



REGIONE SICILIA
REGIONE
SICILIA



COMUNE DI
TRAPANI



PROVINCIA DI
TRAPANI

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borrromea" della potenza di 54,5 MW integrato con impianto di accumulo da 10MW e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borrromea"

Titolo elaborato

RS.12.REL.0007.Relazione geologica, sismica, idrogeologica e indagini geofisiche

Codice elaborato

F0454AR06A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

ing. Giuseppe MANZI
ing. Mauro MARELLA
ing. Marco LORUSSO dott.
for. Luigi ZUCCARO arch.
Gaia TELESCA
ing. Beniamino D'ERCOLE
ing. Rosanna SANTARSIERO
ing. Simone LOTITO
ing. Gerardo SCAVONE



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Il tecnico
Geol. Maria GIOMPAPA



Via Oriolo Romano, 69 - Roma 00189 - Tel/Fax. +39 0689271669 - epsnrl@pec.it

Committente



SOLAR PIANA BORROMEIA S.r.l
via Durini 9 20122 Milano (MI)

Amministratore unico
GIANLUCA VENERONI

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Luglio 2022	Prima emissione	GIOMPAPA	MMA	GDS

Comune di Trapani

COMMITTENTE: Ditta SOLAR PIANA BORROMEA srl

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto Agro-Fotovoltaico ""Piana Borromea"" integrato
con 10 MW di storage e relative opere di connessione da
realizzare nel comune di Trapani in località ""Borromea""



R06 - Relazione geologico-sismica-idrogeologica

Il Geologo

Dott.ssa Maria Giompapa

n.ORG 1713

REGIONE SICILIANA
DEI GEOL. E ING. E ARCH.
Dott. Geol.
GIOMPAPA
MARIA
N. 1713

Maria Giompapa geol. – Viale Luigi Cadorna, 105 – 96100 Siracusa – cell/wa 392-4672257 – mail: mariellagiompapa@gmail.com

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto Agro-Fotovoltaico ""Piana Borrromea"" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località ""Borrromea""

Relazione geologico-sismica-idrogeologica

Premessa

La ditta SOLAR PIANA BORROMEIA S.r.l.", facente parte del gruppo GR Value s.p.a. azienda globale leader nel settore dell'energia rinnovabile, intende realizzare un *impianto Agrofotovoltaico di produzione di energia da fonte fotovoltaica con potenza nominale di 54,5 MW* nel comune di Trapani in località Piana Borrromea.

L'area di intervento presenta un'estensione complessiva di circa 90 ettari ed interessa terreni a funzione prevalentemente agricola.

L'impianto fotovoltaico sarà collocato all'interno del comune di Trapani alla distanza di circa 10 km in linea d'aria dal centro abitato, in località Piana Borrromea. Il cavidotto di connessione alla rete elettrica nazionale corre lungo viabilità esistente (Sp 29, SP 35 e SP 8) interessando quasi interamente il territorio comunale di Trapani e per un breve tratto attraversa anche quello del comune di Paceco (Tp), fino a raggiungere la sottostazione elettrica situata anch'essa nel territorio del comune di Trapani.

Il parco fotovoltaico e le opere connesse interesseranno una fascia altimetrica compresa tra 98 e 88 m circa sul livello del mare.

I tracker saranno posizionati con un interasse di oltre 5 m in modo da assicurare una luce libera tra i moduli pari a 3 m, utile alla coltivazione agricola.

In prossimità dell'impianto verranno realizzate le cabine di sottocampo e la cabina principale, dalla quale si diparte la linea di collegamento di media tensione a 30 kV interrata verso il punto di consegna previsto presso la stazione elettrica del produttore Solar Piana Borrromea Srl, sita nelle particelle catastali n.34 e 35 del foglio 137 del Comune di Trapani.

Lo studio geologico *definitivo* prodotto si è basato sia sulle risultanze del rilievo geologico e della campagna geognostica di tipo indiretto eseguita opportunamente per questa fase progettuale sia sulla raccolta dati ovvero sulla consultazione di studi geologici ufficiali reperibili anche tramite il web nonché quelli condotti personalmente dalla scrivente per altri parchi rinnovabili (eolici o fotovoltaici) nel medesimo comprensorio unitamente a quelli messi gentilmente a disposizione dai colleghi.

In particolare, per dare corso alla progettazione definitiva è stata eseguita una accurata campagna di indagini geofisiche all'interno delle aree di progetto *rinvando alla fase esecutiva l'esecuzione di indagini dirette più specifiche al di sotto di tutte le opere in progetto.*

Gli studi condotti hanno avuto lo scopo di:

- fornire un quadro conoscitivo, già in questa fase, sufficiente per illustrare le caratteristiche geologiche e sismiche del territorio in esame e identificare eventuali situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geologica tali da potere influenzare, in modo significativo, le scelte progettuali;
- indicare le prescrizioni e gli accorgimenti tecnici affinché tali eventuali condizioni di pericolosità non si aggravino.

Le figure sottostanti (Fig. 1 - 2a/2b) illustrano rispettivamente l'ubicazione dell'area di progetto su base CTR, l'ubicazione dell'area di progetto su Google Earth, con evidenziati i campi in progetto (campo 1-campo 2-campo 3- campo 4), il cavidotto e l'area stazione (fig.2a) ed infine l'ubicazione delle indagini geofisiche unitamente alle aree di progetto su Google Earth (fig.2b).

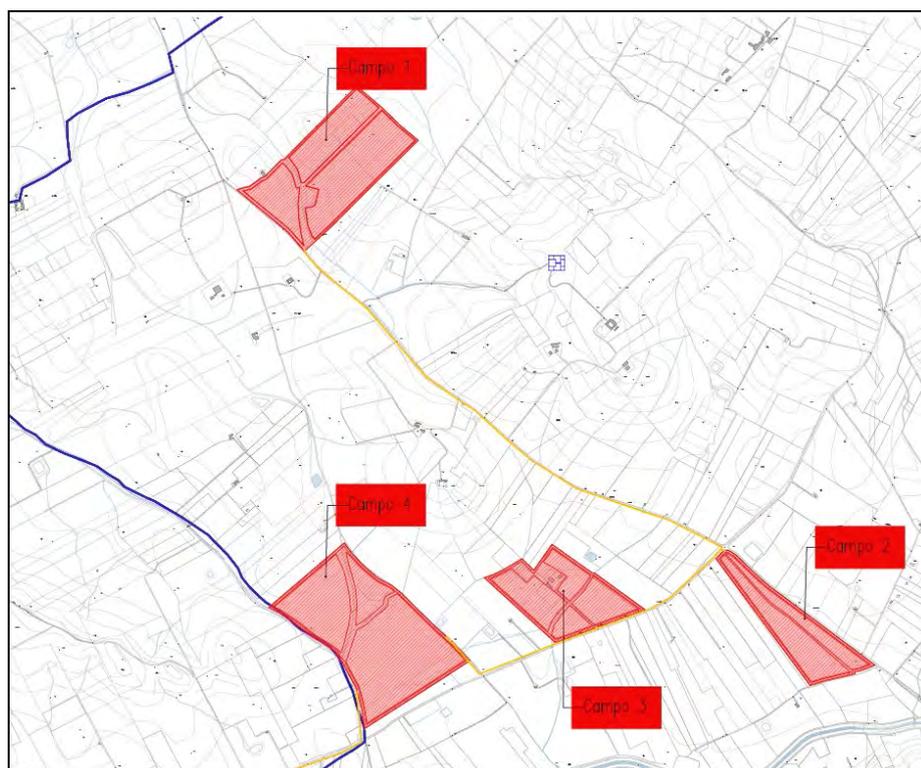


Fig. 1 – Inquadramento dell'area di progetto su base CTR

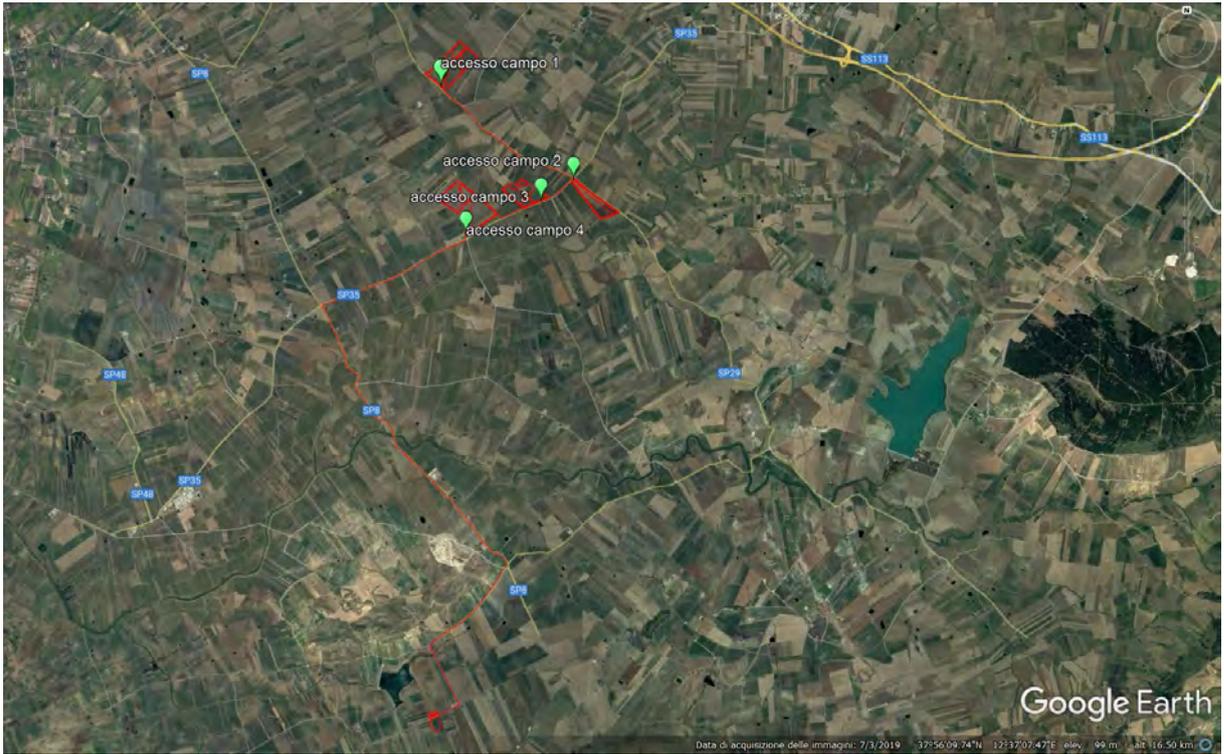


Fig. 2a – Vista satellitare del previsto parco fotovoltaico (Fonte Google Earth, 2022)

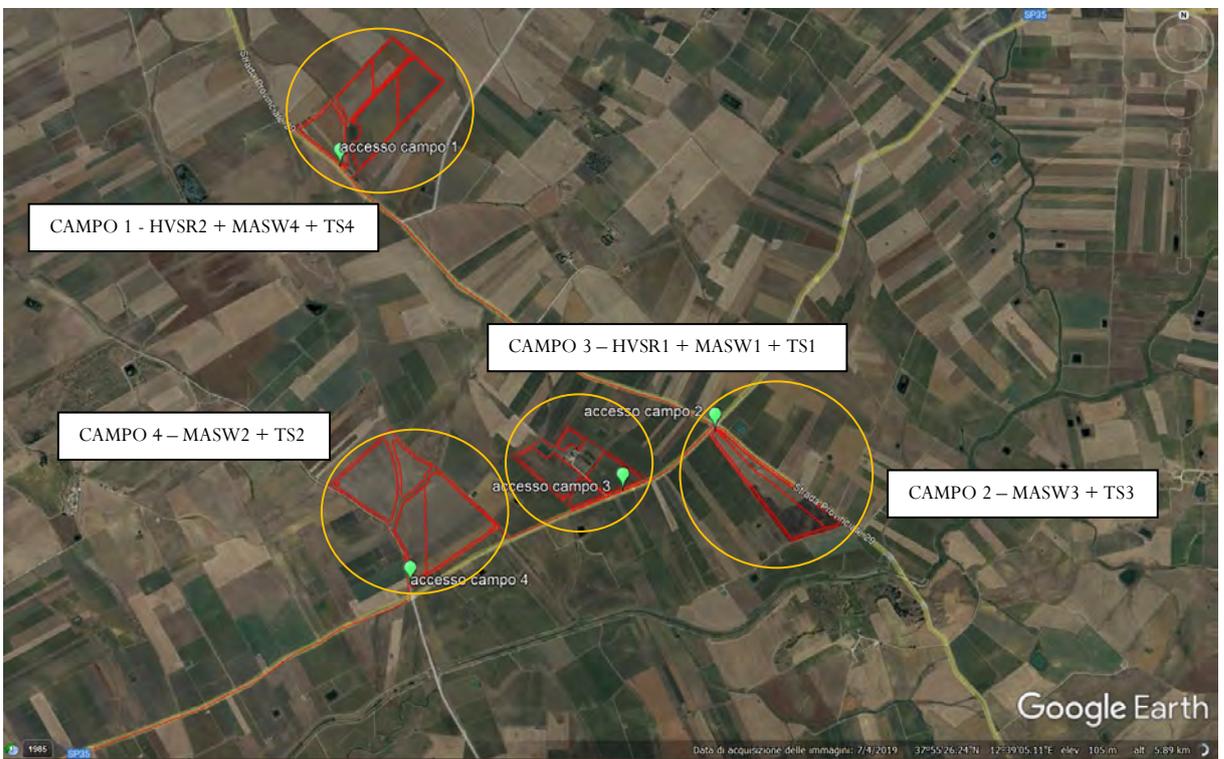


Fig. 2b – Ubicazione indagini geofisiche (cerchi gialli) (Fonte Google Earth, 2022)

Analisi del sito

Il sito di realizzazione dell'impianto fotovoltaico ricade interamente all'interno del territorio comunale di Trapani e le coordinate sono le seguenti:

- Latitudine: 37.91°N;
- Longitudine: 12.64° E;
- altitudine: circa 83 m slm.

Dal punto di vista catastale, le aree oggetto di intervento, comprensive sia dell'impianto fotovoltaico, delle necessarie opere di connessione e dell'impianto di accumulo, risultano attualmente distinte in catasto come segue:

Territorio di Trapani

- foglio di mappa 202
- foglio di mappa 229
- foglio di mappa 230
- foglio di mappa 233

Territorio di Paceco

- foglio di mappa 202

Raccolta dati

La raccolta dati e le informazioni necessarie per implementare il presente studio è avvenuta tramite la consultazione, anche via web, di studi geologici, geomorfologici, idrogeologici, geognostici, geotecnici e sismologici inerenti il territorio in esame e il suo intorno significativo.

La raccolta dati è stata indispensabile per la verifica della compatibilità delle previsioni progettuali con le condizioni geomorfologiche del territorio interessato.

Vengono di seguito riportate le principali fonti e documentazioni consultate:

- ✓ Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) SICILIA:
 - Bacino Idrografico del Fiume Birgi (051) - Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino Idrografico del Fiume Lenzi Baiata (050) tavolette 605080-606050-605120-605160.

- ✓ Sito web ufficiale Geoportale cartografico della Regione Siciliana (<http://www.sitr.regione.sicilia.it/geoportale>) per la consultazione e verifica dei seguenti tematismi:
 1. Carta natura 50.000 Carta Habitat
 2. Carta desertificazione
 3. Piano Paesistico della Provincia di Trapani
 4. Carte PAI (Piano Assetto idrogeologico)
 5. Carta habitat corine biotopes
 6. Carta uso suolo corine land cover
 7. Carta sensibilità ecologica
 8. Carta della pressione antropica
 9. Carta fragilità ambientale
 10. Carta valore ecologico
 11. Vincolo Idrogeologico Legge 30 Dicembre 1923, n. 3267
 12. Carta Rete Natura 2000 - Siti di importanza comunitaria (SIC) presenti sul territorio della Regione Sicilia, aggiornati al 2011; zone di protezione speciale (ZPS)
 13. Carta rete ecologica siciliana
 14. Carta forestale
 15. IBA
 16. Piano cave
- ✓ Pubblicazioni, lavori geologici acquisiti sul web e studi geologici ufficiali relativi alla geologia di questa porzione della provincia di Trapani.
- ✓ Carta Geologica d'Italia – foglio 605 “Paceco”, scala 1:50'000 (ISPRA)
- ✓ Geoportale nazionale <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/visualizzatori/>

Indagini eseguite

In conformità alle prescrizioni della normativa in vigore (D.M. 17.01.2018 e s.m.i. e D.M. LL. PP. 11/03/1988 e s.m.i.), al grado di progettazione di tipo *definitivo* e al contratto sottoscritto è stato svolto il piano di indagini geologiche indirette di seguito descritto, che ha tenuto conto anche dell'accessibilità e della logistica dei luoghi. Nello specifico, le indagini geognostiche indirette hanno compreso:

- ✓ Esecuzione di N. 4 indagini sismiche a rifrazione;
- ✓ Esecuzione di N. 4 indagini sismiche - Masw Attiva;
- ✓ Esecuzione di N. 2 indagini sismiche - HVSR;

Tutte le informazioni acquisite in campo e già in possesso della scrivente hanno permesso di ottenere un quadro esaustivo delle caratteristiche tecniche e sismiche dei terreni di sedime presenti nell'area in esame.

Quadro normativo

Dal punto di vista legislativo questo lavoro è stato eseguito in ottemperanza a quanto previsto dalle seguenti normative:

- ✓ *D.M. 17/01/2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, che sostituisce il Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (G.U. n° 29 del 04/02/2008) entrato in vigore in data 01/07/2009 e successive integrazioni;*
- ✓ *Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006). Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n° 108 del 11/08/2006);*
- ✓ *Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003). Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n° 105 del 08/05/2003);*
- ✓ *Legge 2 febbraio 1974 n. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;*
- ✓ *DM. LL. PP. 11/03/1988;*
- ✓ *Circolare LL. PP. 24/09/1988 n° 30483*

Inquadramento geografico

L'area individuata per la realizzazione della presente proposta progettuale interessa i territori comunali di Trapani e Paceco.

L'impianto fotovoltaico è collocato all'interno del comune di Trapani ad una distanza di circa 10 km in linea d'aria dal centro abitato, in località Piana Borromea. Il cavidotto di connessione alla rete elettrica nazionale corre lungo viabilità esistente (Sp 29, SP 35 e SP 8) interessando quasi interamente il territorio comunale di Trapani e per un breve tratto attraversa anche quello del comune di Paceco (Tp), fino a raggiungere la sottostazione elettrica situata anch'essa nel territorio del comune di Trapani. Il parco fotovoltaico e le opere connesse interesseranno una fascia altimetrica compresa tra 98 e 88 m circa sul livello del mare.

Descrizione del contesto ambientale

Bacino del Fiume Birgi e del Fiume Lenzi Baiata

L'area di intervento ricade all'interno dei bacini idrografici dei fiumi Birgi e Lenzi Baiata (Fig. 1) che si localizza nella estrema porzione occidentale della Sicilia ed occupa una superficie complessiva di circa 336 km².

La forma dell'area in esame è sub rettangolare, con una direzione di allungamento NE-SO e con una appendice nord-occidentale costituita dalla foce del fiume Chinisia-Birgi. Rispetto alla direzione di allungamento, l'area raggiunge la sua massima larghezza, pari a circa 27 km, nella

porzione centrale; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce sensibilmente, fino a circa 9 km, nella porzione Nord- orientale.

Il Fiume Birgi nasce con il nome di Fiume Fittasi nel Territorio del comune di Buseto Palizzolo e si sviluppa, per circa 43 km, attraverso il territorio comunale di Trapani e marginalmente quello di Paceco.

I bacini confinanti con quello del Fiume Birgi sono il Bacino del Fiume Lenzi a Nord ed il Bacino del Fiume Mázaro a Sud-Est. A Nord-Est il Bacino è delimitato dall'Area Territoriale che lo separa dal Bacino del Fiume Lenzi Baiata mentre a SO è delimitato dall'Area Territoriale che lo separa dal Bacino del Fiume Mázaro. Il bacino si sviluppa nella estrema porzione nord-occidentale della Sicilia, interessando, da un punto di vista amministrativo, il territorio della provincia di Trapani e, in particolare, i territori di otto comuni (Buseto Palizzolo, Calatafimi, Erice, Marsala, Mazara del Vallo, Paceco, Salemi, Trapani). Di questi comuni, all'interno dell'area non cade nessun centro abitato ma i soli nuclei abitati di Ballata (comune di Erice), Fulgatore e Ummari (comune di Trapani), Dara (comune di Marsala).

Il Fiume Birgi, dopo il primo tratto, in cui come detto prende il nome di F. Fittasi, prosegue prima con il nome di Fiume Bordino e poi con quello di Fiume Borrania. In questo tratto centrale il corso d'acqua riceve, in sinistra idrografica, dapprima gli apporti del Torrente della Cuddia e poi quelli della Fiumara Pellegrino, proseguendo poi con il nome di Fiume della Marcanzotta. L'ultimo tratto del Fiume Birgi è stato deviato ed incanalato nel Fiume Chinisia, che sfocia poco a Nord di Torre San Teodoro. In conseguenza di ciò, del vecchio corso del Fiume Birgi resta un ramo molto breve, a nord della foce del Fiume Chinisia.

All'interno del bacino è presente l'invaso artificiale costituito dal Lago Rubino, realizzato sul Torrente della Cuddia mediante uno sbarramento di materiale sciolto, alto circa 30 m, con nucleo centrale di tenuta di materiale argilloso. Il serbatoio Rubino, in esercizio da diversi anni, è situato nell'area a monte del Bacino del Birgi, sul lato occidentale di Montagna Grande, ed ha una capacità utile di progetto di 10.2 Mm³ d'acqua, con funzione di accumulo e modulazione dei deflussi naturali a servizio della vasta piana sottostante. Le acque del Fiume Birgi sono utilizzate prevalentemente per uso irriguo, con richieste di derivazione concentrate nella parte alta del suo corso.



Fig.3 - Bacini idrografici del fiume Birgi e del fiume Lenzi Baiata (Fonte: PAI Sicilia)

Inquadramento geologico regionale

Tettonica

La Sicilia, con la sua posizione centrale nel Mediterraneo rappresenta un segmento dell'orogene Appenninico-Maghrebide, la quale collega l'Appennino al Nord Africa tramite l'Arco Calabro-Peloritano (Fig. 4).

L'area del Mediterraneo centrale è caratterizzata da un dominio di Avampaese e da uno Orogenico, a sua volta costituito da un edificio multistrato in cui si riconoscono dal basso verso l'alto un Sistema di Thrust Esterno, la Catena Appenninico-Maghrebide e la Catena Calabro-Peloritana. La fascia orogenica è caratterizzata dalla presenza di crosta oceanica ionica in subduzione e tirrenica in espansione.

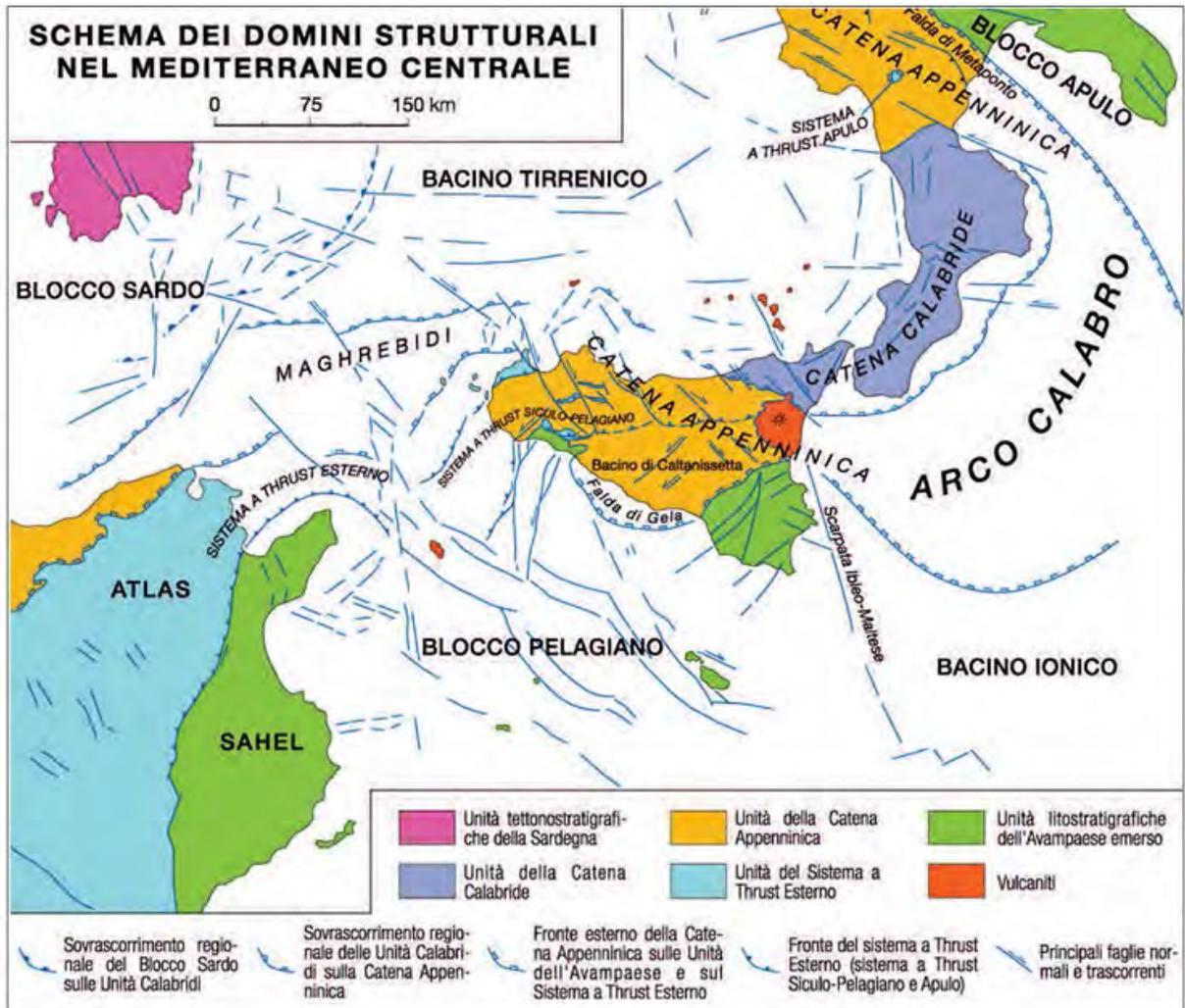


Fig. 4 - Domini strutturali del Mediterraneo Centrale (da Lentini et al., 1994 modificato)

Per quanto concerne il dominio di avampaese, questo comprende le aree indeformate della Placca Nord-Africana, rappresentata dal Blocco Pelagiano e dal Bacino Ionico, mentre il dominio orogenico si è originato mediante il tipico sistema “catena-avanfossaavampaese”, con un progressivo coinvolgimento spazio-temporale delle aree via via più esterne, per cui settori con ruolo di avampaese si sono trasformati in unità tettoniche inglobate nell’edificio orogenico. È questo il caso delle unità Panormidi originariamente aree di avampaese durante il Miocene inferiore e successivamente in ricoprimento sulle Ionidi. Queste ultime a loro volta si trasferiranno in ricoprimento sul Sistema Siculo Pelagiano in contemporanea con l’apertura del Bacino Tirrenico. Inoltre studi paleomagnetici hanno contribuito ad arricchire il quadro geodinamico delle varie unità tettoniche, affette da rotazioni orarie che hanno accompagnato il trasporto orogenico verso SE e Sud delle varie falde nell’intervallo cronologico mio-pliocenico.

Per comprendere la storia tettonica che ha portato alla formazione dell'attuale assetto strutturale e tettonico, si riporta di seguito una ricostruzione paleogeografica lungo un transetto orientato nord-sud dalla Sardegna al Canale di Sicilia, tratto dalle “Memorie Descrittive della Carta Geologica d’Italia – Geologia della Sicilia, Cap. V Tettonica”.

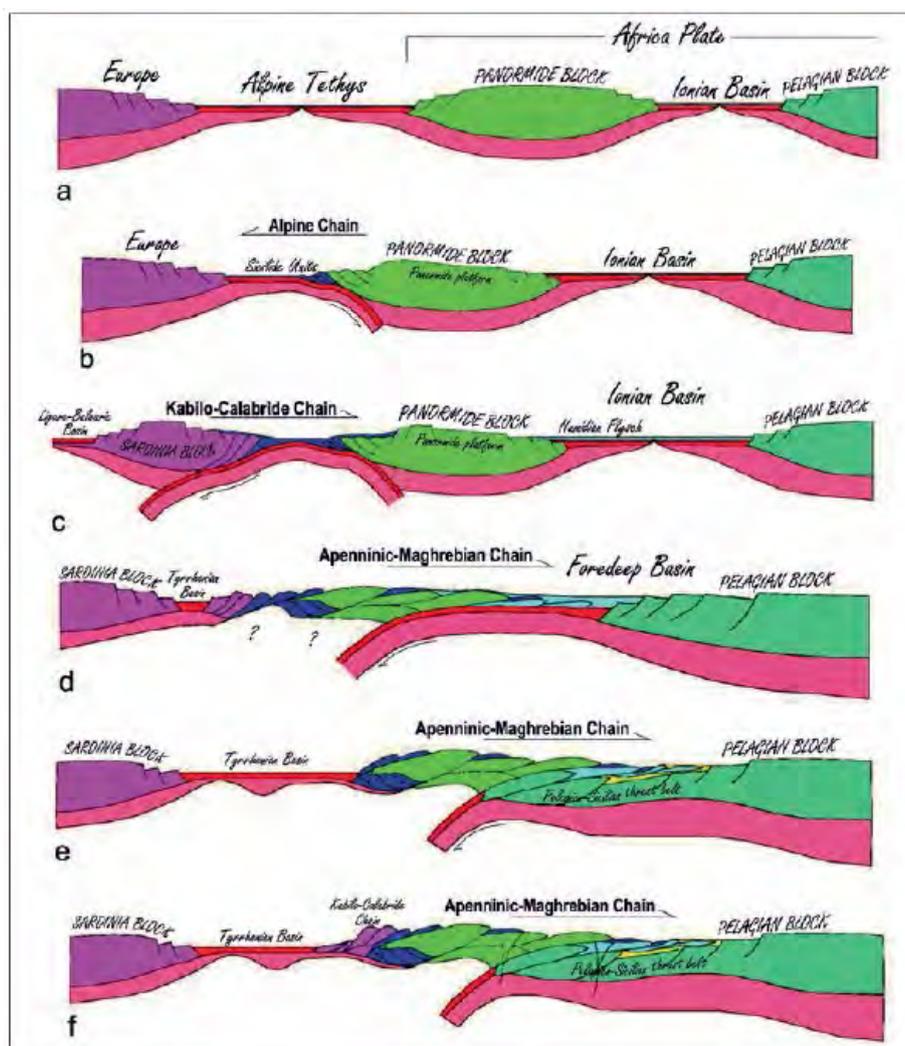


Fig. 5 – Ricostruzioni paleogeografiche, transetto N-S Sardegna-Canale di Sicilia (Memorie Descrittive della Carta Geologica d’Italia – Geologia della Sicilia)

Le fasi sopra rappresentate sono di seguito espone:

- a. Durante il Giurassico superiore le placche Europa e quella Afro-Adriatica erano separate dal bacino oceanico Alpino-Tetideo;
- b. Durante lo Stadio Eo-Alpino si formò l’orogene Alpino, guidato dalla subduzione verso sud della Tetide Alpina sotto la placca Afro-Adriatica durante il Cretacico-Eocene;

- c. A partire dall'Oligocene si attiva una subduzione verso nord che coinvolge ciò che rimane della crosta Alpino-Tetidee;
- d. La prima evidenza dell'inizio dell'apertura tirrenica si trova nei sedimenti del Miocene medio-superiore;
- e. Oceanizzazione del bacino del Vavilov a partire dal Pliocene;
- f. L'arretramento dello slab ionico ha causato la migrazione verso SE del sistema orogenico, accompagnata dallo sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti destre (Sistema Sud-Tirrenico), connesso alla contemporanea collisione tra il blocco Panormide e quello Pelagiano ad ovest e la subduzione attiva sotto l'Arco Calabro-Peloritano ad est.

Geologia del comprensorio

Passando nel dettaglio all'area del trapanese, si possono riconoscere tre sistemi di faglie derivanti dalle fasi tettoniche precedentemente descritte:

- Faglie con orientazione NE-SW e E-W a componente compressiva;
- Faglie subverticali destre con orientamento NW-SE che tagliano ed interrompono sovrascorrimenti e pieghe;
- Faglie con orientazione NE-SW ed E-W impostate su sistemi più antichi.

Le unità Pre-Panormidi presentano litologie a prevalente componente duttile, le quali hanno dato origine a strutture plicative marcate ed a numerosissime scaglie tettoniche impilate a formare struttura embriate.

I territori comunali di Paceco, Marsala e Trapani rientrano nella porzione più occidentale della Sicilia. Nel contesto geologico regionale, l'isola siciliana rappresenta una porzione della megasutura che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, con una porzione di catena che attraverso la Sicilia collega gli Appennini e la Calabria con le Maghrebidi.

La storia geologica dell'area ha visto una prima fase orogenica alpina paleogenica, cui sono seguiti i movimenti compressivi legati alla rotazione antioraria oligo-miocenica del blocco sardo-corso, la cui collisione con il margine continentale africano è generalmente considerata la causa della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana.

All'interno del complesso collisionale siciliano e del suo prolungamento in mare si riconoscono tre elementi principali:

- Avampaese, affiorante nella zona sud-orientale della Sicilia e presente anche nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca;
- Avanfossa recente, in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale e nel Bacino di Gela, sita nell'offshore meridionale della Sicilia e nel Plateau Ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese;
- Catena complessa con vergenza E-SE spessa anche più di 15 km, costituita dalle Unità calabro-peloritane e dalle Unità appenniniche siciliane.

Gran parte della Sicilia centrale ed occidentale rientrano nelle Unità della Catena Appenninica, e nello specifico l'area del trapanese è interessata dalle Unità del Sistema a Thrust Esterno e da quelle appartenenti al Sistema a Thrust Siculo-Pelagico (PSTB). Quest'ultimo si è strutturato nel periodo Miocene superiore-Pleistocene, contemporaneamente all'apertura tirrenica.

Con riferimento all'assetto litologico e geo-stratigrafico dei siti in esame, si riporta di seguito un estratto cartografico tratto dalla cartografia geologica ufficiale (*foglio 605 Paceco, Carta Geologica d'Italia scala 1:50:000*), in cui si osserva la presenza in zona sostanzialmente delle Unità Prepanormidi e dei depositi quaternari muovendosi verso costa.

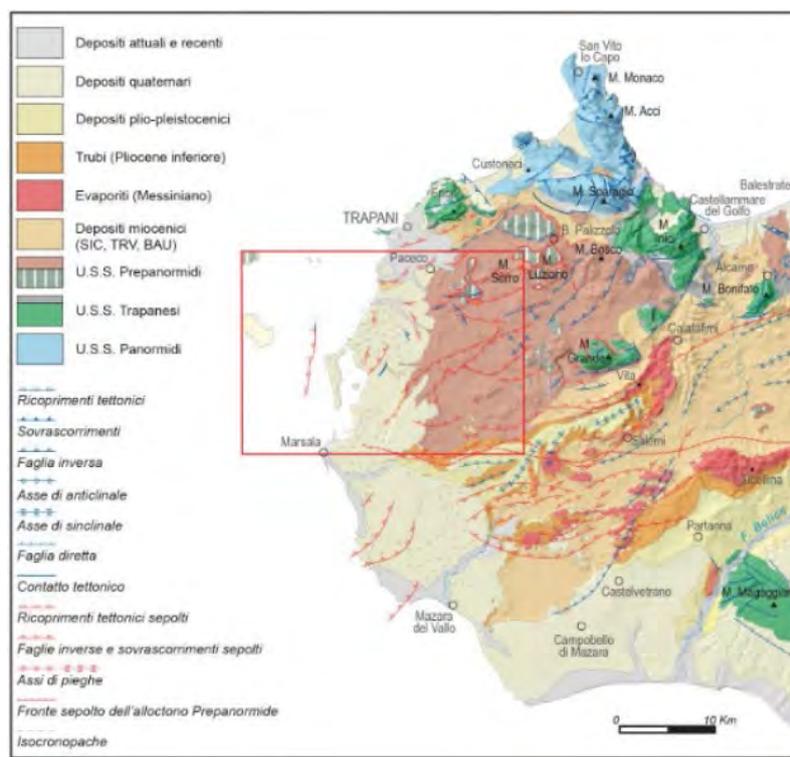


Fig. 6 – Schema di inquadramento regionale (Carta Geologica d'Italia, foglio 605 – Paceco)

Nello specifico, l'analisi del foglio 605 "Paceco" della Carta Geologica d'Italia – scala 1:50'000 (ISPRA), consente di asserire che le aree di progetto sono interessate da depositi quaternari del Sintema di Capo Plaia e del Sintema di Borromia, da Depositi Miocenici di avanfossa appartenenti alla Formazione Castellana Sicula e da depositi appartenenti alle Successioni mesozoiche del dominio Prepanormide.

In particolare, come è possibile verificare nello stralcio della carta geologica citata le principali formazioni geologiche in esame sono le seguenti:

□ SINTEMA DI CAPO PLAIA (AFL): limi sabbiosi fluviali grigiastri con faune miste di gasteropodi polmonati e lamellibranchi (AFL_b, livelli sabbioso-ghiaiosi e di "caliche" di Mozia)ghiaie, sabbie elimi eluviali e colluviali variamente frammisti, spesso pedogenizzati (AFL_{b2});

□ SINTEMA DI BORROMIA (BRM): depositi alluvionali di ciottoli arrotondati in matrice sabbioso-ghiaiosa, argille sabbiose con ciottoli, distribuiti lungo i versanti vallivi o in posizioni sommitali. Derivano da ambiente fluvio-lacustre ed hanno età approssimabile al Pleistocene medio-superiore;

□ FORMAZIONE CASTELLANA SICULA (SIC): peliti sabbiose e marne argillose, con lenti di arenarie marnose e calcareniti. Affiora con spessori di 40-50 metri nelle colline a sud di Paceco, sono di ambiente deposizionale di bacino sintettonico.

Età: Langhiano-Tortoniano inferiore;

□ ARGILLE MARNOSE, CALCARI ED ARENARIE GLAUCONITICHE DI MONTE LUZIANO (LUO): questa formazione è stata suddivisa in due unità di associazione di litofacies, definite sulla base della prevalenza delle facies clastico-carbonatiche o di quelle clastico-terrigene. Si hanno dunque: "Marne, calcari, biocalcareniti ed arenarie glauconitiche di Montagnola della Borronia (LUOa - LUOc)" e "Arenarie, argille sabbiose, quarzosiltiti glauconitiche e calcareniti bioclastiche torbiditiche di Costiere Sigiare (LUOb – LUOd)".

Età: Oligocene superiore-Miocene medio.

□ ARGILLE ED ARENARIE QUARZOSE DI MONTE BOSCO (BCO): si tratta di peliti siltose ed argille silicee verdastre, con livelli di biocalcareniti. Affiorano a SE di Dattilo con spessori non valutabili in superficie, provengono da ambiente sedimentario di scarpata e base di scarpata con sedimentazione emipelagica e risedimentazione per frane sottomarine (debris flow e grain flow).

Età: Rupeliano – Chattiano

Successione geologica dell'area di progetto

Nel dettaglio, sempre sulla scorta delle informazioni dedotte dalla carta ufficiale ISPRA (Fig. 4) ecco le formazioni geologiche interessate nei singoli campi fotovoltaici:

CAMPO 1: depositi alluvionali (AFL_b) e argille (BCO)

CAMPO 2: peliti sabbiose e marne argillose (SIC) e depositi a ciottoli (BRM)

CAMPO 3: depositi alluvionali (AFL_{b2}) e depositi a ciottoli (BRM)

CAMPO 4: depositi a ciottoli (BRM) e argille sabbiose e qualzosiltiti (LUO_b)

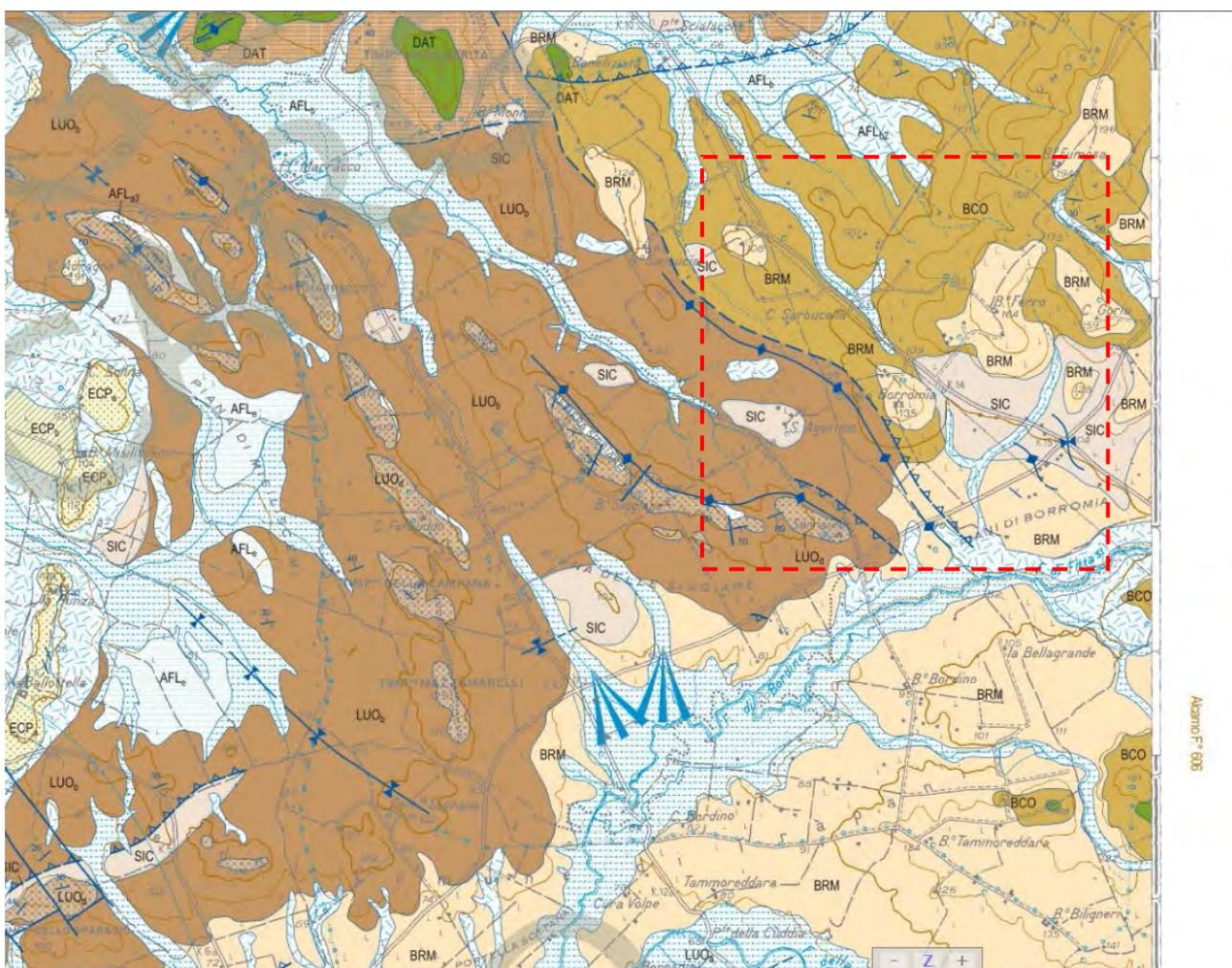


Fig. 7 - Aree di progetto (quadrato rosso) su stralcio Carta Geologica d'Italia – foglio 605

“Paceco”, scala 1:50'000 (ISPRA)

Di seguito si riporta la litostratigrafia dei depositi dei domini meso-cenozoici dell'area.

