

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN
LOCALITA' JAZZO DE REI E PEZZA VILLANI
COMUNI DI RUVO E BITONTO (BA)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - PVC001 RUVO JAZZO DE REI
POTENZA NOMINALE 37.0 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

PROGETTAZIONE E SIA



HOPE engineering
ing. Fabio PACCAPELO
arch. Gaetano FORNARELLI
arch. Andrea GIUFFRIDA
ing. Andrea ANGELINI
dott.ssa Giulia LUCIA



GVC ingegneria
ing. Michele RESTAINO
ing. Giorgio Maria RESTAINO
ing. Carlo RESTAINO
ing. Attilio ZOLFANELLI
Arch. Serena MASI

GEOLOGIA

geol. Luigi BUTTIGLIONE

ACUSTICA

ing. Sabrina SCARAMUZZI

AGRONOMIA, NATURA E BIODIVERSITÀ

dott.ssa agr. Lucia PESOLA

R.2 RELAZIONI SPECIALISTICHE

R.2.1 Relazione geologica, morfologica, idrogeologica e geotecnica

REV.	DATA	DESCRIZIONE
	10/23	prima emissione



Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

COMUNE DI RUVO DI PUGLIA
COMUNE DI BITONTO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO
SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN IN LOCALITA'
JAZZO DE REI E PEZZA VILLANI COMUNI DI RUVO E BITONTO (BA).
DENOMINAZIONE IMPIANTO - PVC001 RUVO JAZZO DE REI POTENZA
NOMINALE - 37.0 MW**

Committente: Santa Barbara Energia S.r.l.

Via Lanzone 31

Milano

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Ottobre 2023

Dott. geol. Luigi Buttiglione



Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO.....	4
2.1	RECUPERO AMBIENTALE DELLE AREE DI CAVA	4
2.2	L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	4
2.3	OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE	6
3	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO	8
3.1	ASPETTI MORFOLOGICI.....	8
3.2	ASPETTI GEOLOGICI	10
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	14
4.1	CIRCOLAZIONE IDRICA DI SUPERFICIE	14
4.2	CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA	16
5	INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA	20
5.1	STORIA SISMICA	20
5.2	PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA IN ESAME	23
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	29
6.1	MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO.....	35
7	CLASSE DI SOTTOSUOLO – AZIONE SISMICA LOCALE.....	37
7.1	CLASSE DI SOTTOSUOLO.....	37
7.2	AZIONE SISMICA LOCALE.....	41
8	PARAMETRI ELASTICI E GEOMECCANICI DA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	46
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	50
	51	

Allegato: report Apogeo srl

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

1 **PREMESSA**

Lo scrivente, dott. Luigi Buttiglione, geologo con studio tecnico sito in Bari in Via Generale Dalla Chiesa n.16/b, ha ricevuto, dalla Santa Barbara Energia S.r.l., l'incarico di redigere uno studio geologico-tecnico e sismico inerente di realizzazione di un impianto fotovoltaico su cava e delle relative opere di connessione. L'area di intervento ricade nei territori di Ruvo di Puglia e di Bitonto, nelle contrade Barile, Jazzo de Rei, e Parco Bovi-Pezza Villani.

Lo studio è stato condotto in conformità al D.M. 17/01/2018 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP.

In particolare, in relazione a quanto previsto dalla normativa succitata, verranno considerati i seguenti aspetti:

- inquadramento morfologico e geologico;
- assetto litologico;
- inquadramento idrogeologico;
- sismicità dell'area;
- indagini geognostiche;
- modello geologico del sottosuolo;
- caratterizzazione della pericolosità sismica di base del sito oggetto dell'intervento
- principali caratteristiche geotecniche dei terreni.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

2 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

2.1 RECUPERO AMBIENTALE DELLE AREE DI CAVA

L'impianto fotovoltaico di progetto sarà installato nelle aree di cava a completamento degli interventi di recupero ambientale delle aree estrattive.

Il piano di recupero ambientale dell'attività di cava si pone in continuità con i piani esistenti e autorizzati a livello regionale anche ai sensi della Legge Regionale 33/2016. L'aggiornamento del progetto di recupero ambientale propone lievi modifiche finalizzate al miglior recupero naturalistico e oltre che, come indicato, la realizzazione di un impianto fotovoltaico multimegawatt su un'area idonea Ope Legis ai sensi del D.Lgs 199/2021 e s.m.i.

L'intervento di recupero ambientale prevede di movimentare circa **1.500.000** metri cubi di detrito lapideo al fine di riconfigurare la topografia e la morfologia delle aree di scavo e dei cumuli di materiale calcareo-lapideo presenti sul sito. Il piano di rinaturalizzazione prevede un adattamento morfologico della topografia, che sia al contempo rispettoso dello stato originario del luogo e memore dell'attività storica della cava e dei processi naturali da essa innescati.

2.2 L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico PCV001- Jazzo de Rei avrà una potenza nominale installata di circa **37 MW** e sarà costituito da circa **52.000 moduli fotovoltaici** in silicio monocristallino della potenza unitaria di **715 W**. I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture ad inseguimento solare del tipo monoassiale infisse direttamente nel terreno di riporto risultante dalla riconfigurazione morfologica del sito di cava.

L'impianto sarà inoltre dotato di un sistema di accumulatori BESS (Battery Energy Storage System) posizionati in più punti all'interno dell'impianto fotovoltaico e in grado di stabilizzare l'immissione di energia in Rete nonostante le

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

fluttuazioni della risorsa primaria e i necessari periodi di fermo impianto dovuti ad interventi di manutenzione. La capacità prevista per la rete BESS è di circa **36 MWh**.

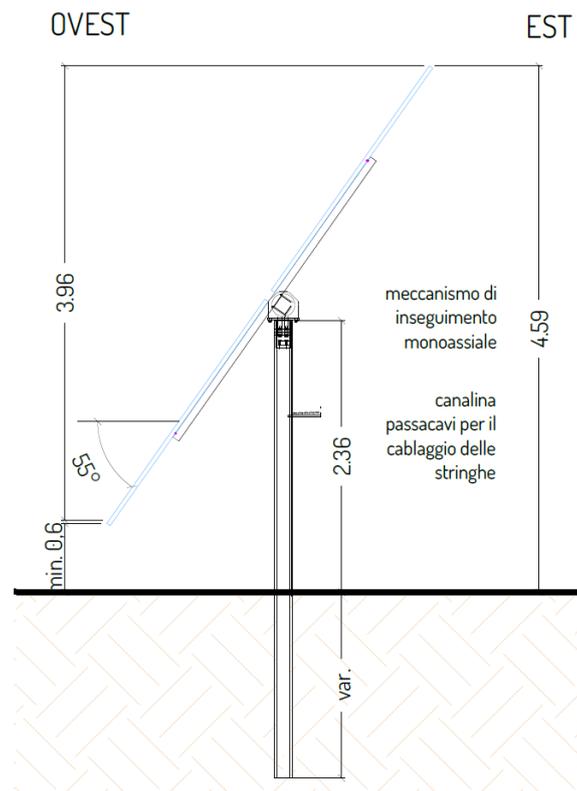


Figura 1: tipico del sistema di inseguimento monoassiale

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

2.3 OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE

Le opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale saranno progettate in conformità alla STMG 202201199 rilasciata dalla società di gestione Terna s.p.a. e regolarmente accettata alla Santa Barbara Energia S.r.l.

Il citato documento prevede che *“la centrale venga collegata in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV “Bari Ind/le 2 – Corato”, previa realizzazione delle seguenti opere previste nell’intervento 512-P “Stazione 380/150 kV di Palo del Colle” del Piano di Sviluppo Terna:*

- *ricostruzione elettrodotto 150 kV “Corato - Bari Termica”;*
- *raccordi 150 kV della SE RTN “Palo del Colle” alle linee “Bari Industriale 2 – Corato”.*

Ai sensi dell’art. 21 dell’allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, Vi comunichiamo che il nuovo elettrodotto a 36 kV per il collegamento in antenna della Vs. centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre gli stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituiscono impianto di rete per la connessione”.

Si sottolinea che le opere previste dal piano di sviluppo Terna hanno iter indipendente e separato dal procedimento autorizzativo dell’impianto Jazzo de Rei e degli altri impianti di produzione afferenti alla nuova stazione elettrica in progettazione.

Il procedimento autorizzativo dell’impianto in oggetto sarà pertanto completo della progettazione delle seguenti opere:

- **Opere di Utenza: elettrodotto interrato di connessione a 36 kV** della lunghezza complessiva di circa 10,6 Km transitante interamente su

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

strada pubblica per un percorso che va dalla cabina di utenza allo scomparto di arrivo produttore a 36 kV nella Nuova Stazione Elettrica 150/36 kV. La progettazione dell'elettrodotto interrato di connessione è un onere della Santa Barbara Energia S.r.l. e il suo progetto è inserito negli elaborati progettuali redatti a cura della Hope Engineering S.r.l.

- **Opere di rete: Nuova Stazione Elettrica 150/36 kV** da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV “Bari Industriale 2 – Corato.
- **Opere di rete: nuovi Elettrodotti aerei della lunghezza di circa 10 km** utili a realizzare il raccordo in entra esce alla linea RTN a 150 kV “Bari Industriale 2 – Corato.

È importante notare che, secondo la decisione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per l'Energia Reti e Ambiente, la progettazione delle Opere di Rete è responsabilità di un soggetto 'capofila', selezionato da Terna S.p.a. tra i produttori coinvolti nelle stesse opere di rete. Tale documentazione è inclusa nella documentazione progettuale e nelle procedure autorizzative di tutti gli impianti di produzione da collegare a tali opere di rete.

Nel caso specifico, il ruolo di capofila è affidato a un soggetto terzo. Di conseguenza, la documentazione progettuale dell'impianto Jazzo de Rei conterrà i dettagli progettuali elaborati dal soggetto capofila, acquisiti tramite accordi di condivisione con le parti interessate

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

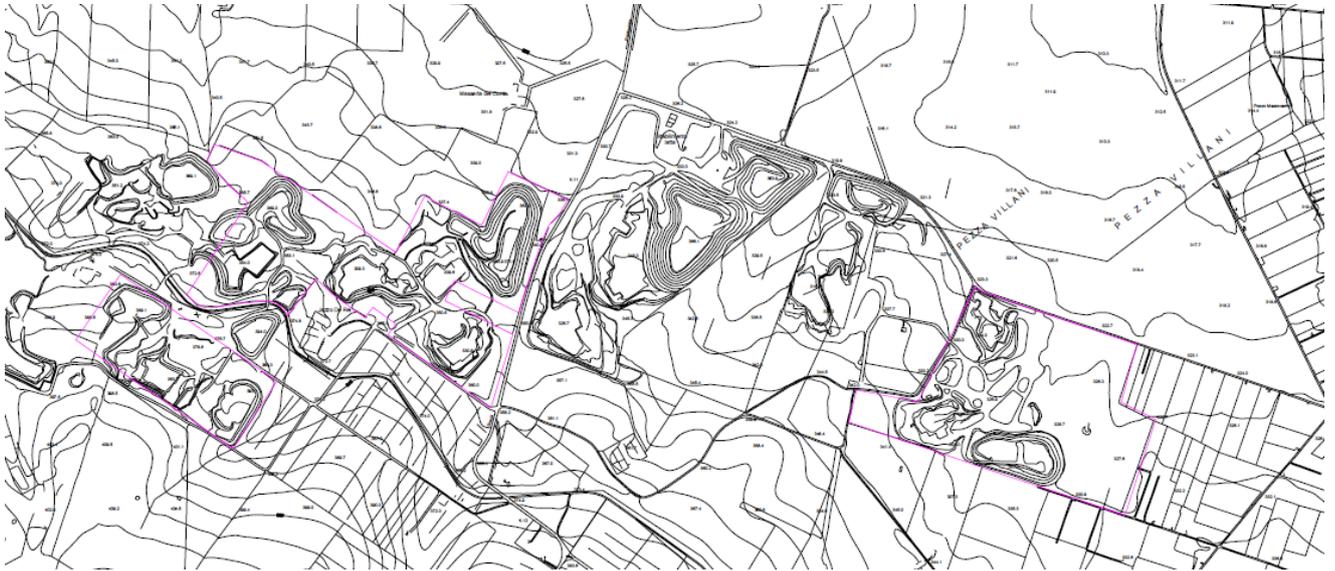


Figura 3: stralcio Elemento n.437142 della CTR con delimitazione aree di intervento in magenta.

Ampi stralci della cartografia succitata sono riportati in allegato ed in scala (All.1 e 2).

Dal punto di vista morfologico, la porzione di territorio in esame nella fascia di passaggio tra la Bassa e l'Alta Murgia barese. Difatti, l'elemento morfologico di maggiore spicco è costituito dalla scarpata di origine tettonica che, con sviluppo da W-NW verso Est-Sud Est, collega l'Alta Murgia (posta a Sud) con la Murgia bassa, posta a Nord, attraverso un salto di quota che porta il piano campagna da m 400 a m 350 s.l.m. ca. Linee di deflusso delle acque superficiali, di tipo occasionale, tagliano localmente la scarpata, con andamento prevalente da SO verso N-NE.

L'assetto morfologico dell'area è stato profondamente modificato, nel corso di quasi 50 anni, dall'attività estrattiva, con la creazione di vaste depressioni di cava alle quale si affiancano cumuli di detrito lapideo di scarto (ravaneti).

Le condizioni geomorfologiche dell'area con i principali lineamenti, sono riportati nella carta geomorfologica (All.3)

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

3.2 ASPETTI GEOLOGICI

Le condizioni geologiche dell'area in esame sono state preliminarmente ricostruite sulla scorta di notizie bibliografiche ed attraverso la consultazione del F.177 "Bari" della Carta Geologica di Stato in scala 1:100.000 e della Carta Geologica delle Murge e del Salento pubblicata sulle Memorie della Società Geologica Italiana.

Successivamente si è proceduto all'esecuzione di un rilevamento geologico di superficie, finalizzato al riconoscimento delle formazioni affioranti nell'area d'intervento e nelle zone limitrofe per un raggio di circa 1 km.

Le condizioni geologiche generali dell'area in esame sono caratterizzate dalla presenza di un substrato costituito da rocce calcaree e calcareo-dolomitiche stratificate, compatte e di età cretacea, appartenenti ad una successione spessa migliaia di metri che costituisce parte dell'ossatura geologica dell'intera area pedemurgiana e murgiana.

Sul substrato rigido mesozoico poggia una copertura di terreni sabbioso-limosi con intercalazioni di calcareniti tenere di colorazione variabile dal giallo al rossastro, generalmente massicce e con grado di cementazione medio-basso, la cui deposizione è avvenuta durante una fase di ingressione marina verificatasi durante il Quaternario. Lo spessore dell'unità di copertura calcarenitica varia da luogo a luogo in funzione dell'andamento del substrato mesozoico e della maggiore o minore intensità con cui si sono sviluppati nel tempo i processi erosivi.

Al contatto tra i terreni di copertura e il substrato calcareo, vi è la presenza discontinua di una breccia costituita da clasti calcarei in matrice terroso-rossastra. Non rara è anche la presenza di cavità di dimensioni anche ragguardevoli riempite a volte da "Terra rossa".

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Lungo l'alveo delle principali linee di impluvio si rinvengono depositi alluvionali costituiti da terre argillose bruno-rossastre con ciottoli calcarei.

Alla descrizione generale della geologia dell'area possono, con maggiore dettaglio, riferirsi le unità litostratigrafiche di seguito indicate in successione:

“Calcarea di Altamura”

Forma il substrato calcareo precedentemente descritto ed affiora estesamente nell'area studiata, con particolare riferimento alle porzioni centro meridionali.

