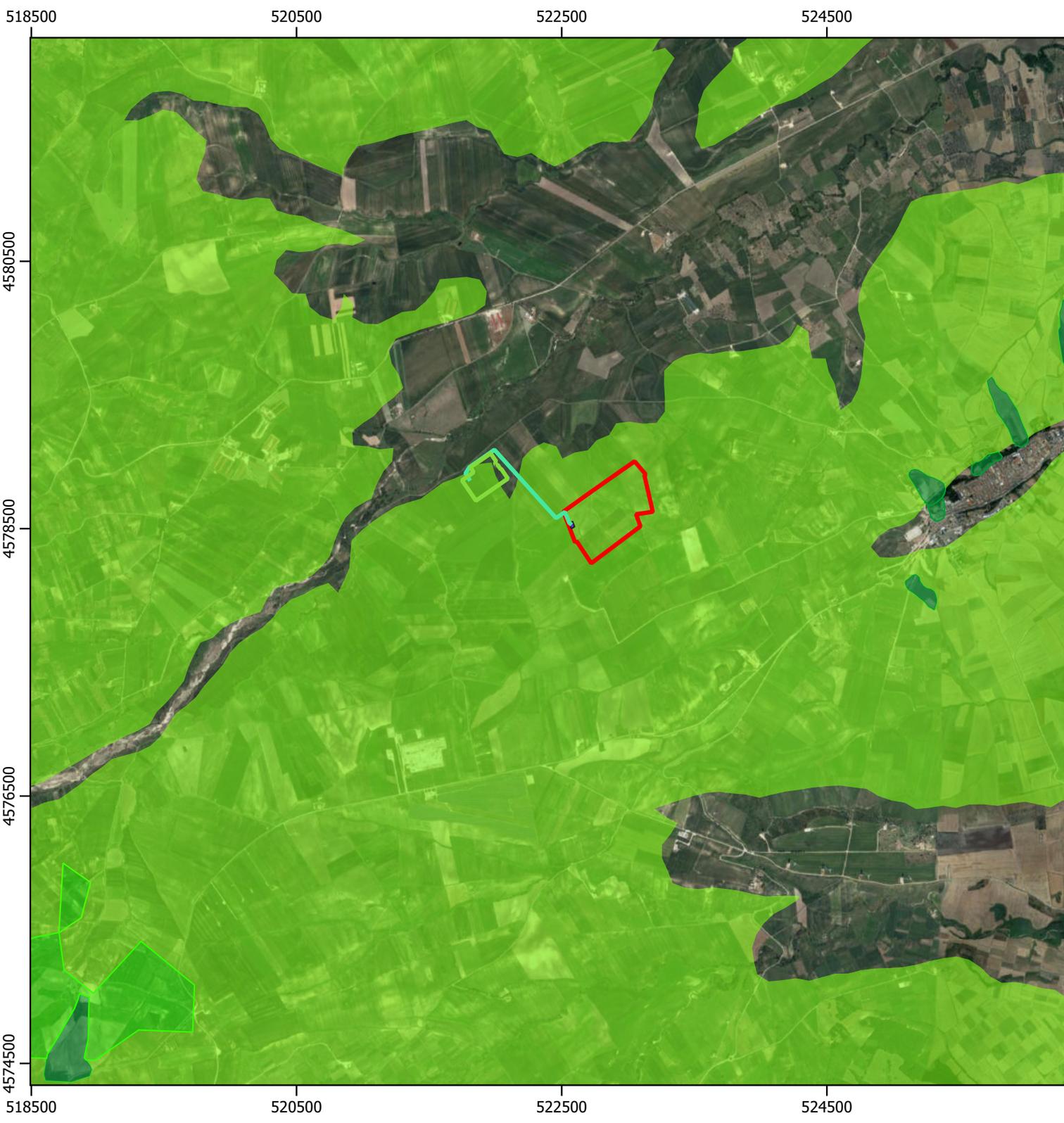


TAVOLA 7B - Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) (Aree a pericolosità Geomorfologica)

dott. Geol. Antonello Fabiano

Legenda

Troia Moffa

- Campo Agrovoltaiico progetto "MOFFA"
- Ampliamento SE Troia
- Cavidotto AT 36 kV - connessione

Pericolosità Geomorf.

Pericolo

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

Scala 1:40000 - UTM WGS84 Zona 33N