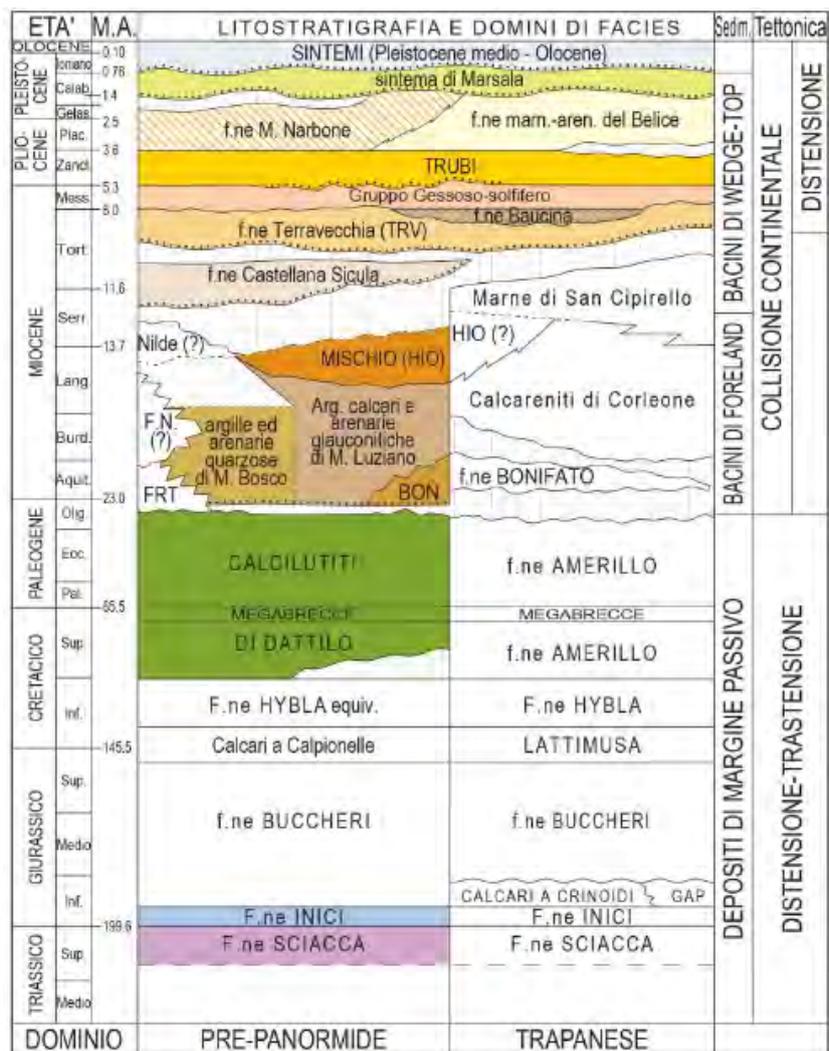


Fig. 8 – Litostratigrafia e domini di facies – foglio 605 “Paceco”, scala 1:50'000 (ISPRA)

Geomorfologia del comprensorio

L'assetto geomorfologico della zona risente fortemente del tipo di rocce o depositi esistenti e quindi della loro resistenza all'erosione messa in atto dagli agenti esogeni. Se si pensa ai tratti dei corsi d'acqua presenti nella zona collinare, è evidente come questi siano influenzati dalla presenza di litotipi resistenti all'erosione, i quali vengono aggirati. Si è così potuta avere la conservazione di forme antiche, anche in virtù di fasi di stazionamento del livello di base dell'erosione, e l'erosione selettiva di altre forme e versanti. Infatti, le aree collinari caratterizzate da terreni argillosi e marnosi sono state modellate dal ruscellamento, da processi fluviali e da movimenti franosi.

Nello specifico, nel comprensorio in esame si ritrova il tipico paesaggio collinare, determinato dalla modellazione da parte degli agenti esogeni sui depositi a prevalente componente argillosa.

Tali rilievi collinari presentano forme addolcite e blande e sono incisi dal reticolo idrografico caratterizzante l'area.

Il modellamento attuale della zona è, fondamentalmente, attribuibile alla morfogenesi operata dalle acque corrive e da quelle incanalate che vi hanno inciso canali e thalwegs.

L'erosione degli alvei, la natura argillosa del suolo e le sue caratteristiche idrauliche (effetto mollificante delle precipitazioni) hanno provocato nell'area e in alcune sue parti acclivi, dissesti in forma di colamenti e/o di creep. Si tratta di movimenti superficiali di versante che avvengono per lo più in occasione di eventi meteorici degni di nota, in particolar modo al termine della stagione secca. Infatti al termine del periodo siccitoso questi terreni presentano abbondanti crepe e fratture, dovute al ritiro dello scheletro solido dei terreni argillosi per evapotraspirazione, attraverso le quali le acque entrano all'interno dell'ammasso roccioso creando il suo rigonfiamento e delle superfici preferenziali di scorrimento dove sono presenti i livelli sabbiosi più permeabili. Lungo questi livelli a maggiore permeabilità si ha un aumento delle pressioni neutre che predominano le forze di coesione e in concomitanza con la gravità formano scivolamenti di alcune porzioni superficiali di versante.

Gli agenti morfogenetici attualmente più attivi ed incisivi sono pertanto riconducibili alla gravità ed al deflusso delle acque sia superficiali che vadose.

Il versante sulla spinta di questi "motori" tende a rettificare il proprio profilo sino al raggiungimento di un grado di stabilità compatibile con le sue condizioni generali al contorno.

Al variare di queste ultime si generano nuovi processi evolutivi spesso con riattivazione degli effetti su porzioni di territorio arealmente definite e rimodellamento della superficie topografica.

Una serie di corpi circoscritti soprattutto nelle porzioni più acclivi del pendio sono facilmente rilevabili e riconducibili a ben precisi fenomeni d'instabilità morfologica.

Un altro aspetto che testimonia l'attività del versante e la distanza da una fase di maturità dello stesso è l'assenza di un reticolo ordinato e regolare di vie di deflusso per le acque superficiali.

Il continuo modellamento gravitativo impedisce, infatti, il consolidamento dei processi erosivi e la creazione di bacini di raccolta e di deflusso delle acque di pioggia secondo criteri di razionalità come sarebbe lecito aspettarsi su terreni a matrice prevalentemente plastica.

I rari canali non hanno una distribuzione organica, sono spesso isolati e privi di thalwegs secondari e quindi non sempre in grado di smaltire razionalmente i tributi di pioggia che molto verosimilmente privilegiano in gran parte il ruscellamento diffuso.

Relativamente alle problematiche legate al deflusso superficiale nella contrada un ruolo fondamentale viene svolto dalla rete stradale e dalle opere accessorie che spesso orientano secondo direttrici preferenziali il convogliamento e lo smaltimento delle acque di pioggia.

Si rimanda al capitolo “Lineamenti geomorfologici e analisi dello stato di fatto” e agli aspetti PAI per la restante descrizione dei luoghi.

Idrologia ed idrogeologia del comprensorio

Nell’area in esame come precedentemente descritto vi è la presenza di successioni di depositi di natura carbonatica e di materiali silicoclastici derivanti dalla deformazione dei depositi di piattaforma carbonatica e carbonatico-pelagica dei domini Panormide e Trapanese. Tali successioni, più o meno carsificate, fanno sì che in superficie non si sviluppi un reticolo idrografico imponente, caratterizzato soprattutto dalla presenza di piccoli corsi d’acqua e torrenti, anche a carattere stagionale.



Fig. 9 – Estratto reticolo idrografico (Fonte Geoportale Nazionale)

Le stesse successioni a prevalenza carbonatica che rendono difficile lo sviluppo di un reticolo idrografico superficiale, se non in presenza di materiali più fini ed argillosi, grazie alla presenza di cavità carsiche e di una più o meno intensa fratturazione sono sede di importanti acquiferi sotterranei.

Gli affioramenti tardorogeni, discordanti sulle unità dell'edificio tettonico dei Monti di Trapani-Castellammare del Golfo, ospitano diversi acquiferi separati da orizzonti impermeabili o semi-impermeabili, mentre i depositi sabbioso-calcarei e conglomeratici plio-pleistocenici sono caratterizzati da acquiferi multifalda. In generale la circolazione idrica nelle maggiori idrostrutture è condizionata dai lineamenti strutturali, specie dai fronti di accavallamento e dalla presenza di forme carsiche ipogee.

Nelle aree oggetto della progettazione dell'impianto fotovoltaico, con le informazioni in possesso finora, di campo e bibliografiche, si esclude la presenza di falda superficiale nei primissimi metri di sottosuolo. Risulta evidente come nell'eventuale fase di progettazione esecutiva sarà necessario incrementare i dati a disposizione anche andando a investigare una profondità maggiore di sottosuolo per l'eventuale identificazione del livello di falda, qualora presente, oltre che raccogliere dati circa la permeabilità dei terreni.

Nonostante ciò, vista la natura litologica e granulometrica dei terreni interessati, si immagina che questi si presentino come corpi impermeabili o semi-impermeabili.

In definitiva anche con il supporto dell'analisi della cartografia riportata sul portale IdroGEO, messo a punto dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) che include i dati cartografici delle singole Autorità di Bacino locali, per le aree in oggetto non risultano essere riportate problematiche di tipo idrogeologico, come testimoniato dalla seguente figura, seppure all'interno del territorio provinciale di Trapani siano identificate diverse e limitate aree soggette a vari gradi di pericolosità da frane.

In conclusione, da tutto ciò si può affermare che nell'intorno indagato non esistono circuiti definibili idrogeologici, ma tutt'al più si può riscontrare una presenza variabile di acqua connessa agli afflussi stagionali. Tale affermazione è confermata dal fatto che non si sono riscontrati livelli idrici degni di nota durante l'esecuzione delle prospezioni geognostiche di riferimento.

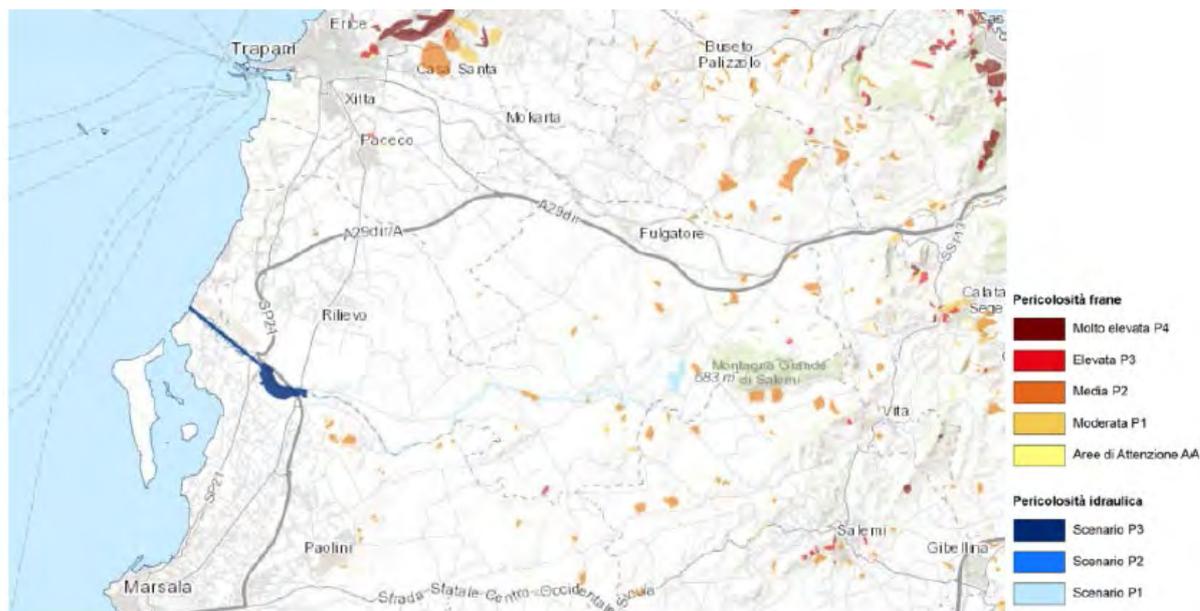


Fig. 10 – Rischio idrogeologico (IdroGEO - ISPRA)

Caratteristiche climatiche dei luoghi

Si riporta nel seguito uno studio meteo-climatico trovato su web ritenuto interessante anche ai fini della progettazione.

Climatologia

Uno dei fattori principali che determinano e condizionano sia lo sviluppo che l'entità dei processi erosivi nonché l'evoluzione del paesaggio è senza dubbio rappresentato dal clima, almeno in ciò che concerne i suoi fenomeni essenziali.

Ogni tipo di roccia infatti può dar luogo a un insieme di forme diverse, ognuna delle quali corrisponde a ben determinate condizioni climatiche.

La determinazione delle condizioni climatiche è quindi molto importante nello studio dei processi erosivi di un bacino di drenaggio e diventa essenziale allorché si voglia giungere ad una definizione del suo regime idrologico.

Per questo motivo abbiamo fornito, qui di seguito, i dati relativi alle principali caratteristiche dell'area in studio, prendendo in considerazione soprattutto i due elementi principali del clima: la temperatura e le precipitazioni.

Per la determinazione di tali caratteristiche climatiche sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione Termo-pluviometrica della Diga Rubino (Tp) considerando il ventennio 1983-2002 in quanto mancano dati più recenti.

Tenendo conto delle relazioni esistenti fra i vari elementi climatici e i fattori che influenzano le loro variazioni è stato possibile giungere ad una definizione dei caratteri climatici.

Termometria

I dati relativi alla stazione della Diga Rubino sono stati estesi a tutta l'area in oggetto in quanto le variazioni areali sono estremamente ridotte.

Sulla base dei dati ricavati dagli annali idrologici si può affermare, che da un punto di vista esclusivamente termico, la nostra area rientra nel dominio del “clima temperato mediterraneo”.

L'analisi dei dati mostra che nei mesi più caldi (Luglio e Agosto) le temperature medie massime rilevate in un periodo di misura di 20 anni (riportato in tabella 1) è pari a 29,1 °C e 30,1 °C e si raggiungono temperature massime di circa 37,6 °C (1994); invece, nel mese più freddo (Gennaio) la temperatura media minima è pari a 7,6 °C ed i valori minimi si attestano intorno allo zero (1 °C – Gennaio 1995). La temperatura media annua dell'intero territorio in esame, prendendo in considerazione il ventennio 1983-2002, è pari a 18,2 °C.

Mese Anno	Gen. C°	Feb. C°	Mar. C°	Apr. C°	Mag. C°	Giu. C°	Lug. C°	Ago. C°	Sett. C°	Ott. C°	Nov. C°	Dic. C°	Media annua
1983	10,4	9,9	12	15,8	19	22,3	27,5	25,7	22,9	19	15,7	11	17,6
1984	10,8	9,8	10,9	13,3	18,9	21,4	-	24,9	22,1	18,9	17,1	12,2	15,03
1985	10	12,1	11,8	15,5	19,6	23	26,5	25,8	23,5	19,3	16,3	13,3	18,05
1986	10,3	10,9	12,8	15,3	19,9	22,1	25	27,6	23,9	20,7	15,1	11	17,9
1987	10,6	11,5	10,1	14,7	17	23	27,7	28,9	27,1	22,9	15,7	13,7	18,6
1988	13,2	11,2	12,4	12,2	21	23,9	29,1	27,8	23,2	21,2	14,8	10,9	18,4
1989	10,4	11,3	14,5	16,4	18,3	22,5	26,1	27	23,7	18,2	17,6	14,9	18,4
1990	11,8	13,1	13,8	15,6	19,6	24,7	26,5	26,2	25,4	23,4	15,8	11,2	18,9
1991	11,4	10,9	15,6	13,9	16,7	22,9	26,6	27,2	25	20,3	14,8	10,3	18
1992	10,8	10,8	13,5	15,6	19,4	22,5	25,7	28,4	24,3	21	16,3	12,7	18,4
1993	10	9,5	11,3	15,2	20,6	25	26,6	29	24,3	21,4	15,1	11,7	18,3
1994	11	11,3	13,9	11,4	22,2	24	27,5	30,1	26,2	21,3	16,4	13	19
1995	9,6	12,2	11,1	14,1	21,7	24,6	27,5	27	23,5	19,2	14,8	14,4	18,3
1996	13,1	11,2	12,6	15,5	21	23,5	25,9	27,3	21,5	18	16,2	13,4	18,3
1997	13	11,7	12,1	13,2	21,2	26,4	26,9	27,2	24,2	20,1	15,5	12,4	18,7
1998	11,3	11,9	11,5	16,5	19,4	25,6	26,4	25,7	22,8	18,8	13	10,2	17,8
1999	11	9	12,7	15,7	22,5	26,3	26,9	29,9	26	22,6	16,4	12,8	19,3
2000	9,8	11,2	14,3	17,2	23,3	25,7	28,9	28	23,8	18	14,5	11,7	18,9
2001	10,6	9,6	14,1	13,8	19,5	22,7	26,1	26	21,3	20,2	13,7	8,6	17,2
2002	7,6	10,9	13	14,4	18,2	23,2	25,4	24,8	20,9	17,8	15,1	10,6	16,8
Media mensile * 20 anni	10,8	11	12,7	14,8	19,95	23,8	26,8	27,2	23,9	20,1	15,5	12	18,2

Tab. 1 – Media delle temperature diurne



temperature minime



temperature massime

Pluviometria

Per lo studio delle condizioni pluviometriche dell'area interessata, si è tenuto conto dei dati registrati nella stazione pluviometrica di Trapani secondo i periodi riportati nella premessa. Sulla base di questi dati sono stati ricavati i valori medi delle precipitazioni mensili, stagionali ed annuali.

Precipitazioni medie mensili

I valori delle precipitazioni medie mensili e del numero dei giorni piovosi relativi alla stazione pluviometrica, vengono riportati nella tabella che segue:

Mese Anno	Gen. mm.	Feb. mm.	Mar. mm.	Apr. mm.	Mag. mm.	Giu. mm.	Lug. mm.	Ago. mm.	Sett. mm.	Ott. mm.	Nov. mm.	Dic. mm.	Tot. mm.
1983	26	49	98	2,6	19,8	0,4	0	30,2	40,8	114,4	58,6	113,6	554
1984	27,4	89,2	95,4	17	12,8	3,6	0	3,4	92,6	41,2	53,2	66,2	502
1985	118,6	59,8	149,2	52,2	27,4	1,2	0	0	57,2	50,8	71,8	9,4	597,6
1986	78,8	107,6	87,2	34,2	5,8	1,6	13,4	0,2	4,4	160,6	70,2	92,2	656,2
1987	63,6	88,6	39,6	19,8	41,8	2,6	2	0	1	41	109,2	37,8	447
1988	58,2	37,4	48	36,8	4,8	6,2	0	0	79,8	27,8	66,8	44,2	410
1989	22	15,2	17,4	87,6	20,2	1,6	0,6	0	73,8	50,8	60	37,2	386,4
1990	54,2	14,6	16,4	76,4	21	0,6	2,4	14,4	44	65,8	28,4	119,8	458,4
1991	36	77,2	26,2	46,4	10,6	5	0	0,8	45,2	82,6	64,4	52,2	446,6
1992	146,4	9,4	23,6	93,8	62,4	10,6	20,6	3,6	38	31,8	68,4	117,4	626
1993	20,4	34,8	59	32,8	37,4	0	0	12,2	64,4	128,6	71,2	52	512,8
1994	96	86,8	1	33,4	3,4	8,4	0,4	0	7	86,6	40,8	119,6	483,4
1995	85,4	3,6	55,8	75,6	12,2	0,2	0	24,6	98,2	0,4	90,2	30,2	476,4
1996	96,2	103,8	163,6	46,8	39,2	31	0	25,4	55,2	145,6	56,2	134,6	897,6
1997	74,6	38	29	66,2	4,2	2,4	0	65,2	117,4	125,6	133,6	183,4	839,6
1998	70,2	71,2	50,6	24,8	20,8	0,2	0	17,2	40,8	103	65,6	111,4	576,8
1999	84	56,4	38,2	19	6,8	0	10,8	0,4	15,2	13,6	177,8	117	539,2
2000	41,4	59,8	13,6	58,2	23,6	8,6	0	3	47,8	56,8	73,4	100,4	486,6
2001	136,8	102,2	14,8	29,8	51	0	0	1,4	37,2	7	84,2	52	516,4
2002	41,8	29,2	2,2	26,8	47,8	6,4	4,4	27,2	30,6	69,6	116,2	135,4	573,6
Media mensile * 20 anni	68,9	56,7	51,44	44,01	23,65	4,53	2,73	11,46	49,53	70,18	78,01	86,3	549,33

Tab. 2 – Precipitazioni medie mensili



precipitazioni medie massime

I valori medi massimi si registrano nei mesi di Novembre, Dicembre, Gennaio e Marzo con valori medi intorno a 155 mm ed oscillazioni mensili comprese tra 98,2 e 183,4 mm. mentre i minimi medi si registrano nei mesi di Giugno, Luglio e Agosto con assenza di pioggia.

Precipitazioni medie stagionali

Per lo studio delle precipitazioni stagionali si sono considerati invernali i mesi di Dicembre, Gennaio, e Febbraio, primaverili i mesi di Marzo, Aprile e Maggio, estivi quelli di Giugno, Luglio e Agosto, ed infine autunnali quelli di Settembre, Ottobre e Novembre.

	inverno	primavera	estate	autunno	totale
media decennale	70,63	39,7	6,24	65,9	549,33

L'esame di tali dati stagionali rileva che la stagione più piovosa è l'inverno con 70,63 mm. e quella meno piovosa è l'estate con precipitazioni quasi assenti.

Precipitazioni medie annue

In base ai dati riportati nella tabella 2 si può affermare che l'altezza media annua delle piogge sull'intera area è di circa 550 mm.

Questo parametro è molto utile quando si eseguono dei calcoli idrologico perché consente, attraverso un bilancio, di stimare le quantità di acqua che si infiltrano nel sottosuolo o ruscellano in superficie.

Precipitazioni solide

Anche le precipitazioni solide, quali la neve e la grandine, sono importanti per i riflessi che possono avere oltre che da un punto di vista climatologico, soprattutto, per quel che riguarda i regimi dei corsi d'acqua. Infatti le precipitazioni solide dopo un periodo più o meno lungo di permanenza al suolo, si trasformano in acqua e partecipano al ciclo idrogeologico.

Tuttavia si rileva che le condizioni climatiche del bacino considerato sono tali da porre le precipitazioni solide in scarsissimo rilievo. Ciò deriva dal fatto che le precipitazioni solide sono degli eventi occasionali e quando presenti permangono sulla superficie sotto forma solida per poche ore e dopo si trasformano in acqua ruscellando verso valle.

Regime pluviometrico

Sulla base di queste caratteristiche il regime pluviometrico dei nostri bacini può essere definito "Pluviale di tipo Mediterraneo".

Regime climatico

Il clima è di tipo temperato-mediterraneo caratterizzato da precipitazioni concentrate per lo più nel periodo autunnale ed invernale e quasi assenti nel resto dell'anno.

Regime Anemologico

La posizione della Sicilia al centro di una vasta zona marittima come il Mar Mediterraneo rende questo territorio frequentemente soggetto a regimi alternati di tipo ciclonico e anticiclonico particolarmente pronunciati (REGIONE SICILIA, 2018). I venti predominanti che interessano il territorio siciliano sono il Maestrale e lo Scirocco, ma frequente è anche il Libeccio in primavera e in autunno e la Tramontana in inverno. Lo Scirocco, più frequente nel semestre caldo, causa improvvisi riscaldamenti; infatti mentre in inverno accompagna il transito di vortici di bassa pressione con temperature molto miti ma anche abbondanti piogge, in estate è causa di grandi ondate di caldo con cieli spesso arrossati dalla presenza di pulviscolo proveniente dai deserti Nord Africani. I venti Settentrionali sono invece causa di intense piogge sui versanti Nord ed Est dell'Isola specialmente in Inverno, quando le fredde correnti provenienti dal Nord Atlantico o anche dalla Russia, interagiscono con le acque tiepide del Tirreno Meridionale e dello Ionio, causando la formazione di attive celle temporalesche responsabili delle precipitazioni dei mesi invernali. Nelle mappe della Figura che segue sono rappresentati la direzione dominante e la velocità media del vento suddivisi in 4 periodi dell'anno per il 2012. Da tali mappe emerge che, in corrispondenza della Centrale di Trapani (in rosso sulle mappe):

- ✓ tra Ottobre e Marzo i venti risultano variabili e di minore intensità e in particolare:
 - tra Gennaio e Marzo prevale il contributo dei venti costieri da Ovest, Nord-Ovest, che poi sembrano virare e risalire verso Nord,
 - tra Ottobre e Dicembre sembrano scontrarsi i venti provenienti da Nord-Ovest con quelli provenienti da Sud-Est;
- ✓ tra Aprile e Settembre risultano prevalenti e di maggiore intensità i venti da Sud e in particolare:
 - tra Sud e Sud-Ovest il primo trimestre,
 - tra Sud e Sud-Est il secondo

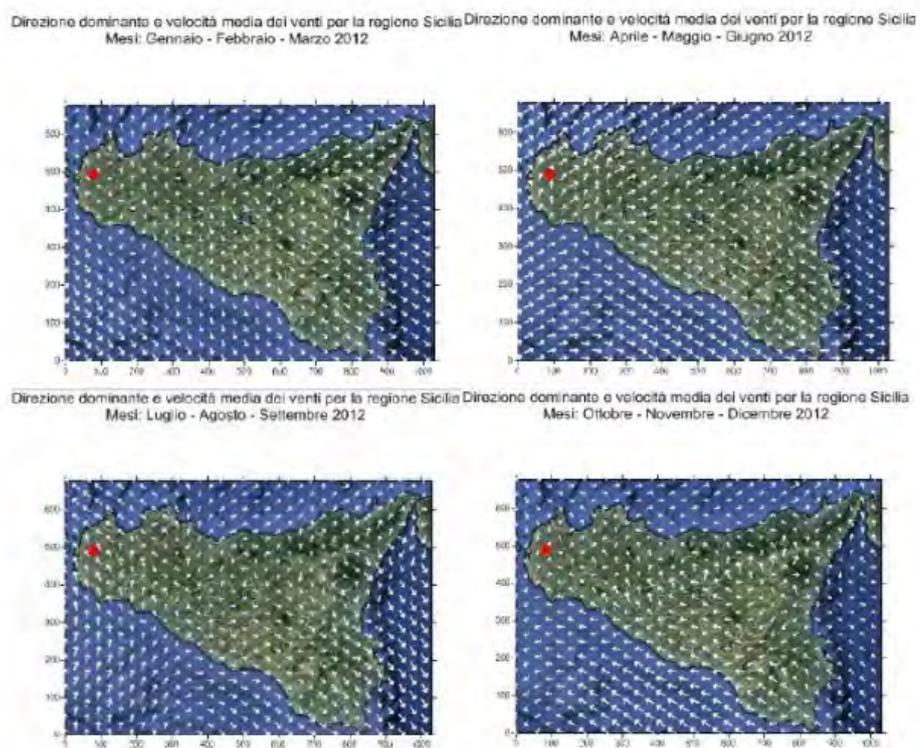


Figura 11: Direzione Dominante e Velocità Media dei Venti (Anno 2012) (REGIONE SICILIA, 2018)

Permeabilità e porosità

Una delle caratteristiche principali per una accurata indagine idrologica, soprattutto per ciò che concerne la penetrazione, il ruscellamento, la circolazione e la distribuzione delle acque in superficie e nel sottosuolo, è rappresentata da alcune caratteristiche peculiari dei litotipi presenti all'interno del bacino considerato e degli affioramenti.

A tal fine sono state analizzate alcune caratteristiche fisiche delle rocce presenti nel bacino: la *porosità* e la *permeabilità*.

La porosità è quella caratteristica per la quale le rocce possono contenere spazi vuoti. L'origine di questi spazi vuoti, i meati, può essere primaria o secondaria, a seconda che gli interstizi si siano generati durante o dopo i processi litogenetici.

I meati di origine primaria essendosi creati durante la formazione della roccia stessa fanno parte della struttura e della tessitura della roccia.

I meati di origine secondaria, invece, essendosi creati dopo la formazione della stessa roccia, sono dovuti a fessurazioni, fratturazione, dissoluzione chimica ecc.

La permeabilità, invece, è la capacità che la roccia ha di lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa, quindi, dipende dalla porosità della roccia, ma soprattutto dai reciproci rapporti che i meati hanno all'interno della stessa: meati isolati o intercomunicanti tra loro.

Nel primo caso si hanno rocce impermeabili; nel secondo caso, se i pori raggiungono e superano le dimensioni in cui si manifestano esclusivamente fenomeni di capillarità, si hanno rocce permeabili.

All'interno della nostra area vi sono principalmente due termini che presentano una estrema diversità sia nella porosità che nella permeabilità secondo la seguente tabella (Tab. 3).

TIPO	POROSITÀ						PERMEABILITÀ								
	primaria			secondaria			Tipo			grado				Evoluz.	
GRADO	B	M	A	B	M	A	P	F	C	IM	SP	MP	AP	CR	DR
<i>Limi sabbiosi con ciottoli</i>		*					*				*	*			
<i>argille</i>			*				*			*					

Tab. 3

In questa tabella sono stati riportati:

GRADO DI POROSITÀ (primaria o secondaria) EVOLUZIONE NEL TEMPO

(A): ALTO per $n > 15\%$

(CR): PERMEAB. CRESCENTE

(M): MEDIO per $5 < n < 15\%$

(DC): PERMEAB. DECRESCENTE

(B): BASSO per $n < 5\%$

TIPO DI PERMEABILITÀ

GRADO DI PERMEABILITÀ

(P): POROSITÀ

(IM): IMPERMEABILE

(F): FESSURAZIONE

(SP): SCARSAMENTE PERMEABILE

(C): CARSISMO

(MP): MEDIAMENTE PERMEABILE

(AP): ALTAMENTE PERMEABILE

In base a questi presupposti si è proceduto ad una classificazione idrogeologica delle rocce presenti nel comprensorio distinguendoli in:

ROCCE PERMEABILI PER POROSITÀ' (Limi sabbiosi con ciottoli)

I limi sabbiosi con ciottoli di prevalente naturale alluvionale affioranti nelle aree di progetto hanno caratteristiche di permeabilità dovute, soprattutto, alla presenza di sabbie e ciottoli che tendono

ad aumentare la bassa permeabilità dei limi portandola talora a valori tali da renderla mediamente permeabile.

ROCCE IMPERMEABILI (argille)

Le argille hanno da un lato una alta porosità primaria, dall'altro un comportamento praticamente impermeabile. Questo è dovuto al fatto che i pori presentano una dimensione così piccola da non favorire, in condizioni di pressione normale, l'infiltrazione delle acque. Ciò vuol dire che le argille non presentano una "porosità utile" tale, cioè, da permettere ai pori di superare i diametri della capillarità.

Analisi dei vincoli

Sul sito web ufficiale Geoportale cartografico della Regione Siciliana (<http://www.sitr.regione.sicilia.it/geoportale>) sono stati esaminati, per l'area in studio comprensiva dei campi e del tracciato del cavidotto fino alla sottostazione, i seguenti tematismi, di cui si riportano gli screen-shot visualizzati a video:

1. Carta Natura 50.000 – Carta Habitat

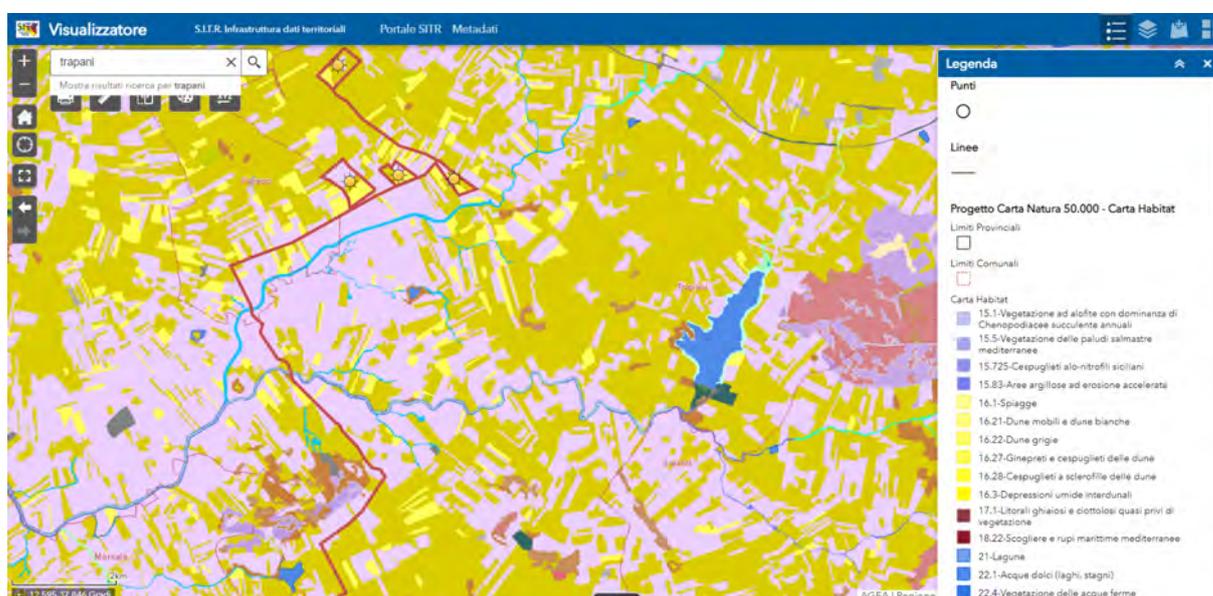


Fig. 12 – carta habitat

Gli habitat prevalenti del territorio sono i seguenti:

- 83.21-Vigneti
- 82.3-Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli complessi

2. Carta desertificazione

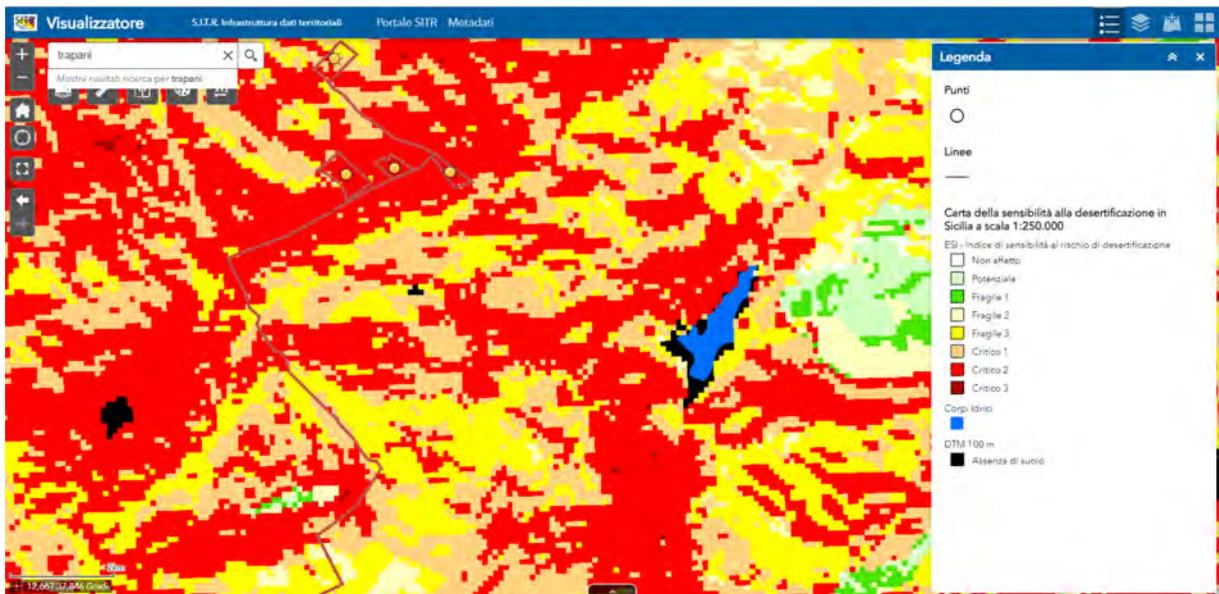


Fig. 13 – desertificazione

Nel sito strettamente interessato dal progetto l'indice di sensibilità alla desertificazione va da:

- Fragile 2
- Fragile 3
- Critico 1
- Critico 2

3. Piano Paesistico PP Trapani AMBITO 2 e 3

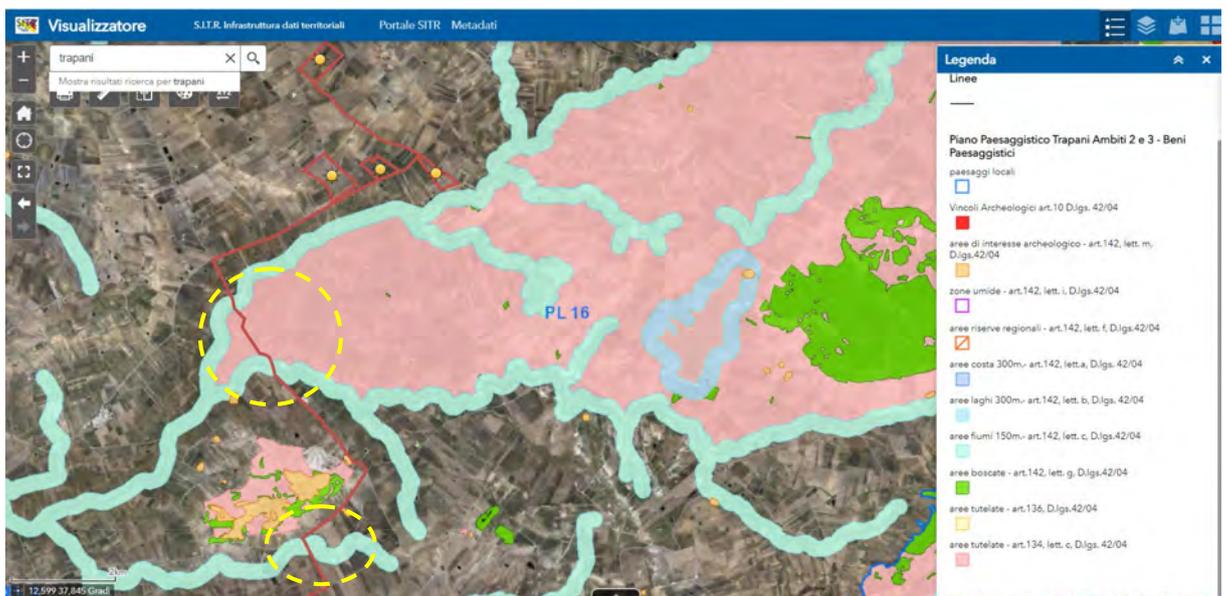


Fig. 14 – PP Trapani Ambito 2-3 - Beni paesaggistici

Alcuni tratti di cavidotto interessano **aree fiumi 150 m.- art.142, lett. c, D.lgs.42/04** e **aree tutelate - art.134, lett. c, D.lgs. 42/04** (cerchi gialli).



Fig. 15 – PP Trapani Ambito 2-3 - - Regimi normativi

Alcuni tratti di cavidotto interessano **fasce a livello tutela 1 e 2** (cerchi gialli).