Essa costituisce, con l'unità del “Calcarea di Bari”, l'ossatura dell'altipiano murgiano ed il bedrock carbonatico profondo sul quale poggiano le unità litostratigrafiche più recenti.

Si tratta di una successione, potente oltre 2000 m, di calcari e calcari dolomitici in strati e banchi, micritici o finemente detritici, di colore variabile dal bianco, al nocciola, al grigio, alternati a calcari biostromali massicci, brecciati e, a luoghi, policromi.

A tetto tale formazione è coperta da depositi calcarenitici trasgressivi e da coltri di depositi marini terrazzati. A luoghi, lungo i contatti stratigrafici segnati da una marcata discordanza angolare, si interpongono livelli di “Terra rossa”.

La roccia calcarea è suddivisa in strati di spessore variabile dai 20 ai 50 cm e/o in banchi. Le giaciture degli strati roccioso-calcarei, generalmente contraddistinte da modeste inclinazioni, indicano un assetto blandamente ondulato dell'unità, con generale disposizione monoclinale dell'ammasso.

La presenza di “Terra rossa”, prodotto residuale argilloso della dissoluzione chimico-carsica della roccia calcarea, è diffusa nei calcari sia sotto

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

forma di sottili patine interstatali, sia come sacche di dimensioni variabili che occludono meati di origine carsica.

La roccia calcarea è attraversata da fratturazioni subverticali ravvicinate anche se scarsamente beanti. L'intersecarsi delle fratturazioni con i giunti di strato, laddove le discontinuità di origine tettonica risultano maggiormente ravvicinate e persistenti, ha provocato la frammentazione della roccia calcarea in segmenti di lunghezza variabile ed ha obliterato l'originaria struttura stratificata dell'ammasso.

Il "Calcarea di Altamura" è ascrivibile per età al Cretaceo medio-superiore (Turoniano-Cenomaniano), periodo durante il quale, in ambiente marino di piattaforma carbonatica, avvenne la deposizione dell'unità.

Depositi marini terrazzati

I Depositi marini terrazzati, di età Pleistocene medio-superiore, affiorano estesamente nella porzione centro settentrionale dell'area in esame con spessori variabili da qualche decimetro fino a circa 10 m. Sono riferibili a diversi e brevi cicli sedimentari trasgressivo-regressivi (Supersintemi marini).

Nella zona in esame i Depositi marini terrazzati sono costituiti da sabbie limose, biocalcareni grossolane giallastre con intervalli sabbiosi o di calcari organogeni.

Depositi alluvionali

Sono costituiti da terre argillose bruno-rossastre frammiste a ciottoli calcarei.

Si rinvencono nell'alveo delle principali linee di impluvio e non superano i 2 m di spessore.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

L'assetto geologico e litologico dell'area di intervento è rappresentato nella corografia di cui allegato n.4.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

4.1 CIRCOLAZIONE IDRICA DI SUPERFICIE

L'area in esame rispecchia, per quanto riguarda la circolazione idrica di superficie, quelle che sono le caratteristiche generali del territorio murgiano e pedemurgiano della provincia di Bari.

La scarsità delle precipitazioni meteoriche, raggruppate nei mesi che vanno da ottobre a marzo e la permeabilità medio-alta dei litotipi calcarei affioranti, concorrono nel ridurre e nel circoscrivere la circolazione idrica di superficie a sporadici episodi di corrivazione. Tali episodi sono successivi agli eventi meteorici più importanti e più concentrati nel tempo.

È da rimarcare come l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo sia favorita rispetto al ruscellamento anche dalle pendenze lievi della superficie topografica, che facilitano il ristagno ed ostacolano un rapido deflusso di superficie.

Non esiste in loco un reticolo idrografico ben sviluppato, mentre sono presenti solo alcune linee di impluvio fossili, a testimonianza di una circolazione idrica di superficie attiva prima che lo svilupparsi del carsismo favorisse il deflusso prevalente delle acque attraverso il sottosuolo.

Tali impluvi carsici, denominati "Lame", impostatesi spesso lungo lineamenti tettonici (faglie), svolgono tuttavia un'importante funzione di drenaggio delle piogge maggiormente intense e concentrate.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

La cartografia più recente del Piano di Assetto Idrogeologico, individua, nella porzione di territorio in esame ma al di fuori delle aree di intervento, zone a potenziale rischio (fig.4).

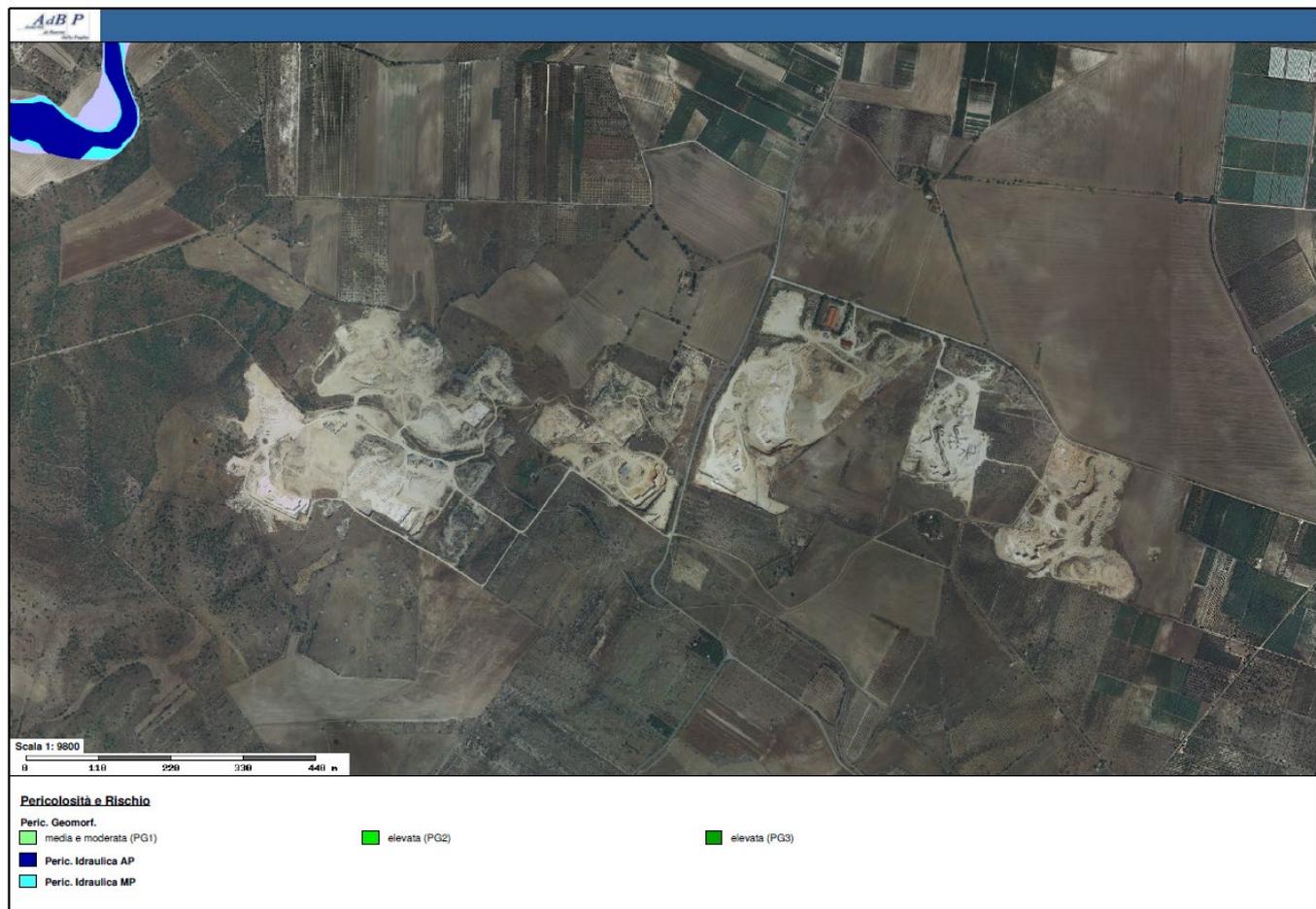


Figura 4: ubicazione delle aree a pericolosità idraulica nella porzione di territorio in esame.

La Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, come riportato nella figura seguente, individua alcune linee di deflusso di tipo occasionale che costeggiano o attraversano le aree di progetto. Tali linee di deflusso soggiacciono alle norme di tutela del reticolo idrografico di cui agli artt. n.6 e n.10 delle NTA del P.A.I. Per tale ragione, nell’ambito della progettazione, è stato predisposto specifico studio di compatibilità idrologica ed idraulica del progetto. Inoltre, nella esecuzione degli interventi di ricomposizione ambientale e di installazione

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

dell'impianto fotovoltaico è prevista la rifunzionalizzazione degli impluvi in corrispondenza delle aree di cava ripristinate.

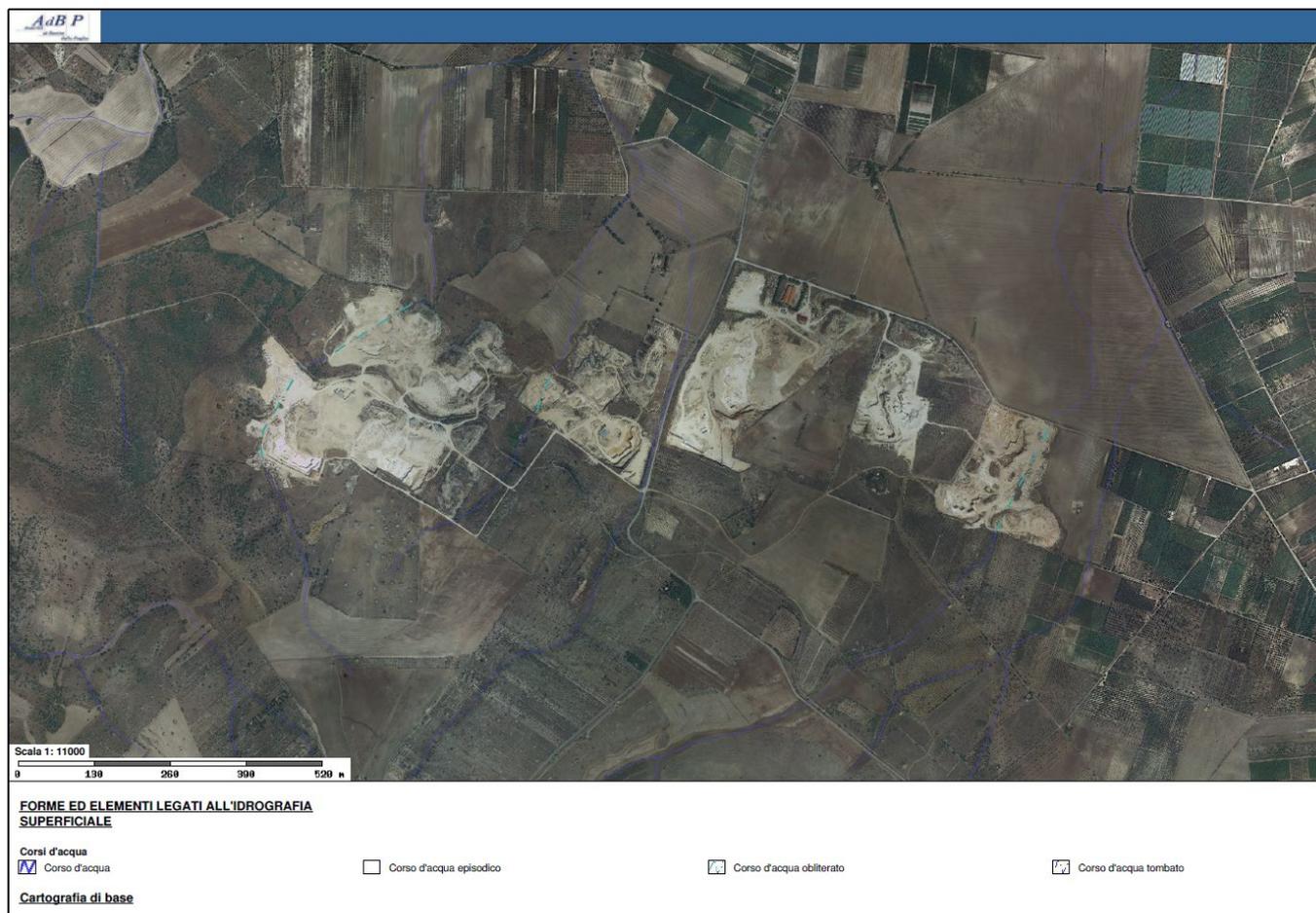


Figura 4: reticolo idrografico da Carta Idrogeomorfologica

4.2 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Per ciò che attiene la circolazione idrica sotterranea, in base al tipo di permeabilità, i terreni presenti nella zona studiata sono classificabili in due gruppi:

1) terreni dotati di permeabilità per porosità prevalente e per fessurazione.

A questo gruppo appartengono i “Depositi marini terrazzati”.

2) Terreni dotati di permeabilità per fessurazione.

A questo gruppo appartiene la formazione del “Calccare di Altamura”.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

In relazione alla circolazione delle acque sotterranee è necessario sottolineare che l'unità pleistocenica, benché dotata di una certa permeabilità, non possiede né uno spessore formazionale né un substrato impermeabile tali da consentire la formazione al suo interno di una falda idrica significativa.

Diversa è invece l'importanza nei riguardi della circolazione idrica sotterranea della formazione del "Calcarea di Altamura".

Infatti, come già accennato, tale unità è dotata di una permeabilità in grande dovuta alla presenza di discontinuità di varia origine, quali: a) discontinuità sinsedimentarie costituite dai giunti di strato; b) discontinuità postsedimentarie costituite dai sistemi di fratturazione. Sulle prime e sulle seconde ha agito il processo carsogenetico che ha favorito, con la dissoluzione della roccia calcarea, il loro allargamento e la loro interconnessione.

Il reticolo di meati così creatosi nel sottosuolo consente alle acque meteoriche di infiltrarsi in profondità e di accumularsi, dando luogo alla formazione di una falda idrica sotterranea profonda.

Le caratteristiche idrauliche ed idrogeologiche della falda sono variabili da zona a zona a causa delle variazioni anisotrope con cui i processi disgiuntivi si sono nel tempo sviluppati, condizionando la permeabilità dell'acquifero carbonatico.

In linea generale tale falda possiede le seguenti caratteristiche idrauliche medie:

- livello di base costituito dalla quota del livello medio marino;
- superficie di fondo indefinita data da una fascia di transizione tra le sovrastanti acque dolci di origine continentale e le sottostanti acque salate di intrusione marina;

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

- superficie piezometrica collocata alla quota del livello medio marino lungo la fascia costiera ed in risalita verso l'entroterra di 1-2 m per ogni chilometro di distanza dalla linea di costa;
- livelli acquiferi confinati, nell'entroterra, a profondità superiori rispetto alla superficie piezometrica per la presenza di orizzonti calcareo-dolomitici scarsamente fessurati.

Al di sotto dell'area di intervento la superficie di equilibrio idrostatico delle acque sotterranee si dispone alla quota di circa 40 m s.l.m., corrispondente ad una profondità di circa 320 m dal p.c.

Quanto appena esposto trova conferma nella Cartografia del Piano Regionale di Tutela delle Acque, con particolare riferimento alla Tav.0602 "*Distribuzione media dei carichi idraulici degli acquiferi carsici*" (fig.5), nella quale l'area di intervento ricade a monte dell'isopieza 40 m s.l.m.