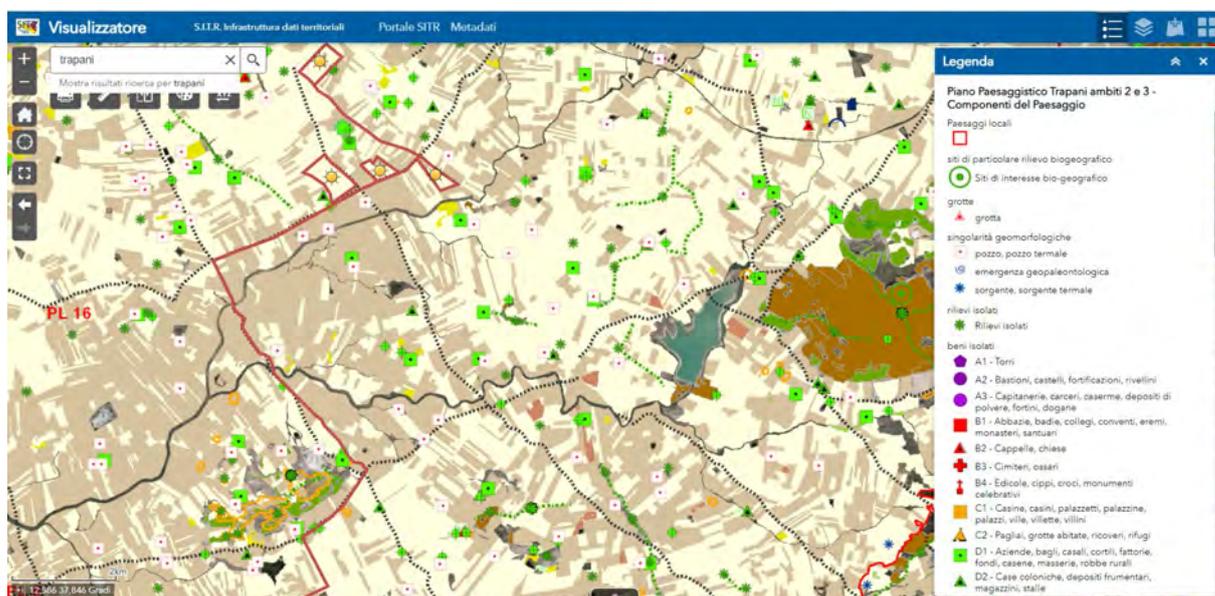


Fig. 16 – PP Trapani Ambito 2-3 - Componenti del paesaggio

L'area appartiene al seguente paesaggio: **PL 16 Marzancotta**

Con riferimento ai vincoli, si specifica tuttavia che:

I vincoli paesaggisti territoriali esistono ma non sono in questo caso cogenti perché i cavidotti si sviluppano interamente, al di fuori di piccoli tratti in prossimità dei

campi, interamente su strade pubbliche esistenti e questo permette di superare i numerosi vincoli paesaggistici secondo la corrente letteratura e i numerosi esempi analoghi di precedenti casi riportati in tutta Italia. Infatti gli scavi e i ricolmamenti per il posizionamento dei cavidotti, che ribadiamo sempre su strade esistenti, non influiscono in alcun modo sul territorio circostante.

Inoltre, l'attraversamento dei corsi d'acqua avverrà con la tecnica della Trivellazione teleguidata (TOC), tale tecnica è utilizzata per realizzare gli attraversamenti del cavidotto di corpi idrici aventi una certa larghezza. La TOC consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante una trivellazione eseguita da una apposita macchina la quale permette di controllare l'andamento piano-altimetrico per mezzo di un radio-controllo. Questa tecnica garantisce la tutela del paesaggio idraulico e azzerà il disturbo naturalistico delle aree attraversate.

4. Carte PAI (Piano Assetto idrogeologico):

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/'89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/'98, convertito con modificazioni dalla L. 267/'98, dall'art. 1 bis del D.L. 279/2000, e dalla L. 365/2000, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico - operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Nell'attuale quadro della pianificazione regionale il P.A.I. è uno dei principali strumenti di tipo conoscitivo e normativo che ha valore di piano territoriale di settore di cui tutti gli altri piani di livello regionale e sub - regionale devono tenere adeguatamente conto, in particolare nella redazione degli strumenti urbanistici.

Tale strumento di pianificazione settoriale tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo e la naturale evoluzione geomorfologica del territorio, nel quadro di una politica di governo rispettosa delle condizioni ambientali. Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- la funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- la funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo;
- la funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio.

L'intera area in studio occupata dagli aerogeneratori, dai cavidotti e dalla sottostazione elettrica ricade nel seguente bacino idrografico:

- Bacino Idrografico del Fiume Birgi (051) - Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino Idrografico del Fiume Lenzi Baiata (050) tavolette 605080 (in cui ricadono tutti campi 1-2-3-4) – 606050 (in cui ricade un piccolissimo lembo del campo 2) – 605120 - 605160.

Le tavole esaminate sono le seguenti disponibili:

- 10D_605080 carta dei dissesti n. 10
- 11D_606050 carta dei dissesti n. 11
- 15D_605120 carta dei dissesti n.15
- 19D_605160 carta dei dissesti n.19
- IDR_605120 carta delle aree di esondazione per manovre di scarico e ipotetico collasso della diga Rubino n. 15
- P-R_605080 carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n. 10
- P-R_605120 carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n. 11
- P-R_605160 carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n. 15
- P-R_606050 carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n. 19

Sovrapponendo il progetto del parco fotovoltaico sui tematismi PAI geomorfologia e idraulica non risulta nessun dissesto né forma di pericolosità geomorfologica da segnalare in corrispondenza sia dei campi fotovoltaici sia del cavidotto, ad eccezione di un tratto di cavidotto, ancorché interrato, che nella *Carta delle aree di esondazione per manovre di scarico e ipotetico collasso della diga Rubino* è interessato da *manovra di scarico e collasso*.

Come già scritto sopra si ribadisce comunque che i vincoli paesaggisti territoriali esistono ma non sono in questo caso cogenti perché i cavidotti si sviluppano interamente, al di fuori di piccoli tratti in prossimità dei campi, interamente su strade pubbliche esistenti e questo permette di superare i numerosi vincoli paesaggistici secondo la corrente letteratura e i numerosi esempi analoghi di precedenti casi riportati in tutta Italia. Infatti gli scavi e i ricolamenti per il posizionamento dei cavidotti, che ribadiamo sempre su strade esistenti, non influiscono in alcun modo sul territorio circostante.

Per migliore comprensione si rimanda comunque agli elaborati PAI a corredo.

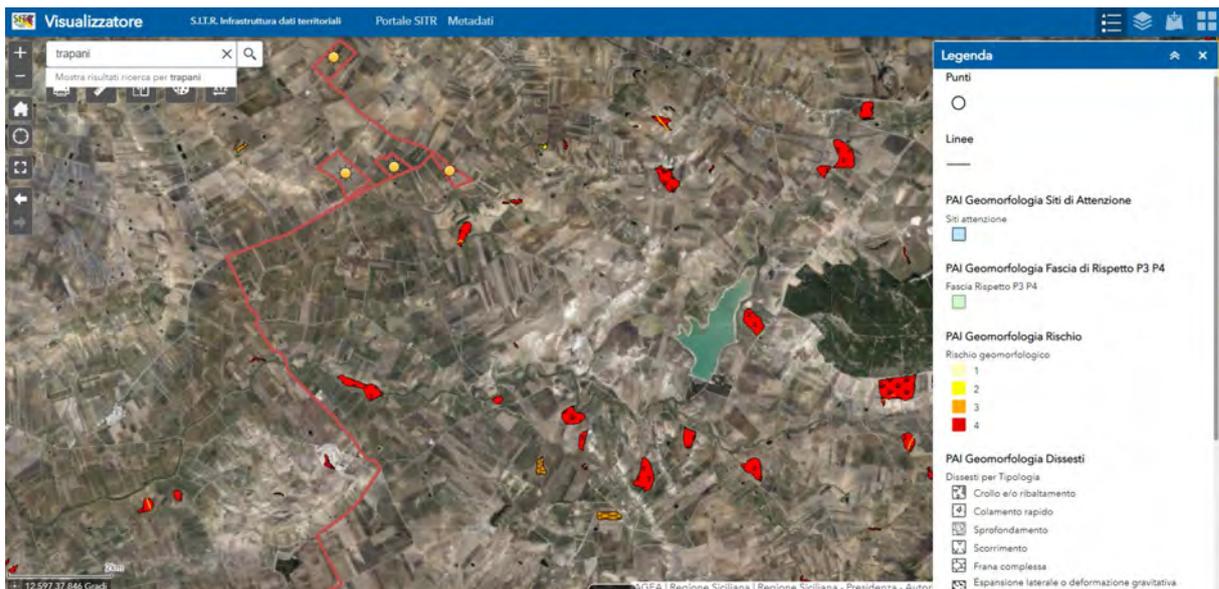


Fig. 17 – PAI - carta geomorfologia dissesti (fonte Geoportale Sicilia)

L'intera area di progetto (cavidotti, campi, sottostazione) è esterna a forme di dissesto.

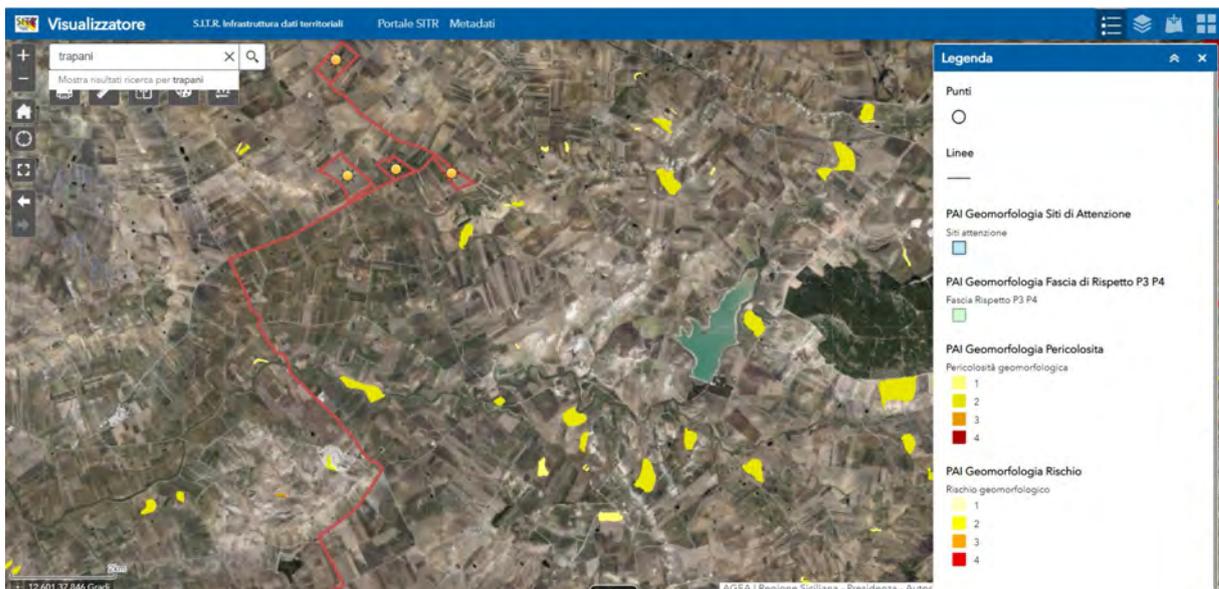


Fig. 18 – PAI carta geomorfologia pericolosità (fonte Geoportale Sicilia)

L'intera area di progetto (cavidotti, campi, sottostazione) è esterna a forme di pericolosità geomorfologica.

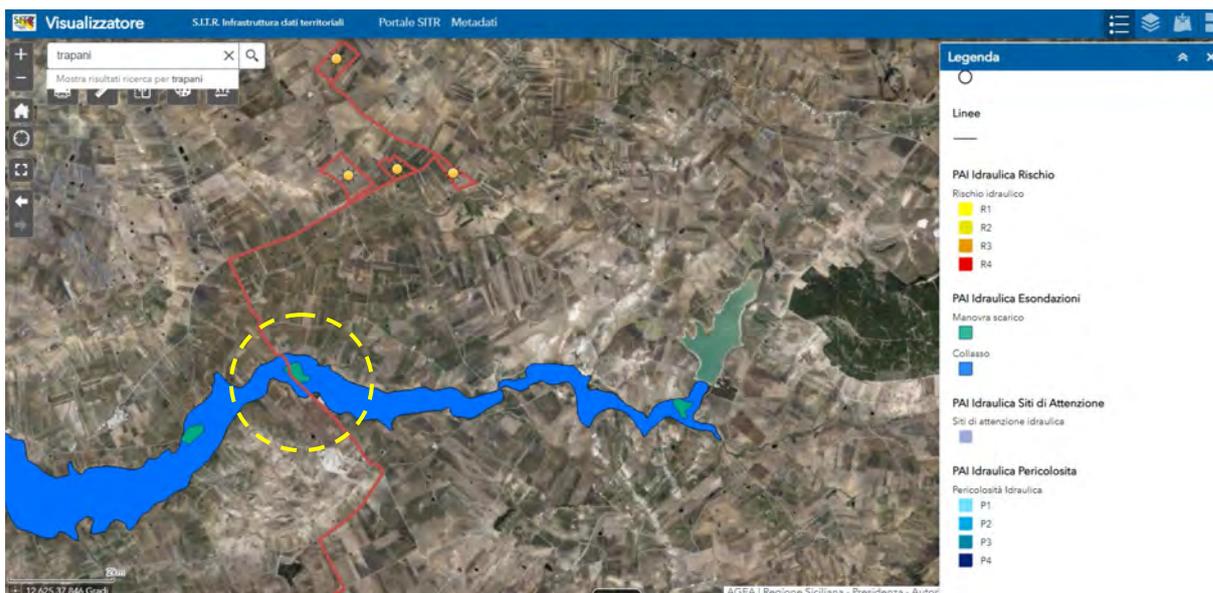


Fig. 19 – PAI carta idraulica (fonte Geoportale Sicilia)

PAI Idraulica Esondazioni

Manovra scarico



Collasso



Un tratto di cavidotto (cerchio giallo) è interessato da:

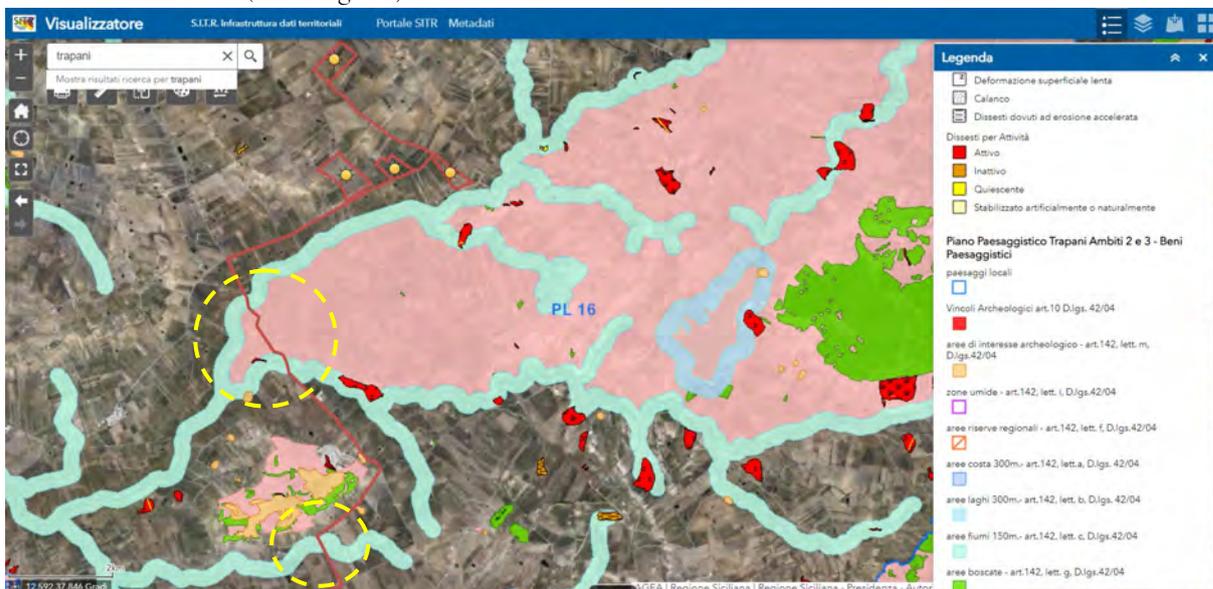


Fig. 20 – Carta idrogeomorfologica

La sovrapposizione dei tematismi dei PAI con quelli del Piano Paesaggistico, che dà luogo alla carta idrogeomorfologica (Fig. 18), conferma l'attraversamento di alcuni tratti del cavidotto in

corrispondenza delle fasce di rispetto legate alla presenza dei fiumi (area buffer 150 m) e di aree tutelate - art.134, lett. c, D.lgs. 42/04 vincolate dal Piano Paesaggistico (cerchi gialli).

5. Carta Habitat secondo natura 2000

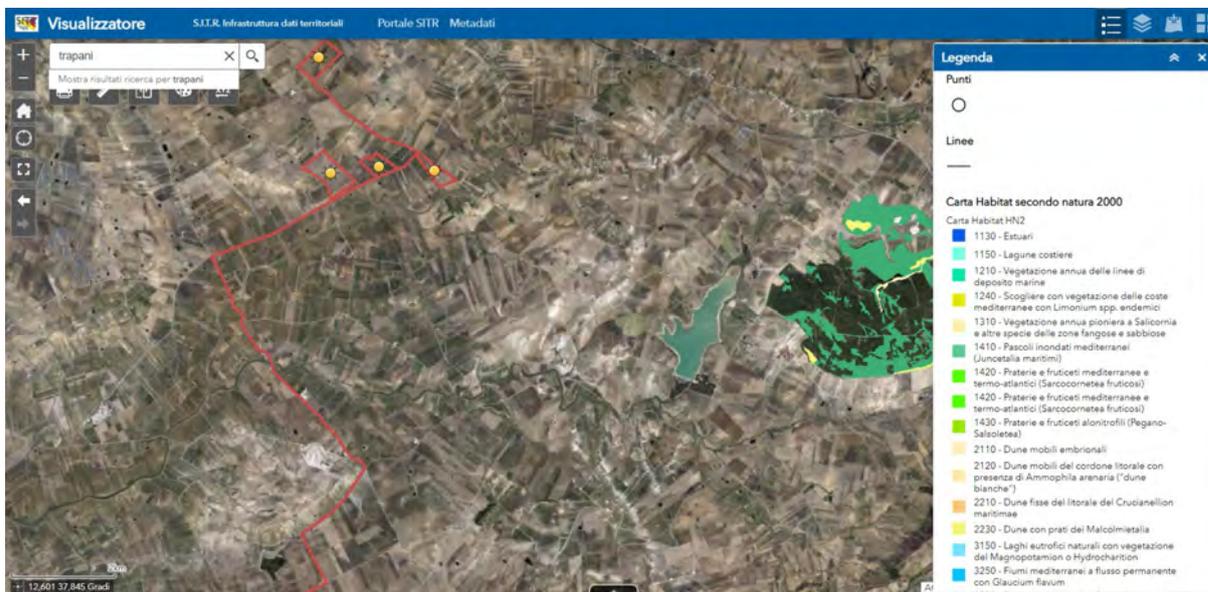


Fig. 21 – Carta Habitat secondo natura 2000

L'intera area di progetto (cavidotti, campi, sottostazione) è esterna a vincoli legati a habitat.

6. Carta habitat uso suolo corine land cover:

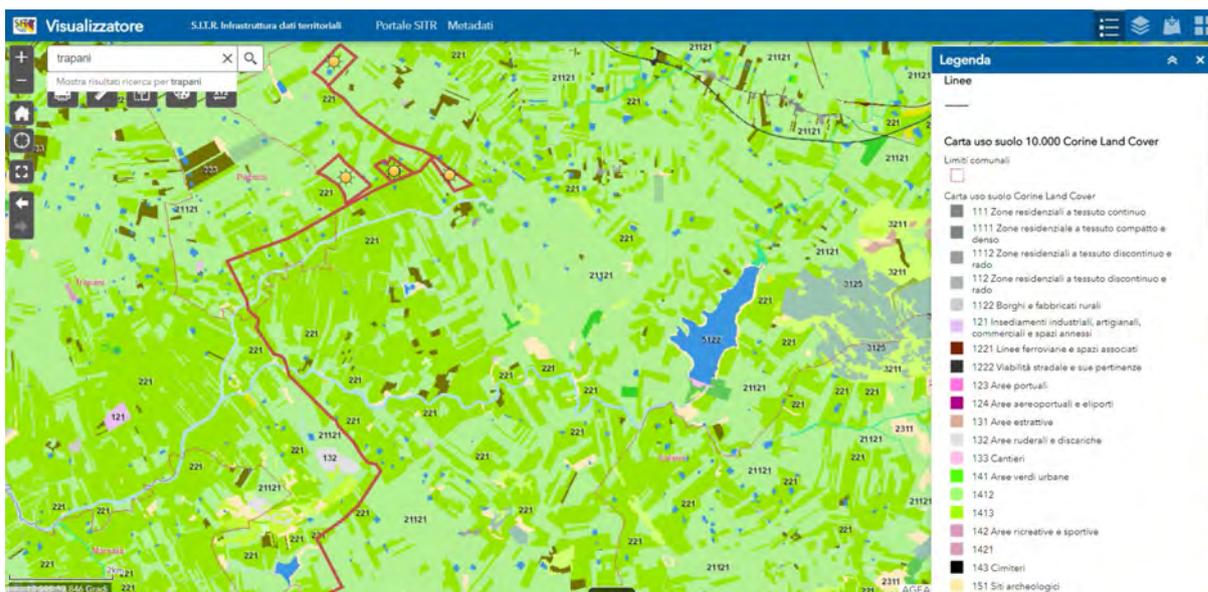


Fig. 22 – habitat uso suolo corine land cover

Nell'area in esame sono presenti prevalentemente i seguenti habitat corine land cover:

21121 Seminativi semplici e colture erbacee estensive
221 Vigneti

7. Carta sensibilità ecologica:

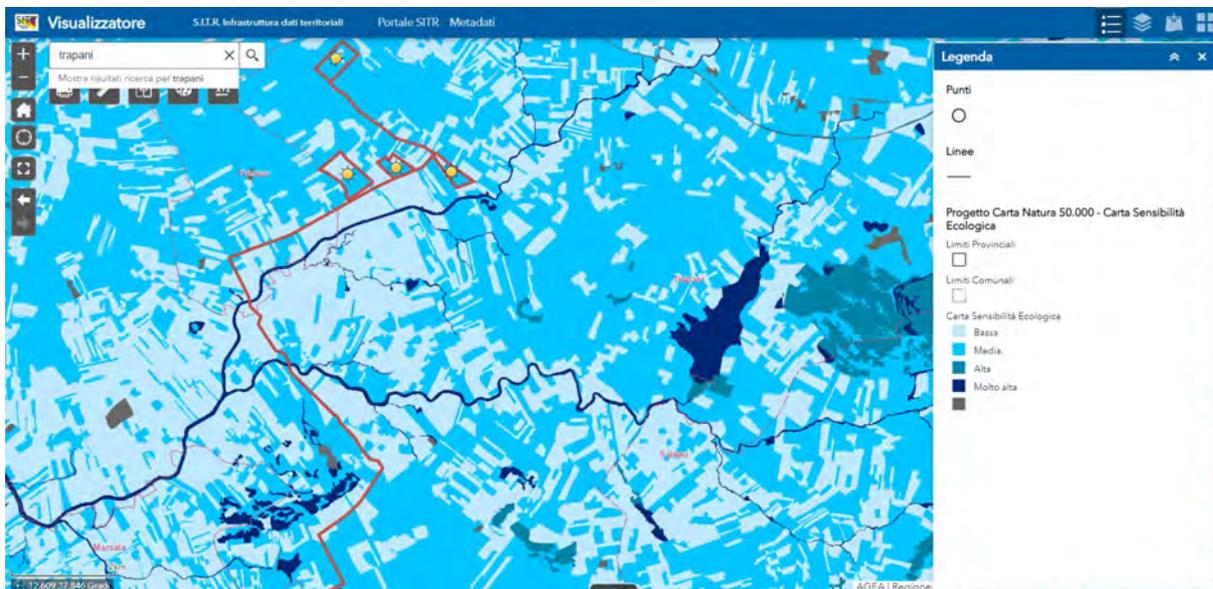


Fig. 23 – sensibilità ecologica

L'area è classificata a *sensibilità ecologica media e bassa*.

8. Carta della pressione antropica

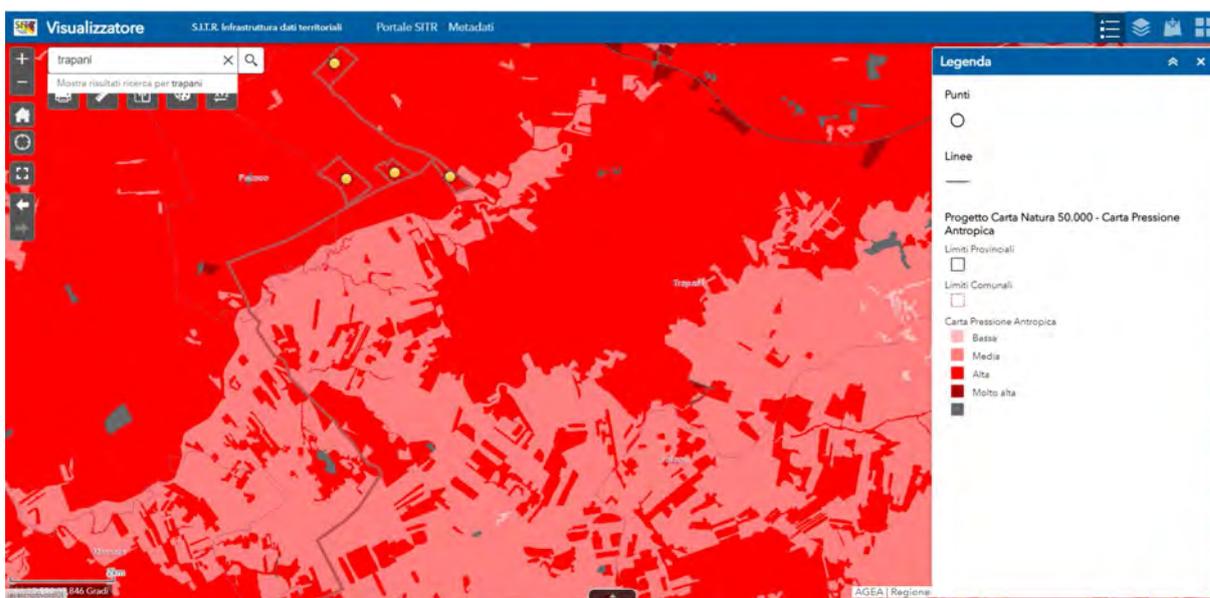


Fig. 24 – pressione antropica

L'area è classificata a *pressione media e alta*.

9. Carta fragilità ambientale

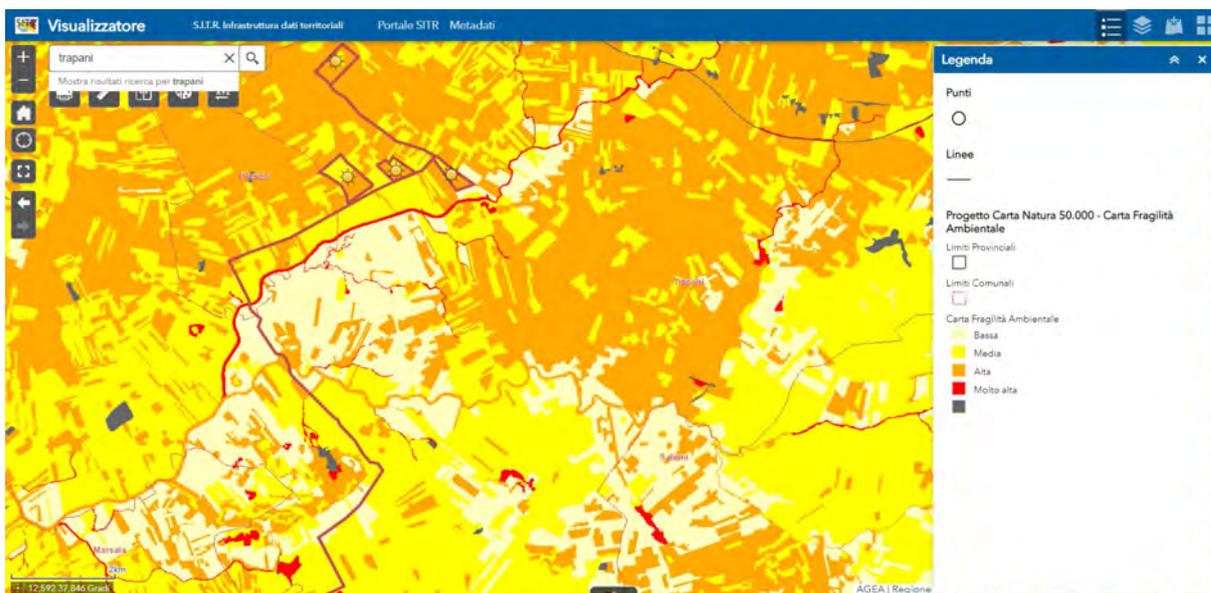


Fig. 25 – fragilità ambientale

L'area è classificata prevalentemente a *fragilità bassa, media e alta*.

10. Carta valore ecologico:

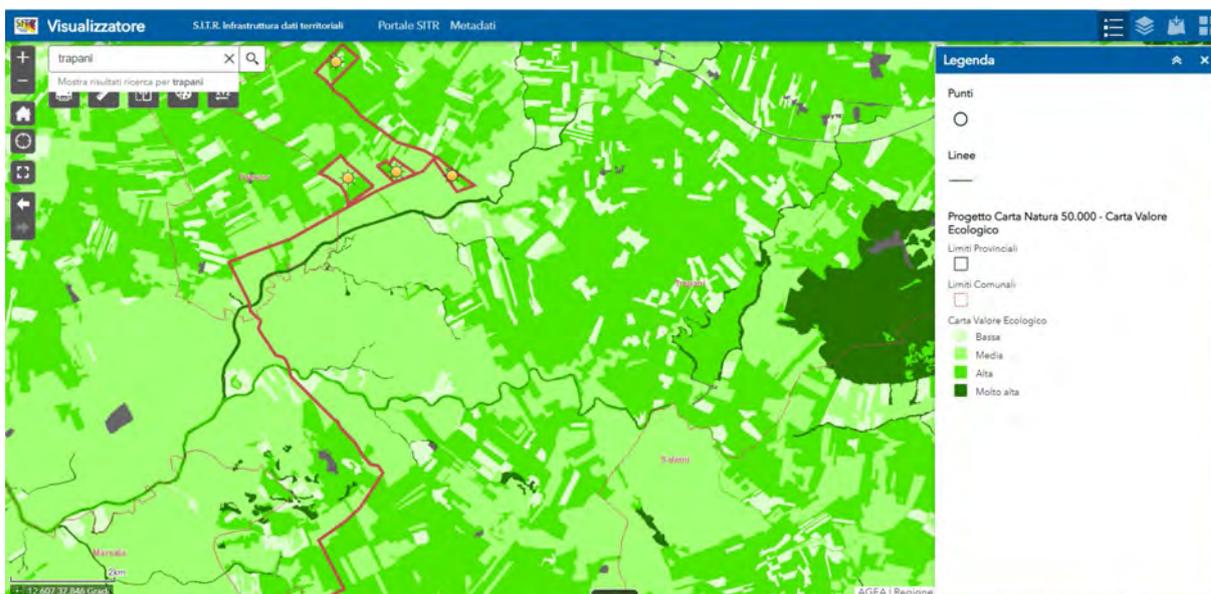


Fig. 26 – valore ecologico

L'area è classificata con *valore ecologico alto e medio*.

11. Vincolo Idrogeologico Legge 30 Dicembre 1923, n. 3267

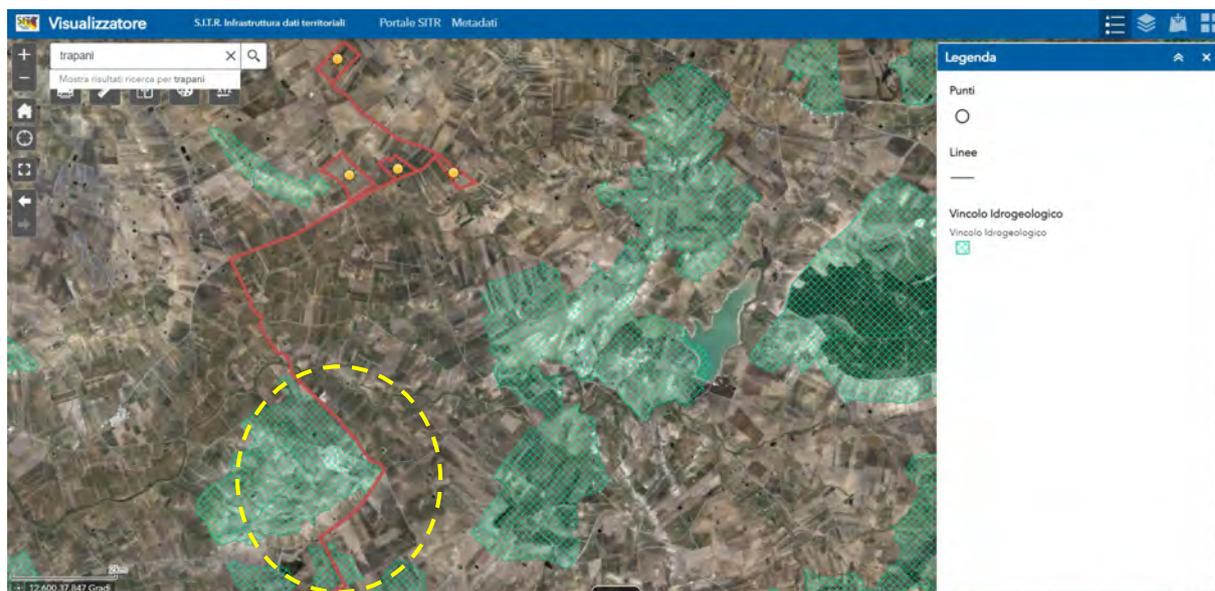


Fig.27 – vincolo idrogeologico

Area completamente priva di vincoli ai sensi del R.D. del 30.12.1923 n. 3267 e del suo regolamento di attuazione R.D. 1126/1926; un tratto di cavidotto verso la sottostazione è radente all'area campita con vincolo idrogeologico o lo attraversa (cerchio giallo).

12. Carta Rete Natura 2000

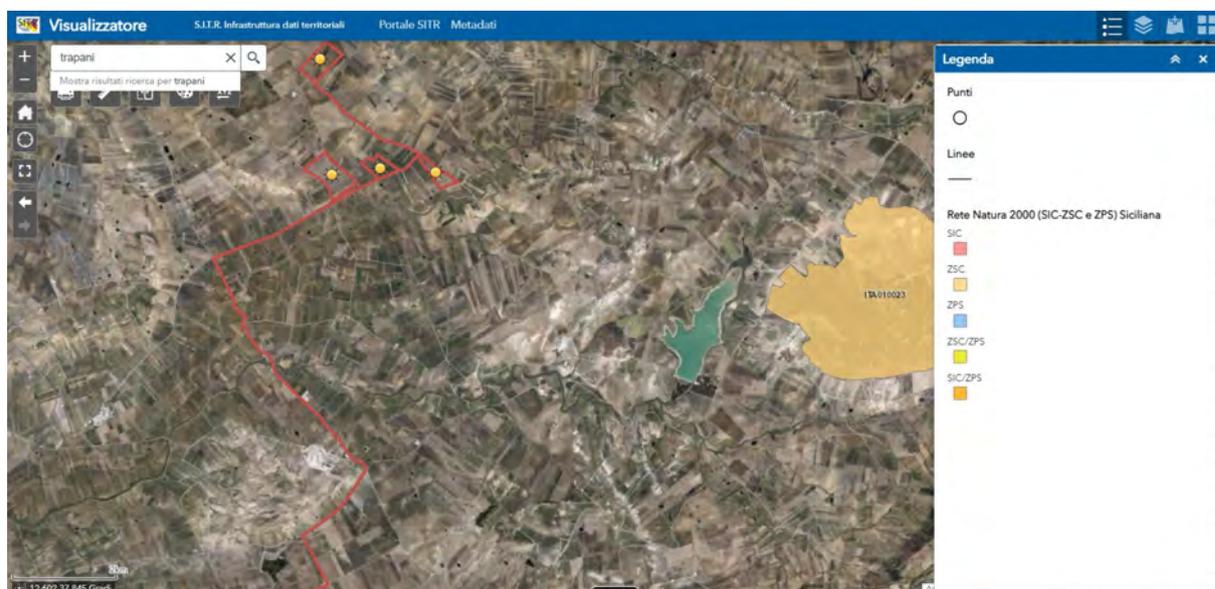


Fig. 28 –Rete Natura 2000

Area priva di vincoli. Il sito SIC più vicino, ITA010023 Montagna Grande di Salemi, dista oltre 6 km dal campo 2.

13. Carta rete ecologica siciliana:

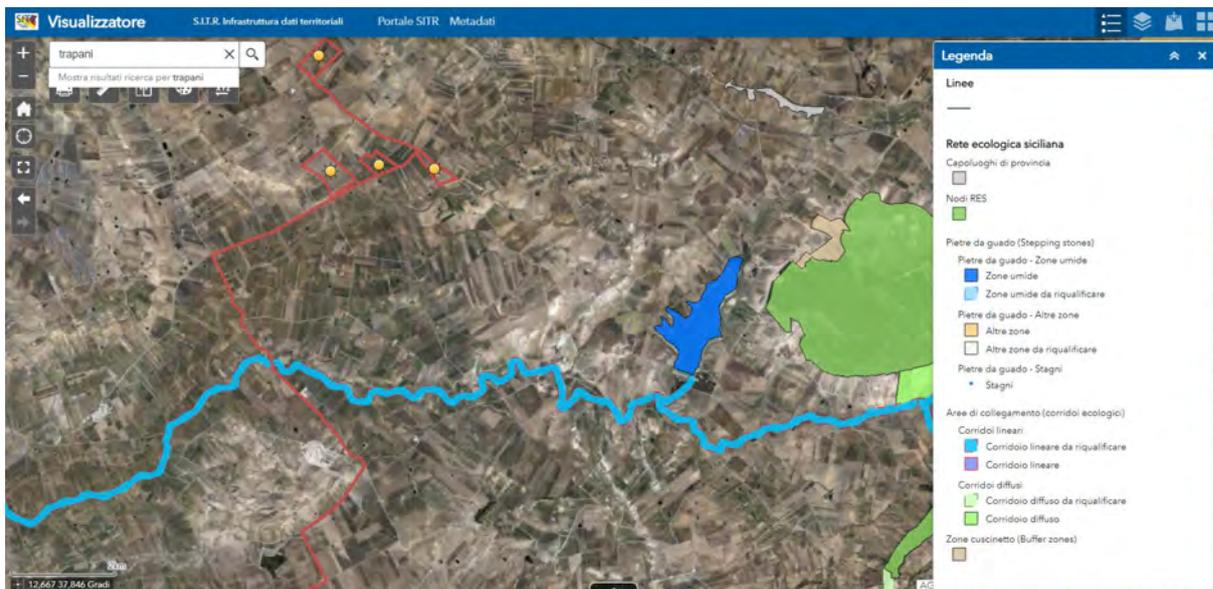


Fig. 29 – RES

Area priva di vincoli. Il campo 2 dista oltre 4,5 km da zone umide.

14. IBA

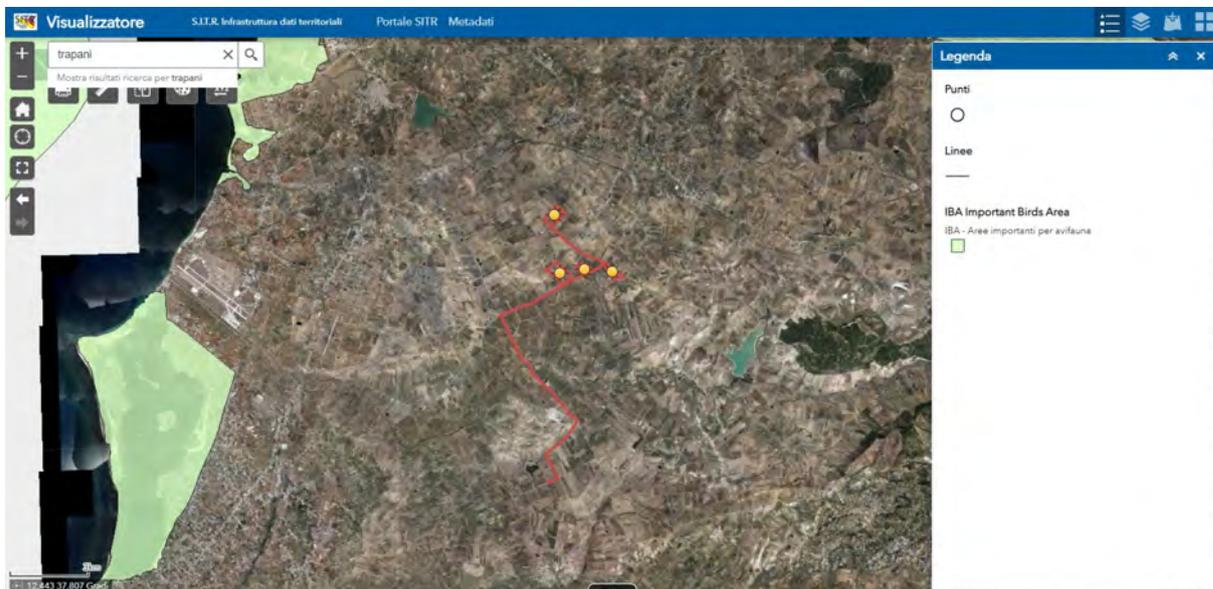


Fig. 30 – IBA

Area priva di vincoli.

15. Carta forestale LR 16_96

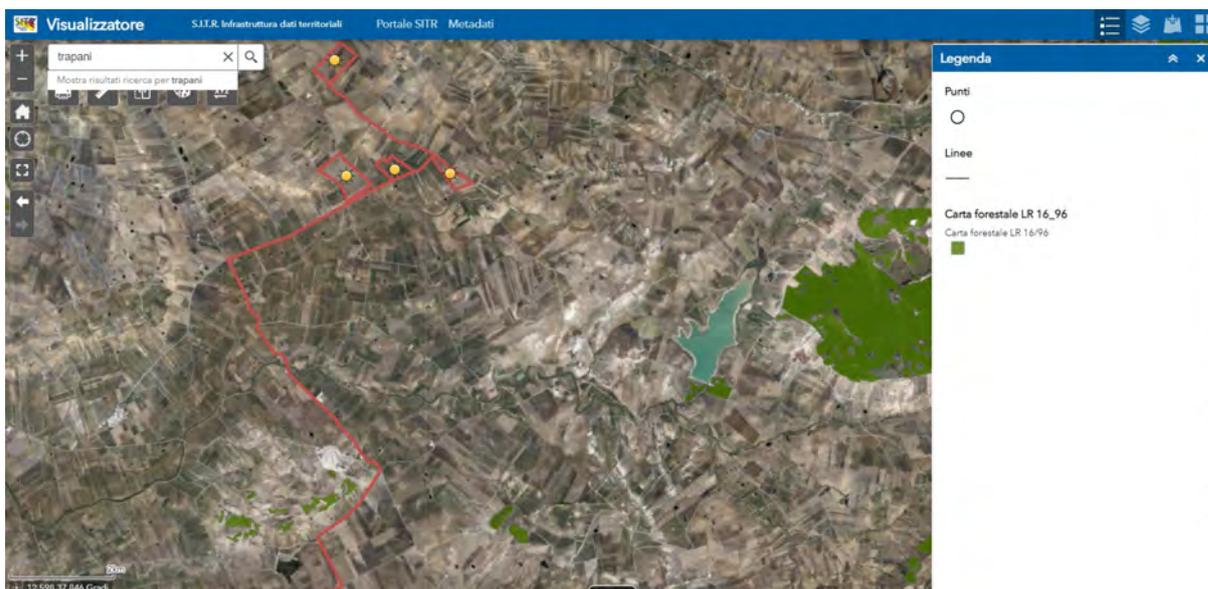


Fig. 31 – Carta Forestale LR 16_96

Area priva di vincoli.

16. Carta forestale D. Lgs. 227/01

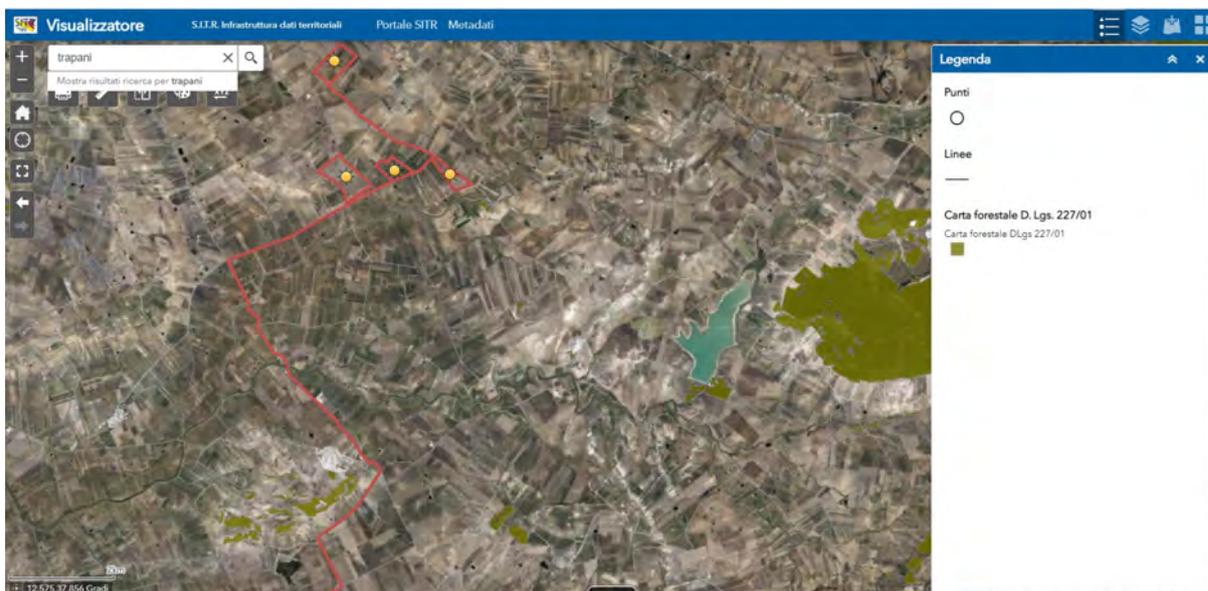


Fig. 32 – Carta Forestale D. Lgs. 227/01

Area priva di vincoli.

17. Carta Catasto cave:

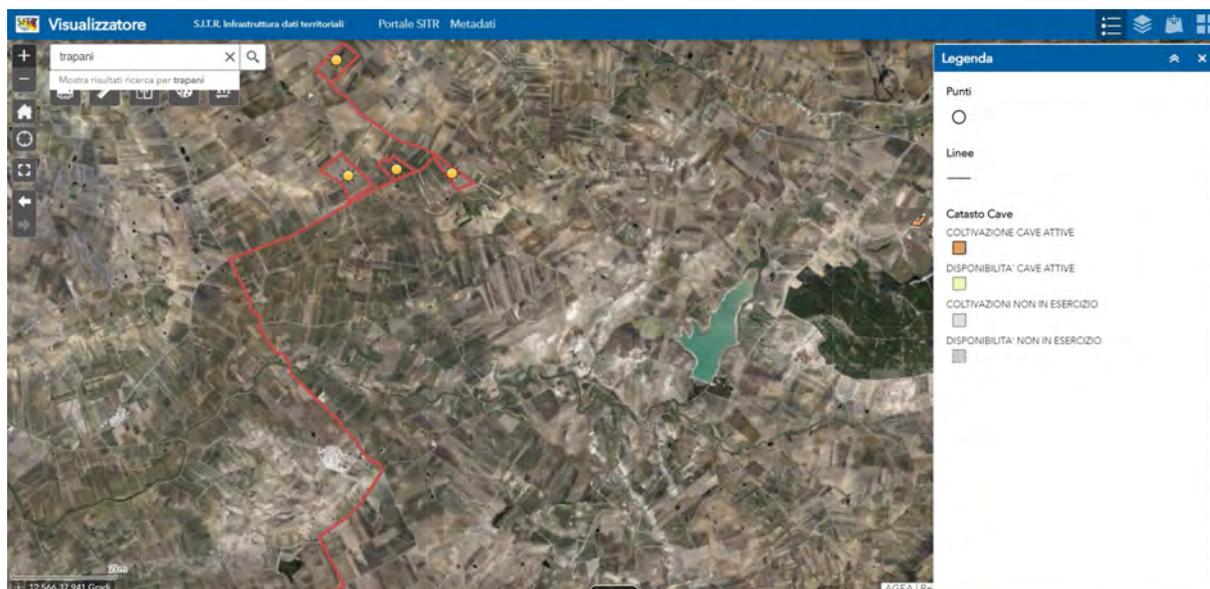


Fig. 33 – Catasto CAVE

La cava più vicina dista dall'area di progetto oltre 8 km.

Lineamenti geomorfologici e analisi dello stato di fatto

L'aspetto del paesaggio, influenzato dalla litologia delle rocce affioranti e dall'assetto strutturale "ereditato", appare abbastanza articolato e contraddistinto da frequenti variazioni dell'acclività così come da specifiche "forme" morfologiche.

Nel complesso la morfologia è condizionata dagli effetti della tettonica, in gran parte responsabili degli alti e dei bassi topografici oltreché dei rapporti giacitureali tra i diversi affioramenti.

Gli agenti morfogenetici attualmente più attivi ed incisivi sono pertanto riconducibili alla gravità ed al deflusso delle acque sia superficiali che vadose, fatto questo avvalorato anche dalla cartografia del PAI che riconosce nel comprensorio i seguenti dissesti geomorfologici: *deformazioni superficiali lente e aree a franosità diffusa*.

Un altro aspetto che testimonia l'attività del versante e la distanza da una fase di maturità dello stesso è l'assenza di un reticolo ordinato e regolare di vie di deflusso per le acque superficiali.

Ciò che colpisce alla vista è l'aridità del paesaggio prevalentemente rurale, brullo e spoglio, per certi versi simile al deserto del farwest, privo di aree industrializzate e residenziali nonché di vegetazione ad alto fusto che lasciano invece il posto a vasti campi coltivati a seminativo e a vigneti (*vigneti e seminativi* sono i paesaggi individuati sulla *carta uso del suolo corine ufficiale*), caseggiati

rurali abbandonati e opifici agricoli. Il paesaggio è arricchito poi sia da parchi eolici sia da pannelli fotovoltaici che in questa porzione di territorio siciliano hanno preso piede.

Risaltano così chiazze del paesaggio color oro, dovute alla presenza di campi sterminati di frumento, e chiazze color verde lussureggiante, che contraddistinguono i vigneti riconosciuti per l'ottimo vino prodotto.

Dal punto di vista morfologico si alternano scenari del paesaggio mammellonari e vallate solcate da incisioni, naturale richiamo di acqua, spesso riconoscibili per la presenza di canneti, formantesi in terreni di natura argillosa caratterizzati da modeste falde nei livelli alluvionali; non sfruttabili dal punto di vista irriguo, che favoriscono solo la piantumazione dei vigneti.

Inoltre la presenza di fessure ovvero beanze nel terreno (mud cracks) conferma l'esistenza di terreni argillosi e che la circolazione idrica superficiale è un aspetto da non sottovalutare perché, soprattutto in assenza di piante e relativi apparati radicali che capterebbero le acque di ruscellamento superficiale e di opere di canalizzazione e convogliamento delle acque, viene favorito il dilavamento delle parti fini di terreno vegetale superficiale con conseguenti avvallamenti e depressioni dei terreni.

Le foto seguenti documentano lo stato dei luoghi:



Fig. 34 – paesaggio del luogo con campi di frumento color biondo oro; sullo sfondo campo eolico



Fig. 35 – campi di frumento in primo piano; sullo sfondo campo eolico



Fig. 36 – campi di frumento in primo piano; sullo sfondo campo eolico



Fig. 37 – campi di frumento e vigneti in primo piano



Fig. 38 – paesaggio rurale con campi di frumento color biondo oro



Fig. 39 – paesaggio rurale con campi di frumento color biondo oro; sullo sfondo campo eolico



Fig. 40 – paesaggio rurale a vigneti verdeggianti



Fig. 41 – canneti all'interno di incisioni torrentizie



Fig. 42 – canneti all'interno di incisioni torrentizie



Fig. 43 – *mud crack* nei terreni argillosi affioranti



Fig. 44 – cantieri esistenti

Indagini eseguite

In esecuzione di un piano di indagini geofisiche predisposto in fase di offerta per questa fase di studio ed approvato dalla ditta committente sono stati eseguiti i seguenti lavori geognostici:

- Esecuzione di N. 4 sismiche col metodo a rifrazione (TSn)
- Esecuzione di N. 4 indagini di sismica - Masw Attiva (MASWn)
- Esecuzione di N. 2 indagini di sismica passiva – HVSr (HVSrN)

Si specifica che il programma delle indagini indirette è stato ottimizzato sia in relazione all'accesso ai luoghi e alla morfologia presente sia al progetto.

In linea generale le indagini sono state condotte in corrispondenza di ognuno dei quattro campi in progetto (TS1+MASW1+HVSr1, TS2+MASW2, TS3+MASW3, TS4+MASW4+HVSr2); è rinviiata alla fase esecutiva progettuale l'esecuzione di indagini dirette più specifiche al di sotto di tutte le opere in progetto.

Le indagini geofisiche sono state commissionate alla ditta GEOSERVIZI srl dei geologi Massimo Bramante e Salvatore Giuffrida con sede in Siracusa. Si rimanda all'apposito elaborato contenente le risultanze di tutte le prove in campo oltre che l'ubicazione delle prove e la documentazione fotografica.

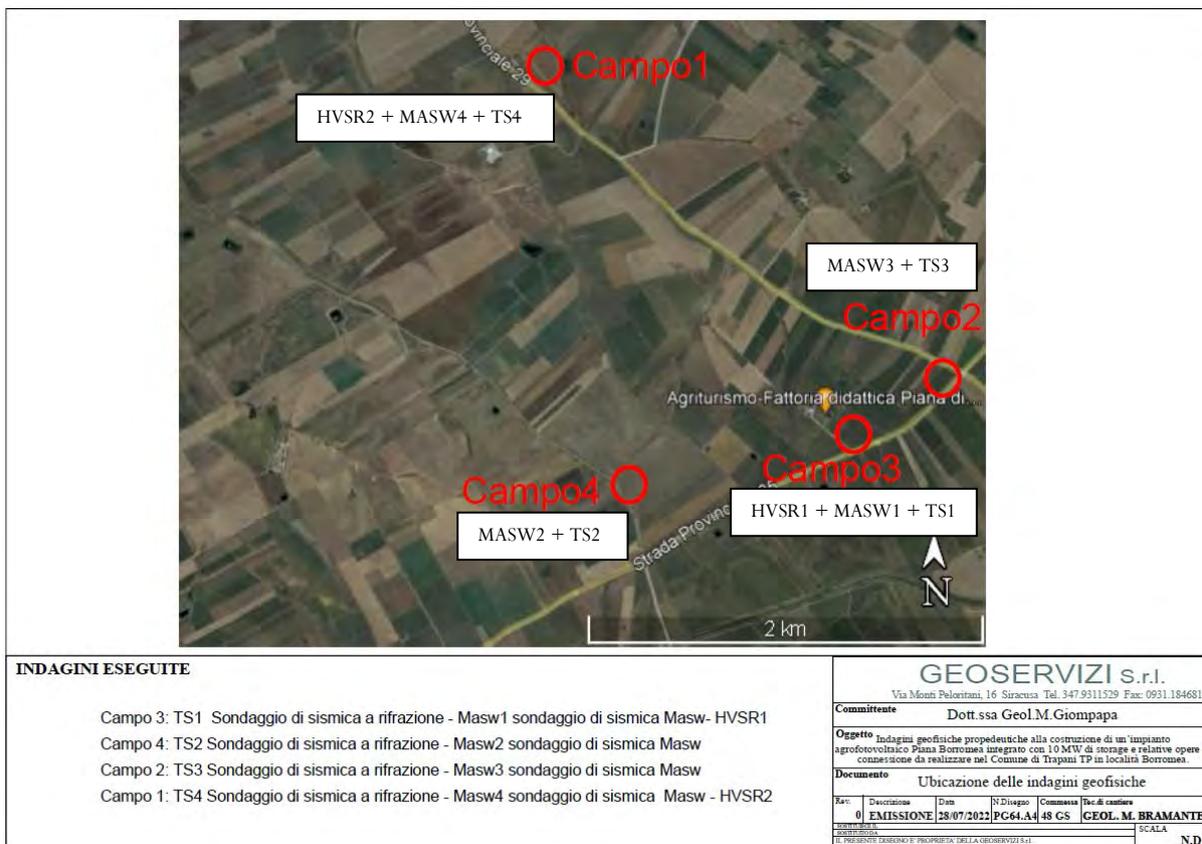


Fig. 45 – ubicazione indagini geofisiche eseguite

Indagini geofisiche

L'andamento delle velocità di propagazione delle onde di taglio nel primo sottosuolo (profilo delle Vs) rappresenta in generale un'informazione importante ai fini della caratterizzazione meccanica (in campo dinamico) dei terreni. In particolare essa risulta fondamentale negli studi della risposta sismica locale. A seguito di un terremoto, si ha spesso modo di osservare come la distribuzione dei danni sul territorio sia assai eterogenea a parità di vulnerabilità dell'edificato. Le condizioni geologico-tecniche degli strati più superficiali, nonché le caratteristiche geomorfologiche possono concorrere, infatti, ad accrescere localmente lo scuotimento indotto da un terremoto. Per un'efficace azione di prevenzione, in materia di rischio sismico, è necessario tener conto non solo, quindi, della zonazione sismica nazionale, ma anche di eventuali sfavorevoli condizioni locali, a scala intra-comunale. Particolarmente rilevanti sono i cosiddetti effetti di amplificazione di sito, ossia l'insieme delle variazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, rispetto ad una formazione rocciosa di base, subisce attraversando gli strati sovrastanti, fino alla superficie. Tali effetti sono causati, essenzialmente, da un processo di intrappolamento e risonanza dell'energia del terremoto all'interno di un volume di sottosuolo costituito da materiali sedimentari a bassa impedenza sismica (IS: prodotto della velocità di propagazione dell'onda per la densità del mezzo attraversato) e posto sopra ad un dominio con più alta IS, per esempio un substrato roccioso o un suolo particolarmente rigido. Durante la propagazione dalla sorgente al sito, il raggio sismico, per via del fenomeno della rifrazione, subisce un processo di verticalizzazione e tende ad emergere lungo una direzione sub-verticale.

Le onde compressionali (P), dunque, sollecitano all'incirca verticalmente l'edificato, tuttavia è la sollecitazione orizzontale, dovuta alle onde trasversali (S), la causa principale del danneggiamento per le costruzioni. Gli edifici e le opere architettoniche in genere sono collaudati per resistere a forti carichi statici ma quasi mai viene valutata la risposta della costruzione a carichi dinamici orizzontali.

Da quanto detto si deduce che studiare le modalità di propagazione ed amplificazione delle onde trasversali o di taglio (S) nel sottosuolo vuol dire prevedere, a basso costo, le sollecitazioni che una struttura dovrà sopportare durante il verificarsi di un probabile evento sismico.

Le metodologie che consentono di ricavare il profilo Vs del sottosuolo sono di tipo "attivo" (MASW) sia di tipo "passivo" (HVSr).

In particolare le tecniche di tipo "passivo" ovvero basate sullo studio della continua vibrazione del suolo dovuta a cause sia antropiche che naturali (Vibrazioni Ambientali) consentono di misurare le velocità di propagazione delle onde sismiche già presenti nel terreno per effetto di sorgenti naturali (p.es. il vento e le mareggiate) o antropiche (p.es. il traffico cittadino e l'attività industriale). A parità di caratteristiche degli stendimenti e dei sensori, le metodologie di tipo "passivo" raggiungono profondità di esplorazione di gran lunga superiori a qualsiasi altra tecnica sismica. Le più comuni tecniche "attive", infatti, (quali la rifrazione e la riflessione) non sono in grado di indagare spessori di terreno superiori a qualche decina di metri. Quanto detto dipende dal fatto che, questa tipologia di indagini, registra le velocità di propagazione dei segnali generati artificialmente da sorgenti controllate a bassa energia (colpo di martello per esempio) che non

garantiscono una penetrazione delle onde nel sottosuolo tale da giustificare profondità d'esplorazione superiori a quelle precedentemente indicate.

Al contrario le metodologie "passive", sfruttando sorgenti energeticamente importanti (si pensi alle onde marine), oltre ad essere caratterizzate da profondità di esplorazione dell'ordine delle centinaia di metri, sono particolarmente adatte ad essere applicate in aree urbane, poiché sfruttando quella porzione di segnale che gli altri metodi geofisici scartano, difficilmente soffrono per un basso rapporto tra segnale e rumore.

Se da un lato, quindi, le tecniche "passive" dimostrano numerosi vantaggi applicativi, d'altro canto il fatto che le sorgenti non siano note e controllate comporta una inferiore precisione delle misure che si traduce in notevoli ambiguità in fase di elaborazione dati.

In armonia con quanto prescritto dalla nuova normativa antisismica (D.M. 17.01.2018), ed in relazione alla entità dell'intervento progettuale, l'area in studio, ad integrazione di tutte le informazioni geologiche (superiormente indicate), è stata indagata con indagini geofisiche sia di tipo attivo masw (prova attiva) e traverse sismiche e passivo (HVSR) (Fig. da n. 39 a n. 49). Si rimanda alle planimetrie per l'ubicazione di tutte le indagini geofisiche.

In particolare, l'utilizzo dell'indagine Masw è giustificato dalla conoscenza del modello geolitologico del sito verificato le risultanze delle indagini geognostiche di riferimento; pertanto noto il modello geolitologico, l'interpretazione della masw è fattibile e perciò attendibile.

La Masw è stata determinante per conoscere la V_{seq} necessaria per l'attribuzione dei terreni in studio alla corrispondente categoria di sottosuolo, così come previsto dalla nuova normativa sismica (D.M. 17/01/2018). In aggiunta alle masw sono state eseguite prove di sismica a rifrazione che hanno permesso di determinare i parametri geotecnici dinamici del terreno in studio e ricostruire il modello geofisico da confrontare con quello geotecnico.



Fig. n. 46 – Campo 3 - esecuzione indagine
geofisica HVSr1



Fig. n. 47 – Campo 3 - esecuzione indagine geofisica
(traversa sismica TS1 e masw1)



Fig. n. 48 – Campo 3- esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS1 e masw1)



Fig. n. 49 – Campo 4- esecuzione indagine geofisica
(traversa sismica TS2 e masw2)



Fig. n. 50 – Campo 4- esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS2 e masw2)



Fig. n. 51 – Campo 2- esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS3 e masw3)



Fig. n. 52 – Campo 2 - esecuzione indagine geofisica
(traversa sismica TS3 e masw3)

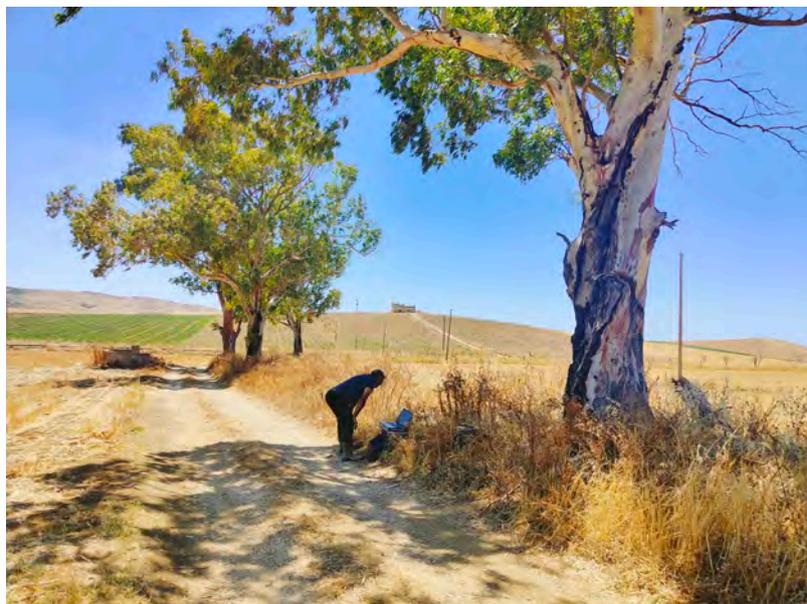


Fig. n. 53 – Campo 1 – esecuzione HVRS 2



Fig. n. 54 - --Campo 1 - esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS4 e masw4)



Fig. n. 55 - --Campo 1 - esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS4 e masw4)

MASW (Multichannel Analysis Waves)

Questa indagine è stata effettuata utilizzando un sismografo a trasmissione digitale del segnale SARA DO.RE.MI costituito da un array di digitalizzatori distribuiti in corrispondenza dei geofoni e dotato di una elevata dinamica e di un elevato rapporto segnale rumore. La prova consiste nell'energizzare il terreno con una massa battente di 6 Kg, in corrispondenza di n° 1 punto di scoppio (offset 1,5 m) e nel rilevamento delle onde superficiali di tipo Rayleigh, mediante 12 geofoni da 4,5 HZ spazati di 1,5 m posti lungo uno stendimento lineare, in modo da ottenere il profilo delle velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità

La lunghezza di ogni indagine di sismica Masw attiva è stata fissata in metri 24,0 con una distanza intergeofonica di 2,0 m.

Analizzando con opportuno software le onde Rayleigh, in un determinato dominio delle frequenze, si osserva che nei mezzi stratificati è presente una dispersione delle velocità di fase con la profondità, cioè presentano diverse frequenze a ognuna delle quali corrisponde una velocità, ottenendo così uno spettro di segnale.

La curva di dispersione sperimentale si estrae dallo spettro di segnale in quanto corrisponde alle creste di distribuzione dell'energia. Successivamente la curva di dispersione sperimentale di più facile interpretazione viene confrontata con le curve teoriche mediante il metodo dell'inversione delle curve teoriche, in modo da ottenere la curva di dispersione che presenta la minore percentuale di errore possibile dalla quale si evince che le Vs risultano disperse in un determinato range di frequenze.

Utilizzando le Vs disperse in questo range di frequenze è stato eseguito il calcolo della velocità media equivalente della Vseq come da DM. Gennaio 2018 con la formula

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

Masw 1 – Campo 3

Le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra 3,85–31,91 Hz. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del 13%.

La profondità del substrato rigido (Vs > di 800 m/s) ottenuta è pari a H > 30 m; considerando quindi gli strati fino a 30 m di profondità (H=30 m) si è ottenuta:

$$V_{s eq} = 313 \text{ m/s}$$

a cui corrisponde una *categoria di sottosuolo "C"*:

Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Masw 2- campo 4

Le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra 5,94–38,08 Hz. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del 17%.

La profondità del substrato rigido ($V_s > 800$ m/s) ottenuta è pari a $H > 30$ m; considerando quindi gli strati fino a 30 m di profondità ($H=30$ m) si è ottenuta:

$$V_s \text{ eq} = 372 \text{ m/s}$$

a cui corrisponde una categoria di sottosuolo "B":

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Masw 3 – Campo 2

Le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra 9,73–35,50 Hz. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del 16%.

La profondità del substrato rigido ($V_s > 800$ m/s) ottenuta è pari a $H > 30$ m; considerando quindi gli strati fino a 30 m di profondità ($H=30$ m) si è ottenuta:

$$V_s \text{ eq} = 392 \text{ m/s}$$

a cui corrisponde una categoria di sottosuolo "B":

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Masw 4 - Campo 1

Le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra 6,46–44,94 Hz. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del 10%.

La profondità del substrato rigido ($V_s > 800$ m/s) ottenuta è pari a $H > 30$ m; considerando quindi gli strati fino a 30 m di profondità ($H=30$ m) si è ottenuta:

$$V_s \text{ eq} = 453 \text{ m/s}$$

a cui corrisponde una *categoria di sottosuolo "B"*:

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Sismica a Rifrazione

Nell'area in studio, in corrispondenza di ciascun campo fotovoltaico, sono state eseguite n. 4 traverse sismiche (TS1, TS2, TS3, TS4) a rifrazione, sia in andata, sia in ritorno. Queste indagini sono state effettuate utilizzando un sismografo a trasmissione digitale del segnale SARA .DO. RE. MI., costituito da un array di digitalizzatori distribuiti in corrispondenza dei geofoni e dotato di una elevata dinamica ed un elevato rapporto segnale rumore. Il terreno per l'esecuzione di queste prove è stato energizzato con una massa battente di 6 Kg.

Le dromocrone ricavate sono state studiate con il metodo dei tempi di arrivo delle onde longitudinali rifratte. La lunghezza degli stendimenti è stata fissata a 26 m, con una distanza intergeofonica di 2 m.

Nel seguito le risultanze di ogni singola traversa sismica.

Si specifica che in tutte le traverse sismiche, lungo la direzione degli stendimenti, non si sono registrate anomalie.

TS1 – Campo 3

La traversa sismica TS1, effettuata nel campo fotovoltaico 3, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -1,3 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 161 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,9 m e al ritorno da -1,3 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 1455 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale; al secondo sismostrato si associa la Formazione geologica in posto.

Ecco riassunti i parametri ricavati:

primo Sismostrato in andata dal p.c. sino -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -1,3 m

Velocità longitudinale	Vp	161	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	71	m/sec
Peso di volume	Y	1,8	gr/sec

Coefficiente di Poisson	P	0,38	
Modulo di Young	E	254	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	353	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	92	kg/cmq
Costante di Lamé	C	292	

Sismostrato in andata da -0,9 m e in ritorno da -1,3 m sino alla profondità di indagine (9 m/10 m).

Velocità longitudinale	Vp	1455	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	594	m/sec
Peso di volume	Y	1,92	gr/sec
Coefficiente di Poisson	P	0,40	
Modulo di Young	E	19343	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	32228	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	6908	kg/cmq
Costante di Lamé	C	27632	

TS2-Campo 4

La traversa sismica TS2, effettuata nel campo fotovoltaico 4, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -0,9 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 208 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 1553 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale e/o terreno in posto allentato; al secondo sismostrato si associa un modello geolitologico dato dalla Formazione geologica in posto. Ecco riassunti i parametri ricavati:

primo Sismostrato in andata dal p.c. sino -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -0,9 m.

Velocità longitudinale	Vp	208	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	92	m/sec
Peso di volume	Y	1,80	gr/sec
Coefficiente di Poisson	P	0,38	
Modulo di Young	E	424	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	589	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	154	kg/cmq
Costante di Lamé	C	487	

Sismostrato rifrattore in andata da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m sino alla profondità di indagine (9 m / 10 m).

Velocità longitudinale	Vp	1553	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	634	m/sec

Peso di volume	Y	1,92	gr/sec
Coefficiente di Poisson	P	0,4	
Modulo di Young	E	22036	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	36727	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	7870	kg/cmq
Costante di Lamé	C	31408	

TS3- Campo 2

La traversa sismica TS3, effettuata nel campo fotovoltaico 2, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -0,9 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 136 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 950 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale e/o terreno in posto allentato; al secondo sismostrato si associa un modello geolitologico dato dalla Formazione geologica in posto.

Ecco riassunti i parametri ricavati:

primo Sismostrato in andata dal p.c. sino - 0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a 0,9 m.

Velocità longitudinale	Vp	136	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	60	m/sec
Peso di volume	Y	1,8	gr/sec
Coefficiente di Poisson	P	0,38	
Modulo di Young	E	181	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	252	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	66	kg/cmq
Costante di Lamé	C	208	

Sismostrato rifrattore in andata da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m sino alla profondità di indagine (9 m / 10 m).

Velocità longitudinale	Vp	950	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	388	m/sec
Peso di volume	Y	1,95	gr/sec
Coefficiente di Poisson	P	0,4	
Modulo di Young	E	8375	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	13950	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	2991	kg/cmq
Costante di Lamé	C	11964	

TS4- Campo 1

La traversa sismica TS4, effettuata nel campo fotovoltaico 1, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,8 m e al ritorno dal p.c. sino a -1,8 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 433 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,8 m e al ritorno da -1,8 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 1303 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale; al secondo sismostrato si associa un modello geolitologico dato dalla Formazione geologica in posto.

Ecco riassunti i parametri ricavati:

primo Sismostrato in andata dal p.c. sino - 0,8 m e al ritorno dal p.c. sino a -1,8 m.

Velocità longitudinale	Vp	433	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	190	m/sec
Peso di volume	Y	1,8	gr/sec
Coefficiente di Poisson	P	0,38	
Modulo di Young	E	1859	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	2582	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	673	kg/cmq
Costante di Lamé	C	2133	

Sismostrato rifrattore in andata da - 0,8 m e al ritorno da -1,8 m sino alla profondità di indagine (9 m /10 m).

Velocità longitudinale	Vp	1303	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	532	m/sec
Peso di volume	Y	1,93	gr/sec
Coefficiente di Poisson	P	0,4	
Modulo di Young	E	15593	kg//cmq
Modulo di incompressibi. (Bulk)	K	25989	kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	5569	kg/cmq
Costante di Lamé	C	22276	

Considerazioni

Le indagini geofisiche hanno permesso di distinguere due livelli: quello superficiale con spessore massimo di circa 1,8 m caratterizzato da terreni argillosi con ciottoli quarzoarenitici arrotondati di 8-10 cm di probabile origine alluvionale/materiale colluviale e quello inferiore di natura argillo-sabbiosa che costituisce la litologia affiorante diffusa in tutto il comprensorio; le categorie di sottosuolo ottenute “B” e “C” confermano la geologia dei luoghi, già verificata in altri lavori similari in zone limitrofe.

Inoltre si è constatato che i valori delle velocità ottenute dipendono dalla tipologia del terreno, ovvero sono più alti in corrispondenza di suoli lavorati dagli agricoltori perché maggiormente areati rispetto a terreni incolti e abbandonati.

HVSR

La tecnica HVSR permette di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito attraverso la registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z) con una singola stazione.

La registrazione è stata effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata di 30 minuti.

Le ipotesi alla base della tecnica sono:

- una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz);
- assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze;
- che le sorgenti di rumore siano uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

Le registrazioni ottenute sono divise in finestre temporali di prefissata durata (almeno pari ai 20 secondi), filtrate per eliminare eventuali disturbi transienti (disturbi temporanei o di fenomeni di saturazione) e applicata la trasformata di Fourier; successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia (X e Y) sommandone le componenti in frequenza e si esegue il rapporto con la componente nella direzione verticale Z ottenendo il rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione; infine eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco rappresenta la stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. I dati di campagna sono stati interpretati con il programma fornito dalla SARA electronic instruments srl - GeoExplorer HVSR 2.2.3.

Dall'interpretazione dei dati si ha:

HVSR1 Campo 3 La curva dell'indagine presenta una F° a 2,09 Hz.

HVSR2 Campo 1 La curva dell'indagine presenta una F° a 3,06 Hz.

I due picchi rilevati nella time frequency analysis risultano continui in tutti gli intervalli temporali, indice che è molto probabilmente una sorgente naturale, geologica, dovuta al miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei litotipi all'aumentare della profondità.

Il grafico della direzionalità mostra l'intensità del rapporto H/V calcolato utilizzando le sole finestre di segnale selezionate. Una colorazione uniforme in una banda orizzontale compresa tra due frequenze indica che le vibrazioni in quel range di frequenze provengono con la stessa intensità da tutte le direzioni.

In definitiva, l'esame dei tabulati ottenuti con l'indagine HVSR mostra che le frequenze di sito sono comprese tra 6,089 HZ e 8,683 HZ. Di questi valori se ne dovrà tenere conto in fase di progettazione. Tali frequenze sono associabili alla formazione geologica di natura argillosa-sabbiosa in posto più consolidata.

Caratteristiche meccaniche e sismiche dei terreni presenti

Nelle aree di progetto le litologie rinvenute sono rappresentate prevalentemente da depositi di natura argilloso-marnosa e argilloso-arenacea, con la presenza in superficie in alcune aree di depositi contenenti ciottoli di origine deposizionale fluviale.



Fig. 56 – litologie affioranti argillo-arenacea e argillo-marnose

In questo paragrafo si espongono a livello qualitativo e quantitativo le principali proprietà meccaniche dei litotipi di interesse progettuale presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto ricavate attraverso gli studi e indagini di riferimento in possesso della scrivente effettuati su terreni uguali e prossimi a quelli in studio.

Si ribadisce che i parametri sono indicativi e suscettibili di modifiche da verificare solo a seguito di apposita e adeguata campagna geognostica da effettuare in fase esecutiva.

Complessivamente i terreni presenti nell'area sono rappresentati da depositi di natura argillo-arenacea e marnosa ai quali possono essere attribuiti indicativamente i seguenti parametri geotecnici:

Peso di volume (stato naturale)	γ	=	18	KN/m ³
Coazione efficace	c'	=	25	KN/m ²
Angolo di attrito efficace	ϕ'	=	22	°
Modulo Edometrico	E	=	5500	KN/m ²
Categoria di sottosuolo=			“B” o “C”	

Si ribadisce che si tratta di valori medi e indicativi.

Sismicità dell'area

In questo paragrafo si riportano informazioni utili per caratterizzare la zona (a grande scala) e il sottosuolo (a piccola scala) dal punto di vista sismico secondo i dettami dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, del Decreto Ministeriale (norme tecniche per le costruzioni) del 17 Gennaio 2018.

L'elaborato grafico (Fig. n. 57), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica, riporta la distribuzione delle aree a massima intensità macrosismica relativamente alla porzione occidentale della Sicilia.

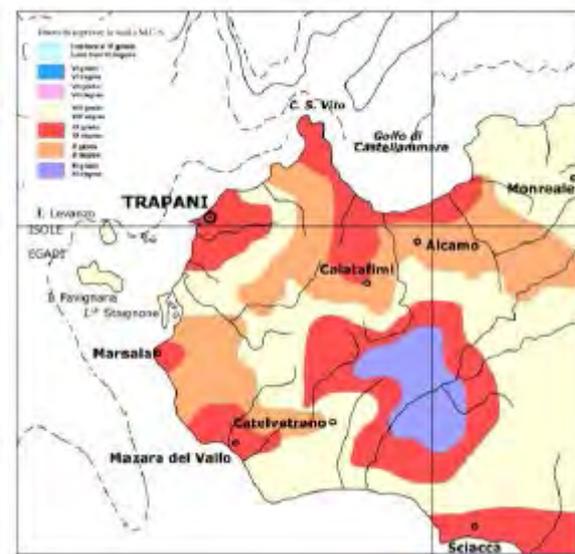


Fig. n.57

Nella fig.n.58, sempre realizzata dall'ING, invece, si evince che l'ubicazione degli epicentri degli eventi sismici più significativi (magnitudo > 2.0) tra il 1000 e il 1984 è concentrata nell'estremità sud-orientale della provincia di Trapani dove, non a caso, si estende la valle del Belice interessata dal dannoso sisma del 1968.

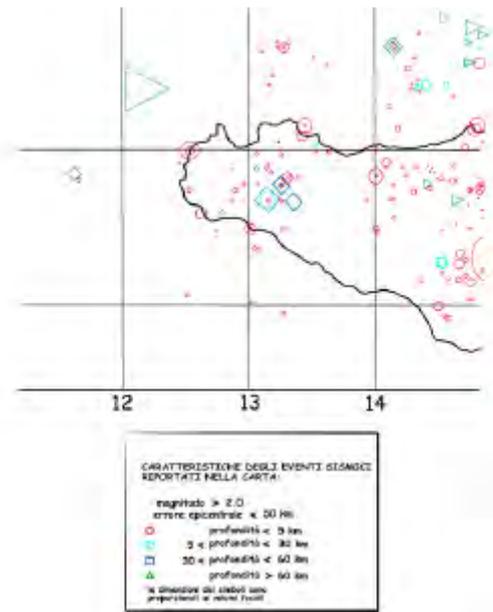


Fig. n. 58

Per quest'ultimo l'allegata carta delle isoblade (Fig.n. 59) descrive la propagazione delle onde ed i relativi effetti nell'ambito provinciale attraverso i danni rilevati al suolo negli edifici.



Fig.n. 59

Subordinatamente, nella carta degli epicentri, si individuano eventi di varia intensità isolati lungo la costa occidentale, sud-occidentale e nel canale di Sicilia.

I relativi ipocentri risultano collocati ad una profondità dalla superficie inferiore a 5 Km.

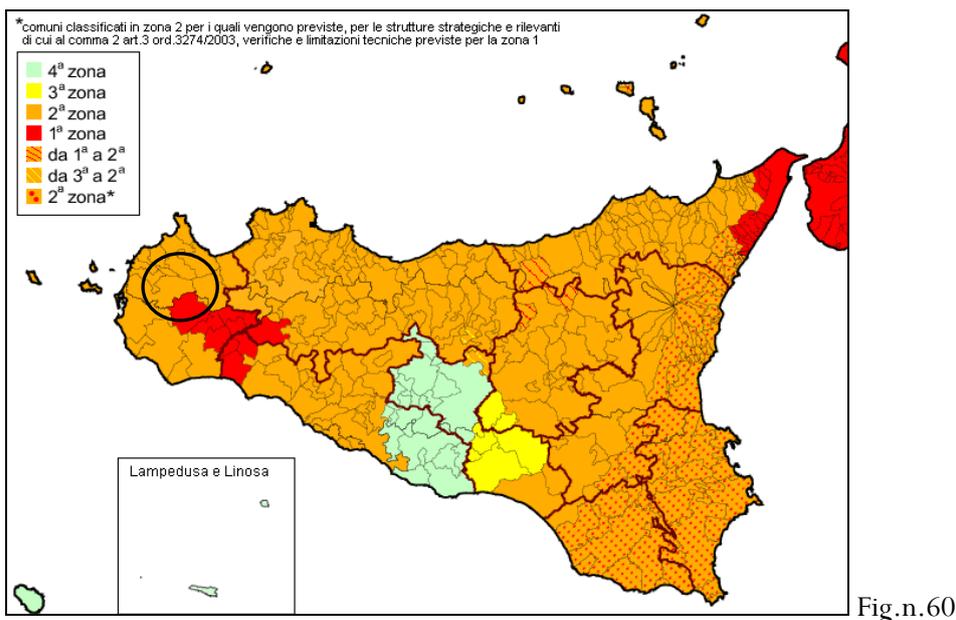
Invece, la maggior parte di quelli con volume focale più marcato risultano ad una profondità compresa tra 5 e 60 Km.

Il comune di Trapani è passato dalla zona sismica 4 alla zona sismica 2 con deliberazione della Giunta Regionale n. 81 del 24 febbraio 2022 con $0,15 < a_g \leq 0,25$

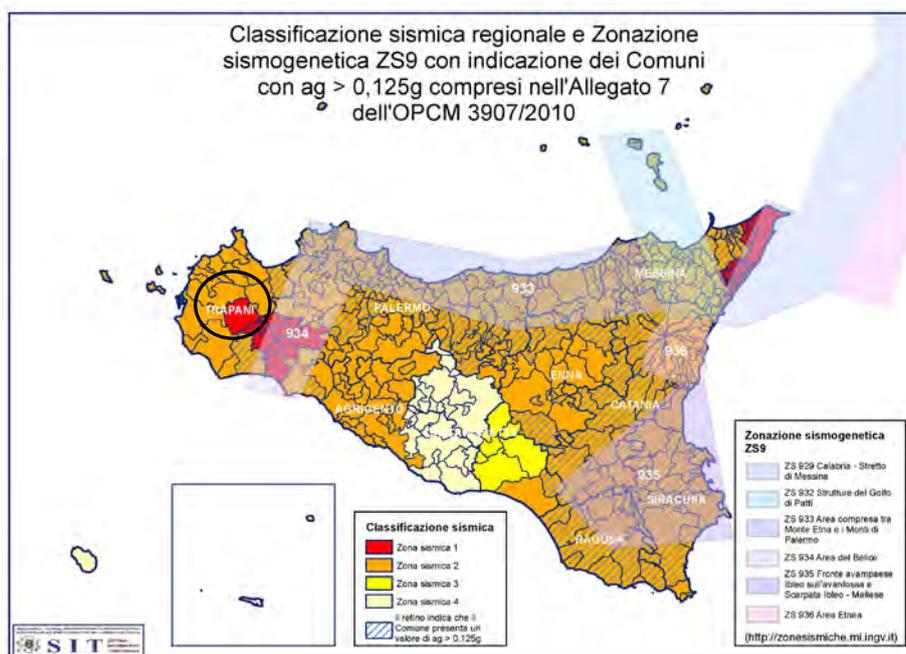
I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.014
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.791

Più specificatamente, con l'O.P.C.M. n°3274 del 2003 (pubblicata nel S.O. n° 72 della G.U. n°105 dell'08/05/2003) sono stati approvati i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e l'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone.