RELAZIONE GEOLOGICA

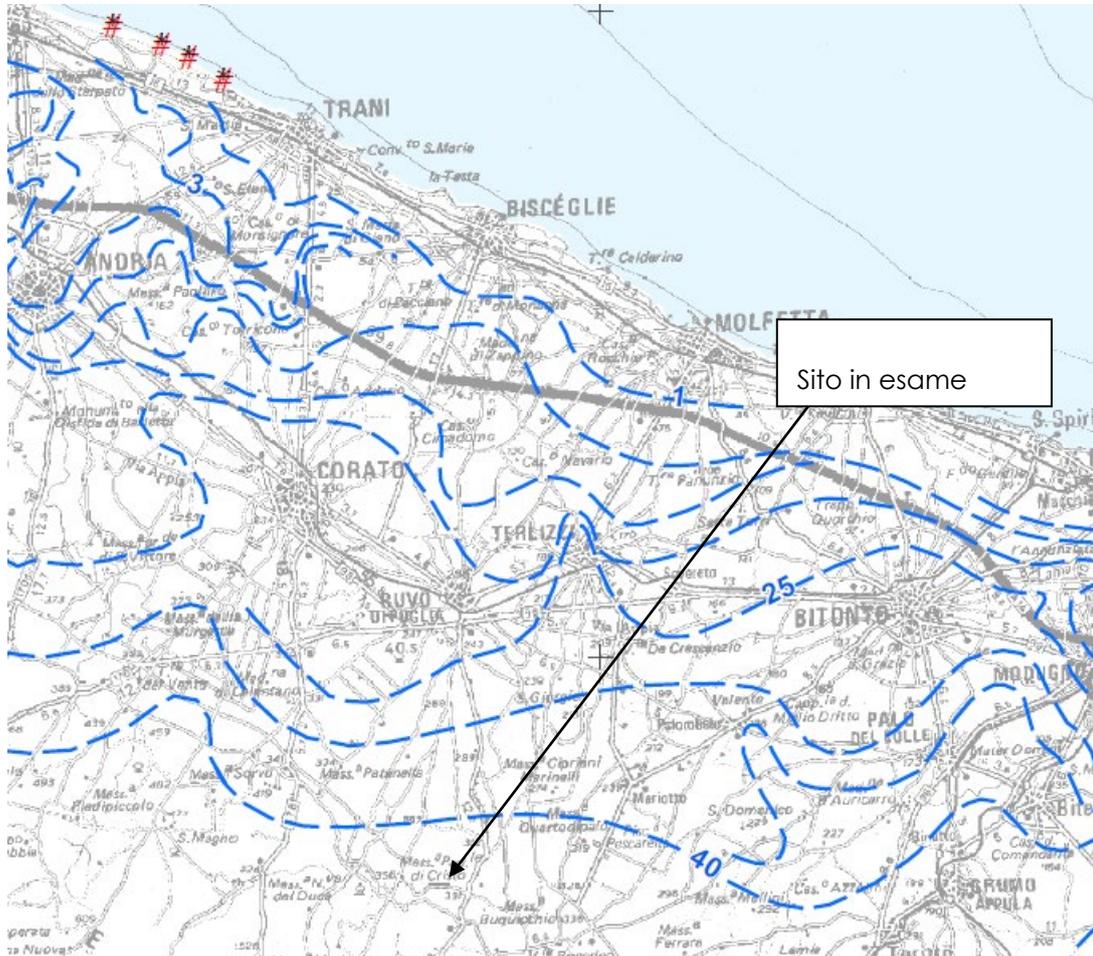


Figura 5: stralcio della Tav.6.2 – carichi piezometrici dell'acquifero carsico del P.T.A. (quote s.l.m.)

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

5 INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

5.1 STORIA SISMICA

La sismicità storica dell'area in esame è stata ricostruita esaminando i dati macrosismici forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano (DBMI15), è stata rilasciata a luglio 2016 ed aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11 (Locati et al., 2011). Essa fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2016.

I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

Nella tabella seguente sono riportati gli eventi sismici per l'area d'interesse (Ruvo di Puglia) che hanno comportato effetti significativi nell'arco temporale dall'anno 1000 sino al 2016.

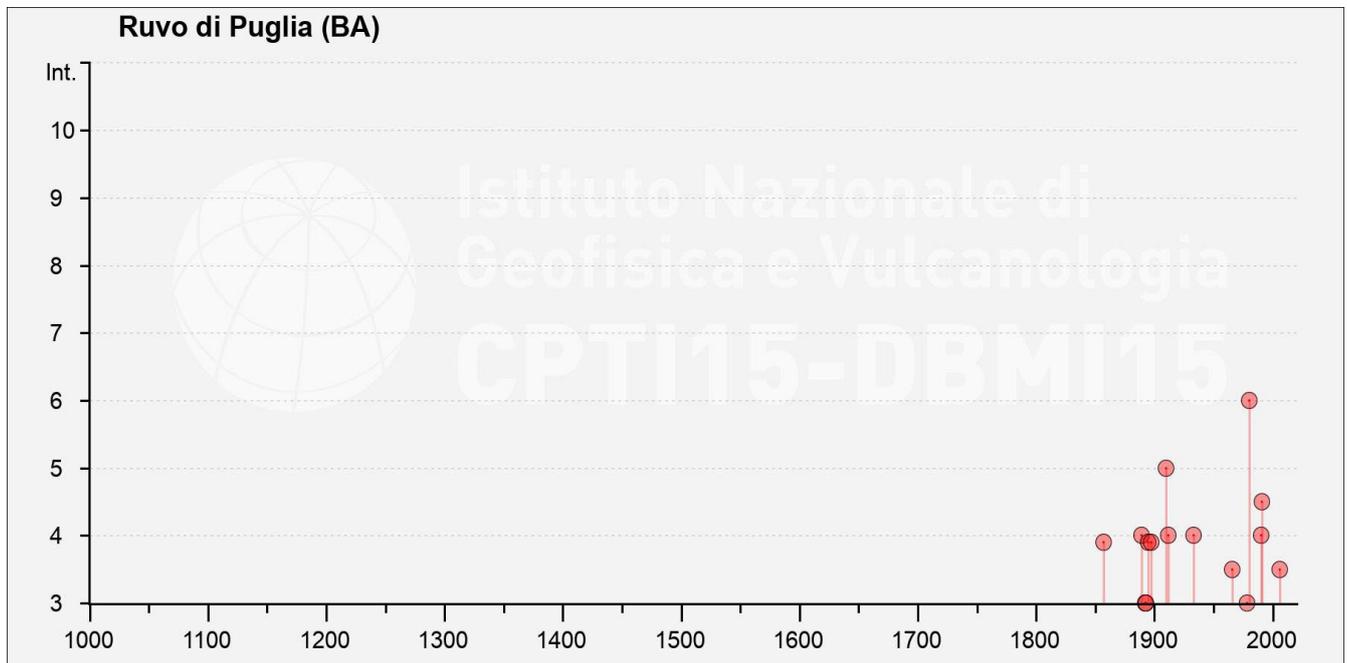
Int. at place	N	Year	M o	D a	H o	M i	Se	Epicentral Area	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	Mw Def
NC	437	1627	7	30	10	50		Capitanata	41,737	15,342		10	6,66
F	126 8	1857	12	16	21	15		Basilicata	40,352	15,842		11	7,12
4	155 8	1889	12	8				Gargano	41,83	15,688		7	5,47
3	159 1	1892	6	6				Isole Tremiti	42,12	15,503		6	4,88
3	161 4	1893	8	10	20	52		Gargano	41,713	16,075		8	5,39
F	166 3	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	42,54	15,015		6	5,11
F	170 3	1897	5	28	22	40	2	Ionio	36,991	18,487		6	5,46
NF	188 1	1905	8	18	4	7		Tavoliere delle Puglie	41,649	15,379		5	4,61
NF	188 3	1905	9	8	1	43		Calabria centrale	38,811	16		10-11	6,95
NF	188 5	1905	11	26				Irpinia	41,134	15,028		7-8	5,18

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
---	---	--

RELAZIONE GEOLOGICA

5	201 5	1910	6	7	2	4		Irpinia-Basilicata	40,898	15,421		8	5,76
4	206 2	1912	7	2	7	34		Tavoliere delle Puglie	41,476	15,88		5	4,55
4	247 3	1933	3	7	14	39		Irpinia	41,023	15,351		6	4,96
NF	275 7	1956	9	22	3	19	39	Gargano	41,584	15,721		6	4,64
3-4	291 2	1966	7	6	4	24		Alta Murgia	40,956	16,194		4	4,26
3	320 1	1978	9	24	8	7	44	Materano	40,646	16,487		6	4,75
6	325 6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283		10	6,81
NF	338 8	1984	4	29	5	2	59	Umbria setentrionale	43,262	12,525		7	5,62
NF	339 5	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	41,667	14,057		8	5,86
NF	340 1	1984	5	11	10	41	49,2 7	Monti della Meta	41,651	13,843	10	7	5,47
NF	361 7	1990	2	18	20	10	48,7 1	Adriatico centrale	42,171	16,457	10		4,24
4	362 5	1990	5	5	7	21	29,6 1	Potentino	40,738	15,741	10		5,77
4-5	365 7	1991	5	26	12	25	59,4 2	Potentino	40,689	15,821	0,1	7	5,08
NF	380 1	1996	4	3	13	4	34,9 8	Irpinia	40,661	15,454	13,9	6	4,9
3-4	429 6	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano	41,801	15,903	31,2		4,64

RELAZIONE GEOLOGICA



I dati inerenti agli eventi sismici successivi al 2016 sono stati ricavati dal database *ISIDE* dell'INGV, tenendo conto di un raggio di influenza di 100 km rispetto al sito oggetto di studio ed una magnitudo minima pari a 2 (vedi figura seguente).

RELAZIONE GEOLOGICA

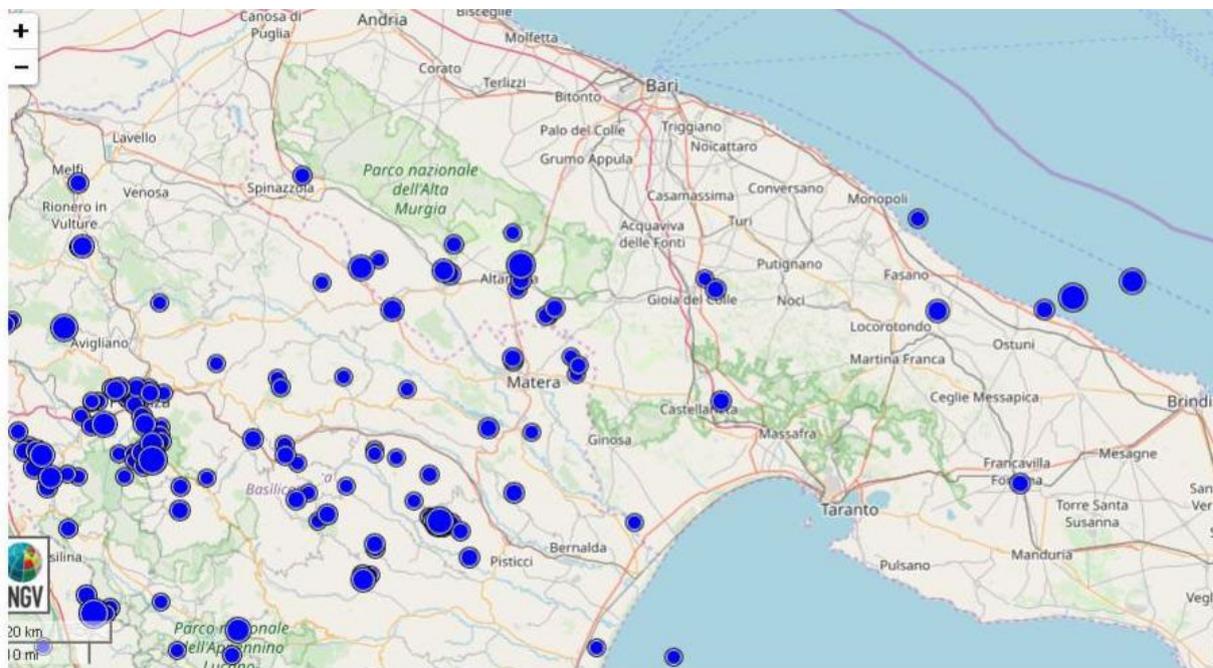


Figura 6: stralcio mappa ISIDe.

Gli eventi documentati hanno epicentri anche non distanti dall'area oggetto di studio.

5.2 PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA IN ESAME

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV), colloca l'area di intervento in un contesto caratterizzato da $a_g \max^1$ compresa tra 0.125 e 0.150 (vedi figura seguente).

La mappa riportante le zone sismogenetiche secondo la classificazione ZS9 (vedi figura seguente) colloca l'area d'intervento all'esterno delle zone sismogenetiche presenti, le più vicine delle quali sono la n.924 e la n.926, come più dettagliatamente si espone di seguito.

¹ I termini $a_g \max$ e PGA si riferiscono alla stessa grandezza, vale a dire il valore massimo (o picco) di accelerazione del suolo attesa; a_g è il termine usato nella normativa, a_{\max} è usato nei documenti scientifici in italiano che accompagnano questi studi di pericolosità sismica, PGA è il termine nella letteratura scientifica internazionale.