Di seguito è riportata la cartografia rappresentante la Classificazione sismica regionale e la Zonazione sismogenetica ZS9 con indicazione dei Comuni con $ag > 0,125g$ compresi nell'Allegato 7 dell'O.P.C.M. n° 3907/2010 (Fig. 4b).



Sempre secondo D.M. 17.01.2018, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partir dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

Tale pericolosità sismica può essere definita secondo tre diversi parametri:

- √ accelerazione orizzontale massima attesa (ag);
- √ ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente (Se(T));
- √ accellerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

In base alla tabella 3.2.II del decreto, i terreni esaminati appartengono, in relazione ai risultati ottenuti con le masw, alle categorie B) – “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s” (pale WTG1,WTG5) e C) “Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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” (pale WTG2-per vicinanza WTG3,WTG4).

Rispetto alla normativa precedente, il nuovo Testo Unico per le costruzioni classifica anche l’assetto topografico definendo diverse categorie. Nel caso specifico, secondo quanto riportato in tabella 3.2.IV del succitato decreto, ci troviamo in categoria T1 - superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

La valutazione della pericolosità sismica, nel caso specifico, verrà esaminata in termini di accelerazione massima attesa in superficie (ag).

Quindi sapendo in quale categoria rientra il nostro suolo e il tipo di zona sismica è possibile risalire, sempre secondo le tabelle riportate nel D.M. 17/01/2018, al valore dell’accelerazione orizzontale massima ag espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g.

Infine, noto quest’ultimo parametro si calcola lo spostamento orizzontale massimo del suolo dg e la velocità orizzontale massima del suolo vg.

Si ribadisce che con il D.M. del 23/09/1981 il territorio del Comune di Buseto Palizzolo, ai sensi e per gli effetti della L. 02/02/1974 n° 64, è stato confermato come una zona sismica con grado di sismicità S = 9 (II grado).

In relazione a queste caratteristiche sismiche il progettista dell’intervento dovrà adeguare le scelte progettuali alle direttive imposte dalla normativa vigente.

Inoltre dal Web-Gis di cui alla “Convenzione INGV-DPC 2004-2006, Progetto S1, Proseguimento dell’assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Mappe interattive di pericolosità sismica” visualizzabile all’indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it> è possibile visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare passo $0,05^\circ$. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: a(g) accelerazione orizzontale massima del suolo (come definita dall’O.P.C.M. n° 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale è chiamata PGA) e Se(T) spettro di risposta elastico in funzione del periodo T, in accelerazione; l’unità di misura è g, vale a dire l’accelerazione di gravità, corrispondente a $9,8 \text{ m/sec}^2$. Per i soli valori di a(g) è disponibile la relativa disaggregazione.

Le informazioni sulla pericolosità sismica della risposta sismica locale di Salemi, sono state dedotte dal nominato Web-Gis (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Le figure seguenti (Fig. n.63-64-65) e il report direttamente estratto dal sito mostrano la mappa dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (ovvero tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli rigidi ($Vs30 > 800$ m/s, Cat. A).

Il sito in esame mostra che l'accelerazione di picco attesa ha valori compresi tra 0,050g e 0,075g.

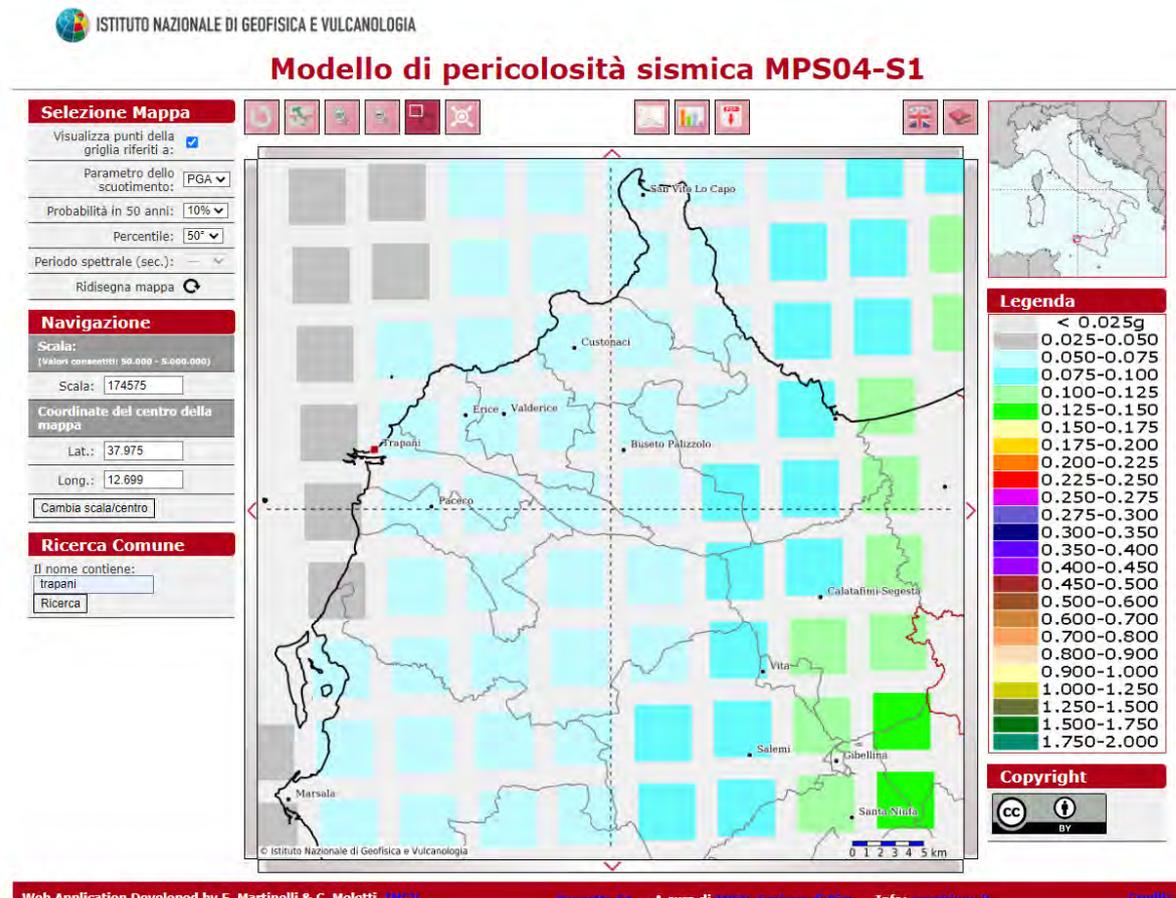


Fig. n. 62



Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

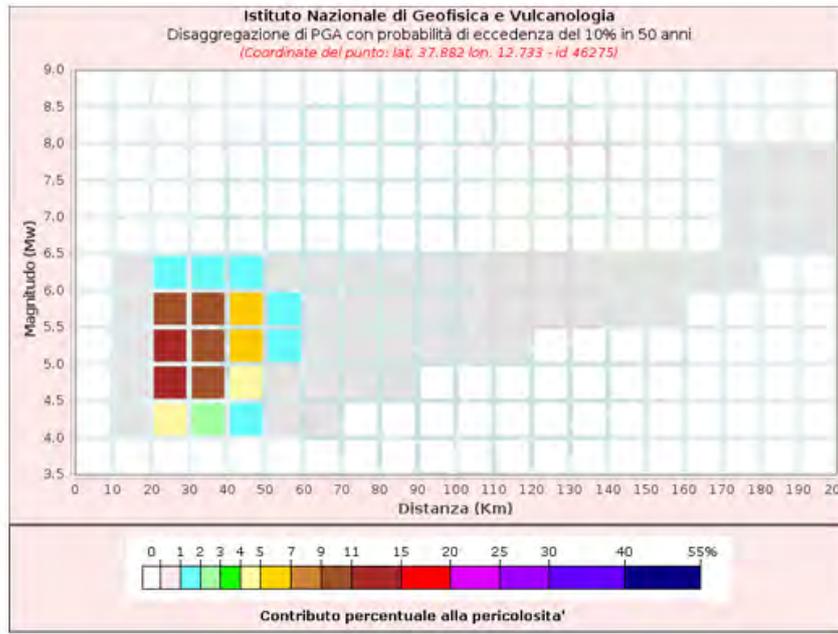


Fig.n. 63

Nella tabella seguente, il Web-Gis riporta i valori di magnitudo e distanza dalla sorgente degli eventi che si sono registrati nella zona di Buseto Palizzolo e riportati sempre in termini di probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni:



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.7700	7.4900	6.9300	5.1900	0.7930	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	3.8800	11.4000	11.6000	9.6600	1.5800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	1.8800	6.7700	8.3200	8.0300	1.4300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.3680	1.9700	2.8500	3.0200	0.5660	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0100	0.3450	0.6030	0.5930	0.1030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0806	0.2850	0.3230	0.0587	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0111	0.1400	0.2010	0.0394	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0001	0.0593	0.1250	0.0266	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0207	0.0779	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0054	0.0479	0.0126	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0275	0.0086	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0057	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0009	0.0029	0.0069	0.0019	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0198	0.0514	0.0144	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0266	0.0785	0.0227	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.21 ; distanza = 38.9 ; epsilon = 1.32

Fig.n.64

Dalla tabella di disaggregazione del valore a(g) emerge una magnitudo di 5,21 e una distanza di 38,9 Km riferita ad un tempo di ritorno di 475 anni.

Si riporta al termine dello studio il report ottenuto dal sito <http://esse1-gis.mi ingy.it/>

Descrizione di progetto

Le note seguenti sono stralciate dalla Relazione generale a firma di progettisti, a cui si rimanda per il dettaglio del progetto.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica, tramite l'installazione a terra di pannelli fotovoltaici montati su strutture metalliche di supporto, denominate "tracker", in quanto in grado di variare l'angolazione orientare i pannelli in modo da "inseguire" la fonte solare durante il suo moto apparente sulla volta celeste per massimizzare l'efficienza dell'impianto.

I pannelli, che trasformano l'irraggiamento solare in corrente elettrica continua, saranno collegati in serie formando una "stringa" che, a sua volta, sarà collegata in parallelo con le altre in apposite cassette di stringa (combiner box). Dai quadri di parallelo l'energia prodotta dai pannelli verrà trasferita mediante conduttori elettrici interrati alle cabine di campo in cui sono installati gli inverter centralizzati che la trasformano in corrente alternata. Le cabine di campo ospitano anche il trasformatore e fungono anche da "cabine di trasformazione" incrementando il voltaggio fino alla media tensione (MT 30kV) prima della connessione alla cabina di consegna finale situata anche quest'ultima all'interno dell'area di impianto. A valle dell'ultima cabina di campo, l'energia verrà trasferita mediante un unico cavidotto esterno alla sottostazione di condivisione e trasformazione e, da qui, alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) tramite il punto di connessione posto nel territorio comunale di Trapani.

L'impianto è caratterizzato da una potenza di picco installata in corrente continua di 16,450MW ed è suddiviso in 4 "sottocampi", collegati ad altrettante cabine di campo di conversione caratterizzate dalle seguenti potenze di picco in corrente alternata:

- campo 1: potenza apparente di picco 3,400 MVA
- campo 2: potenza apparente di picco 3,600 MVA
- campo 3: potenza apparente di picco 4,000 MVA
- campo 4: potenza apparente di picco 4,000 MVA

Assumendo un cos ϕ di 0,9 la potenza totale immessa in rete è pari a 13,50 MW.

L'impianto è in grado di generare una produzione media annua di 1.561 KWh per ogni KWp installato per un totale complessivo di 24.991 MWh.

Considerazioni conclusive

I risultati delle indagini e delle analisi di campagna esposti nei vari capitoli di questa nota hanno consentito con soddisfacente grado di approssimazione, la ricostruzione del modello geologico, l'individuazione delle condizioni idrogeologiche al contorno e la definizione degli aspetti legati al comportamento meccanico del suolo e del sottosuolo interessato dalla posa in opera del parco

fotovoltaico comprendente 4 campi, indicati nelle planimetrie convenzionalmente Campo – Campo 2 – Campo 3 – Campo 4, oltre ai cavidotti esterni e interni ed alla sottostazione elettrica.

Lo studio, redatto ai sensi del D.M. LL. PP. 11/03/1988 e del Decreto 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” (che sostituiscono quelle approvate con il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008), fa emergere, almeno dal punto di vista geologico, la fattibilità dell’intervento in progetto.

Regime Vincolistico

Dal punto di vista vincolistico il Piano Paesistico di Trapani non evidenzia a grandi linee vincoli ad eccezione di alcune parti interessate da alcuni tratti del tracciato dei cavidotti. In particolare, la consultazione delle cartografie del Piano Paesaggistico della Provincia di Trapani, in relazione ai Beni Paesaggistici, ha messo in evidenza che **i campi di progetto non ricadono nelle perimetrazioni di Beni paesaggistici ai sensi del D.Lgs42/2004**. *Solo alcuni brevi tratti dei cavidotti interrati, posti lungo viabilità esistente o da adeguare, attraversano alcuni corsi d’acqua, con relativo buffer di 150 m o aree tutelate - art.134, lett. c, D.lgs. 42/04.* Tali attraversamenti avverranno, esclusivamente, in TOC al fine di preservare i beni presenti in superficie. **Si tenga presente che il cavidotto sarà realizzato sempre interrato.** Di qui la necessità, lungo gli attraversamenti da parte del cavidotto dei corsi d’acqua di inserire il cavidotto in un ulteriore involucro stagno (condotta in PVC o PEAD zavorrato) contro possibili fenomeni di galleggiamento. *L’attraversamento dei corsi d’acqua avverrà con la tecnica della Trivellazione teleguidata (TOC), tale tecnica è utilizzata per realizzare gli attraversamenti del cavidotto di corpi idrici aventi una certa larghezza. La TOC consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante una trivellazione eseguita da una apposita macchina la quale permette di controllare l’andamento planimetrico per mezzo di un radio-controllo. Questa tecnica garantisce la tutela del paesaggio idraulico e azzerare il disturbo naturalistico delle aree attraversate.*

Inoltre si ribadisce che comunque i vincoli paesaggisti territoriali esistono ma non sono in questo caso cogenti perché i cavidotti si sviluppano interamente, al di fuori di piccoli tratti in prossimità dei campi, interamente su strade pubbliche esistenti e questo permette di superare i numerosi vincoli paesaggistici secondo la corrente letteratura e i numerosi esempi analoghi di precedenti casi riportati in tutta Italia. Infatti gli scavi e i ricolmamenti per il posizionamento dei cavidotti, che ribadiamo sempre su strade esistenti, non influiscono in alcun modo sul territorio circostante.

Sovrapponendo il progetto del parco eolico sui tematismi PAI non risulta nessun dissesto né forma di pericolosità geomorfologica da segnalare in corrispondenza dei previsti parchi fotovoltaici.

Anche riguardo il vincolo idrogeologico, l’area di progetto è completamente priva di vincoli ai sensi del R.D. del 30.12.1923 n. 3267 e del suo regolamento di attuazione R.D. 1126/1926; solo *un tratto di cavidotto verso la sottostazione è radente all’area campita con vincolo idrogeologico o lo attraversa.*

Parametri geotecnici

Alla luce di tutti i risultati ottenuti con le indagini si può asserire che il modello geotecnico al quale il progettista deve fare riferimento per il dimensionamento e le scelte fondazionali è il seguente specificando che esso è stato ricavato attraverso le risultanze stratigrafiche dei sondaggi di riferimento e le indagini geofisiche oltre che grazie al rilievo sul campo e al conforto di tutte le informazioni disponibili (studi geologici acquisiti e bibliografia ufficiale)

Si rimanda tuttavia alla fase esecutiva la determinazione puntuale sito specifica dei parametri dei terreni di fondazione.

Litologia:	depositi di natura argilloso-arenacea e marnosa;		
Peso di volume (stato naturale)	γ	=	18 KN/m ³
Coesione efficace	c'	=	25 KN/m ²
Angolo di attrito efficace	ϕ'	=	22 °
Modulo Edometrico	E	=	5500 KN/m ²
Categoria di sottosuolo=	"B" o "C"		

Si ribadisce che si tratta di valori medi e indicativi.

Falda

In relazione alla natura argillosa dei sedimenti, con il conforto dei dati di letteratura esistenti, possiamo escludere presenza di falda in questi terreni; la bassa permeabilità, infatti, non agevola la veicolazione della risorsa idrica, circoscrivendone solo a limitate fasce del sottosuolo il deflusso e la raccolta.

Le argille essendo impermeabili fungono da letto di base per l'accumulo idrico determinando, con il loro andamento, zone preferenziali di raccolta (testimoniate dalla presenza di canneti) e la direzione del deflusso sotterraneo diretto verso fondo valle.

Non è da escludere, in occasioni di eccezionali eventi pluviometrici, la completa saturazione del livello superficiale. La falda eventualmente presente è localizzata nei livelli sabbiosi del pacco alluvionale ma non è sfruttabile ai fini irrigui: solo le colture presenti, grano e vigneti, sono in grado di resistere alla scarsità d'acqua.

Caratterizzazione sismica

Le indagini geofisiche hanno permesso di distinguere due livelli: quello superficiale con spessore massimo di circa 1,8 m caratterizzato da terreni argillosi con ciottoli quarzoarenitici arrotondati di 8-10 cm di probabile origine alluvionale/materiale colluviale e quello inferiore di natura argillo-sabbiosa che costituisce la litologia affiorante diffusa in tutto il comprensorio; le categorie di

sottosuolo ottenute “B” e “C” confermano la geologia dei luoghi, già verificata in altri lavori simili in zone limitrofe.

Inoltre si è constatato che i valori delle velocità ottenute dipendono dalla tipologia del terreno, ovvero sono più alti in corrispondenza di suoli lavorati dagli agricoltori perché maggiormente areati rispetto a terreni incolti e abbandonati.

Sistemazione al di sotto delle opere in progetto e valutazione della capacità portante

Si rimanda alla fase esecutiva la progettazione di tutte le opere previste con opportuna scelta delle strutture fondazionali, valutazione della capacità portante in relazione ai parametri sismici e geotecnici che saranno determinati grazie a puntuali prove geognostiche e prove di laboratorio. Saranno valutati altri aspetti come la regimentazione delle acque superficiali e l'eventuale riutilizzo di terre e rocce da scavo che potranno essere utilizzate come sottoprodotto ovvero utilizzate in sito o in altri siti, o conferiti a discarica autorizzata, solo a seguito di analisi chimiche di caratterizzazione chimica per la definizione del corrispondente codice CER di appartenenza.

Allegati

- **Report INGV**
- **Stralcio carta geologica (Fonte Geoportale Nazionale)**

Elaborati a corredo

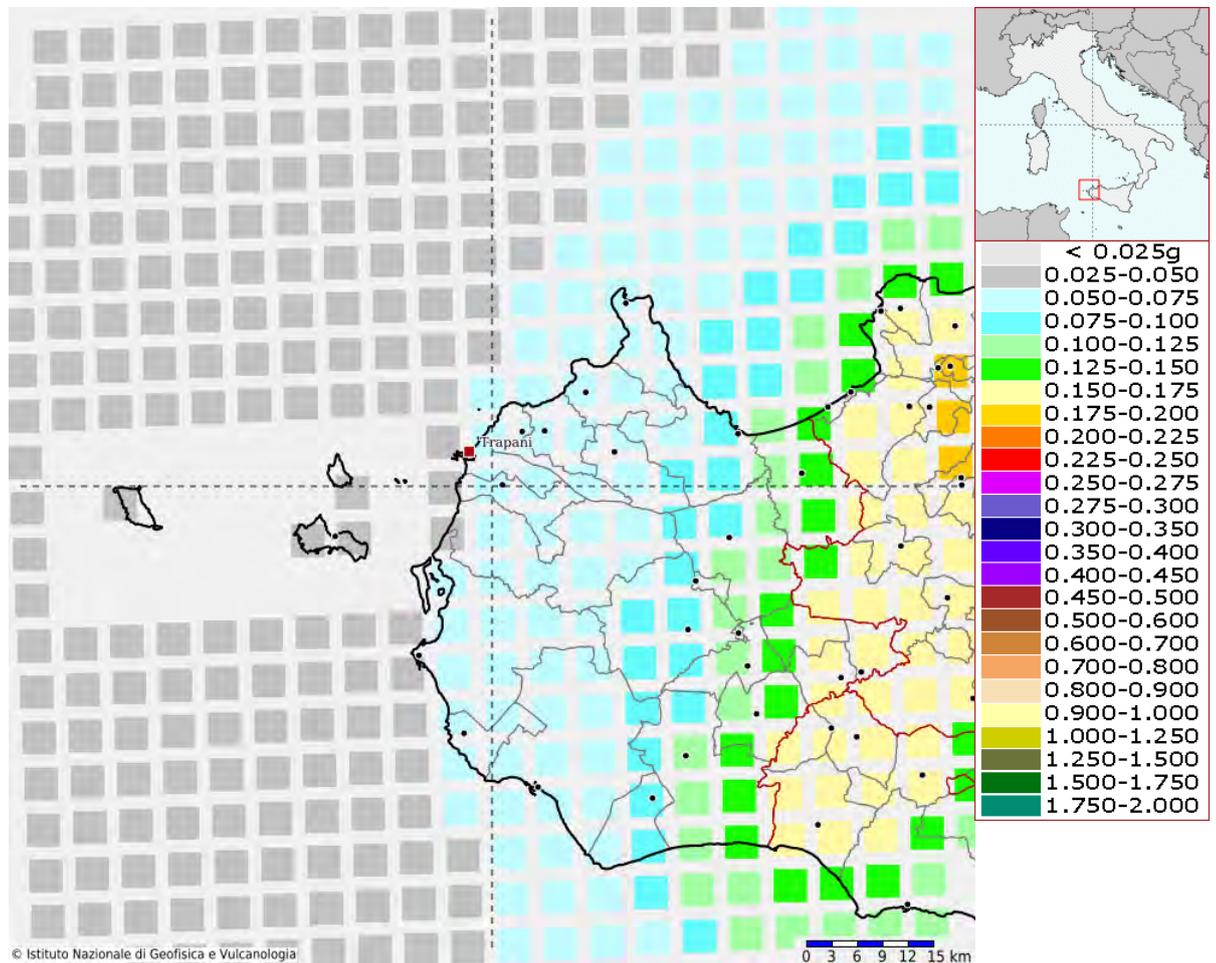
- PIANO STRALCIO DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) - CARTA DEI DISSESTI - CARTA PERICOLOSITA' E RISCHIO GEOMORFOLOGICO- CARTA DELLE AREE DI ESONDAZIONE PER MANOVRE DI SCARICO O DI IPOTETICO COLLASSO DELLA DIGA DI RUBINO
- RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE GEOSERVIZI SRL

Report INGV



Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 45828 - Latitudine: 37.981 - Longitudine: 12.542



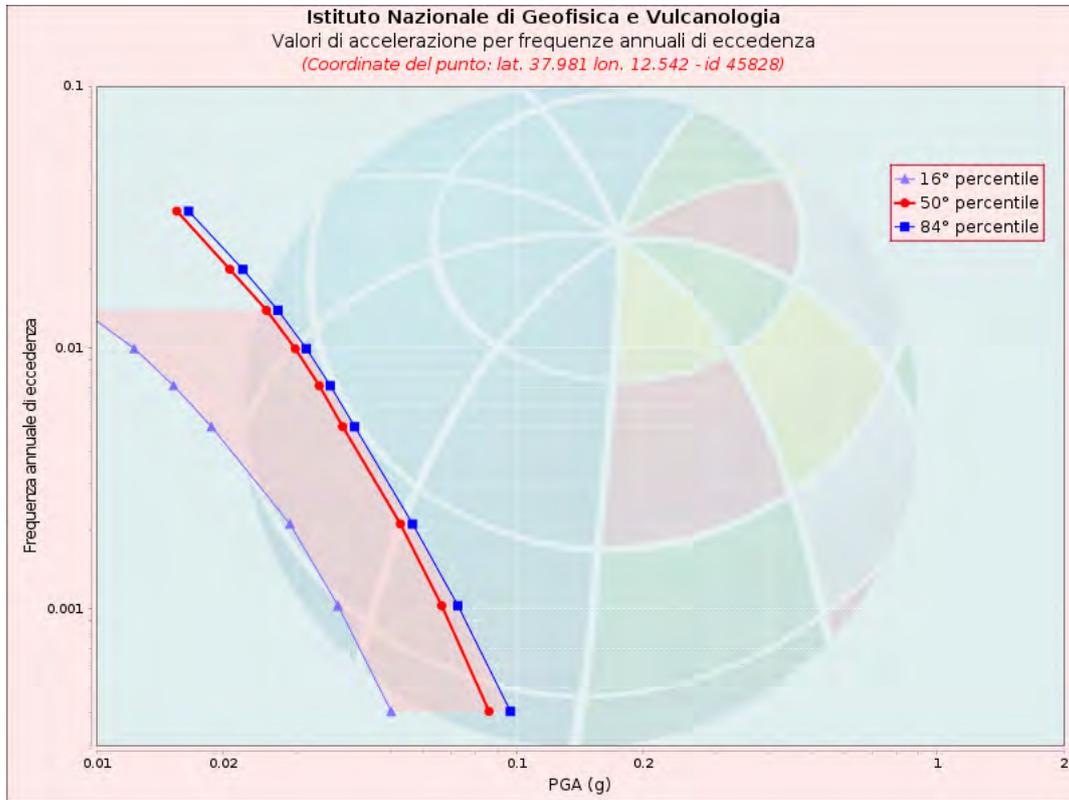
La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **45828** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.



Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



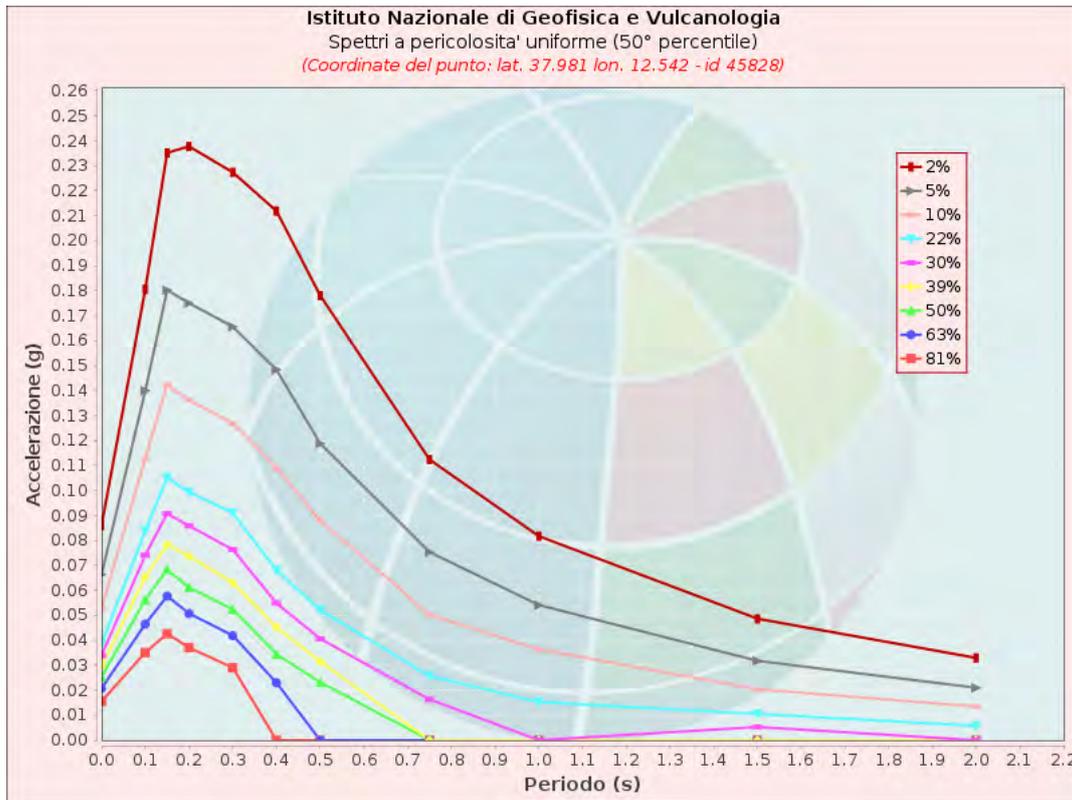
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.050	0.086	0.097
0.0010	0.038	0.066	0.073
0.0021	0.029	0.053	0.057
0.0050	0.019	0.039	0.041
0.0071	0.015	0.034	0.036
0.0099	0.012	0.030	0.032
0.0139	0.009	0.025	0.027
0.0199	0.000	0.021	0.022
0.0332	0.000	0.016	0.017



Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



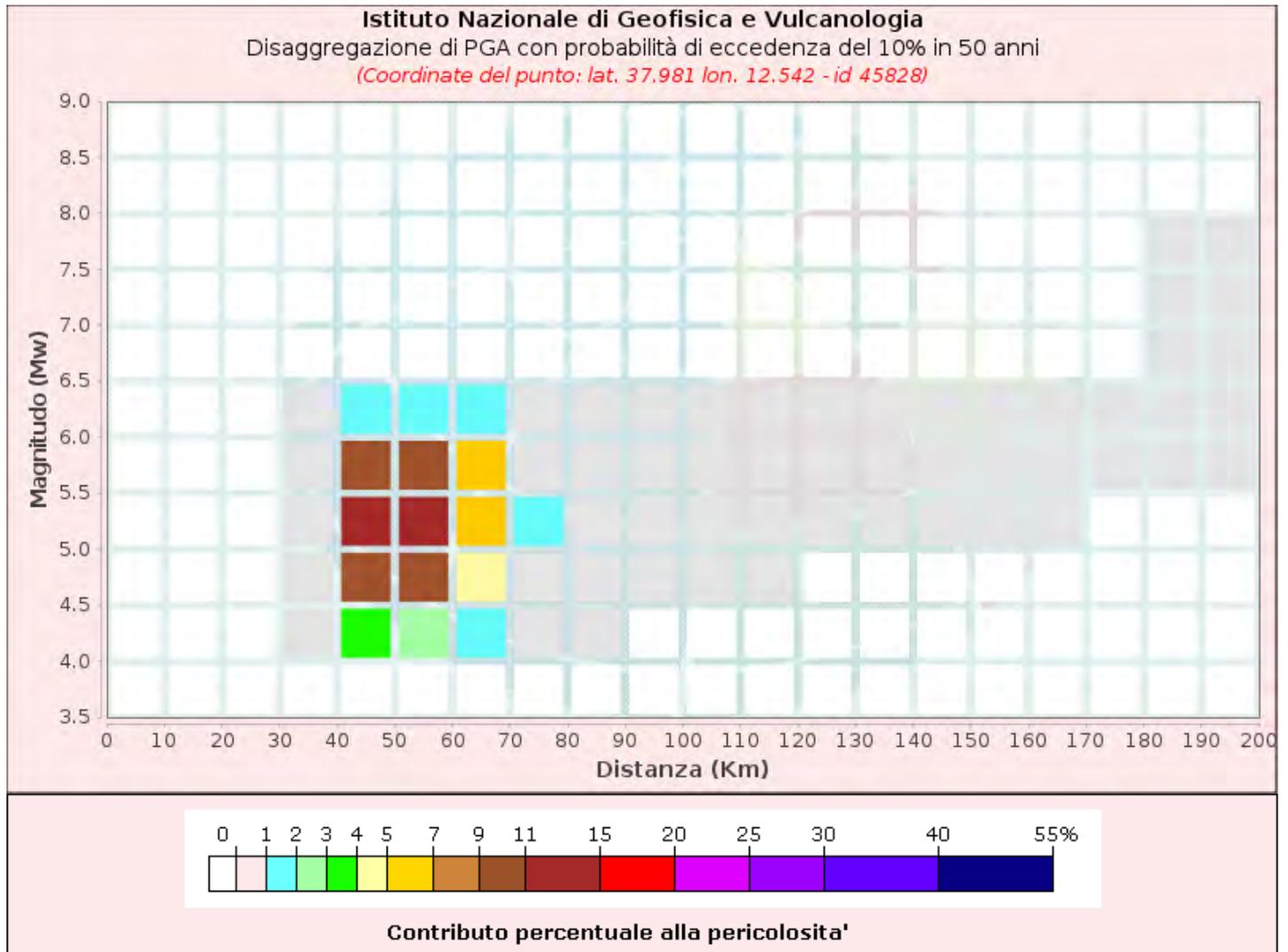
Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.086	0.181	0.235	0.238	0.227	0.212	0.178	0.112	0.082	0.049	0.033
5%	0.066	0.140	0.180	0.175	0.166	0.148	0.119	0.075	0.054	0.032	0.021
10%	0.053	0.113	0.142	0.136	0.127	0.109	0.088	0.050	0.036	0.020	0.013
22%	0.039	0.084	0.105	0.099	0.091	0.068	0.052	0.026	0.015	0.011	0.006
30%	0.034	0.074	0.091	0.086	0.076	0.055	0.041	0.016	0.000	0.005	0.000
39%	0.030	0.065	0.078	0.074	0.063	0.045	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	0.025	0.056	0.068	0.061	0.052	0.034	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.021	0.047	0.058	0.051	0.042	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.016	0.035	0.043	0.037	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.2540	0.7360	0.7370	0.5890	0.0934	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	3.3900	10.4000	11.1000	9.5200	1.5700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	2.8200	9.4300	11.0000	10.2000	1.7700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	1.1300	4.5100	5.8900	5.9100	1.0800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.1600	0.9010	1.1200	0.9610	0.1550	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0124	0.3900	0.6360	0.5940	0.0993	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.1450	0.3880	0.4110	0.0729	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0435	0.2360	0.2910	0.0544	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0073	0.1360	0.2040	0.0404	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0001	0.0724	0.1460	0.0308	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0341	0.1040	0.0233	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.0722	0.0176	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0045	0.0487	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0315	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0195	0.0073	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0114	0.0055	0.0003	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0063	0.0149	0.0386	0.0707	0.0177	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.24 ; distanza = 55.6 ; epsilon = 1.42



Riferimenti

La descrizione della costruzione del modello di pericolosità sismica MPS04 è contenuta nel sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

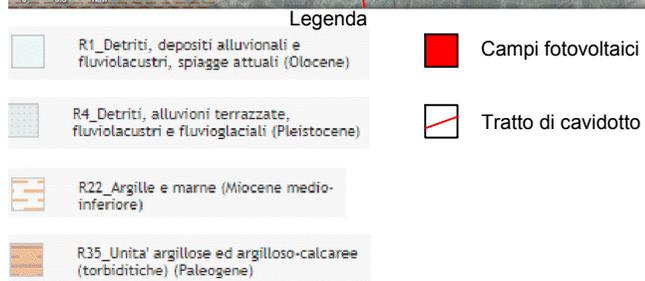
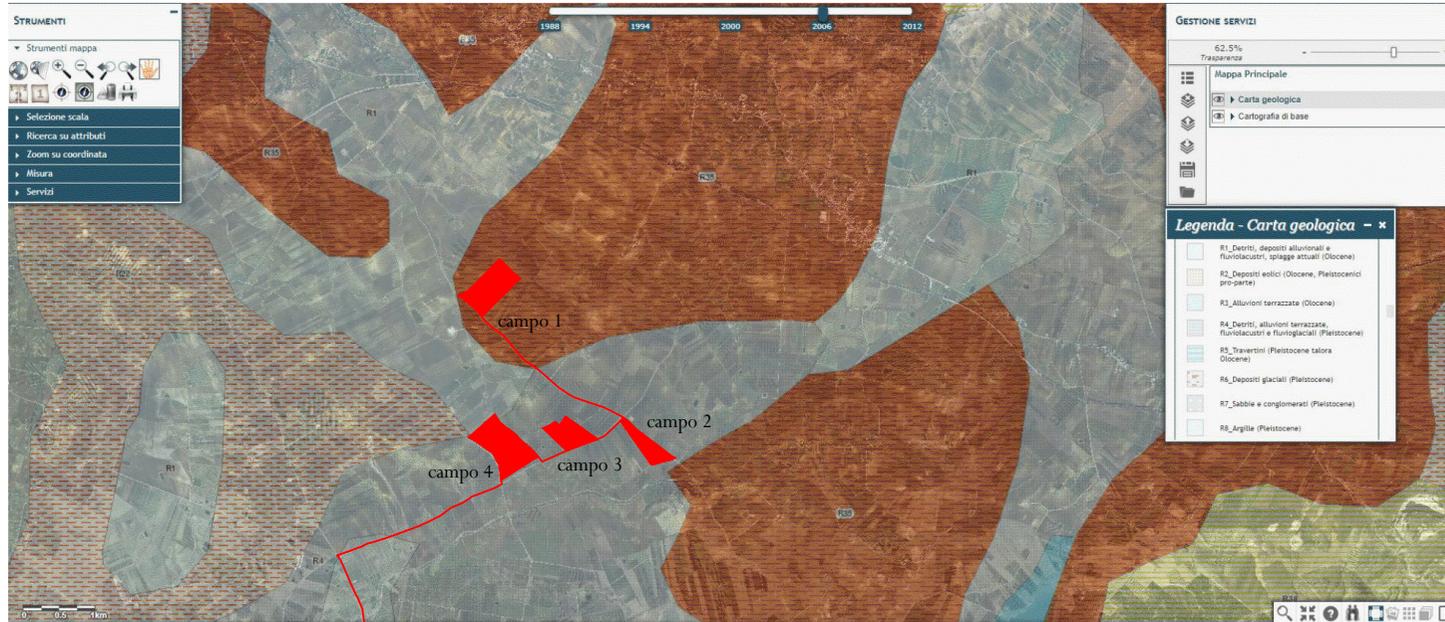
La descrizione della stima di tutti i parametri è contenuta nel sito <http://esse1.mi.ingv.it> , da cui si può accedere anche alle mappe interattive.

Per quanto riguarda le analisi di disaggregazione, i dettagli sono disponibili nella pagina del deliverable D14 del progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>).

La pubblicazione scientifica di riferimento è:

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.

Stralcio Carta geologica (Fonte Geoportale nazionale)





**Piano Stralco di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**

(ART. 1 D.L. 150/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L. 267/98 e ss. mm. i.)