RELAZIONE GEOLOGICA

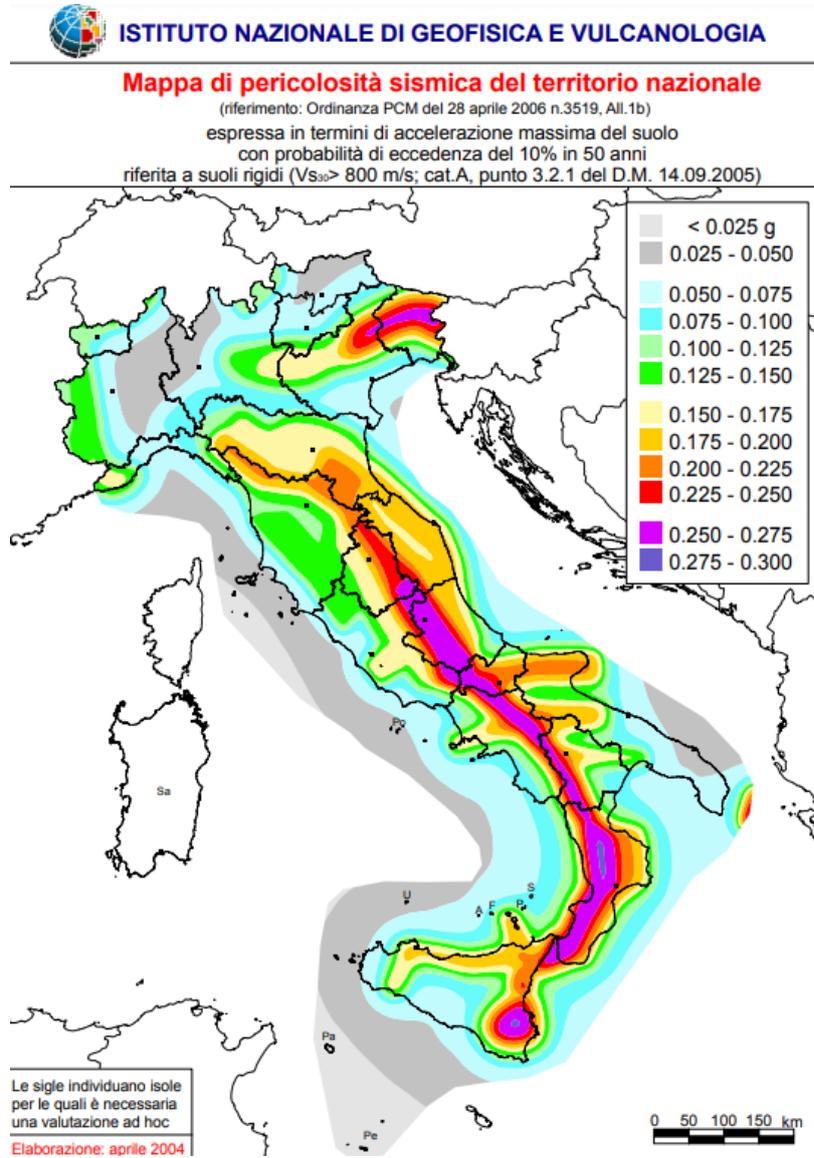


Figura 7: mappa di pericolosità sismica

RELAZIONE GEOLOGICA

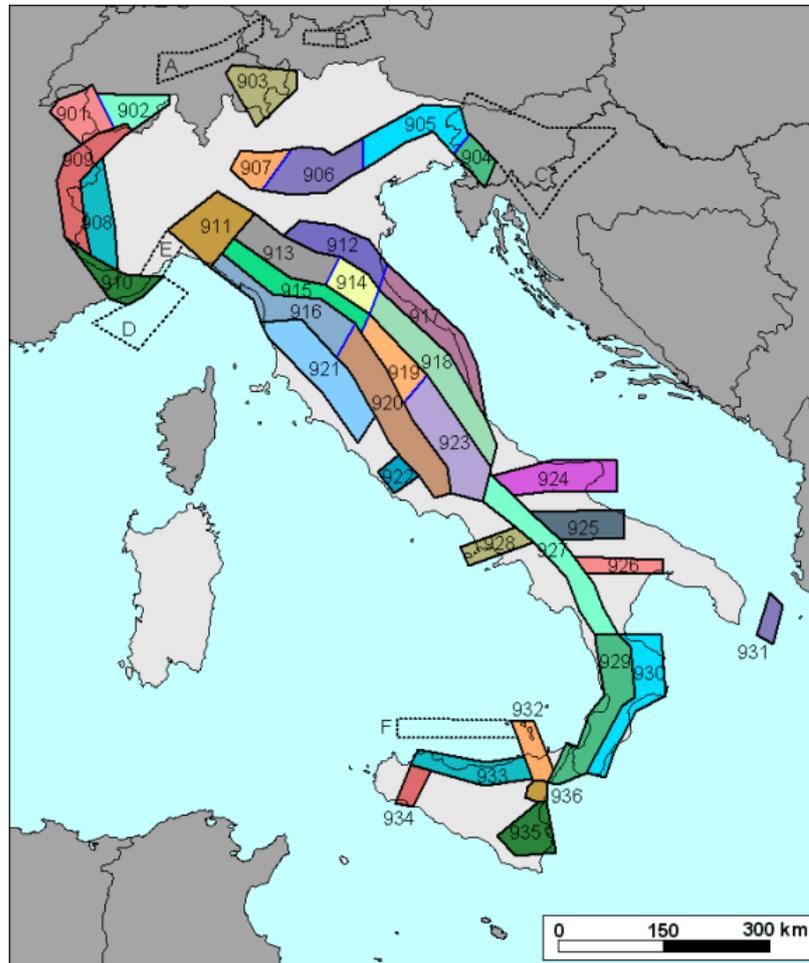


Figura 8: mappa zone sismogenetiche

Il database DISS3, messo a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, identifica e caratterizza le sorgenti sismogenetiche sul territorio nazionale.

Tali sorgenti possono essere individuali (piani di faglia), o composite (ossia regioni allungate contenenti un certo numero di sorgenti allineate ma non identificabili singolarmente).

Le sorgenti sismogenetiche più vicine all'area in esame sono le seguenti:

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

- “Castelluccio dei Sauri – Trani DISS ID ITCS004”, distante 20 km a NE generata da un allineamento di faglia e caratterizzata da una magnitudo massima attesa (Mw) pari a 6.3.
- “Rapolla - Spinazzola DISS ID ITCS089” distante 50 Km a Sud Ovest dall’area in esame. Si tratta di una sismozona, generata da un allineamento di faglia, caratterizzata da una magnitudo massima attesa (Mw) pari a 6.3.

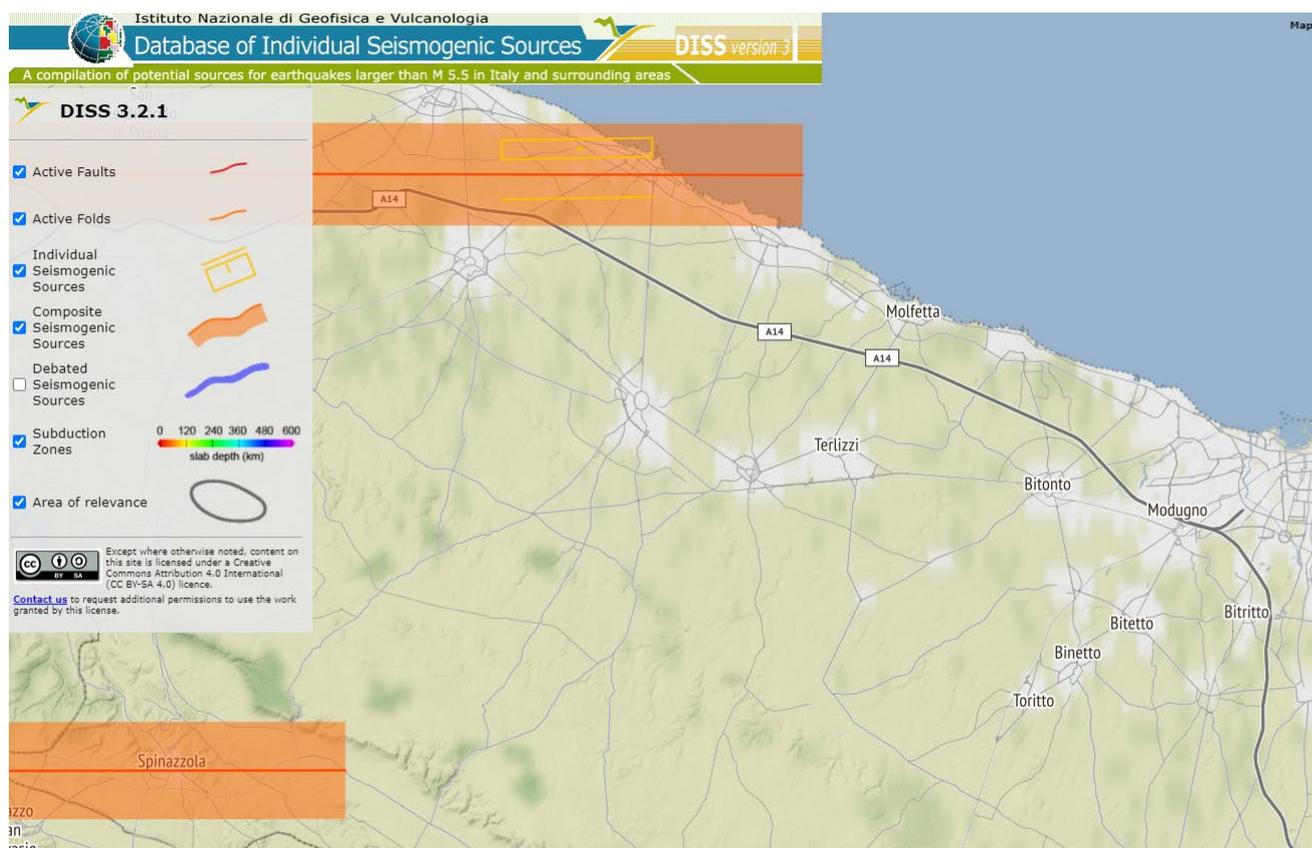


Figura 9: fonti sismogenetiche da DISS.

Utilizzando le mappe interattive di pericolosità sismica fornite da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), nel nodo del reticolo di riferimento più prossimo all’area in esame, caratterizzato da un’accelerazione compresa tra 0.125 e 0.150, la

magnitudo media attesa per eventi sismici con probabilità di superamento del 10% in 50 anni – $Tr = 1000$ anni, è pari a 5.64 Mw, ad una distanza di 11.9 km dall'area in esame (vedi figure seguenti).

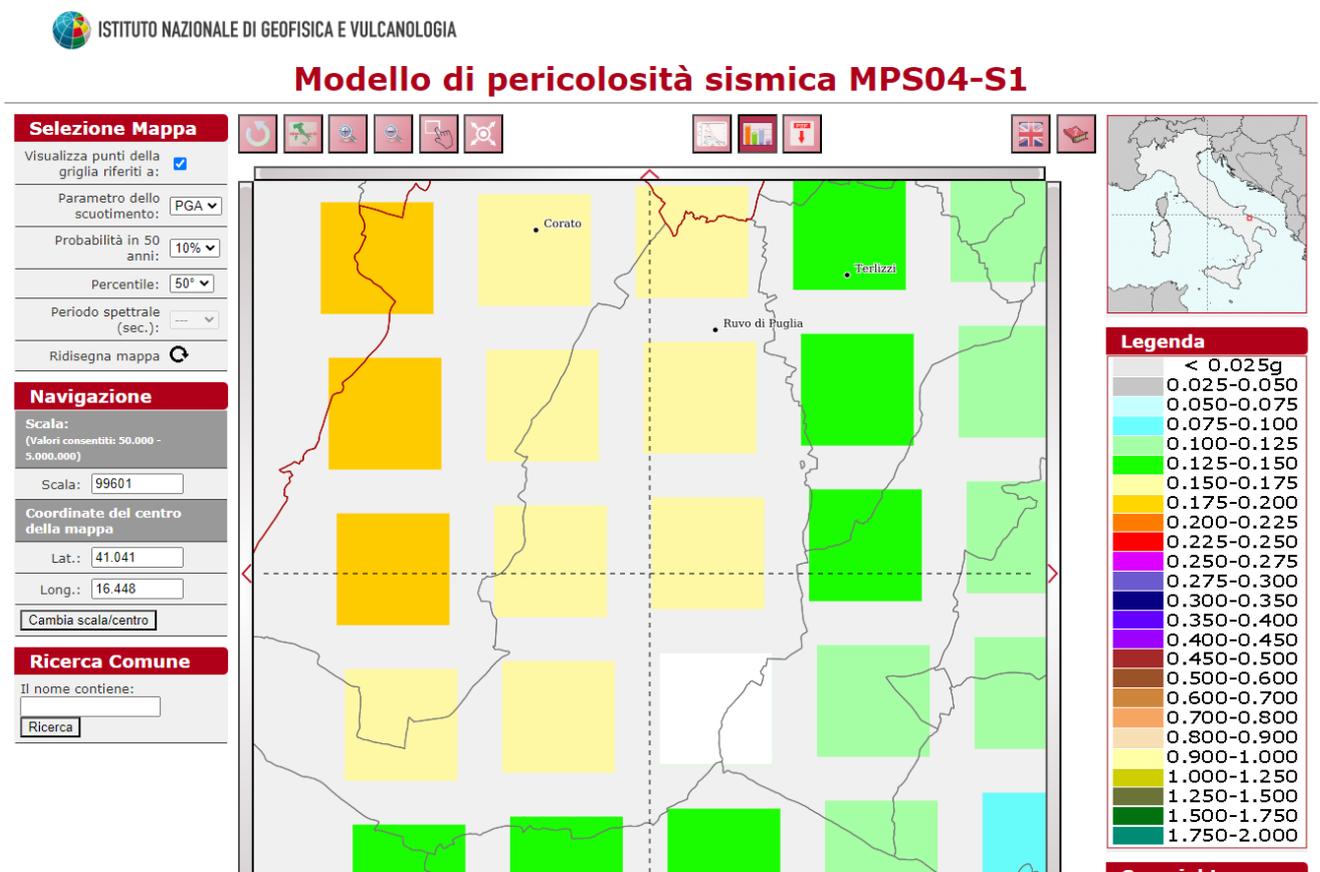


Figura 10: mappa di pericolosità sismica.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 40.996 lon. 16.471 - id 32346)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	6.1600	15.8000	14.4000	11.3000	7.8700	4.9800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.6040	2.5700	4.1900	5.3900	5.6600	4.9500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0129	0.2730	0.9450	1.8800	2.8200	3.3500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0040	0.1760	0.6100	1.1600	1.7400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.1680	0.3640	0.6810	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0268	0.1380	0.3250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0562	0.1790	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0242	0.1790	0.1220	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049	0.1730	0.2330	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0868	0.1890	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0249	0.0952	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0435	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0183	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0009	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0012	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0006	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.64	11.9	0.265

Figura 11: dati di pericolosità sismica.

La classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M. n.3274/03, inserisce il territorio comunale di Ruvo di Puglia-Bitonto in **Zona 3**. Trattasi quindi di una porzione di territorio caratterizzata da una pericolosità sismica medio-bassa.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine della ricostruzione di dettaglio dell'assetto stratigrafico e litofisico del sottosuolo dell'area di intervento è stata eseguita, dalla Apogeo s.r.l., una campagna di indagini geognostiche di tipo indiretto con l'esecuzione di n.3 sismiche a rifrazione.



Figura 12: ubicazione indagini indirette

secondo la metodica riportata nel report Apogeo s.r.l. allegato. Gli stendimenti, della lunghezza di m 150 e con distanza intergeofonica di m 5, sono stati eseguiti nell'area di intervento come riportato nella figura n.7.

Di seguito si riportano le dromocrone sperimentali delle onde P e la relativa sezione sismo-stratigrafica di ciascuna base sismica.