- Bacino Idrografico del Fiume Birgi (051)
- Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino Idrografico del Fiume Lenzi Baiata (050)



**CARTA DELLE AREE DI ESONDAZIONE
PER MANOVRE DI SCARICO E IPOTETICO
COLLASSO DELLA DIGA RUBINO N° 15**

COMUNE DI:
MARSALA - PACECO - TRAPANI

Scala 1:10.000

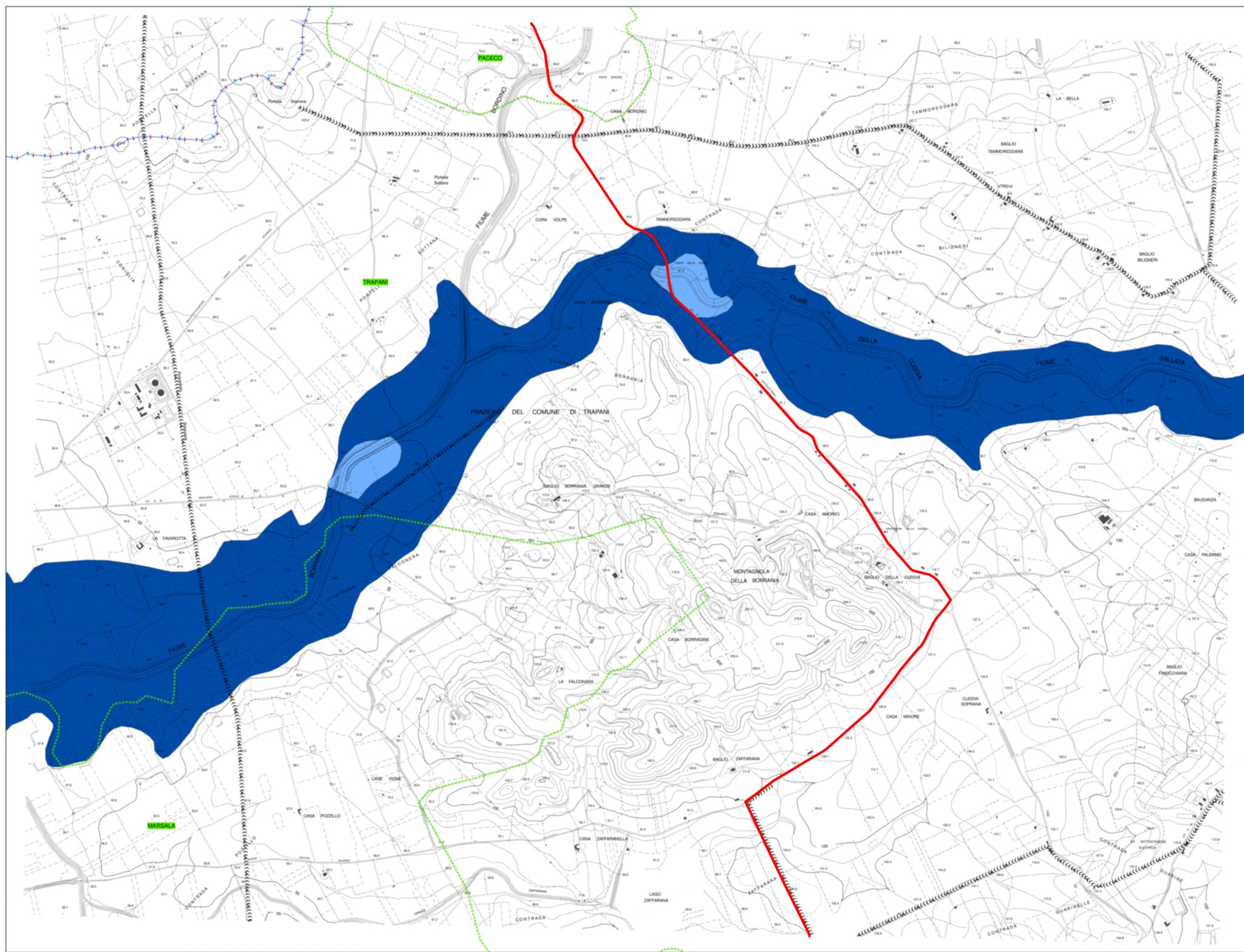


Anno 2006

LEGENDA

- Area di esondazione per manovra improvvisa degli organi di scarico di superficie e di fondo
- Area di esondazione per ipotetico collasso della diga Rubino

- Limite Area Territoriale
- Limite Bacino
- Limite comunale



REGIONE SICILIANA



COMUNE DI TRAPANI



PROVINCIA DI TRAPANI

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" della potenza di 54,5 MW integrato con impianto di accumulo da 10MW e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea"

Titolo elaborato

Cartografia PAI

Codice elaborato

F0454AR06A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

- ing. Giuseppe MANZI
- ing. Mauro MARELLA
- ing. Marco LORUSSO dott. for.
- Luigi ZUCCARO arch.
- Gaia TELESCA
- ing. Beniamino D'ERCOLE
- ing. Rosanna SANTARSIERO
- ing. Simone LOTITO
- ing. Gerardo SCAVONE



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Il tecnico
Geol. Maria GIOMPAPA



Via Oriolo Romano, 69 - Roma 00189 - Tel/Fax. +39 0689271669 - epnsl@pec.it



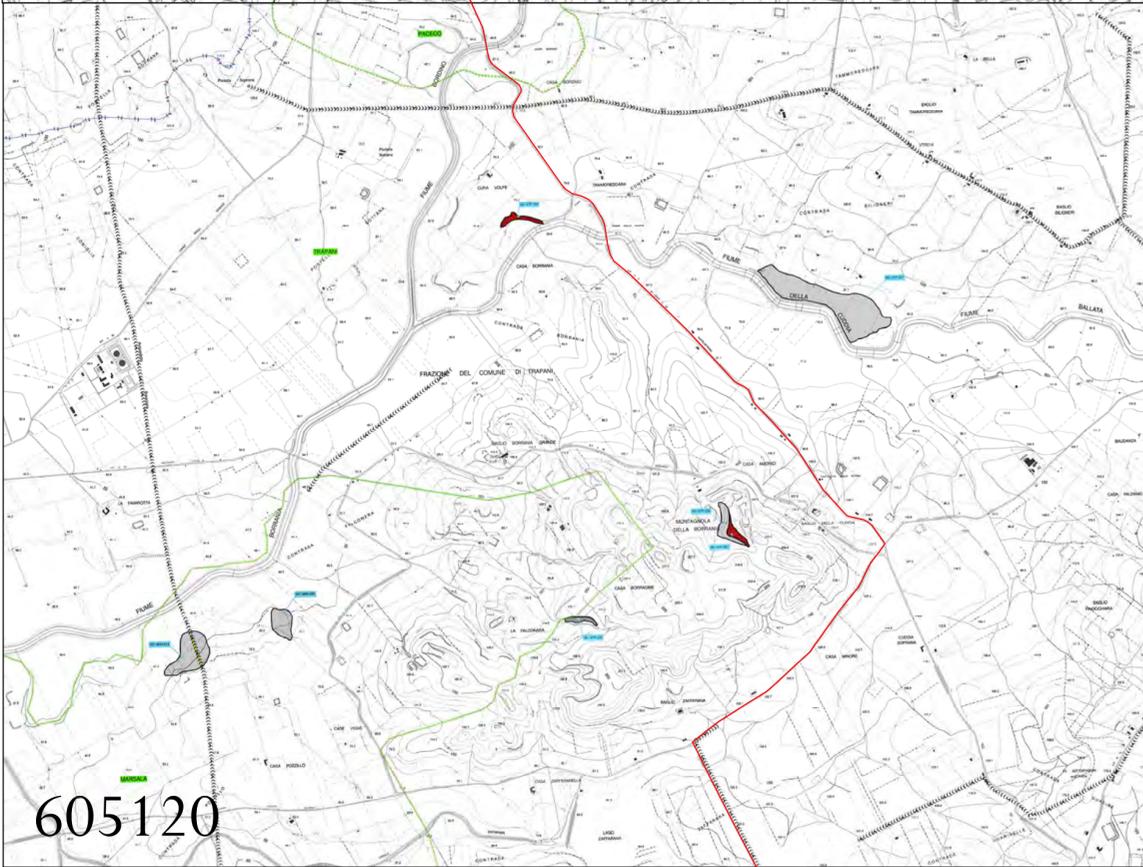
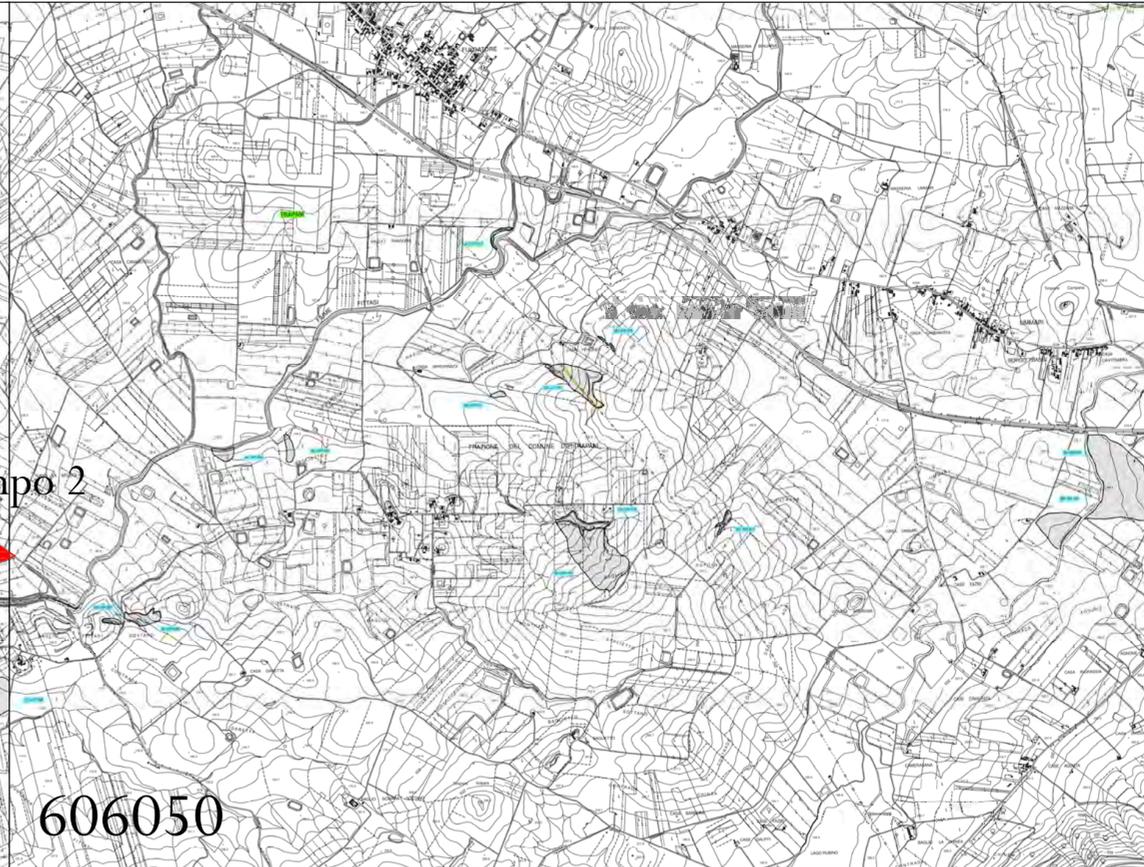
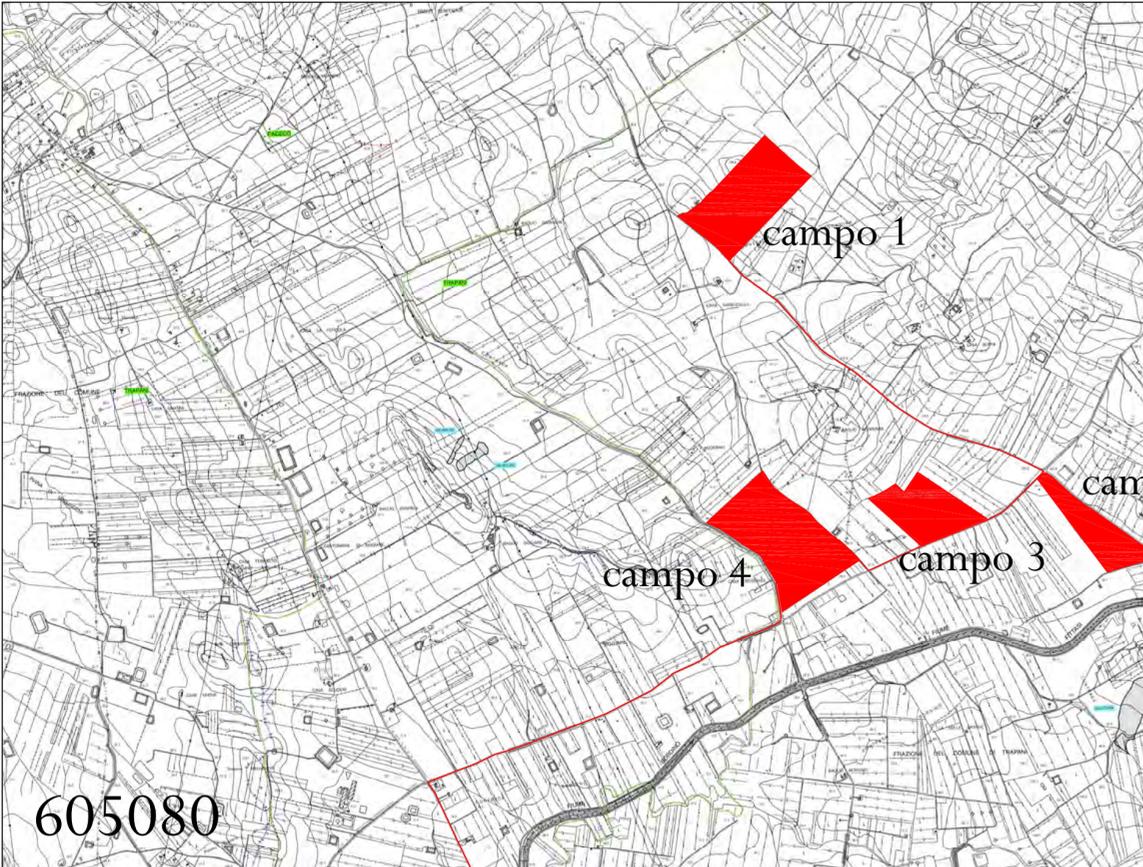
Committente



SOLAR PIANA BORROMEA S.r.l
via Durini 9 20122 Milano (MI)

Amministratore unico
GIANLUCA VENERONI

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Luglio 2022	Prima emissione	GIOMPAPA	MMA	GDS



REPUBBLICA ITALIANA

Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente
DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

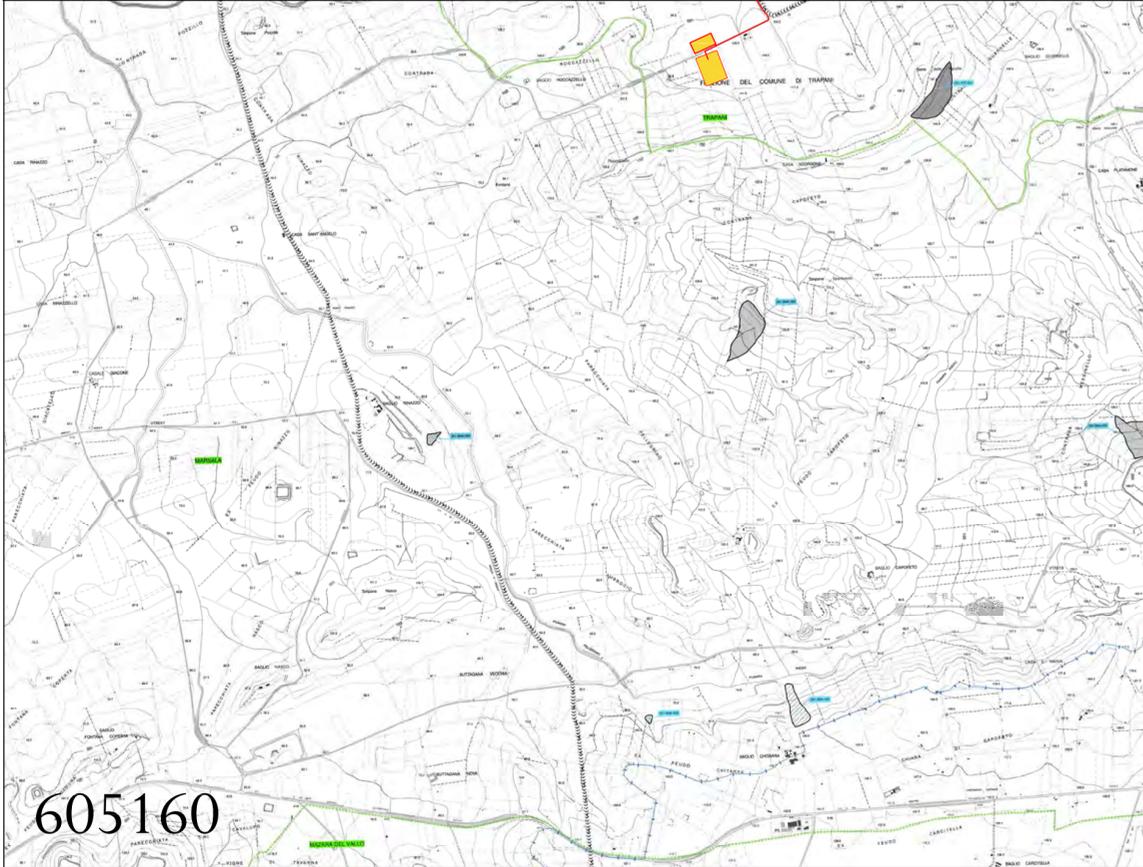
**Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**
(ART. 1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 e ss. mm. ll.)

- Bacino Idrografico del Fiume Birgi (051)
- Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino Idrografico del Fiume Lenzi Baiata (050)

CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 19,10, 11, 15

COMUNE DI:
MARSALA - MAZARA DEL VALLO - TRAPANI
Scala 1:10.000

Anno 2006



LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato
- Sito d'attenzione

LIVELLI DI RISCHIO

- R1 moderato
- R2 medio
- R3 elevato
- R4 molto elevato

- Limite Area Territoriale
- Limite Bacino
- Limite comunale

REGIONE SICILIANA
COMUNE DI TRAPANI
PROVINCIA DI TRAPANI

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" della potenza di 54,5 MW integrato con impianto di accumulo da 10MW e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea"

Titolo elaborato: **Cartografia PAI** Codice elaborato: **F0454AR06A**

Progettazione

F4 Ingegneria srl
Via Di Giarola - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Gruppo di lavoro:
ing. Giuseppe MANZI
ing. Mauro MARELLA
ing. Marco LORUSSO dott.
ing. Luigi ZUCCARO arch.
ing. TELESIA
ing. Beniamino D'ERCOLE
ing. Rosanna SANTANDERIO
ing. Simone LOTTITO
ing. Gerardo SCAVONE

Il Direttore Tecnico:
ing. Giovanni Di Salvo

Consulenze specialistiche
Il tecnico:
Geol. Maria GIOMPARA

EPN
Via Orsola Rossini, 69 - 00189 - Tel/Fax: +39 063771669 - epost@epn.it

Committente

SOLAR PIANA BORROMEA S.r.l.
via Durini 9 - 20122 Milano (MI)

Amministratore unico:
GIANLUCA VENERONI

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Luglio 2022	Prima emissione	GIOMPARA	MMA	GDS

File sorgente:F0454AR06A_Cartografia PAI

COMUNE DI TRAPANI

RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRETTE (Indagini sismiche - Sismica a rifrazione, Masw attiva e HVSR)

**Impianto Agrofotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e
relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località
"Borromea"**

Committente: Dott.a Geol. M. GIOMPAPA

L'IMPRESA

GEOSERVIZI s.r.l.

Sede Leg: Via Monti Peloritani, 16
96100 Siracusa

Unità ex G.S. (14 km-147/700
c.da Spalla - Melilli

Tel. 347 9311529

Fax 0931 1846810

P. IVA 01233290897

e-mail: info@geoservizi.net

INDICE

1.0	PREMESSA	3
2.0	INDAGINE INDIRETTA.....	4
2.1	RILEVAMENTO SISMICO	4
3.0	INDAGINE SISMICA MASW	5
3.1	MASW 1 Campo n. 3.....	6
3.2	RISULTATI FINALI Masw 1	13
4.0	MASW 2 Campo 4.....	14
4.1	RISULTATI FINALI Masw 2	21
5.0	MASW 3 Campo 2.....	22
5.1	RISULTATI FINALI Masw 3	29
6.0	MASW 4 Campo 1.....	30
6.1	RISULTATI FINALI Masw 4	38
7.0	RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS1 A-R Campo 3.....	39
7.1	MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS1 A/R.....	40
7.2	DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS1 A/R.....	41
7.3	SISMOSEZIONE TS1 A/R.....	41
8.0	RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS2 A-R Campo 4.....	42
8.1	MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS2 A/R.....	43
8.2	DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS2 A/R.....	44
8.3	SISMOSEZIONE TS2 A/R.....	44
9.0	RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS3 A-R Campo 2.....	45
9.1	MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS3 A/R.....	46
9.2	DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS3 A/R.....	47
9.3	SISMOSEZIONE TS3 A/R.....	47
10.0	RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS4 A-R Campo 1.....	48
10.1	MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS4 A/R.....	49
10.2	DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS4 A/R.....	50
10.3	SISMOSEZIONE TS4 A/R.....	50
11.0	RISULTANZE DELLE INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE.....	51
12.0	INDAGINE HVSR.....	53

Allegati

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

1.0 PREMESSA

Su incarico della Dott.a Geol. M. GIOMPAPA sono state effettuate tutta una serie di indagini geognostiche indirette presso **Piana Borromea in località Borromea - Trapani per l'esecuzione di un impianto Agrofotovoltaico integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione.**

I lavori sono consistiti in:

- *Esecuzione di N. 4 indagini sismiche a rifrazione;*
- *Esecuzione di N. 4 indagini sismiche - Masw Attiva;*
- *Esecuzione di N. 2 indagini sismiche - HVSR;*

Di seguito sono riportate le norme tecniche delle indagini e le caratteristiche degli strumenti impiegati.

2.0 INDAGINE INDIRETTA

2.1 RILEVAMENTO SISMICO

Nell'area interessata dallo studio sono state effettuate **N.º4 Prove di sismica MASW Attiva**, (Multichannel Analysis of Surface Wave) per la caratterizzazione delle Vs equivalente come da D.M. del Gennaio 2018 “Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche”, **N.º2 prove di sismica HVSR** (sismica passiva) al fine di determinare la Frequenza di sito e **N.4 indagini di sismica a rifrazione** per la determinazione degli spessori dei sismostrati e i relativi moduli elastici.

L'indagine sismica è stata effettuata con un sismografo a trasmissione digitale del segnale SARA Do.Re.Mi., costituito da un array di digitalizzatori distribuiti in corrispondenza dei geofoni e dotato di un'elevata dinamica e di un elevato rapporto segnale/rumore.

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
Tipologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto
Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori
N. max canali per tratta: 255
Dimensioni elemento: 80x55x18 mm
Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)
Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 schermato
Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)
Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (da 2 to 0.05 ms)
Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
Banda passante: 2Hz - 200Hz
Reiezione modo comune: >80dB
Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione e digitale
Dinamica del sistema
Risoluzione: 7.6 µV @ 27dB; 0.076 µV @ 60dB
Dinamica di base: 96dB (16 bit)
S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)

La lunghezza dell'indagine di sismica Masw attiva è stata fissata in metri 24,0 con una distanza intergeofonica di 2,0 m; la lunghezza di ognuna delle indagini di sismica a rifrazione è stata fissata in metri 26 con una distanza intergeofonica di 2,0m.

3.0 INDAGINE SISMICA MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh, rilevate tramite geofoni posti lungo uno stendimento lineare, per ottenere il profilo delle velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Analizzando le onde di Rayleigh, in un determinato dominio di frequenze, si nota che nei mezzi stratificati presentano una dispersione delle velocità di fase, cioè presentano diverse frequenze a cui ognuna corrisponde una velocità.

La curva di dispersione sperimentale si estrae dallo spettro del segnale in quanto corrisponde alle creste di distribuzione dell'energia. Successivamente si procede tramite inversione delle curve di dispersione teoriche al confronto con la curva sperimentale fino ad ottenere la minore percentuale di errore.

Con la tecnica MASW è possibile effettuare diverse energizzazioni esterne a distanze crescenti in testa e in coda allo stendimento. Ad ogni energizzazione corrisponde una curva di dispersione: in fase di elaborazione si utilizzerà la curva di più facile interpretazione.

L'indagine è stata effettuata con il sismografo a trasmissione digitale del segnale SARA Do.Re.Mi., costituito da un array di digitalizzatori distribuiti in corrispondenza dei geofoni e dotato di un'elevata dinamica e di un elevato rapporto segnale/rumore.

I dati acquisiti sono stati successivamente elaborati con il software dell'Ing. Vitantonio Roma (MASW 2007) aggiornato alla Nuova Normativa del 17/01/2018:

- trasformazione dei dati temporali acquisiti nel dominio delle frequenze;
- picking della curva di dispersione di più facile interpretazione tra quelle disponibili dai dati;
- eventuale filtraggio della curva e confronto con curve di dispersione teoriche tramite il processo di inversione fino ad ottenere la migliore approssimazione.

3.1 MASW 1 Campo n. 3

I dati sono stati acquisiti con la seguente configurazione:

Nome del file delle tracce Masw 1 Campo 3	
Numero di ricevitori	12
Distanza tra i sensori:	2m
Numero di campioni temporali	2000
Passo temporale di acquisizione.....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

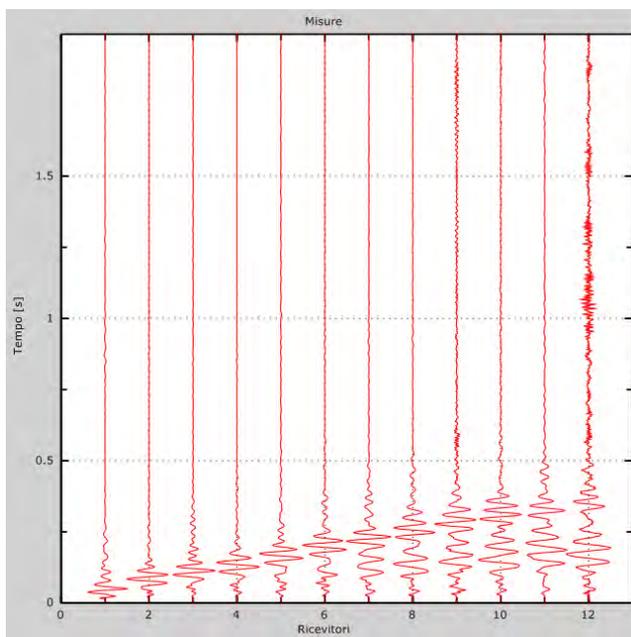


Figura 1:Tracce sperimentali

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

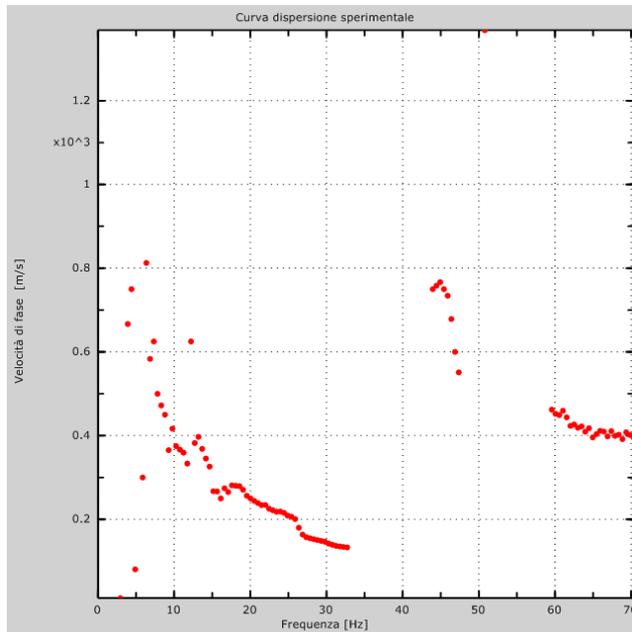


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

Curva di dispersione

Tabella 1: dati ricavati dalla Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
3.85756	668.135	662.668	673.601
4.3836	747.395	741.929	752.861
6.75075	580.675	569.742	591.607
7.36446	624.405	616.205	632.604
7.71515	501.415	498.681	504.148
8.32886	476.816	471.35	482.283
8.76722	452.218	446.752	457.685
9.29326	362.026	359.292	364.759
9.81929	416.688	413.955	419.421
10.3453	370.225	359.292	381.157
11.0467	364.759	356.559	372.958
11.6604	337.428	334.694	340.161
12.8878	383.891	378.424	389.357
13.6769	372.958	367.492	378.424
14.2029	342.894	340.161	345.627
14.729	323.762	318.296	329.228
15.255	269.1	266.366	271.833
15.781	263.633	247.235	280.032
16.8331	274.566	255.434	293.698
17.9728	274.566	269.1	280.032
19.2002	266.366	260.9	271.833
19.9893	249.968	247.235	252.701
21.0414	241.768	239.035	244.502
22.3565	228.103	222.637	233.569
24.1099	217.17	206.238	228.103
25.6003	206.238	198.039	214.437
26.3894	176.174	167.974	184.373
28.1428	154.309	148.842	159.775
29.8963	143.376	137.91	148.842
31.9128	132.444	124.244	140.643

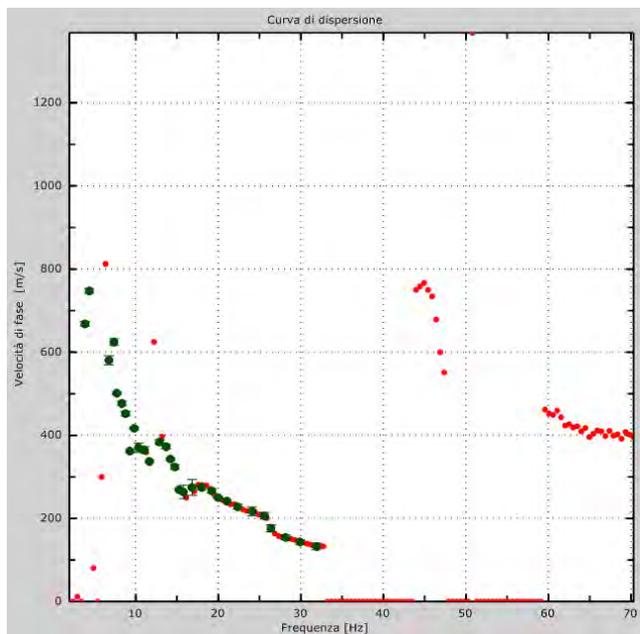


Figura 3:Curva di dispersione

Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	8
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	12
Numero modi	1
Numero iterazioni.....	1
Massimo errore [%].....	2.000000e-001
Consenti forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

h [m]	1.5
z [m]	-1.5
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.38
Vs [m/s].....	147
Vp [m/s]	334
Vs min [m/s].....	74
Vs max [m/s].....	294
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	147

Strato 2

h [m]	3
z [m]	-4.5
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4

Vs [m/s].....	241
Vp [m/s]	590
Vs min [m/s].....	121
Vs max [m/s].....	483
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	241

Strato 3

h [m].....	3
z [m]	-7.5
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	305
Vp [m/s]	747
Vs min [m/s].....	153
Vs max [m/s].....	610
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	305

Strato 4

h [m].....	4
z [m]	-11.5
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	381
Vp [m/s]	933
Vs min [m/s].....	190
Vs max [m/s].....	762
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	381

Strato 5

h [m].....	4
z [m]	-15.5
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	411
Vp [m/s]	1007
Vs min [m/s].....	206
Vs max [m/s].....	823
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	411

Strato 6

h [m]	5
z [m]	-20.5
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	463
Vp [m/s]	1134
Vs min [m/s].....	231
Vs max [m/s].....	926
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	463

Strato 7

h [m]	5
z [m]	-25.5
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	530
Vp [m/s]	1298
Vs min [m/s].....	265
Vs max [m/s].....	1060
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	530

Strato 8

h [m]	4.5
z [m]	-30
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	557
Vp [m/s]	1364
Vs min [m/s].....	279
Vs max [m/s].....	1114
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	557

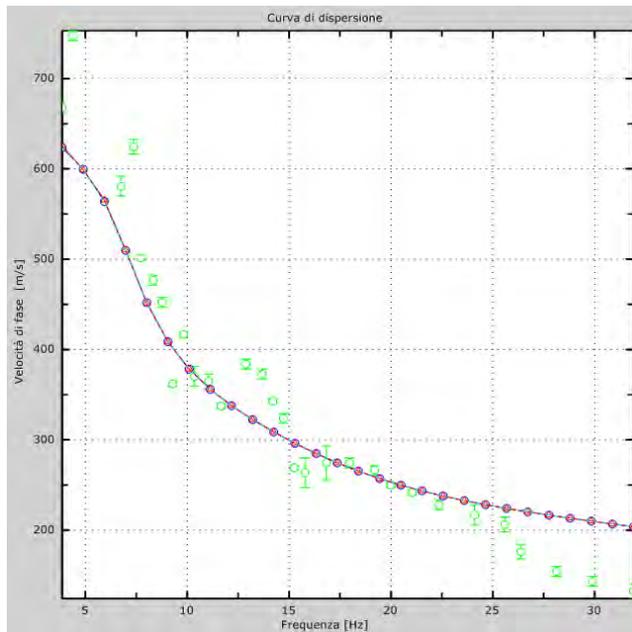


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

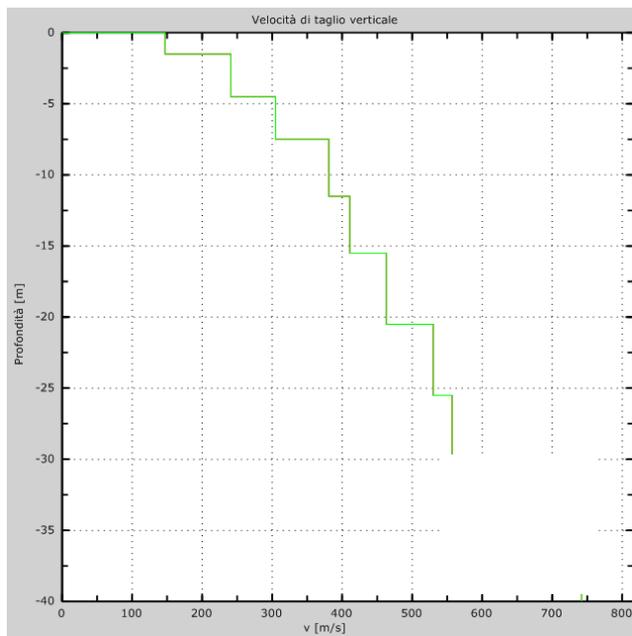


Figura 5: Velocità equivalente onde di taglio;

3.2 RISULTATI FINALI Masw 1

Come si vede dalla tabella n.°1 le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra **3,85–31,91 Hz**. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del **13%**.

Il calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio è stata eseguito come da DM Genn./2018;

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

LA PROFONDITA' DEL SUBSTRATO RIGIDO ($V_s > di 800 m/s$) è $H > 30m$, allora si sono considerati solo gli strati fino a 30m di profondità in modo da avere $H=30m$.

ottenendo:

$$\underline{V_s eq = 313 m/s}$$

Categoria suolo: C

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_s superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

4.0 MASW 2 Campo 4

I dati sono stati acquisiti con la seguente configurazione:

Nome del file delle tracce Masw 2 campo 4
Numero di ricevitori12
Distanza tra i sensori:2m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione..... 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

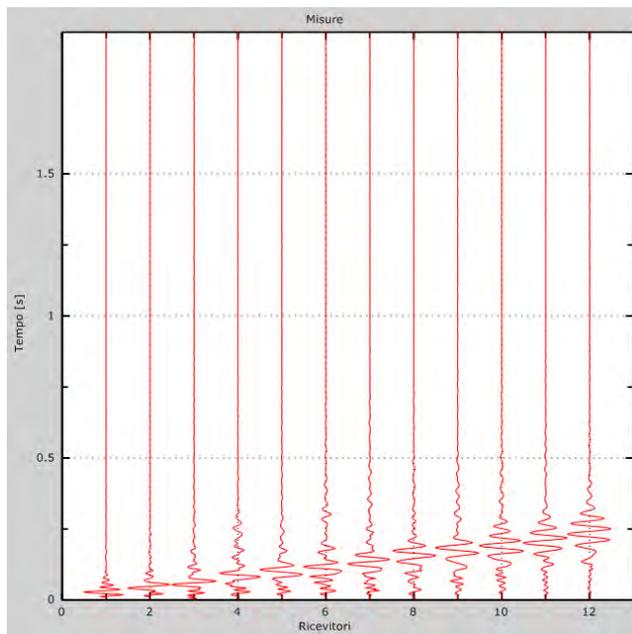


Figura 1:Tracce sperimentali

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

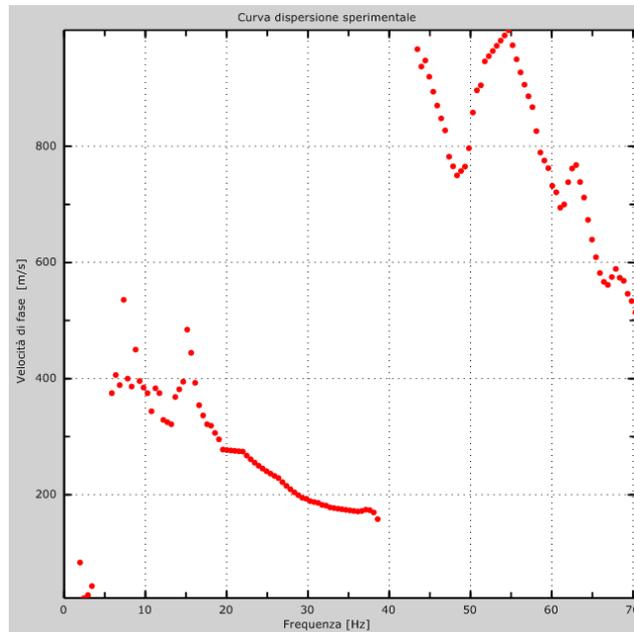


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

Curva di dispersione

Tabella 1: dati ricavati dalla Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.94209	390.386	374.407	406.364
6.98455	388.388	386.391	390.386
8.027	396.377	386.391	406.364
8.80884	450.304	446.309	454.299
9.5038	390.386	378.402	402.369
10.1988	374.407	368.416	380.399
10.2856	368.416	366.418	370.413
10.6331	342.451	338.456	346.446
11.2412	388.388	380.399	396.377
12.1968	332.465	328.47	336.459
12.8918	328.47	322.478	334.462
13.9342	380.399	372.41	388.388
14.7161	392.383	384.394	400.372
15.2373	482.26	474.271	490.25
15.6716	440.318	432.328	448.307
16.1929	394.38	384.394	404.367
16.6272	350.44	344.448	356.432
17.2353	332.465	326.473	338.456
18.1909	318.484	310.495	326.473
18.8859	302.505	294.516	310.495
19.8415	278.538	274.544	282.533
20.9708	276.541	270.549	282.533
22.1001	272.546	262.56	282.533
23.5769	254.571	246.582	262.56
25.4012	234.598	224.612	244.584
27.1386	216.622	206.636	226.609
28.9629	198.647	188.661	208.633
31.2216	186.663	180.671	192.655
33.1327	180.671	176.677	184.666
35.1307	176.677	170.685	182.669
37.0419	176.677	172.682	180.671
38.0844	164.693	154.707	174.68

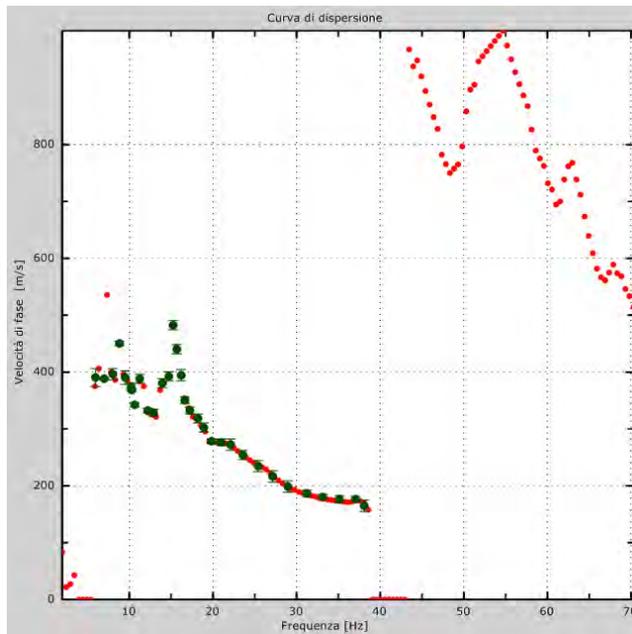


Figura 3: Curva di dispersione

Profilo in sito Masw

Numero di strati (escluso semispazio)	8
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	12
Numero modi	1
Numero iterazioni.....	1
Massimo errore [%].....	2.000000e-001
Consenti forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

h [m]	1
z [m]	-1
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.38
Vs [m/s].....	183
Vp [m/s]	416
Vs min [m/s].....	91
Vs max [m/s]	366
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	183

Strato 2

h [m]	3
z [m]	-4
Densità [kg/m ³].....	1920

Poisson	0.4
Vs [m/s].....	261
Vp [m/s]	639
Vs min [m/s].....	130
Vs max [m/s].....	521
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	261

Strato 3

h [m]	3
z [m]	-7
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	336
Vp [m/s]	823
Vs min [m/s].....	168
Vs max [m/s].....	672
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	336

Strato 4

h [m]	4
z [m]	-11
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	365
Vp [m/s]	894
Vs min [m/s].....	182
Vs max [m/s].....	730
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	365

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-15
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	432
Vp [m/s]	1058
Vs min [m/s].....	216
Vs max [m/s].....	863
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	

Vs fin.[m/s]432

Strato 6

h [m]5

z [m] -20

Densità [kg/m³].....1920

Poisson0.4

Vs [m/s].....440

Vp [m/s]1078

Vs min [m/s].....220

Vs max [m/s].....881

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]440

Strato 7

h [m]5

z [m] -25

Densità [kg/m³].....1920

Poisson0.4

Vs [m/s].....432

Vp [m/s]1058

Vs min [m/s].....216

Vs max [m/s].....863

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]432

Strato 8

h [m]5

z [m] -30

Densità [kg/m³].....1920

Poisson0.4

Vs [m/s].....434

Vp [m/s]1063

Vs min [m/s].....217

Vs max [m/s].....868

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]434

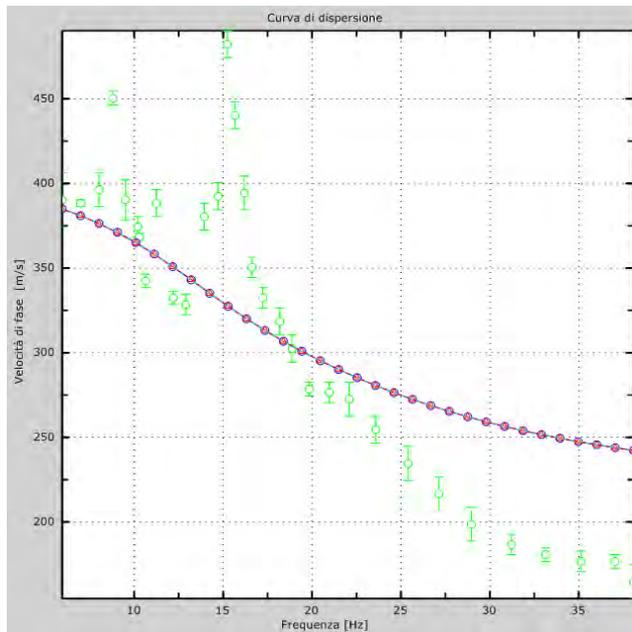


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

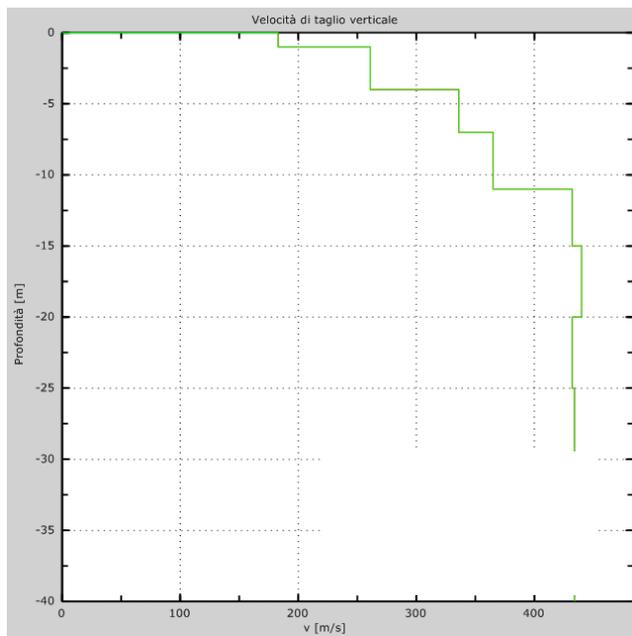


Figura 5: Velocità equivalente onde di taglio;

4.1 RISULTATI FINALI Masw 2

Come si vede dalla tabella n.°1 le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra **5,94–38,08 Hz**. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del 17%.