RELAZIONE GEOLOGICA

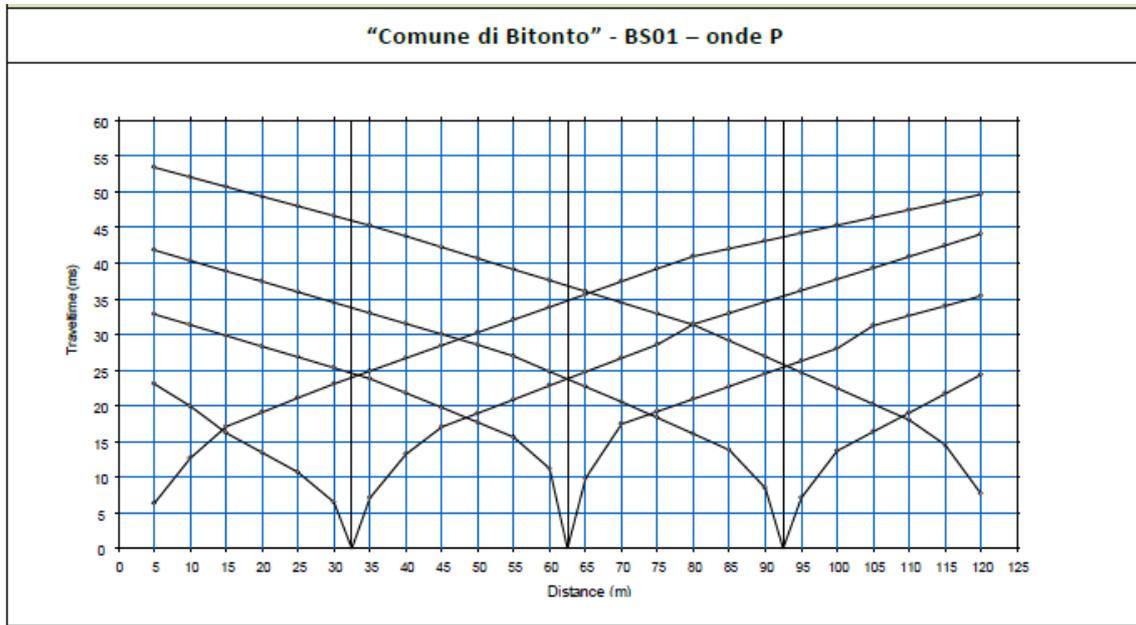


Figura 13: dromocrone onde P - base 1

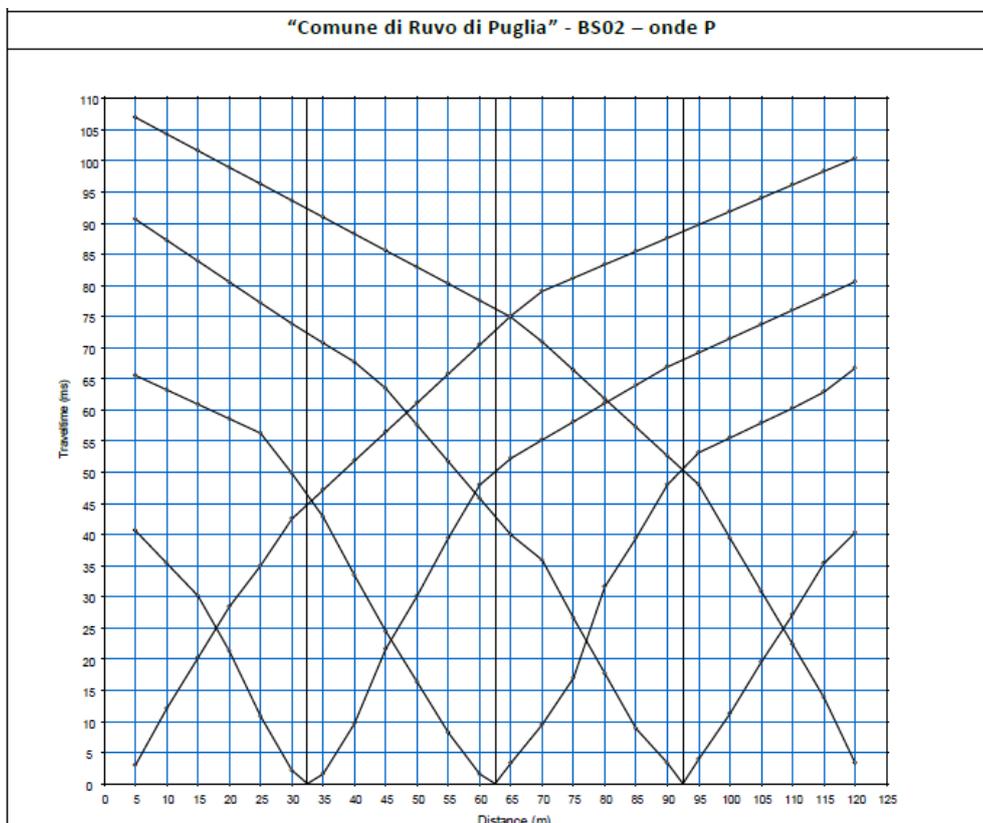


Figura 14: dromocrone onde P - base sismica n.2

RELAZIONE GEOLOGICA

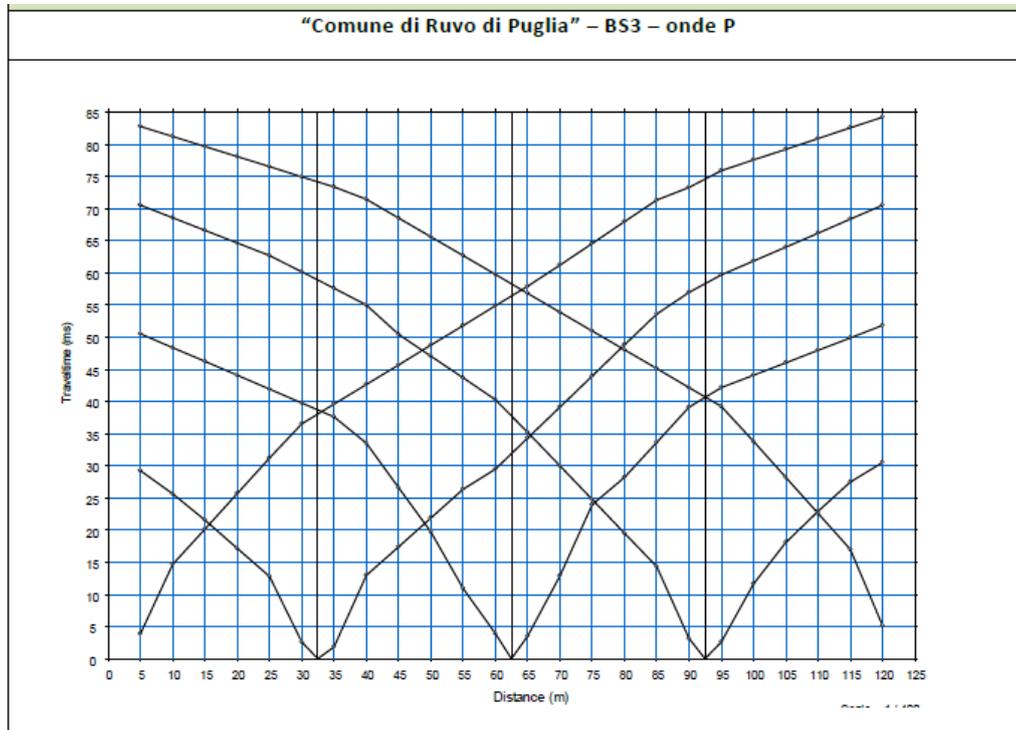


Figura 15: dromocrone onde P - base sismica n.3

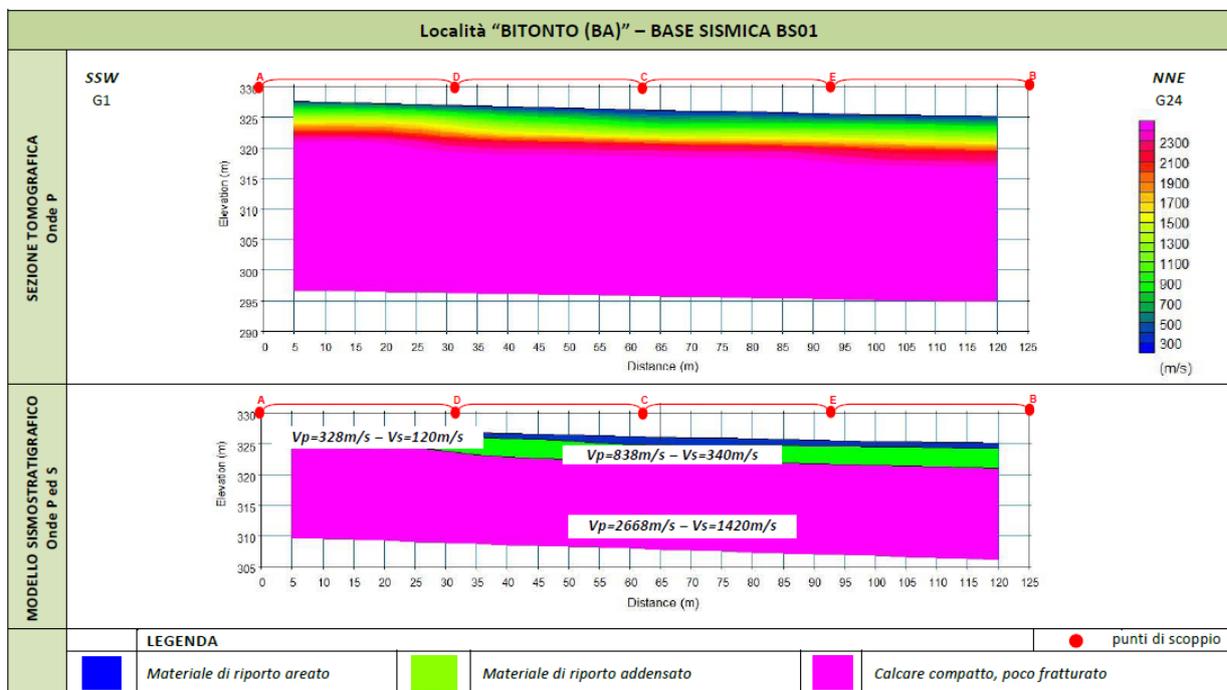


Figura 16: sezione sismostratigrafica - base 1

RELAZIONE GEOLOGICA

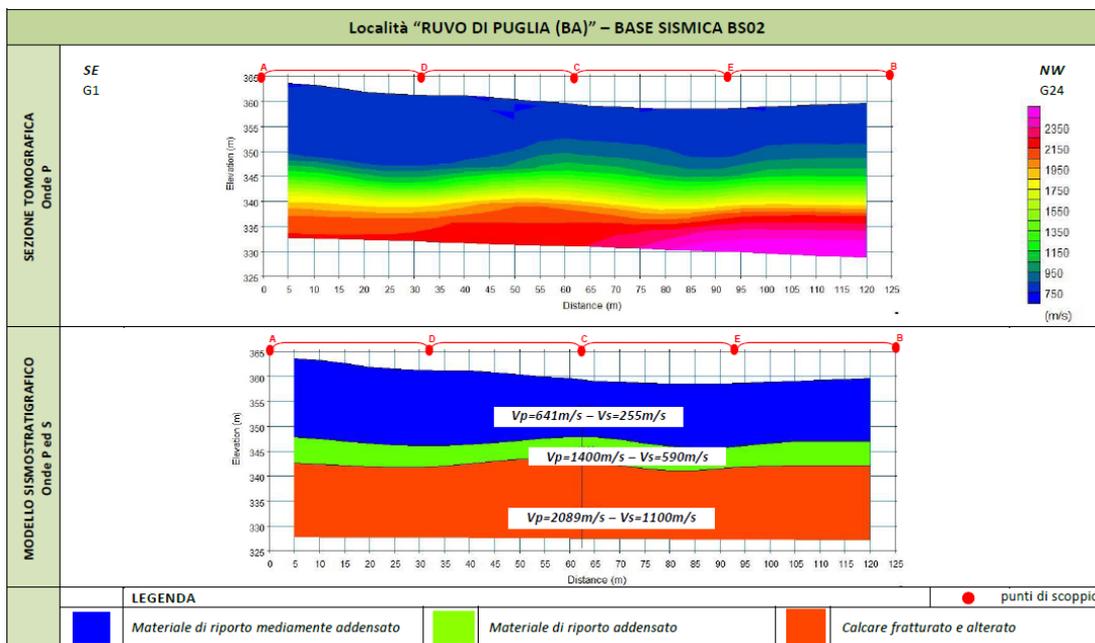


Figura 17: sezioni sismostratigrafiche - base 2

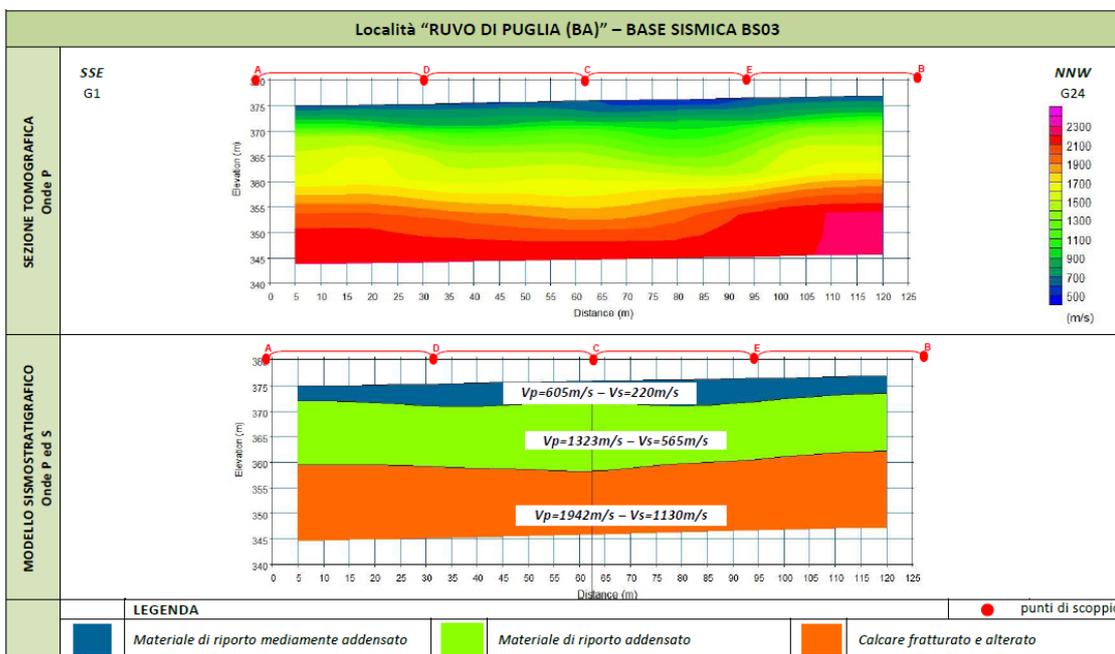


Figura 18: sezioni sismostratigrafiche - base n.3

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

✓ BS01 in onde P ed S (mediante MASW01): si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	328	120	0,0 ÷ 1,00	<i>Materiale di riporto areato</i>
2	838	340	1,00 ÷ 4,00	<i>Materiale di riporto addensato</i>
3	2668	1420	4,00 ÷ 10,0	<i>Calcare compatto, poco fratturato</i>

✓ BS02 in onde P ed S (mediante MASW02): si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	641	255	0,0 ÷ 15,00	<i>Materiale di riporto mediamente addensato</i>
2	1400	590	15,00 ÷ 19,00	<i>Materiale di riporto addensato</i>
3	2089	1100	19,00 ÷ 30,0	<i>Calcare fratturato e alterato</i>

✓ BS03 in onde P ed S (mediante MASW03): si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	605	220	0,0 ÷ 4,00	<i>Materiale di riporto mediamente addensato</i>
2	1323	565	4,00 ÷ 16,50	<i>Materiale di riporto addensato</i>
3	1942	1130	16,50 ÷ 30,0	<i>Calcare fratturato e alterato</i>

Figura 19: tabelle dati

In base all'andamento delle Vp e delle Vs con la profondità, si ritiene confacente assegnare al sottosuolo investigato nelle tre basi sismiche un modello a tre sismostrati, di seguito descritto.

Base 1

Sismostrato n.1

Si estende dal piano campagna sino alla profondità di m 1.0 ca. È caratterizzato da Vp 320 m/s e Vs 120 m/s. È litologicamente associabile a terreno vegetale e materiale di riporto areato.

Sismostrato n.2

Si sviluppa dalla profondità di m 1.0 ca sino alla profondità media di ca m 4.0. È caratterizzato da Vp 838 m/s e Vs 340 m/s. Litologicamente è associabile a materiale di riporto e orizzonti ascrivibili ai Depositi marini terrazzati.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Sismostrato 3

Si sviluppa dalla profondità media di m 4 ca sino alla profondità massima investigate (m 11 ca). È caratterizzato da V_p 2668 m/s e V_s 1420 m/s. Litologicamente è associabile a roccia calcarea compatta.

Base 2

Sismostrato n.1

Si estende dal piano campagna sino alla profondità di m 15.0 ca. È caratterizzato da V_p 641 m/s e V_s 255 m/s. È litologicamente associabile a materiale di riporto mediamente addensato (colmata di cava).

Sismostrato n.2

Si sviluppa dalla profondità di m 15.0 ca sino alla profondità media di ca m 19. È caratterizzato da V_p 1400 m/s e V_s 590 m/s. È litologicamente associabile a materiale di riporto addensato (colmata di cava).

Sismostrato 3

Si sviluppa dalla profondità media di m 19 ca sino alla profondità massima investigate (m 30 ca). È caratterizzato da V_p 2089 m/s e V_s 1110 m/s. Litologicamente è associabile a roccia calcarea fratturata e alterata.

Base 3

Sismostrato n.1

Si estende dal piano campagna sino alla profondità di m 4.0 ca. È caratterizzato da V_p 605 m/s e V_s 220 m/s. È litologicamente associabile a materiale di riporto mediamente addensato (colmata di cava).

Sismostrato n.2

Si sviluppa dalla profondità di m 4.0 ca sino alla profondità media di ca m 16.5. È caratterizzato da V_p 1323 m/s e V_s 565 m/s. È litologicamente associabile a materiale di riporto addensato (colmata di cava).

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Sismostrato 3

Si sviluppa dalla profondità media di m 16.5 ca sino alla profondità massima investigate (m 30 ca). È caratterizzato da Vp 1942 m/s e Vs 1130 m/s. Litologicamente è associabile a roccia calcarea fratturata e alterata.

6.1 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Gli esiti delle indagini geognostiche hanno confermato le indicazioni preliminari circa l'assetto geologico e stratigrafico del sottosuolo dell'area di intervento, aggiungendo significativi dettagli relativi agli spessori degli orizzonti, alle litologie ed alle condizioni litofisiche dei terreni.

Nell'insieme il modello geologico del sottosuolo, per gli spessori di interesse, può essere descritto in sintesi come segue (dall'alto verso il basso):

Area Bitonto

Coltre di copertura: si tratta di terreno vegetale e/o di riporto, spesso all'incirca m 1.0.

Orizzonte intermedio: si tratta di materiale di riporto passante ai terreni dei Depositi marini terrazzati, con spessore complessivo di m 3 ca.

Roccia calcarea compatta: si tratta degli orizzonti più superficiali dell'ammasso roccioso-calcareo.

Area di Ruvo di Puglia

Coltre di copertura: si tratta di materiale detritico-calcareo a varia pezzatura con matrice più fine, costituente il ritombamento di porzioni di cave esauste. Risulta meno addensato per spessori variabili da m 4 a m 15 e più addensato nelle porzioni più profonde per effetto del carico litostatico.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Roccia calcarea fessurata: si tratta degli orizzonti più superficiali dell'ammasso roccioso-calcareo, soggiacenti il materiale di ritombamento.

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

7 CLASSE DI SOTTOSUOLO – AZIONE SISMICA LOCALE

7.1 CLASSE DI SOTTOSUOLO

Come indicato in precedenza, la classificazione sismica del territorio nazionale, così come modificata dalla O.P.C.M. n.3274/03, inserisce il territorio comunale di Ruvo di Puglia in Zona 3. Trattasi quindi di una porzione di territorio caratterizzata da una pericolosità sismica medio/bassa.

Quanto stabilito dall'ordinanza n.3274/03 è stato confermato dalla D.G.R. n.153 del 02/03/2004, con la quale la Regione Puglia ha recepito, a livello regionale, l'indirizzo nazionale in materia di classificazione sismica del territorio.

In vigore del D.M. 17 Gennaio 2018, l'inserimento dell'area d'intervento nella Zona 3 della classificazione sismica del territorio nazionale, rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. Tali categorie sono indicate nella tabella seguente:

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Al fine della definizione dell'azione sismica locale, così come stabilito, si è proceduto alla individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento, attraverso la determinazione del parametro V_{Seq} (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio) definito dalla seguente relazione

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,1}}} \text{ m/s } (1)$$

dove

h_i = spessore in metri dello strato (sismostrato) i -esimo;

$V_{s,1}$ = velocità dell'onda di taglio i -esima;

N = numero di strati (sismostrati);

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

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

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

Per la determinazione del parametro $V_{s_{eq}}$ è stata effettuata, dalla Apogeo s.r.l., una indagine sismica secondo la metodologia MASW, lungo gli stendimenti sismici precedentemente indicati.

Per la descrizione della metodica MASW e la visione dei grafici di acquisizione, si rimanda allo specifico report della Apogeo s.r.l. allegato alla presente.

L'indagine MASW, svolta in un sito molto esteso, ha raggiunto una profondità investigativa superiore ai 30m e ha consentito di individuare un substrato rigido caratterizzato da un $V_s \geq 800\text{m/s}$ ad una profondità compresa tra **4.50m** e **19.30m** mentre il pacchetto di strati ad esso sovrapposto risulta caratterizzato per lo stendimento MASW 01 da un valore di **$V_{s,eq}=256\text{m/s}$** mentre il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità di **4.50m** per lo stendimento **MASW 02** da un valore di **$V_{s,eq}=297\text{m/s}$** mentre il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità di **19.30m** e infine per lo stendimento MASW 03 da un valore di **$V_{s,eq}=418\text{m/s}$** mentre il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità di **16.10m**.

Da tale stima ne consegue che nel caso degli stendimenti **MASW 01** e **MASW 02** il sottosuolo rientra in categoria "E" e nel caso dello stendimento **MASW03** il sottosuolo rientra in categoria "B".

RELAZIONE GEOLOGICA

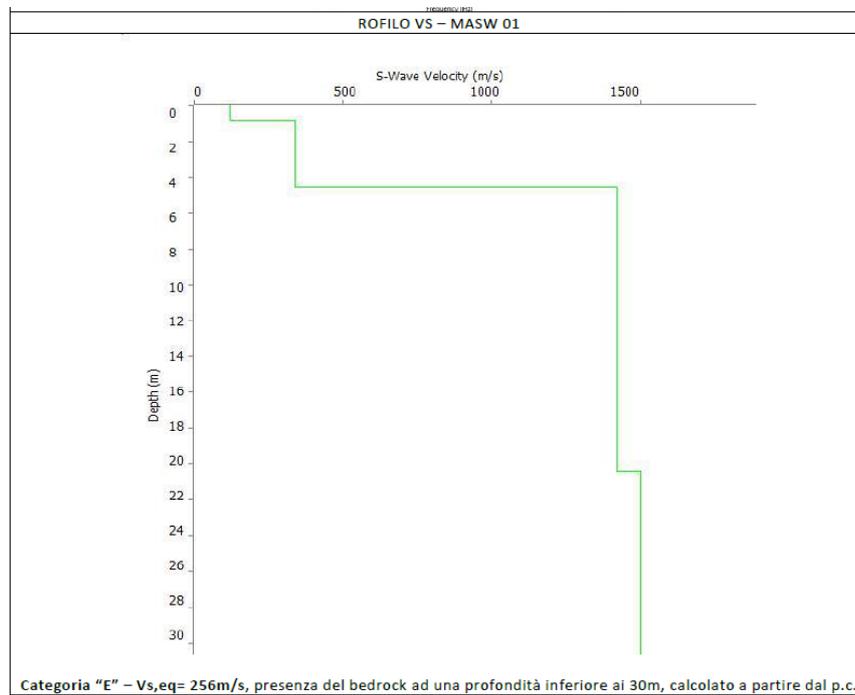


Figura 20: andamento Vp/p - masw 1

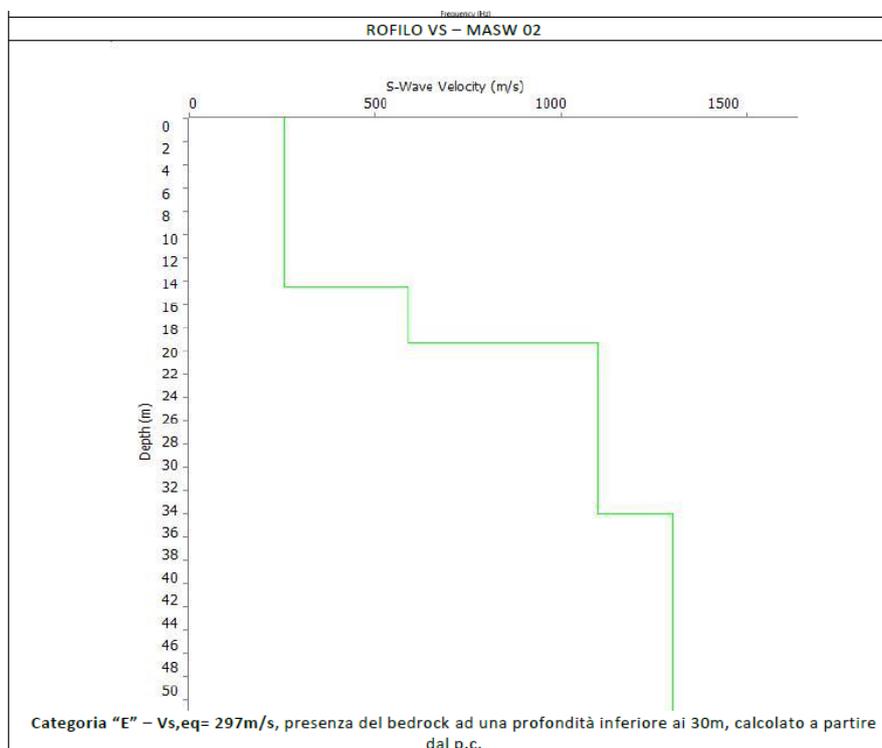


Figura 21: andamento Vp/P - masw 2

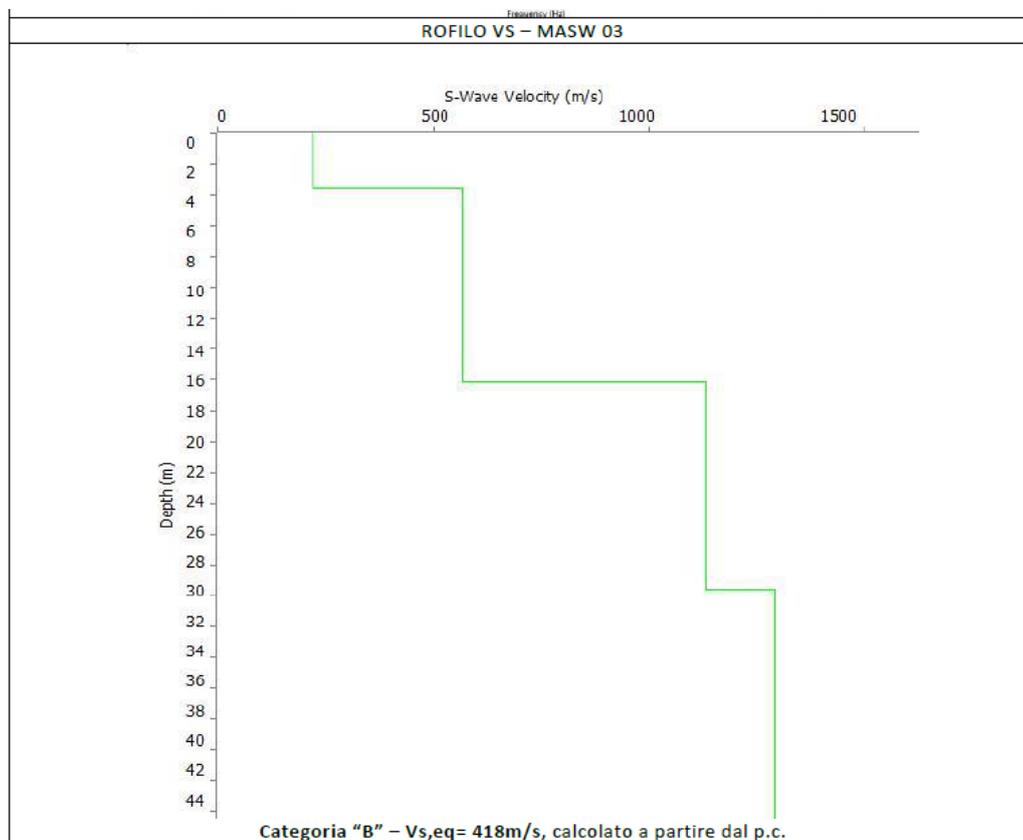


Figura 22: andamento Vp/p - masw 3

Per ciò che attiene la classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC, l’area d’intervento può essere classificata come appartenente alla

categoria ‘T1’:

“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

7.2 AZIONE SISMICA LOCALE

Come indicato in precedenza, le NTC 2018 definiscono la risposta sismica locale semplificata di un sito tramite la stima di:

- Categoria di sottosuolo

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

- Categoria Topografica

I succitati parametri sono stati definiti, per il sito in esame, nel paragrafo precedente:

- Categoria di sottosuolo: B/E
- Categoria Topografica: T1
- Classe d'uso: II

La pericolosità sismica di base viene definita utilizzando l'applicativo Geostru Plus.

Di seguito si riporta tabella identificativa dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento all'interno del quale ricade il sito e la loro distanza rispetto al punto in esame.

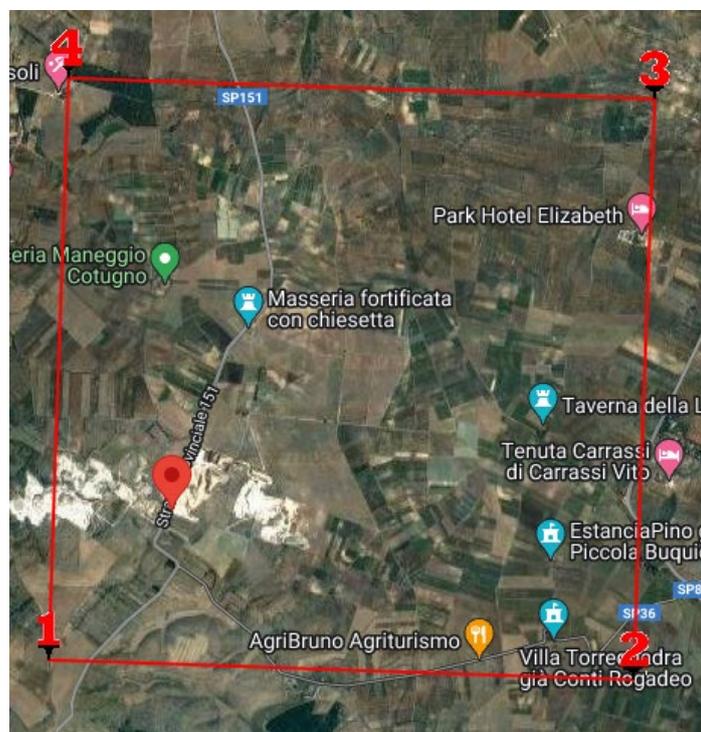


Figura 23: maglia elementare

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Sito in esame.

latitudine: 41,008597 [°]

longitudine: 16,485225 [°]

Classe d'uso: I. Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	32346	40,995810	16,471310	1839,9
Sito 2	32347	40,994050	16,537480	4674,0
Sito 3	32125	41,044020	16,539850	6042,5
Sito 4	32124	41,045780	16,473600	4248,0

Nella tabella seguente si riportano i dati di pericolosità sismica per T_r diversi da quelli previsti nelle NTC per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento e relativi connessi coefficienti.