Il calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio è stata eseguito come da DM Genn./2018;

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

LA PROFONDITA' DEL SUBSTRATO RIGIDO ($V_s > di 800 m/s$) è $H > 30m$, allora si sono considerati gli strati fino a 30m di profondità in modo da avere $H=30m$.

ottenendo:

$$\underline{V_s eq = 372 m/s}$$

Categoria suolo: B

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_s superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

5.0 MASW 3 Campo 2

I dati sono stati acquisiti con la seguente configurazione:

Nome del file delle tracce Masw 3 campo 2
Numero di ricevitori12
Distanza tra i sensori:2m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione..... 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

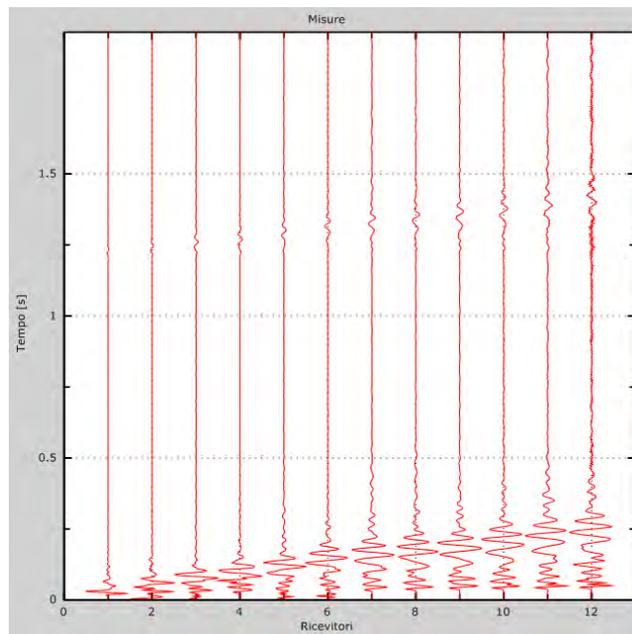


Figura 1:Tracce sperimentali

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

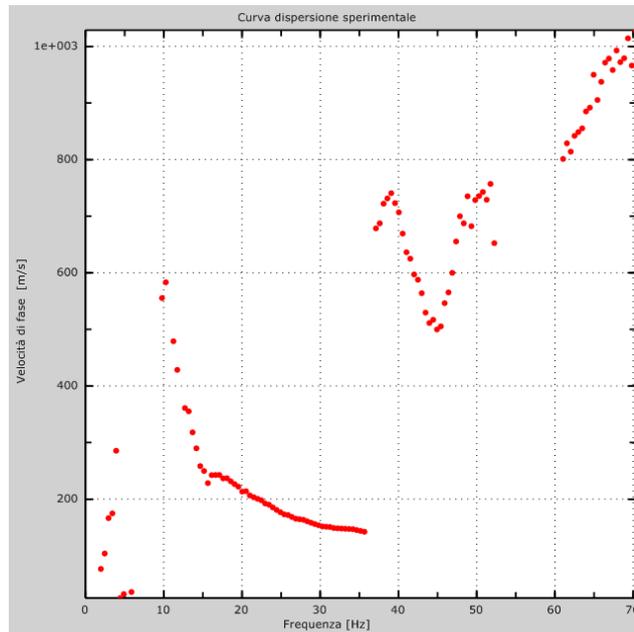


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

Curva di dispersione

Tabella 1: dati ricavati dalla Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
9.73162	571.322	553.18	589.464
11.2221	480.612	469.727	491.497
11.6604	429.815	411.673	447.957
12.8878	368.132	360.875	375.389
13.5892	320.963	310.078	331.848
14.2029	295.564	277.422	313.706
14.8166	255.652	252.024	259.281
15.518	241.139	233.882	248.395
16.1317	244.767	233.882	255.652
17.2715	241.139	237.51	244.767
19.2002	226.625	215.74	237.51
21.2167	208.483	201.226	215.74
23.7592	190.341	186.713	193.97
26.4771	172.199	164.942	179.456
29.3703	157.686	139.544	175.828
31.4744	154.057	135.915	172.199
35.5073	143.172	125.03	161.314

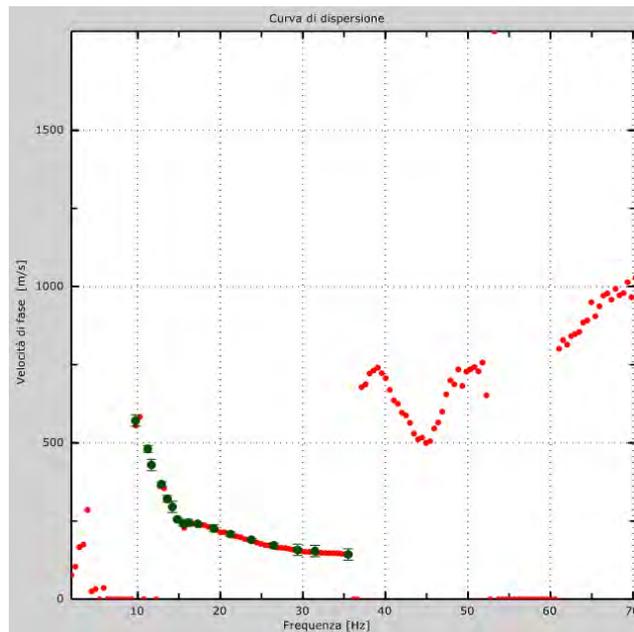


Figura 3: Curva di dispersione

Profilo in sito Masw

Numero di strati (escluso semispazio)	8
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	12
Numero modi	1
Numero iterazioni.....	1
Massimo errore [%].....	3.000000e-001
Consenti forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

h [m]	1
z [m]	-1
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.38
Vs [m/s].....	159
Vp [m/s]	361
Vs min [m/s].....	80
Vs max [m/s].....	318
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	159

Strato 2

h [m]	3
z [m]	-4
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	211
Vp [m/s]	517
Vs min [m/s].....	106
Vs max [m/s].....	423
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	211

Strato 3

h [m]	3
z [m]	-7
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	268
Vp [m/s]	656
Vs min [m/s].....	134
Vs max [m/s].....	536
Falda non presente nello strato	

Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	268

Strato 4

h [m]	4
z [m]	-11
Densità [kg/m ³]	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s]	357
Vp [m/s]	874
Vs min [m/s]	178
Vs max [m/s]	713

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]	357
--------------------	-----

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-15
Densità [kg/m ³]	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s]	478
Vp [m/s]	1171
Vs min [m/s]	239
Vs max [m/s]	955

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]	478
--------------------	-----

Strato 6

h [m]	5
z [m]	-20
Densità [kg/m ³]	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s]	534
Vp [m/s]	1308
Vs min [m/s]	267
Vs max [m/s]	1068

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]	534
--------------------	-----

Strato 7

h [m]	5
z [m]	-25
Densità [kg/m ³]	1920
Poisson	0.4

Vs [m/s].....	635
Vp [m/s]	1555
Vs min [m/s].....	317
Vs max [m/s].....	1270
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	635

Strato 8

h [m].....	6
z [m]	-31
Densità [kg/m^3].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	635
Vp [m/s]	1555
Vs min [m/s].....	317
Vs max [m/s].....	1270
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	635

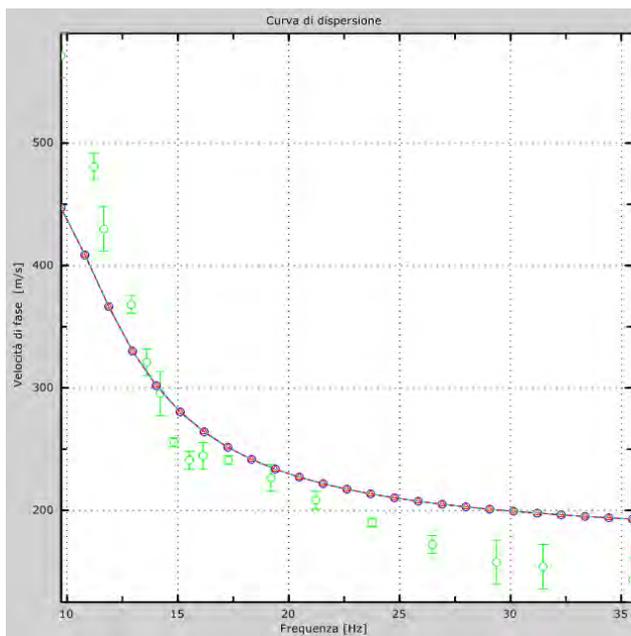


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

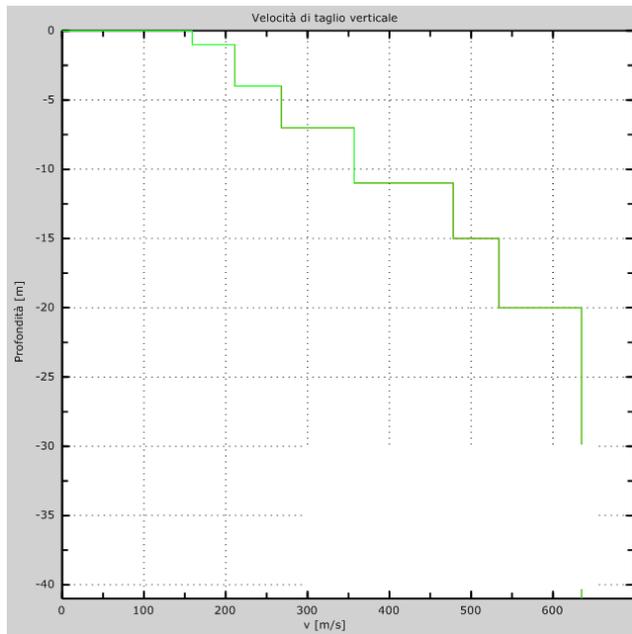


Figura 5: Velocità equivalente onde di taglio;

5.1 RISULTATI FINALI Masw 3

Come si vede dalla tabella n.°1 le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra **9,73–35,50 Hz**. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del 16%.

Il calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio è stata eseguito come da DM Genn./2018;

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

LA PROFONDITA' DEL SUBSTRATO RIGIDO ($V_s > di 800 m/s$) è $H=30,0m$, allora si sono considerati solo gli strati fino a 30 m di profondità in modo da avere $H=30 m$.

ottenendo:

$$\underline{V_{s eq30} = 392 m/s}$$

Categoria suolo: B

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_s superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

6.0 MASW 4 Campo 1

I dati sono stati acquisiti con la seguente configurazione:

Nome del file delle tracce Masw 4 campo1
Numero di ricevitori12
Distanza tra i sensori:2m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione..... 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

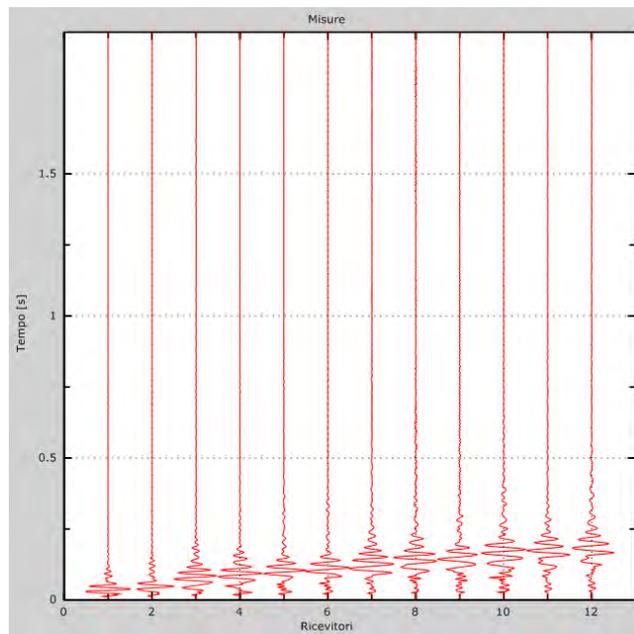


Figura 1:Tracce sperimentali

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

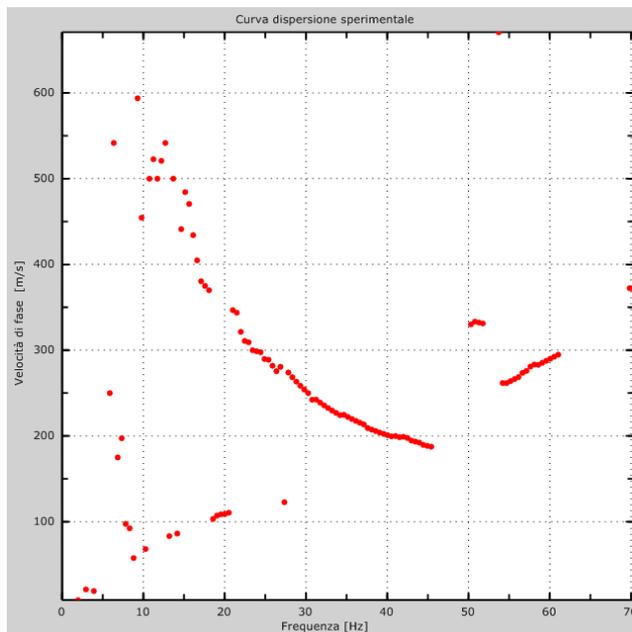


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

Curva di dispersione

Tabella 1: dati ricavati dalla Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
6.46332	544.508	539.149	549.866
9.41693	595.414	582.017	608.81
9.67755	456.091	452.073	460.11
11.0675	515.036	504.318	525.753
12.1099	508.337	498.96	517.715
13.9342	497.62	494.941	500.3
14.5423	442.695	438.676	446.714
15.3242	477.526	469.488	485.563
16.1929	433.318	427.959	438.676
16.6272	403.846	398.487	409.204
17.4959	378.392	374.374	382.411
18.104	370.355	354.279	386.43
21.3183	344.902	340.883	348.92
22.0132	323.467	319.448	327.486
22.7951	310.071	308.731	311.411
24.0981	300.694	291.316	310.071
25.0537	289.976	288.637	291.316
26.0093	281.939	276.58	287.297
26.9649	281.939	280.599	283.278
28.0942	272.561	268.542	276.58
29.2235	261.844	257.825	265.863
30.266	249.787	243.089	256.485
31.9165	239.07	237.731	240.41
33.9146	225.674	220.315	231.032
35.9126	218.976	214.957	222.995
38.4318	206.919	198.881	214.957
40.5168	200.221	196.202	204.24
42.2542	198.881	196.202	201.56
44.9472	188.164	185.485	190.843

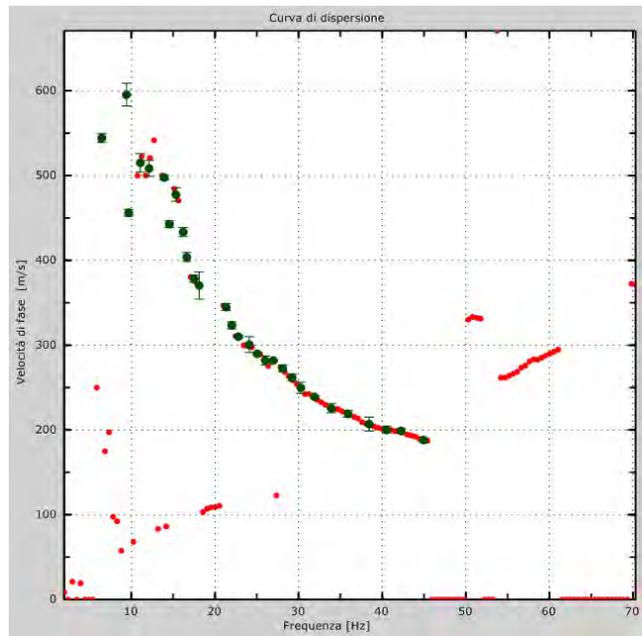


Figura 3: Curva di dispersione

Profilo in sito Masw

Numero di strati (escluso semispazio)	8
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	12
Numero modi	1
Numero iterazioni.....	1
Massimo errore [%].....	3.000000e-001
Consenti forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

h [m]	2
z [m]	-2
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.38
Vs [m/s].....	209
Vp [m/s]	475
Vs min [m/s].....	105
Vs max [m/s].....	418
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	209

Strato 2

h [m]	3
z [m]	-5
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	291
Vp [m/s]	713
Vs min [m/s].....	145
Vs max [m/s].....	582
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	291

Strato 3

h [m]	3
z [m]	-8
Densità [kg/m ³].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	383
Vp [m/s]	938
Vs min [m/s].....	192
Vs max [m/s].....	766
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	

Vs fin.[m/s]383

Strato 4

h [m]4

z [m] -12

Densità [kg/m³].....1920

Poisson0.4

Vs [m/s].....449

Vp [m/s]1100

Vs min [m/s].....224

Vs max [m/s].....897

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]449

Strato 5

h [m]4

z [m] -16

Densità [kg/m³].....1920

Poisson0.4

Vs [m/s].....553

Vp [m/s]1355

Vs min [m/s].....276

Vs max [m/s].....1106

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]553

Strato 6

h [m]5

z [m] -21

Densità [kg/m³].....1920

Poisson0.4

Vs [m/s].....572

Vp [m/s]1401

Vs min [m/s].....286

Vs max [m/s].....1145

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]572

Strato 7

h [m]4

z [m] -25

Densità [kg/m³].....1920

Poisson0.4

Vs [m/s].....662

Vp [m/s]	1622
Vs min [m/s].....	331
Vs max [m/s].....	1323
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	662

Strato 8

h [m].....	5
z [m]	-30
Densità [kg/m^3].....	1920
Poisson	0.4
Vs [m/s].....	662
Vp [m/s]	1622
Vs min [m/s].....	331
Vs max [m/s].....	1323
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	662

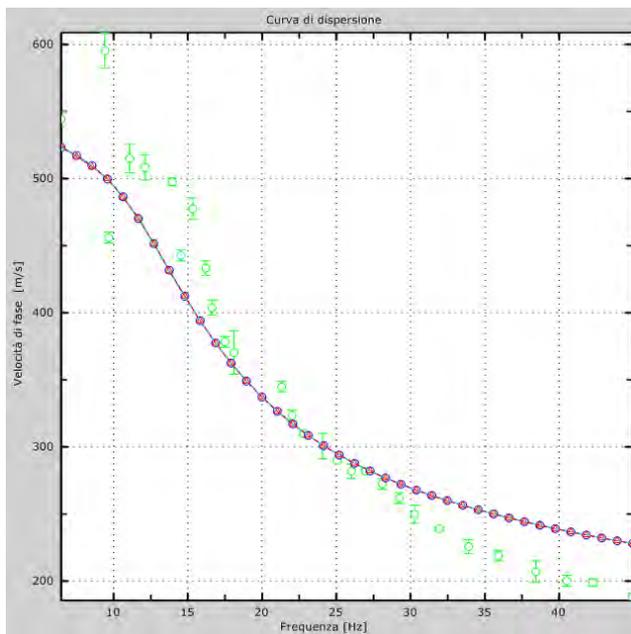


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

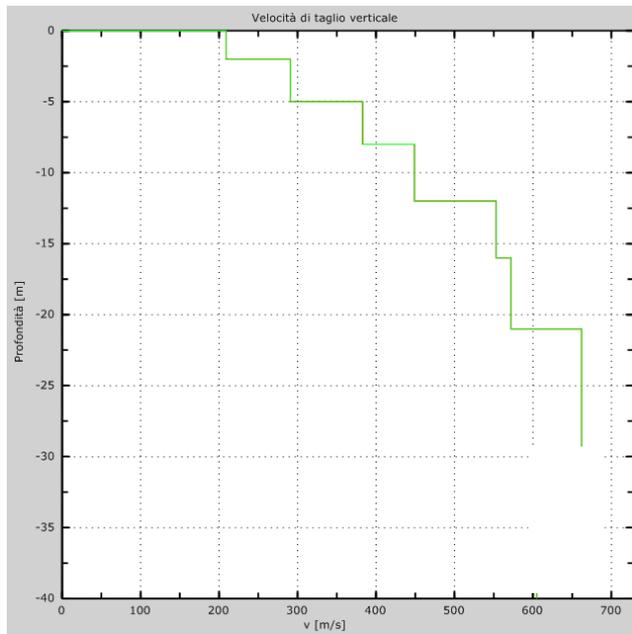


Figura 5: Velocità equivalente onde di taglio;

6.1 RISULTATI FINALI Masw 4

Come si vede dalla tabella n.°1 le Velocità delle onde di taglio si presentano disperse in un range di frequenze tra **6,46–44,94 Hz**. L'errore di approssimazione tra la curva teorica e sperimentale è stato del 10%.

Il calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio è stata eseguito come da DM Genn./2018;

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

LA PROFONDITA' DEL SUBSTRATO RIGIDO ($V_s > di 800 m/s$) è $H > 30,0m$, allora si sono considerati solo gli strati fino a 30 m di profondità in modo da avere $H=30 m$.

ottenendo:

$$V_{s eq} = 453 m/s$$

Categoria suolo: B

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_s superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore 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.

Tipo E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

7.0 RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS1 A-R Campo 3

Battuta Numero N°	Distanza intergeofonica m	Risposta Andata millisecondi	Risposta Ritorno millisecondi
1	2.0	13.6	13.6
2	4.0	17.2	20.4
3	6.0	18.6	18.4
4	8.0	19	20.8
5	10.0	19.8	21.4
6	12.0	21.8	22.2
7	14.0	22	23
8	16.0	23.4	23.8
9	18.0	25.6	25.2
10	20.0	26.4	26.2
11	22.0	27.8	26.8
12	24.0	29.2	27.2

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata dal p.c. sino a -0,9 al ritorno dal p.c. a -1,3m

$$V_p = 161 \text{ m/s}$$

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata da -0,9 m e al ritorno da -1,3m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

$$V_p = 1455 \text{ m/s}$$

7.1 MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS1 A/R

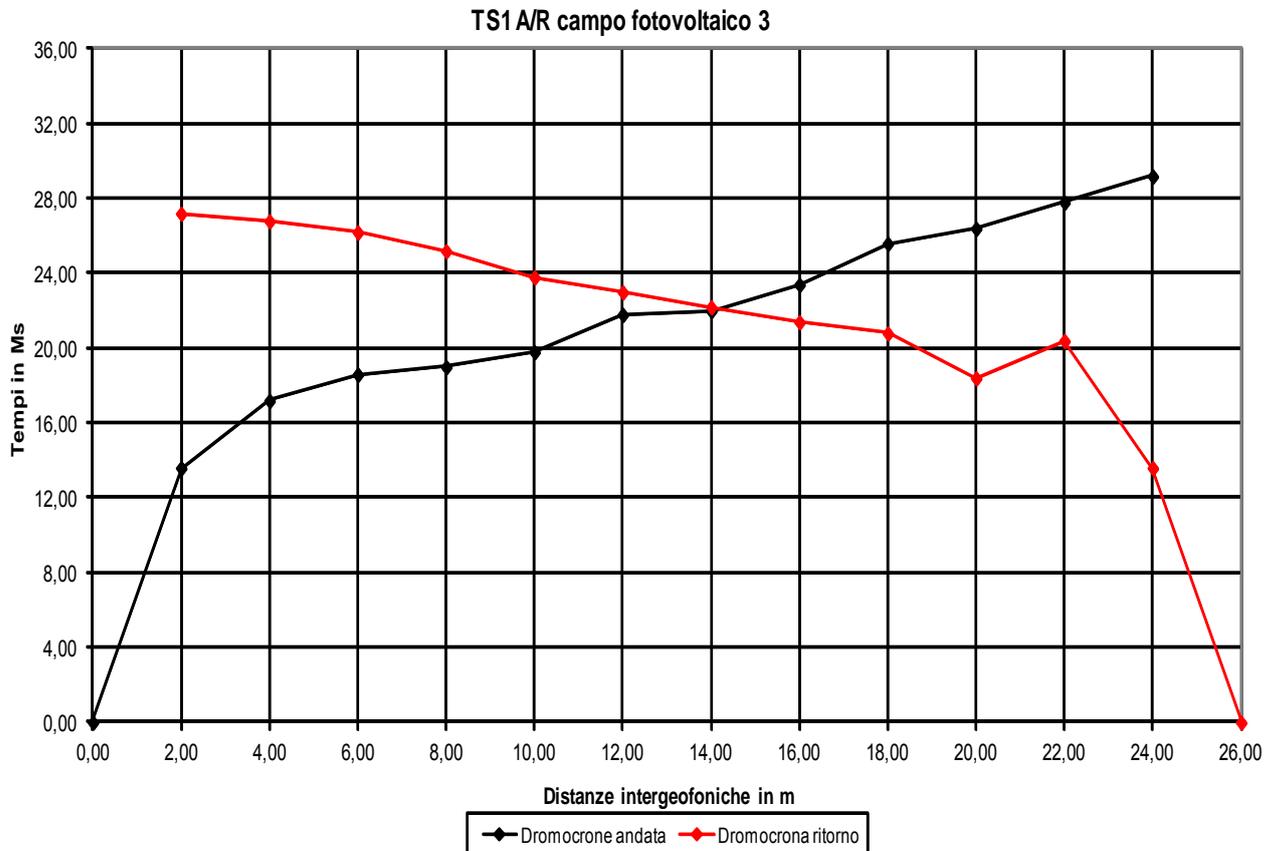
Sismostrato in andata dal p.c. a -0,9 m e al ritorno dal p.c. a - 1,3 m

Velocità longitudinale	Vp	161	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	71	m/sec
Peso di volume	Y	1,80	gr/cm ³
Coefficiente di Poisson	P	0,38	./.
Modulo di Young	E	254	Kg/cm ²
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	353	Kg/cm ²
Modulo di rigidità o di taglio	R	92	Kg/cm ²
Costante di Lamé'	C	292	./.

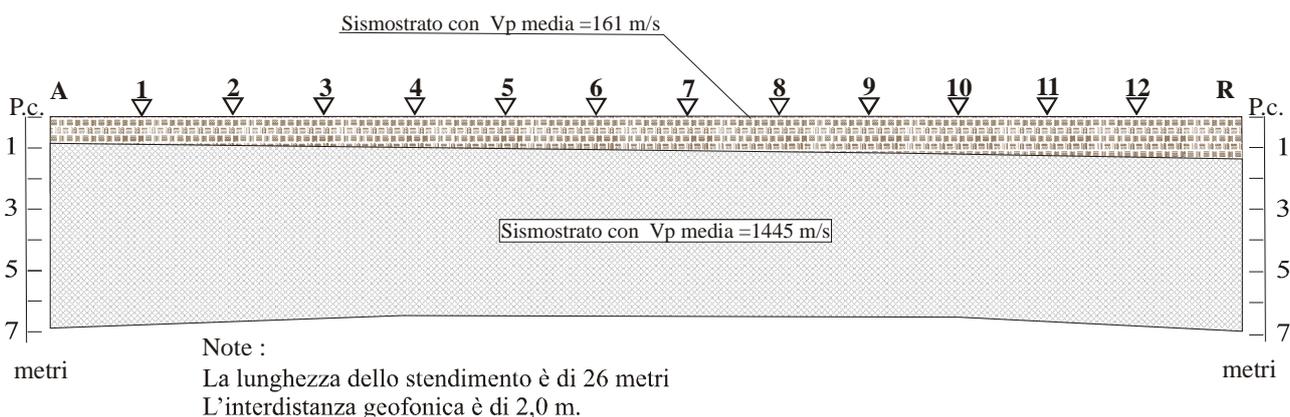
Sismostrato in andata da -0,9 m e al ritorno da -1,3 m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

Velocità longitudinale	Vp	1455	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	594	m/sec
Peso di volume	Y	1,92	gr/cm ³
Coefficiente di Poisson	P	0,4	./.
Modulo di Young	E	19343	Kg/cm ²
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	32228	Kg/cm ²
Modulo di rigidità o di taglio	R	6908	Kg/cm ²
Costante di Lamé'	C	27632	./.

7.2 DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS1 A/R



7.3 SISMOSEZIONE TS1 A/R



8.0 RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS2 A-R Campo 4

Battuta Numero N°	Distanza intergeofonica m	Risposta Andata millisecondi	Risposta Ritorno millisecondi
1	2.0	10	9.2
2	4.0	11.6	11.6
3	6.0	12.8	13.6
4	8.0	15	15.2
5	10.0	16.2	17.4
6	12.0	17.8	17.8
7	14.0	16.4	19
8	16.0	17	20
9	18.0	20.2	20.8
10	20.0	21.6	22
11	22.0	21	24.8
12	24.0	22.6	23.8

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata dal p.c. sino a -0,9 m al ritorno dal p.c. a -0,9 m

$$V_p = 208 \text{ m/s}$$

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

$$V_p = 1553 \text{ m/s}$$

8.1 MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS2 A/R

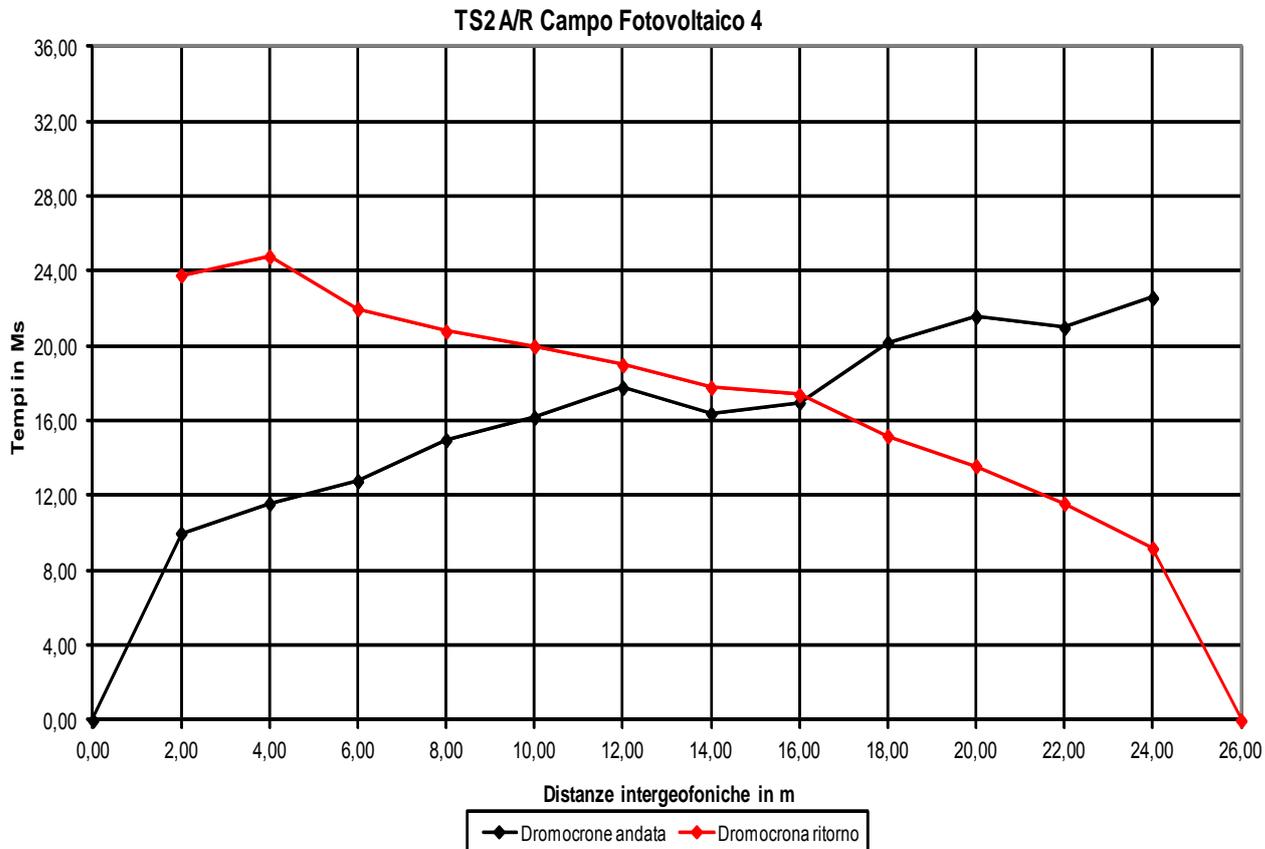
Sismostrato in andata dal p.c. a -0,9 m e al ritorno dal p.c. a - 0,9 m

Velocità longitudinale	Vp	208	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	92	m/sec
Peso di volume	Y	1,80	gr/cm ³
Coefficiente di Poisson	P	0,38	./.
Modulo di Young	E	424	Kg/cm ²
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	589	Kg/cm ²
Modulo di rigidità o di taglio	R	154	Kg/cm ²
Costante di Lamé'	C	487	./.

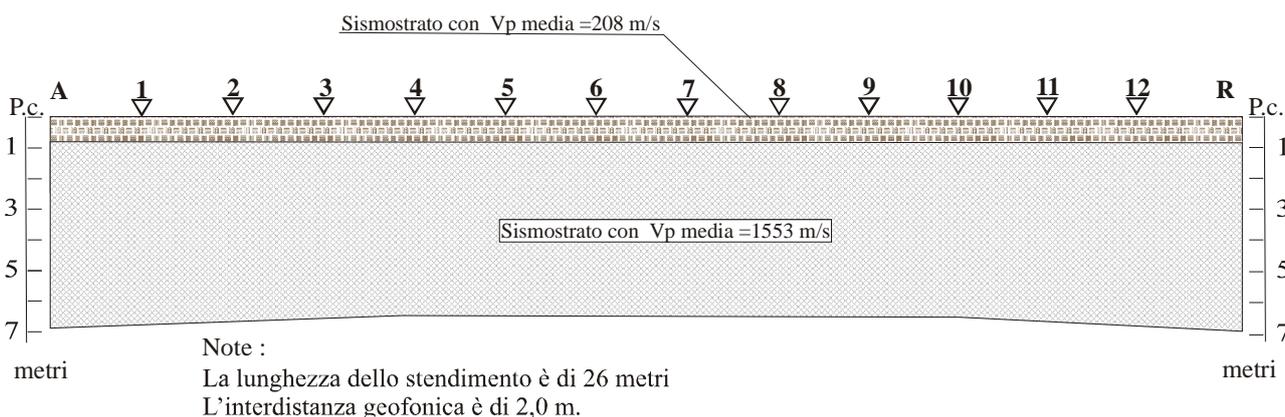
Sismostrato in andata da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

Velocità longitudinale	Vp	1553	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	634	m/sec
Peso di volume	Y	1,92	gr/cm ³
Coefficiente di Poisson	P	0,4	./.
Modulo di Young	E	22036	Kg/cm ²
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	36727	Kg/cm ²
Modulo di rigidità o di taglio	R	7870	Kg/cm ²
Costante di Lamé'	C	31408	./.

8.2 DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS2 A/R



8.3 SISMOSEZIONE TS2 A/R



9.0 RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS3 A-R Campo 2

Battuta Numero N°	Distanza intergeofonica m	Risposta Andata millisecondi	Risposta Ritorno millisecondi
1	2.0	14.8	14.6
2	4.0	19.2	19.8
3	6.0	22.2	23.4
4	8.0	23.2	26.8
5	10.0	24.2	28
6	12.0	27	29.8
7	14.0	30.2	32.8
8	16.0	32	34.6
9	18.0	33.6	36
10	20.0	36.6	37.4
11	22.0	37.4	39
12	24.0	38.4	40.4

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata dal p.c. sino a -0,9 al ritorno dal p.c. a -0,9m

$$V_p = 136 \text{ m/s}$$

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata da -0,9 m e al ritorno da -0,9m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

$$V_p = 950 \text{ m/s}$$

9.1 MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS3 A/R

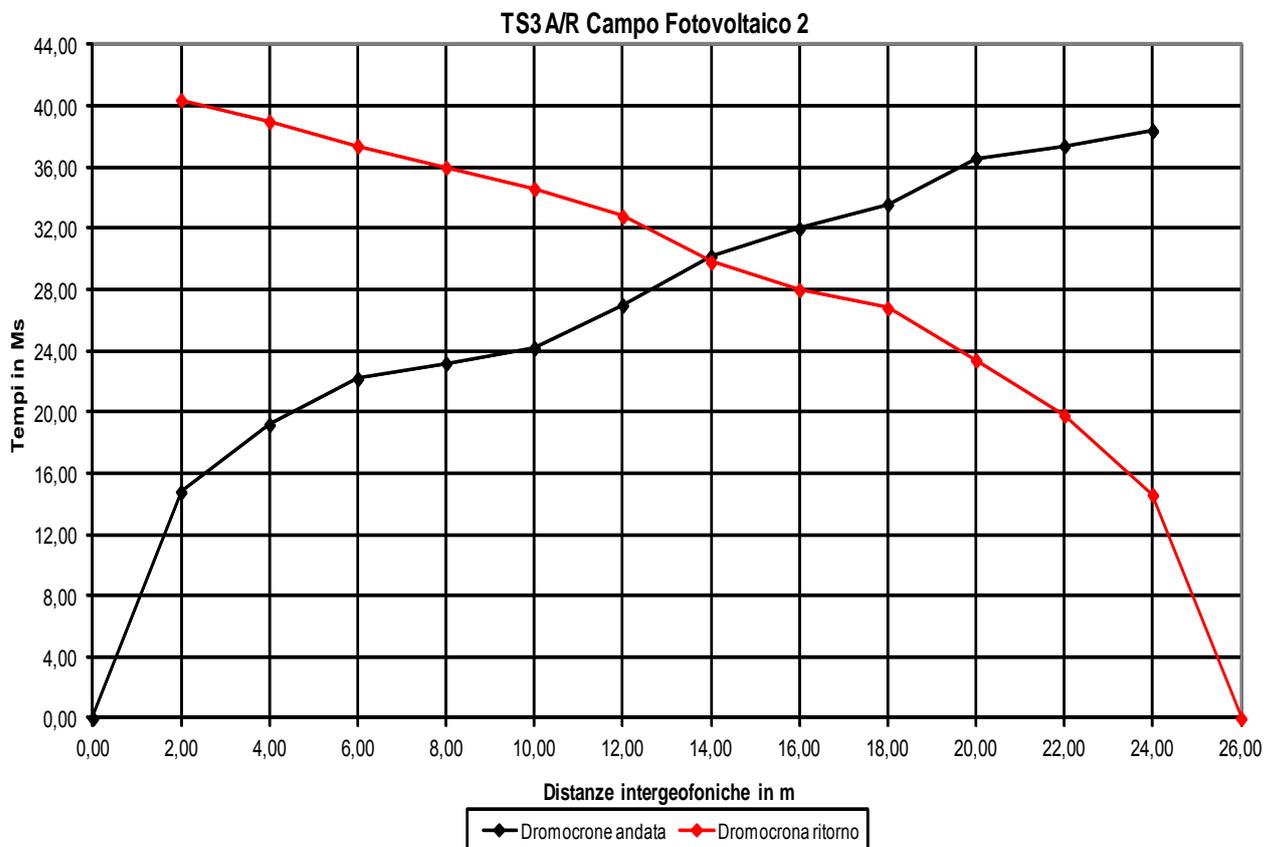
Sismostrato in andata dal p.c. a -0,9 m e al ritorno dal p.c. a - 0,9 m

Velocità longitudinale	Vp	136	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	60	m/sec
Peso di volume	Y	1,80	gr/cmc
Coefficiente di Poisson	P	0,38	./.
Modulo di Young	E	181	Kg/cmq
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	252	Kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	66	Kg/cmq
Costante di Lamé'	C	208	./.

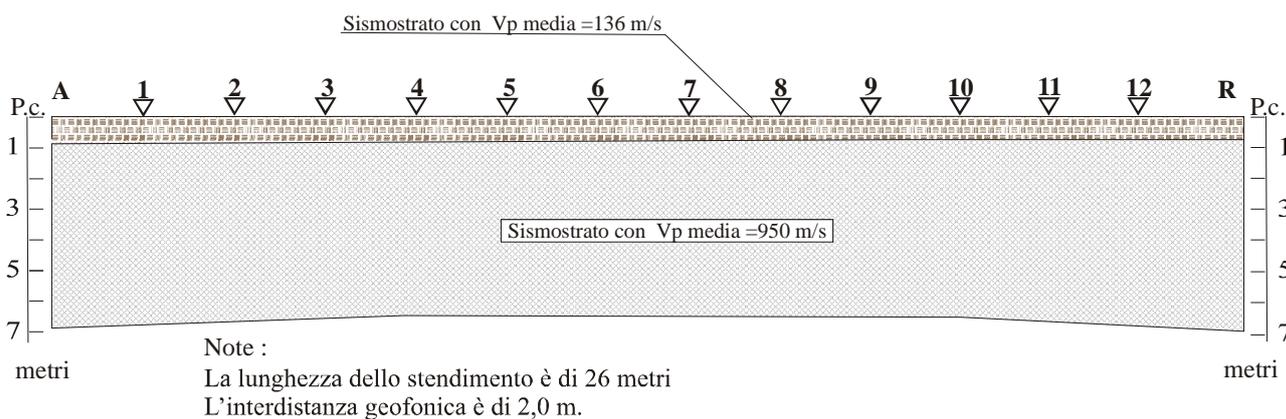
Sismostrato in andata da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

Velocità longitudinale	Vp	950	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	388	m/sec
Peso di volume	Y	1,95	gr/cmc
Coefficiente di Poisson	P	0,4	./.
Modulo di Young	E	8375	Kg/cmq
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	13950	Kg/cmq
Modulo di rigidità o di taglio	R	2991	Kg/cmq
Costante di Lamé'	C	11964	./.