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 35 anni

Coefficiente c_u : 0,7

	Prob. superamento [%]	T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,034	2,514	0,260
Danno (SLD)	63	35	0,037	2,514	0,273
Salvaguardia della vita (SLV)	10	332	0,114	2,498	0,371
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	682	0,164	2,478	0,381

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 35 anni

Coefficiente cu: 0,7

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,034	2,514	0,260
Danno (SLD)	63	35	0,037	2,514	0,273
Salvaguardia della vita (SLV)	10	332	0,114	2,498	0,371
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	682	0,164	2,478	0,381

Coefficienti sismici stabilità dei pendii e fondazioni (sottosuolo cat.B)

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,440	1,000	0,008	0,004	0,406	0,200
SLD	1,200	1,430	1,000	0,009	0,004	0,435	0,200
SLV	1,200	1,340	1,000	0,033	0,016	1,339	0,240
SLC	1,200	1,330	1,000	0,047	0,024	1,930	0,240

Coefficienti sismici stabilità dei pendii e fondazioni (sottosuolo cat.E)

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,600	1,970	1,000	0,011	0,006	0,541	0,200
SLD	1,600	1,930	1,000	0,012	0,006	0,579	0,200
SLV	1,600	1,710	1,000	0,044	0,022	1,786	0,240
SLC	1,550	1,690	1,000	0,061	0,031	2,493	0,240

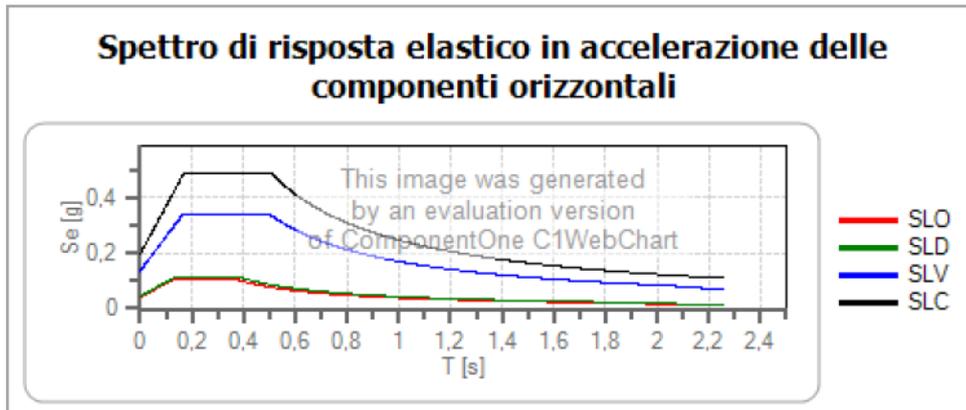
RELAZIONE GEOLOGICA

Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



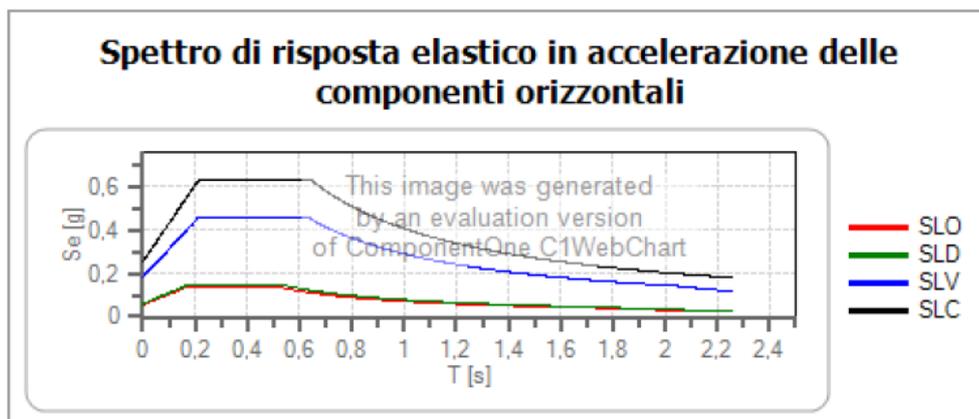
	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,034	2,514	0,260	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,125	0,374	1,738
SLD	0,7	0,037	2,514	0,273	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,130	0,390	1,748
SLV	0,7	0,114	2,498	0,371	1,200	1,340	1,000	1,200	1,000	0,166	0,498	2,055
SLC	0,7	0,164	2,478	0,381	1,200	1,330	1,000	1,200	1,000	0,169	0,506	2,256

Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,034	2,514	0,260	1,600	1,970	1,000	1,600	1,000	0,171	0,512	1,738
SLD	0,7	0,037	2,514	0,273	1,600	1,930	1,000	1,600	1,000	0,176	0,527	1,748
SLV	0,7	0,114	2,498	0,371	1,600	1,710	1,000	1,600	1,000	0,212	0,635	2,055
SLC	0,7	0,164	2,478	0,381	1,550	1,690	1,000	1,550	1,000	0,214	0,643	2,256

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

8 PARAMETRI ELASTICI E GEOMECCANICI DA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica in onde P, sono stati calcolati alcuni parametri geotecnici.

Assegnando, infatti, la densità in sito, ricavata empiricamente mediante l'equazione di Gardner, che lega la densità alla velocità delle onde longitudinali (V_p), sono stati calcolati il *coefficiente di Poisson* e alcuni moduli elastici dinamici.

Le determinazioni dei moduli elastici, eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali, cioè, relative ad un modesto volume di roccia.

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative dei dati estrapolata dal report redatto da Apogeo s.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICA

BASE SISMICA 01 - STIMA DEI MODULI DINAMICI			
	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	328	838	2668
Velocità onde S (m/s):	120	340	1420
$V_{L,lab}$ = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	6000
SPESORE MEDIO STRATO (m)	1.00	3.50	15.00
Profondità Media Strato (m)	0.50	2.75	12.00
Modulo di Poisson (ν)	0.42	0.40	0.30
Densità naturale (ρ in gr/cm^3) = $0,23 \times Vp^{0,25}$ (Gardner et al., 1974)	1.32	1.67	2.23
Porosità % (\emptyset) (correlazione Rzhesky e Novik (1971))	47.68%	42.92%	25.81%
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Kg/cm^2)	541	5404	117018
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Kg/cm^2) $G_{din} = E_{din} / (2 \cdot (1 + \nu))$	190	1928	44925
MOD. di BULK (K) (Kg/cm^2): $K = E_{din} / (3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu))$	1166	9142	98692
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Kg/cm^2) (Rzhesky et al., 1971)	65	651	14098
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Kg/cm^2)	23	232	5413
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^2) (da velocità onde P e densità) $\rho \cdot Vp^2$ (valido per le terre)	14.47	119.44	1617.19
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^3) $M = (Vp \cdot Vp \cdot \rho \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu) / (1 - \nu))$ (relazione di NAVIER)	5.51	55.11	1193.26
Rigidità Sismica ($\gamma \cdot Vp$) (Tonni/m²sec)	158	567	3164
Frequenza dello Strato	30	24	24
Periodo dello Strato	0.03	0.04	0.04
STIMA PARAMETRI GEOTECNICHI (VALIDO PER LE TERRE)			
N_{spT} (Imai and Yoshimura, 1977)	4	>50	>50
$N_{spT} = 7,24E-07 \times Vs^{15}$ (Formazioni a prevalente componente argillosa)	3	>50	>50
$N_{spT} = 1,77E-06 \times Vs^{2,90}$ (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)	1	22	>50
$N_{spT} = 1,60E-06 \times Vs^{2,90}$ (Depositi Alluvionali)	2	35	>50
ϕ min $-Vs^{0,44} \cdot 6,2$ (angolo di resistenza al taglio minimo)	26	44	89
ϕ max $-Vs^{0,44}$ (angolo di resistenza al taglio massimo)	32	51	95
Cu (coesione non drenata in Kg/cm^2) = $(Vs/23)^{0,478} \cdot 0,010197$ (Dickenson 1990)	0.33	2.96	59.99
Cu (coesione non drenata) = $(Vs - 17,5) / 2,63 \cdot 0,010197$ (Oh et al. 2008)	0.40	1.25	5.44
Cu (coesione non drenata) = $(Vs/7,93)^{0,443} \cdot 0,010197$ (Leyesques et al. 2007)	0.76	3.97	38.43
Cu (coesione non drenata) = $(Vs/2,87)^{0,472} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove DH - Likhtensuang e Kyaw (2010)	0.31	5.09	237.28
Cu (coesione non drenata) = $(Vs/2,28)^{0,402} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove MASW - Likhtensuang e Kyaw (2010)	0.29	2.23	36.82
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE AMMASSO ROCCIOSO (NON VALIDO PER LE TERRE)			
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce da E statico)	-14	8	80
ϕ (angolo di attrito in °)	27	28	31
C (coesione in kg/cm^2)	-0.7	0.4	4.1
Rapporto di velocità VR (utilizzando per il valore delle Vp in laboratorio 6000m/sec)	0.055	0.140	0.445
Rapporto di velocità al quadrato (VR ²)	0.003	0.020	0.198
RQD (0,97x(Vp/VLAB)) ² * 100	0.3%	1.9%	19.2%
RQD (relazione empirica sui calcoli - F. Zezza 1976)	2.1%	7.8%	39.0%
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm^3) → VESIC 1961 $k = E / [B(1 - \nu^2)]$	0.79	7.76	155.17
$k = 17,2 \cdot Vs^{0,28}$ Kg/cm^3 (Bowles 1987, Kececi, Imai e Yoshimura 2012)	0.70	2.56	15.29
K_v (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm^3) → $K_v = \alpha \cdot 2 \cdot Ed/b$ dove $\alpha = 2 / \log_e(b+2H)/b$	0.05	1.00	35.59
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm^3) - Chiarugi-Mata	0.10	4.84	308.80
INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE			
Fs (Fattore di sicurezza = Vp/Vs)	2.7	2.5	1.9
Q_{ult} (kg/cm^2) = $\gamma_{ult} \cdot v_{se}(0,1)$ (Kececi 2012)	1.58	5.67	31.64
$Q_{amm} = Q_{ult} / Fs$	0.58	2.30	16.84

RELAZIONE GEOLOGICA

BASE SISMICA 02 - STIMA DEI MODULI DINAMICI			
	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	641	1400	2089
Velocità onde S (m/s):	255	590	1100
V_{LAB} = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	6000
SPESORE MEDIO STRATO (m)	15.00	5.00	15.00
Profondità Media Strato (m)	7.50	17.50	27.50
Modulo di Poisson (ν)	0.41	0.39	0.31
Densità naturale (ρ in gr/cm^3) = $0,23xVp^{0,25}$ (Gardner et al., 1974)	1.56	1.90	2.10
Porosità % (\emptyset) (correlazione Rzhavsky e Novik (1971))	44.76%	37.66%	31.22%
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Kg/cm^2)	2852	18377	66348
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Kg/cm^2) $G_{din} = E_{din}/(2*(1+\nu))$	1014	6601	25359
MOD. di BULK (K) (Kg/cm^2): $K = E_{din}/(3*(1-2*\nu))$	5057	28365	57646
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Kg/cm^2) (Rzhavsky et al., 1971)	344	2214	7994
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Kg/cm^2)	122	795	3055
MOD. DI COMPRESIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^2) (da velocità onde P e densità) $\rho * Vp^2$ (valido per le terre)	65.35	378.99	932.62
MOD. DI COMPRESIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^2) $M = ((Vp * Vp * \rho * (1 + \nu) * (1 - 2 * \nu) / (1 - \nu))$ (relazione di NAVIER)	29.08	187.39	676.56
Rigidità Sismica ($\gamma * Vp$) (Ton/m ² sec)	398	1119	2305
Frequenza dello Strato	4	30	18
Periodo dello Strato	0.24	0.03	0.05
STIMA PARAMETRI GEOTECNICHI (VALIDO PER LE TERRE)			
N_{SPT} (Imai and Yoshimura, 1977)	39	>50	>50
$N_{SPT} = 7,24E-07xVs^{2,15}$ (Formazioni a prevalente componente argillosa)	28	>50	>50
$N_{SPT} = 1,77E-06xVs^{2,00}$ (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)	10	>50	>50
$N_{SPT} = 1,60E-06xVs^{2,00}$ (Depositi Alluvionali)	15	>50	>50
ϕ min $= Vs_1^{0,44} * 6,2$ (angolo di resistenza al taglio minimo)	38	58	79
ϕ max $= Vs_1^{0,44}$ (angolo di resistenza al taglio massimo)	45	65	85
Cu (coesione non drenata in $Kg/cm^2 = (Vs/23)^{0,67} * 0,010197$ [Dickenson 1990])	1.61	9.44	35.04
Cu (coesione non drenata $= (Vs - 17,5)/2,63 * 0,010197$ [Oh et al. 2008])	0.92	2.22	4.20
Cu (coesione non drenata $= (Vs/7,93)^{0,67} * 0,010197$ [Levesques et al. 2007])	2.52	9.53	25.62
Cu (coesione non drenata $= (Vs/187)^{0,67} * 0,010197 * 100$ da prove DH - Likiersuang e Kyaw (2010)	2.35	22.38	119.44
Cu (coesione non drenata $= (Vs/228)^{0,67} * 0,010197 * 100$ da prove MASW - Likiersuang e Kyaw (2010)	1.27	6.58	22.31
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in $Kg/cm^3 \rightarrow VESIC 1961$) $k = E/[B(1-\nu^2)]$	4.11	26.16	88.32
$k = 17,2 * Vs^{1,25}$ Kg/cm^3 (Bowles 1997, Kocell, Imai e Yoshimura 2012)	1.79	5.10	11.11
K_v (Coeff. di Winkler verticale in $Kg/cm^3 \rightarrow K_v = \alpha^2 * Ed/b$ dove $\alpha = 2 - 2/\log_e(b+2H)/b$)	0.87	3.90	20.18
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm^3 - Chiarugi-Mala)	6.62	98.83	378.04
INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE			
Fs (Fattore di sicurezza = Vp/Vs)	2.5	2.4	1.9
Q_{ult} (kg/cm^2) = $\gamma_{ult} * vs^*(0,1)$ (Kecell 2012)	3.98	11.19	23.05
$Q_{amm} = Q_{ult}/Fs$	1.58	4.71	12.14