9.2 DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS3 A/R



9.3 SISMOSEZIONE TS3 A/R



10.0 RISULTATI TRAVERSA SISMICA TS4 A-R Campo 1

Battuta Numero N°	Distanza intergeofonica m	Risposta Andata millisecondi	Risposta Ritorno millisecondi
1	2.0	10	4
2	4.0	11.8	6.4
3	6.0	14	9
4	8.0	15.8	10.2
5	10.0	17.2	12.6
6	12.0	18.8	13.6
7	14.0	20	15.2
8	16.0	22.6	17.2
9	18.0	23	18
10	20.0	24.6	19
11	22.0	25.6	21
12	24.0	28	22

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata dal p.c. sino a -0,8 m al ritorno dal p.c. a -1,8 m

$$V_p = 433 \text{ m/s}$$

Velocità media dei volumi litoidi indagati in andata da -0,8 m e al ritorno da -1,8m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

$$V_p = 1303 \text{ m/s}$$

10.1 MODULI ELASTICI RELATIVI ALLA TRAVERSA SISMICA TS4 A/R

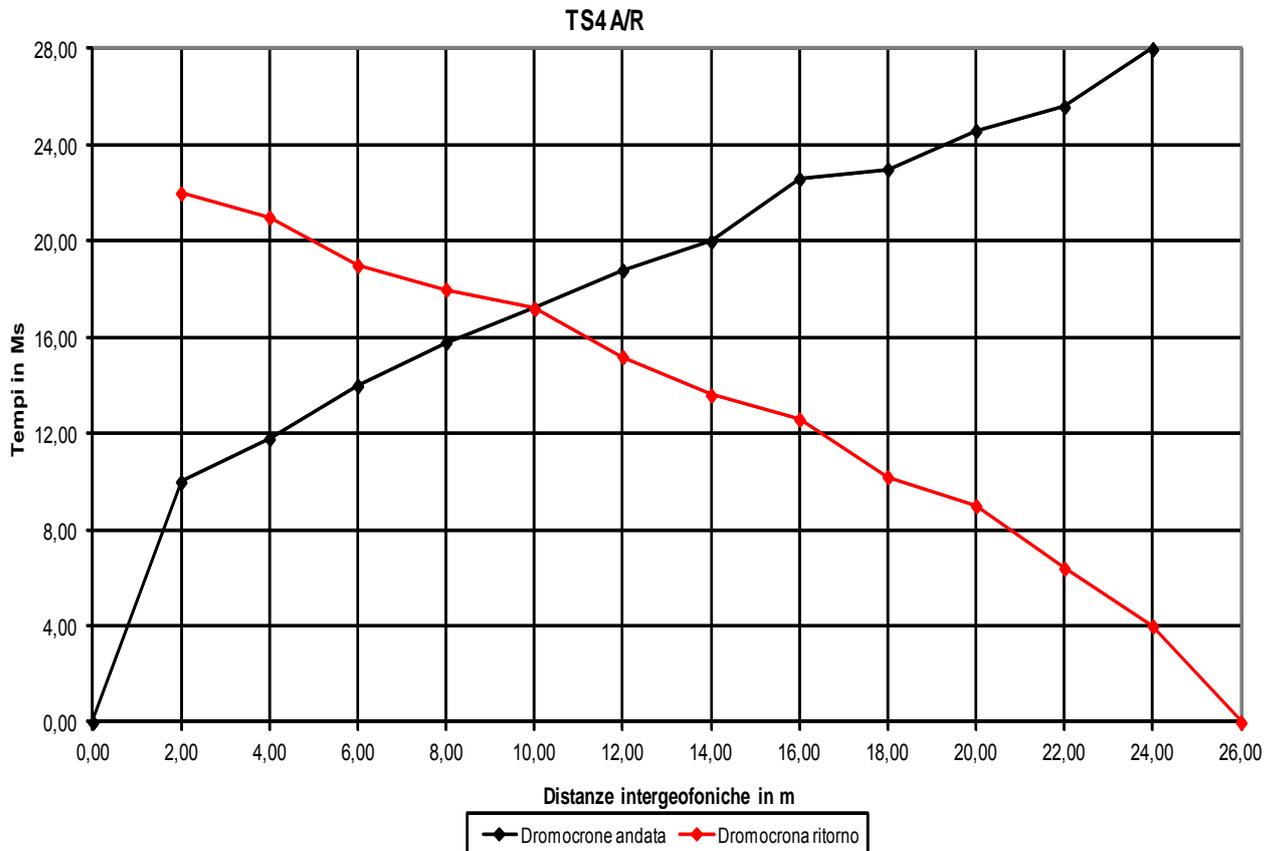
Sismostrato in andata dal p.c. a -0,8 m e al ritorno dal p.c. a - 1,8 m

Velocità longitudinale	Vp	433	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	190	m/sec
Peso di volume	Y	1,8	gr/cm ³
Coefficiente di Poisson	P	0,38	./.
Modulo di Young	E	1859	Kg/cm ²
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	2582	Kg/cm ²
Modulo di rigidità o di taglio	R	673	Kg/cm ²
Costante di Lamé'	C	2133	./.

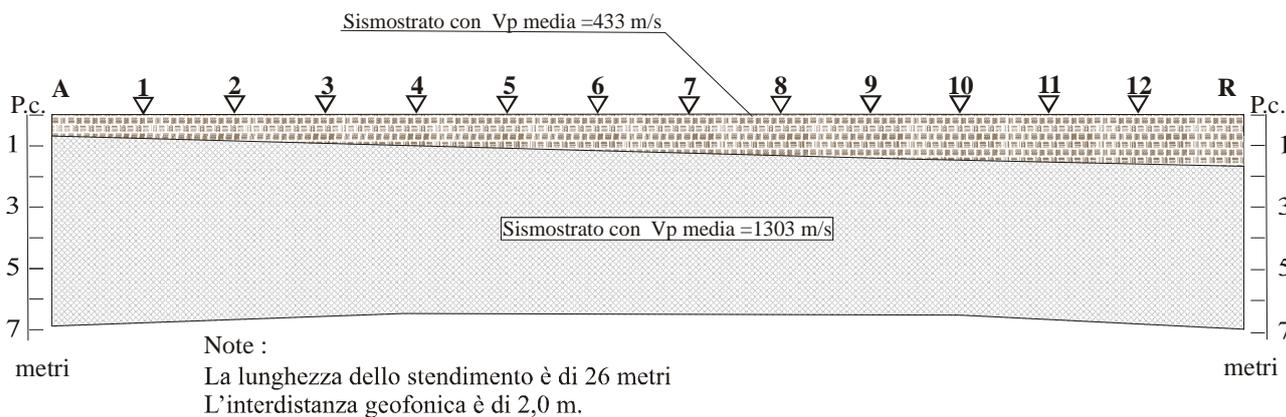
Sismostrato in andata da -0,8 m e al ritorno da -1,8 m sino alla profondità di indagine (circa 9,0m/10,0m).

Velocità longitudinale	Vp	1303	m/sec
Velocità trasversale rilevata	Vs	532	m/sec
Peso di volume	Y	1,93	gr/cm ³
Coefficiente di Poisson	P	0,4	./.
Modulo di Young	E	15593	Kg/cm ²
Modulo di incompressib.(Bulk)	K	25989	Kg/cm ²
Modulo di rigidità o di taglio	R	5569	Kg/cm ²
Costante di Lamé'	C	22276	./.

10.2 DROMOCRONA PRIMI ARRIVI TS4 A/R



10.3 SISMOSEZIONE TS4 A/R



11.0 RISULTANZE DELLE INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE

La traversa sismica TS1, effettuata nel campo fotovoltaico 3, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -1,3 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 161 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,9 m e al ritorno da -1,3 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 1455 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale; al secondo sismostrato si associa la Formazione geologica in posto.

Lungo la direzione dello stendimento non si sono registrate anomalie.

La traversa sismica TS2, effettuata nel campo fotovoltaico 4, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -0,9 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 208 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 1553 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale e/o terreno in posto allentato; al secondo sismostrato si associa un modello geolitologico dato dalla Formazione geologica in posto.

Lungo la direzione dello stendimento non si sono registrate anomalie.

La traversa sismica TS3, effettuata nel campo fotovoltaico 2, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,9 m e al ritorno dal p.c. sino a -0,9 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 136 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,9 m e al ritorno da -0,9 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 950 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale e/o terreno in posto allentato; al secondo sismostrato si associa un modello geolitologico dato dalla Formazione geologica in posto.

Lungo la direzione dello stendimento non si sono registrate anomalie.

La traversa sismica TS4, effettuata nel campo fotovoltaico 1, ha rilevato la presenza di due sismostrati a diverse caratteristiche elastiche:

Il primo sismostrato è stato rilevato in andata dal p.c. sino a -0,8 m e al ritorno dal p.c. sino a -1,8 m, ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 433 m/;

Il secondo sismostrato è stato rilevato in andata a partire da -0,8 m e al ritorno da -1,8 m ed ha fatto rilevare una velocità media delle onde prime di 1303 m/s, sino alla profondità di indagine di 9,0 m / 10,0 m.

Al primo sismostrato si associa un modello geolitologico dato da Terreno vegetale; al secondo sismostrato si associa un modello geolitologico dato dalla Formazione geologica in posto.

Lungo la direzione dello stendimento non si sono registrate anomalie.

12.0 INDAGINE HVSR

La tecnica HVSR permette di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito attraverso la registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z) con una singola stazione.

La registrazione è stata effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata di 20/30 minuti.

Le ipotesi alla base della tecnica sono:

- una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz);
- assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze;
- che le sorgenti di rumore siano uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

Le registrazioni ottenute sono divise in finestre temporali di prefissata durata (almeno pari ai 20 secondi), filtrate per eliminare eventuali disturbi transienti (disturbi temporanei o di fenomeni di saturazione) e applicata la trasformata di Fourier; successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia (X e Y) sommandone le componenti in frequenza e si esegue il rapporto con la componente nella direzione verticale Z ottenendo il rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione; infine eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco rappresenta la stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. I dati di campagna sono stati interpretati con il programma fornito dalla SARA electronic instruments srl - GeoExplorer HVSR 2.2.3.

Dall'interpretazione dei dati si ha:

HVSR1 Campo 3 La curva dell'indagine presenta una F_0 a 6,089 Hz.

HVSR2 Campo 1 La curva dell'indagine presenta una F_0 a 8,683 Hz.

I due picchi rilevati nella time frequency analysis risultano continui in tutti gli intervalli temporali, indice che è molto probabilmente una sorgente naturale, geologica, dovuta al miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei litotipi all'aumentare della profondità.

Il grafico della direzionalità mostra l'intensità del rapporto H/V calcolato utilizzando le sole finestre di segnale selezionate. Una colorazione uniforme in una banda orizzontale compresa tra due frequenze indica che le vibrazioni in quel range di frequenze provengono con la stessa intensità da tutte le direzioni

STATION INFORMATION

Station code: -

Model: SARA GEOBOX Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors) -

Notes: HVSR N. 1 campo 3

PLACE INFORMATION

Place ID: -

Address: C.da Borromea Trapani

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2022/07/15 11:54:10

Recording length: 20 min

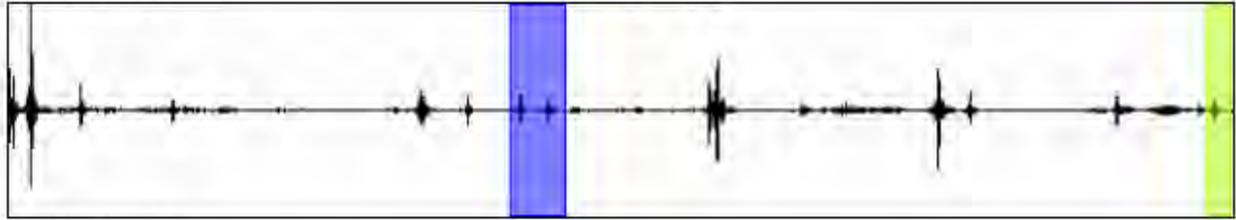
Windows count: 2

Average windows length: 38.71

Signal coverage: 6.45%

64143 Counts

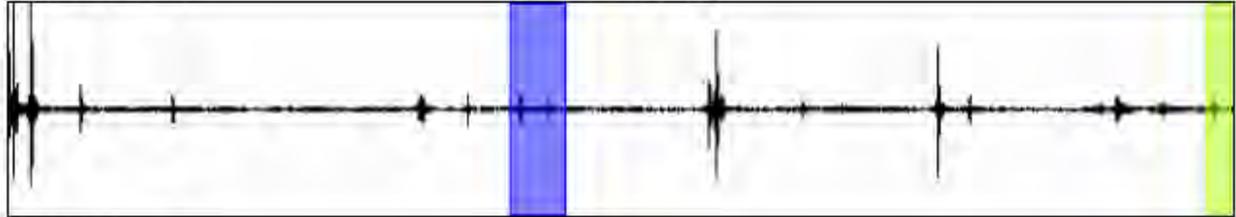
CHANNEL #1 [V]



-47384 Counts

153574 Counts

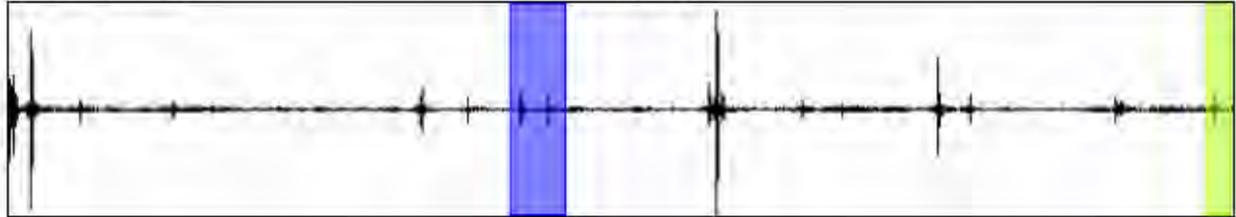
CHANNEL #2 [N]



-113115 Counts

189188 Counts

CHANNEL #3 [E]



-203641 Counts

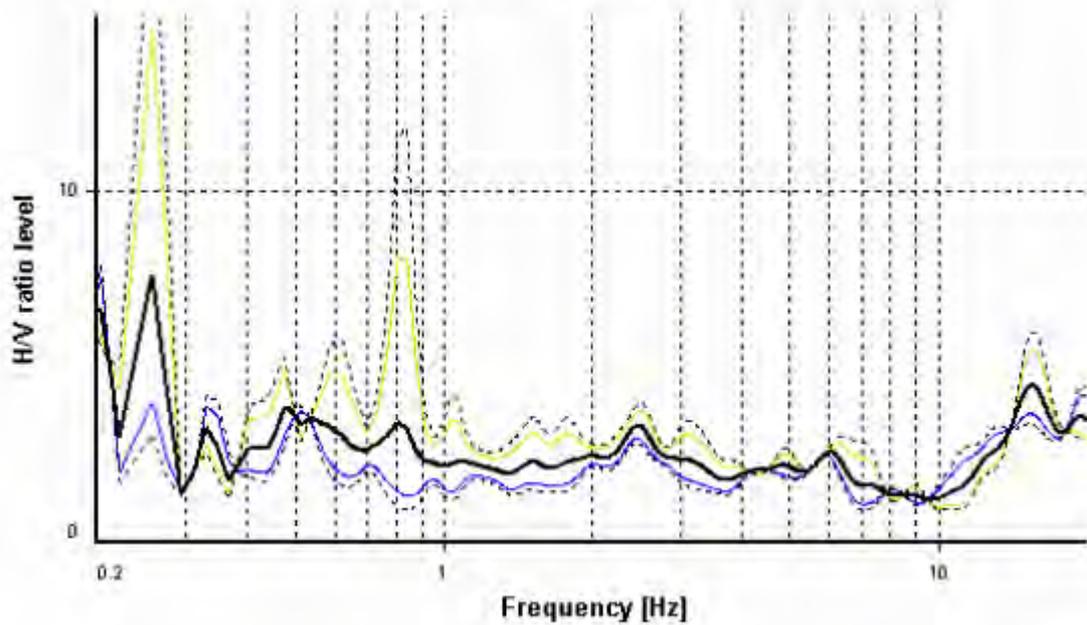
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

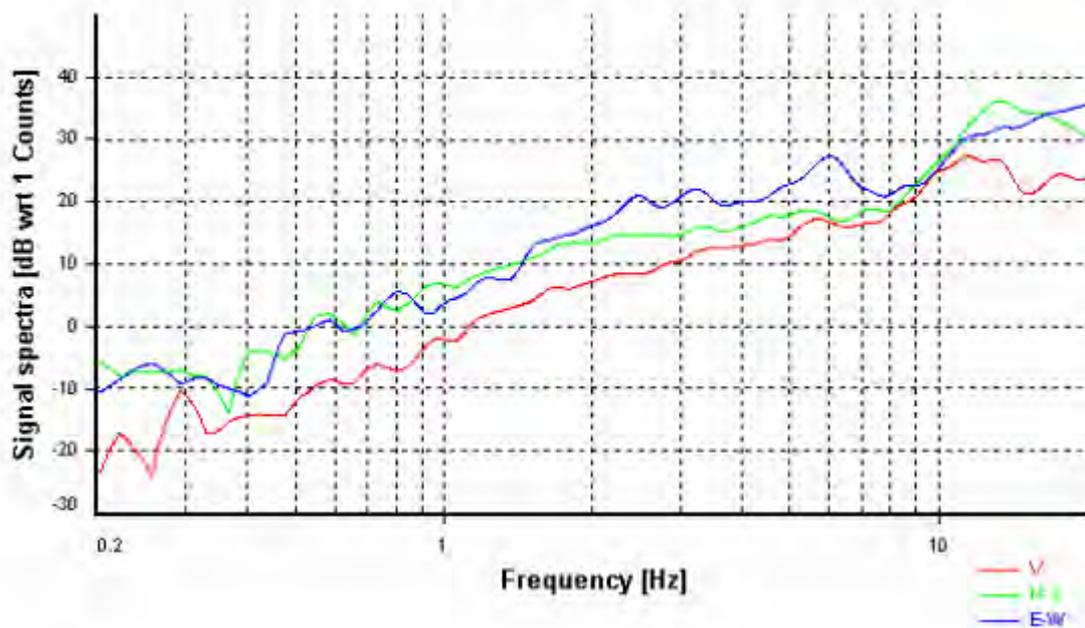
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

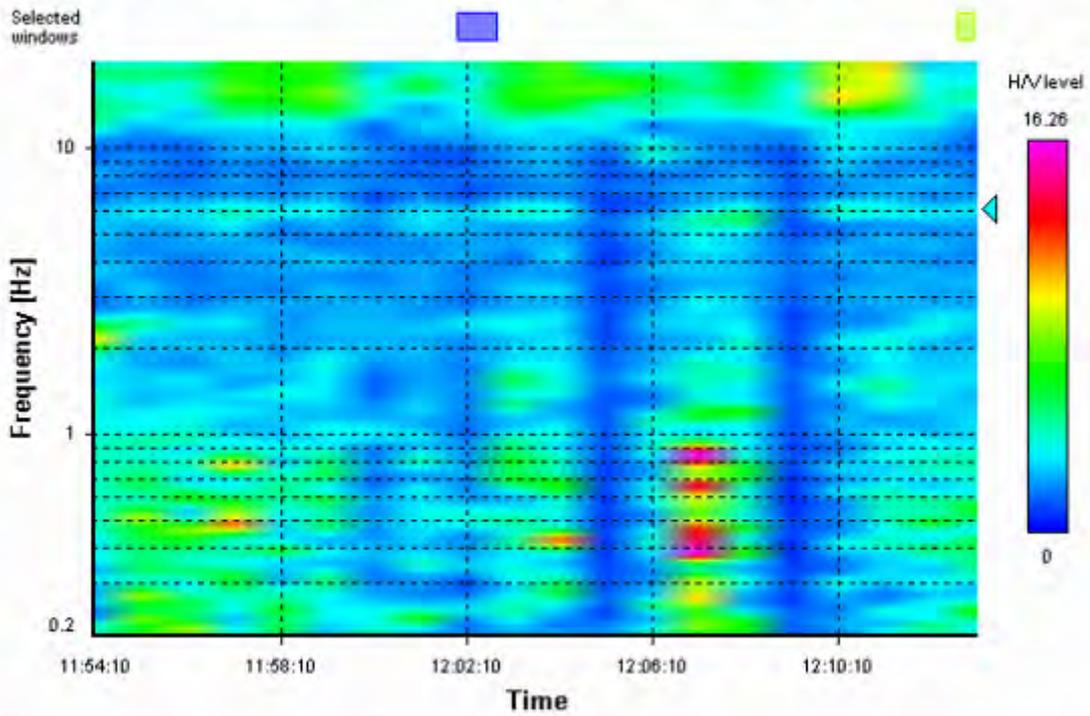
HVSR average



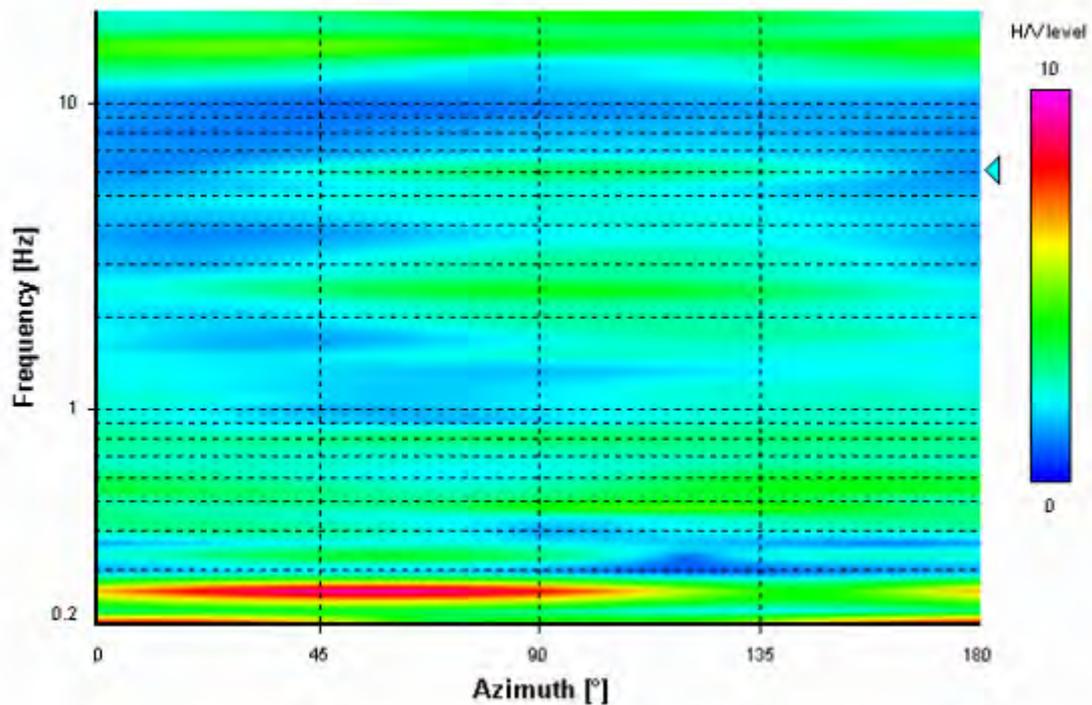
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (60 seconds windows)



HVSR directional analysis



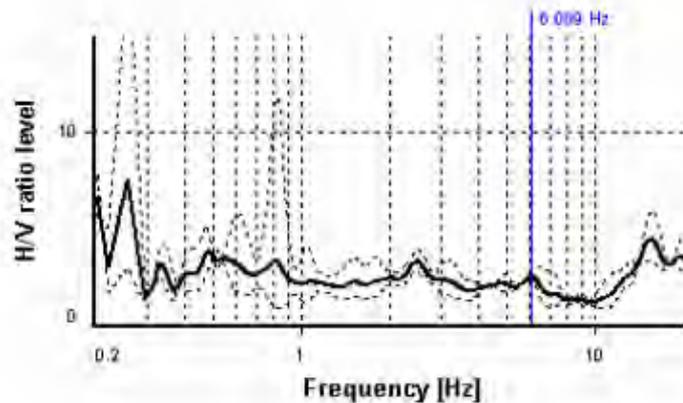
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.089 Hz

A_0 amplitude = 2.510

Average $f_0 = 6.091 \pm 0.238$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	2 valid windows (length > 1.64 s) out of 2	OK
$n_c(f_0) > 200$	471.42 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 301	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_0/2$	9.17681 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.51 > 2	OK
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.72% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.23819 < 0.30443	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.11221 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

STATION INFORMATION

Station code: -

Model: SARA GEOBOX Sensor: SARA SS45 (external 4.5 Hz sensors) -

Notes: HVSR N. 2 Campo 1

PLACE INFORMATION

Place ID: -

Address: C.da Borromea - Trapani

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2022/07/15 14:30:50

Recording length: 20 min

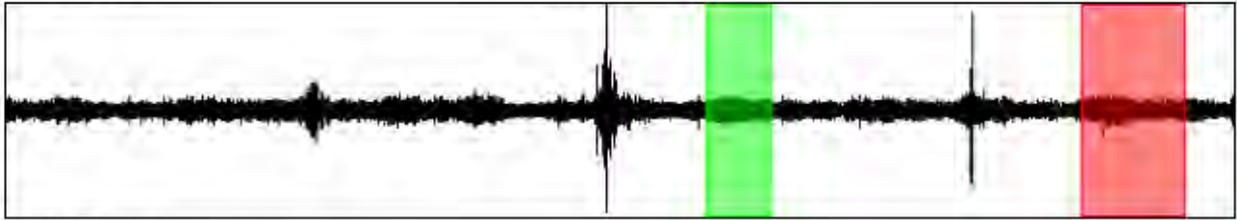
Windows count: 2

Average windows length: 83.27

Signal coverage: 13.88%

10729 Counts

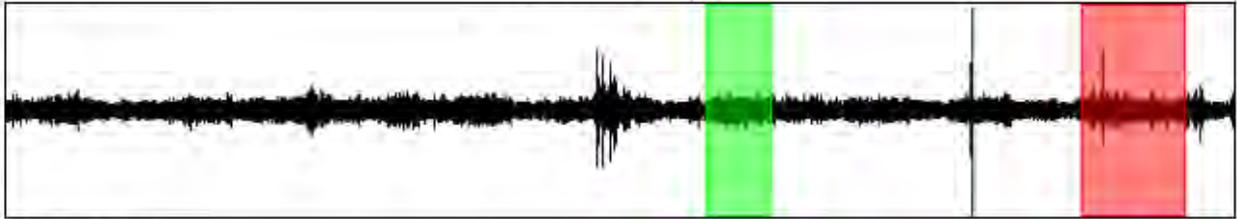
CHANNEL #1 [V]



-10406 Counts

18270 Counts

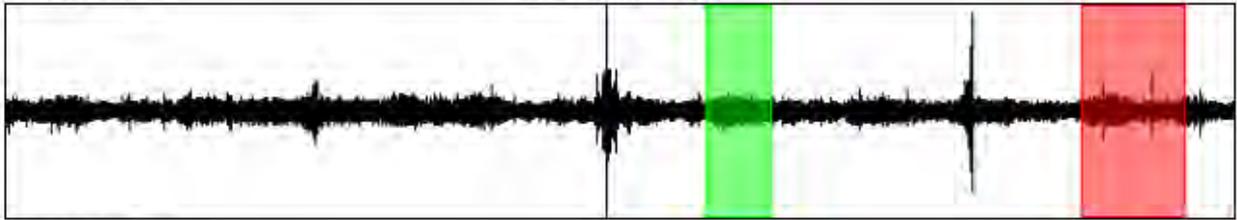
CHANNEL #2 [N]



-18780 Counts

18553 Counts

CHANNEL #3 [E]



-18718 Counts

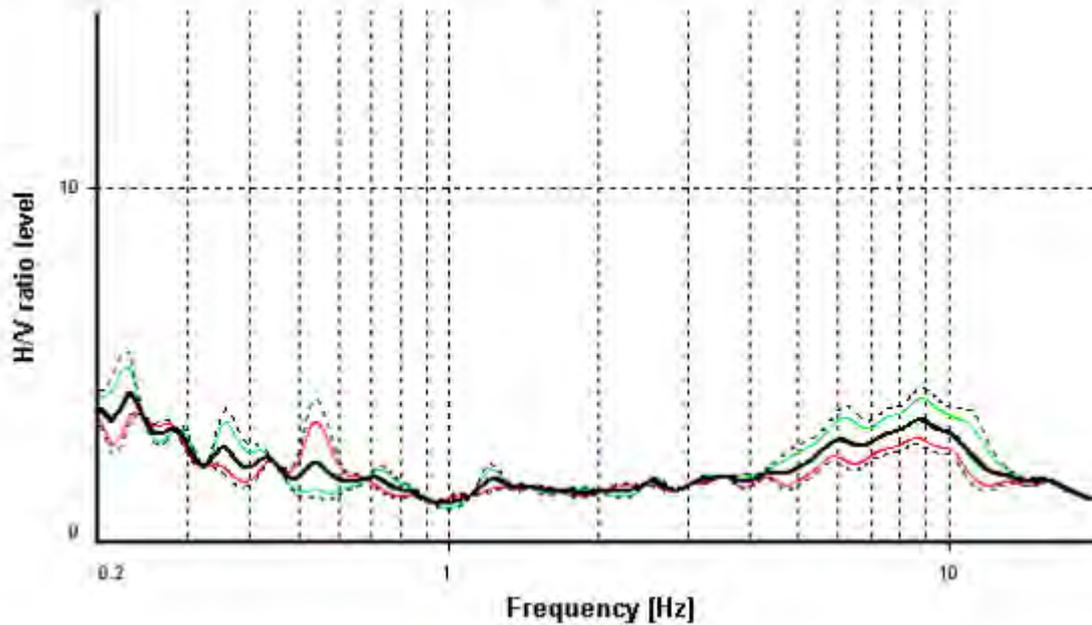
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

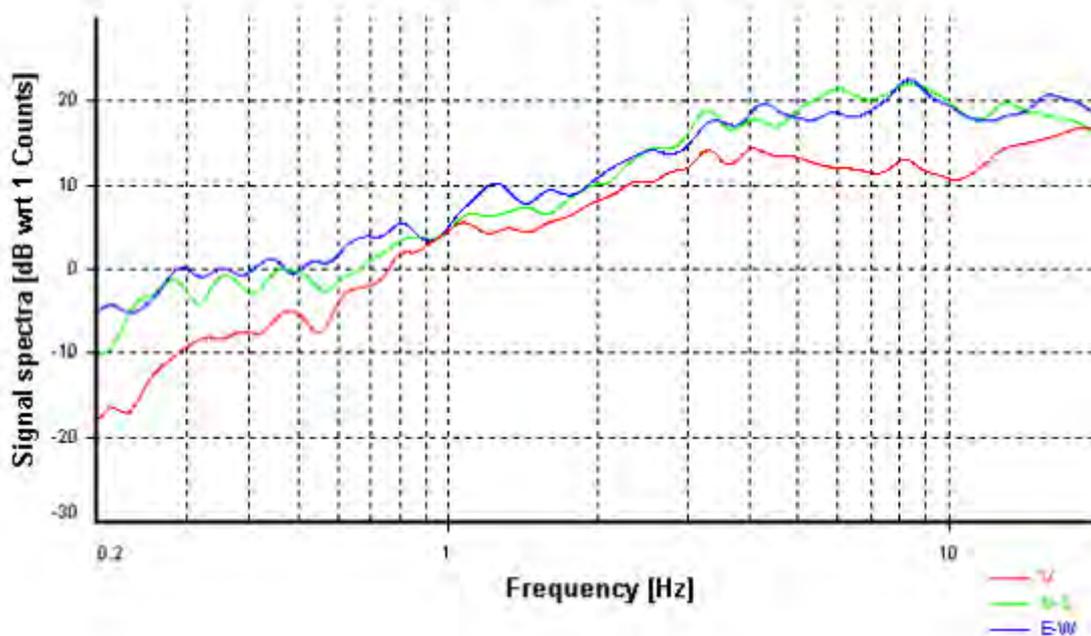
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

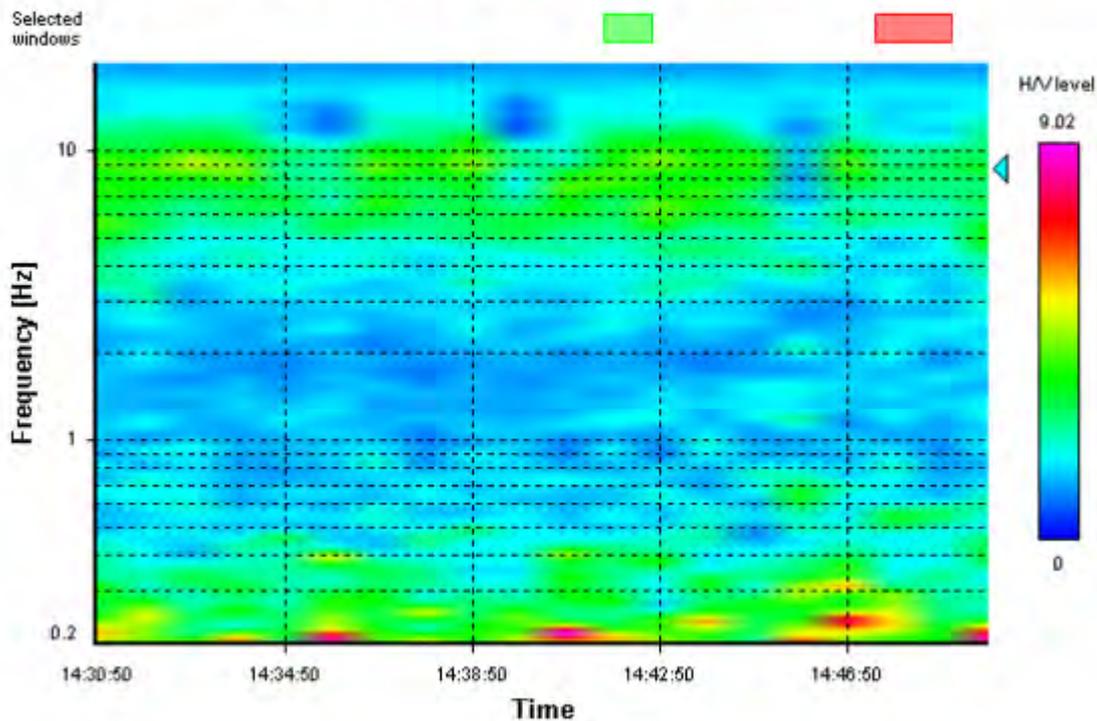
HVSR average



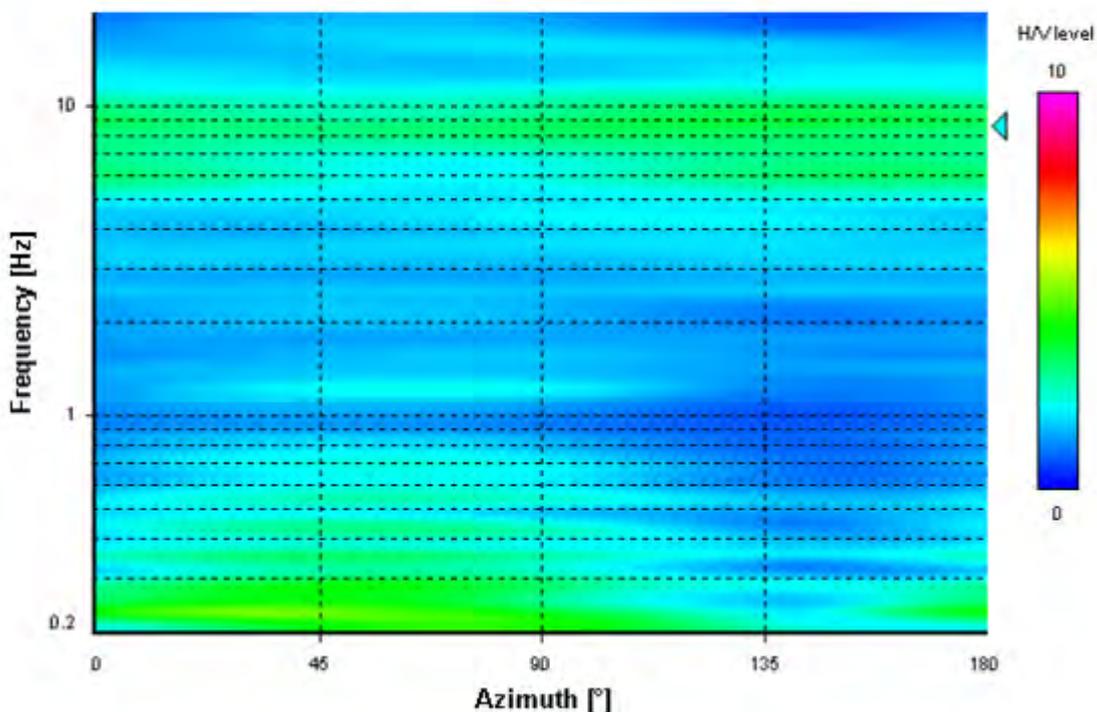
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (60 seconds windows)



HVSR directional analysis



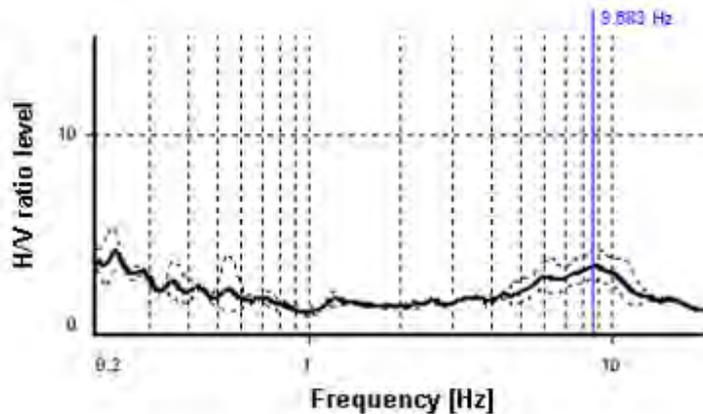
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.683 Hz

A_0 amplitude = 3.422

Average $f_0 = 8.723 \pm 0.114$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	2 valid windows (length > 1.15 s) out of 2	OK
$n_c(f_0) > 200$	1446.09 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 301	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0/2$	4.02099 Hz	OK
$\exists f' \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_0/2$	13.89543 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.42 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	1.86% <= 5%	OK
$\sigma_1 < \varepsilon(f_0)$	0.11374 < 0.43415	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.25568 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Documentazione fotografica



Fig. n. 1 – Campo 3 - esecuzione indagine geofisica HVSRI



Fig. n. 2 – Campo 3 - esecuzione indagine geofisica (traversa
sismica TS1 e masw1)



Fig. n. 3 – Campo 3- esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS1 e masw1)



Fig. n. 4 – Campo 4- esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS2 e masw2)



Fig. n. 5 – Campo 4- esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS2 e masw2)



Fig. n. 6 – Campo 2- esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS3 e masw3)



Fig. n. 7 – Campo 2 - esecuzione indagine geofisica
(traversa sismica TS3 e masw3)

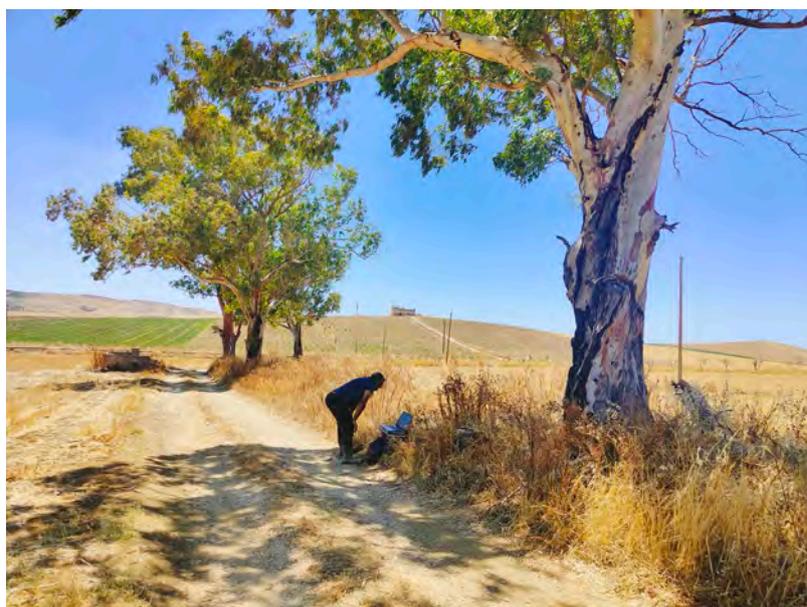


Fig. n. 8 – Campo 1 – esecuzione HVRS 2



Fig. n. 9 - --Campo 1 - esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS4 e masw4)



Fig. n. 10 - --Campo 1 - esecuzione indagine geofisica (traversa sismica TS4 e masw4)



INDAGINI ESEGUITE

- Campo 3: TS1 Sondaggio di sismica a rifrazione - Masw1 sondaggio di sismica Masw- HVSR1
- Campo 4: TS2 Sondaggio di sismica a rifrazione - Masw2 sondaggio di sismica Masw
- Campo 2: TS3 Sondaggio di sismica a rifrazione - Masw3 sondaggio di sismica Masw
- Campo 1: TS4 Sondaggio di sismica a rifrazione - Masw4 sondaggio di sismica Masw - HVSR2

GEOSERVIZI s.r.l.

Via Monti Peloritani, 16 Siracusa Tel. 347.9311529 Fax: 0931.1846810

Committente Dott.ssa Geol.M.Giompapa

Oggetto Indagini geofisiche propedeutiche alla costruzione di un impianto agrofotovoltaico Piana Borromea integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Trapani TP in località Borromea.

Documento Ubicazione delle indagini geofisiche

Rev.	Descrizione	Data	N.Disegno	Commessa	Tec.di cantiere
0	EMISSIONE	28/07/2022	PG64.A4	48 GS	GEOL. M. BRAMANTE

SOSTITUISCE IL SOSTITUITO DA
 IL PRESENTE DISEGNO E' PROPRIETA' DELLA GEOSERVIZI S.r.l.
 A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

SCALA **N.D.**