RELAZIONE GEOLOGICA

BASE SISMICA 03 - STIMA DEI MODULI DINAMICI			
	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	605	1323	1942
Velocità onde S (m/s):	220	565	1030
V_{LAB} = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	6000
SPESORE MEDIO STRATO (m)	3.50	12.50	15.00
Profondità Media Strato (m)	1.75	9.75	23.50
Modulo di Poisson (ν)	0.42	0.39	0.30
Densità naturale (ρ in gr/cm^3) = $0,23 \times Vp^{0,25}$ (Gardner et al., 1974)	1.54	1.87	2.06
Porosità % (\emptyset) (correlazione Rzhavsky e Novik (1971))	45.09%	38.38%	32.60%
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Kg/cm^2)	2119	16574	56951
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Kg/cm^2) $G_{din} = E_{din} / (2 \cdot (1 + \nu))$	744	5968	21832
MOD. di BULK (K) (Kg/cm^2): $K = E_{din} / (3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu))$	4635	24767	48501
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Kg/cm^2) (Rzhavsky et al., 1971)	255	1997	6861
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Kg/cm^2)	90	719	2630
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^2) ▲ (da velocità onde P e densità) $\rho \cdot Vp^2$ (valido per le terre)	57.38	333.70	791.41
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^2) $M = ((Vp \cdot Vp \cdot \rho \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu) / (1 - \nu))$ (relazione di NAVIER)	21.61	169.00	580.75
Rigidità Sismica ($\gamma \cdot Vp$) (Tonn/m²sec)	338	1056	2120
Frequenza dello Strato	16	11	17
Periodo dello Strato	0.06	0.09	0.06
STIMA PARAMETRI GEOTECNICHI (VALIDO PER LE TERRE)			
N_{SPT} (Imai and Yoshimura, 1977)	25	>50	>50
$N_{SPT} = 7,24E-07 \times Vs^{3,15}$ (Formazioni a prevalente componente argillosa)	17	>50	>50
$N_{SPT} = 1,77E-06 \times Vs^{2,80}$ (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)	6	>50	>50
$N_{SPT} = 1,60E-06 \times Vs^{2,90}$ (Depositi Alluvionali)	10	>50	>50
$\phi_{min} = Vs_1^{0,44} \cdot 6,2$ (angolo di resistenza al taglio minimo)	36	57	76
$\phi_{max} = Vs_1^{0,44}$ (angolo di resistenza al taglio massimo)	42	63	83
Cu (coesione non drenata in $Kg/cm^2 = Vs/23)^{0,473} \cdot 0,010197$ [Dickenson 1990]	1.18	8.62	30.51
Cu (coesione non drenata) $= (Vs - 17,5) / 2,63 \cdot 0,010197$ [Oh et al. 2008]	0.79	2.12	3.93
Cu (coesione non drenata) $= (Vs / 7,93)^{0,641} \cdot 0,010197$ [Levesques et al. 2007]	1.99	8.90	23.09
Cu (coesione non drenata) $= (Vs / 187)^{0,473} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010)	1.58	19.92	100.09
Cu (coesione non drenata) $= (Vs / 228)^{0,473} \cdot 0,010197 \cdot 100$ da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010)	0.95	6.04	19.62
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in $Kg/cm^3 \rightarrow$ VESIC 1961) $k = E / [B \cdot (1 - \nu^2)]$	3.11	23.52	75.62
$k = 17,2 \cdot Vs^{1,25}$ Kg/cm^3 (Bowles 1997, Kececi, Imai e Yoshimura 2012)	1.49	4.83	10.24
K_v (Coeff. di Winkler verticale in $Kg/cm^3 \rightarrow K_v = \alpha^2 \cdot E \cdot d / b$ dove $\alpha = 2 / \log_e(b + 2H) / b$)	0.39	4.78	17.32
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm^3 - Chiarugi-Maia)	1.45	48.99	271.48
INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE			
Fs (Fattore di sicurezza = Vp/Vs)	2.8	2.3	1.9
Q_{ult} (kg/cm^2) = $\gamma_{stat} \cdot v_{st} \cdot (0,1)$ (Kecell 2012)	3.38	10.56	21.20
Q_{dren} = Q_{ult} / Fs	1.23	4.51	11.24

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In esito agli studi ed alle indagini condotte per la caratterizzazione geologico-tecnica e sismica delle aree di intervento, si sintetizzano le seguenti considerazioni conclusive.

Nell'insieme il modello geologico del sottosuolo, per gli spessori di interesse, può essere descritto in sintesi come segue:

Area Bitonto

Coltre di copertura: si tratta di terreno vegetale e/o di riporto, spesso all'incirca m 1.0.

Orizzonte intermedio: si tratta di materiale di riporto passante ai terreni dei Depositi marini terrazzati, con spessore complessivo di m 3 ca.

Roccia calcarea compatta: si tratta degli orizzonti più superficiali dell'ammasso roccioso-calcareo.

Area di Ruvo di Puglia

Coltre di copertura: si tratta di materiale detritico-calcareo a varia pezzatura con matrice più fine, costituente il ritombamento di porzioni di cave esauste. Risulta meno addensato per spessori variabili da m 4 a m 15 e più addensato nelle porzioni più profonde per effetto del carico litostatico.

Roccia calcarea fessurata: si tratta degli orizzonti più superficiali dell'ammasso roccioso-calcareo, soggiacenti il materiale di ritombamento.

I terreni di sedime sono ascrivibili alle **categorie B ed E** di cui alla tabella n.3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018. Per ciò che attiene la classificazione delle

Studio Tecnico Geologico Dott. Luigi Buttiglione	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN	
RELAZIONE GEOLOGICA		

condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC, l'area d'intervento può essere classificata come appartenente alla

categoria 'T1':

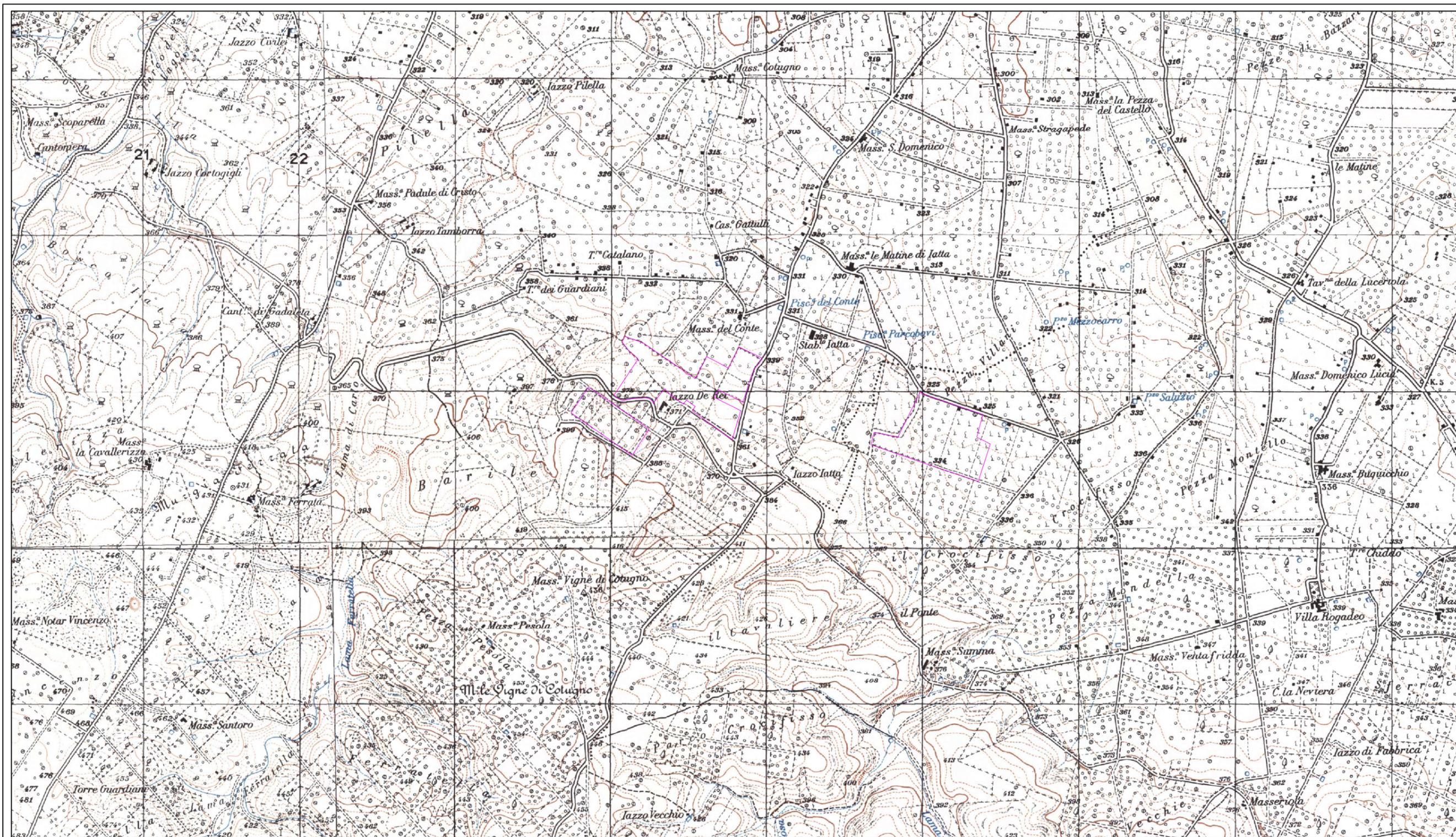
“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

Nel complesso, in esito agli accertamenti svolti, si rileva che l'area d'intervento non presenta particolari condizioni di criticità dal punto di vista geologico, geomorfologico e geotecnico. Pertanto, il sito di che trattasi risulta essere idoneo alla realizzazione dell'intervento in progetto.

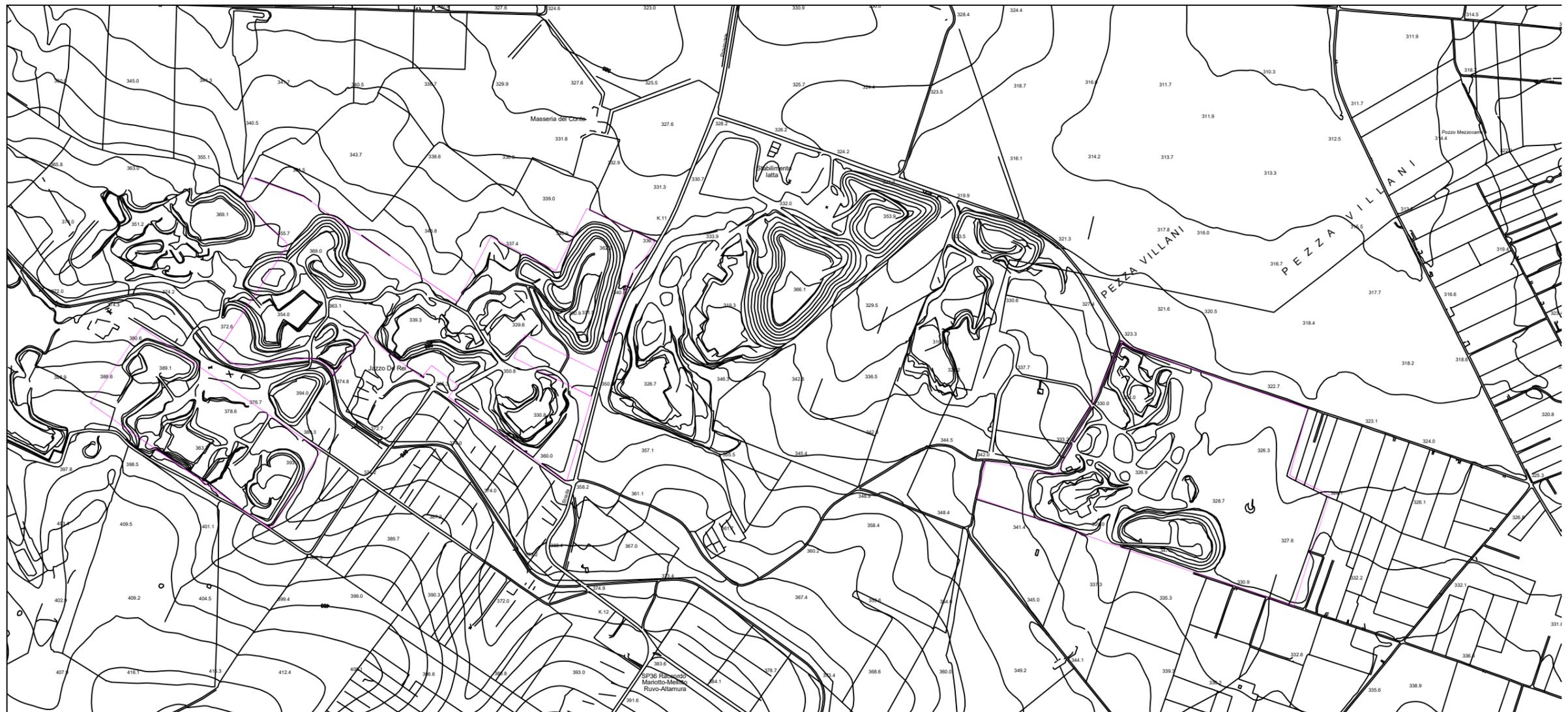
Bari, ottobre 2023

Dott. geol. Luigi Buttiglione

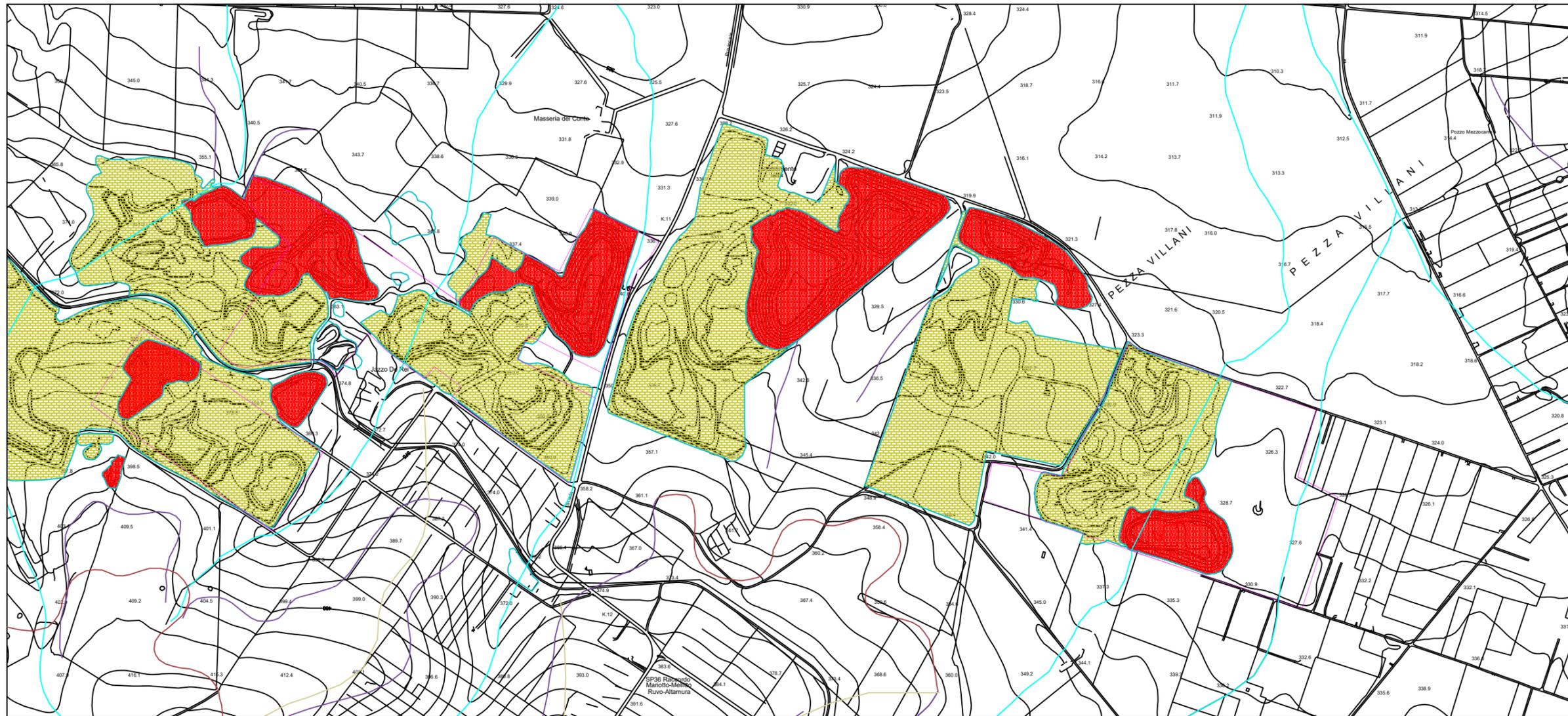


All.1 – Ubicazione aree di intervento su IGM – SCALA 1:25.000

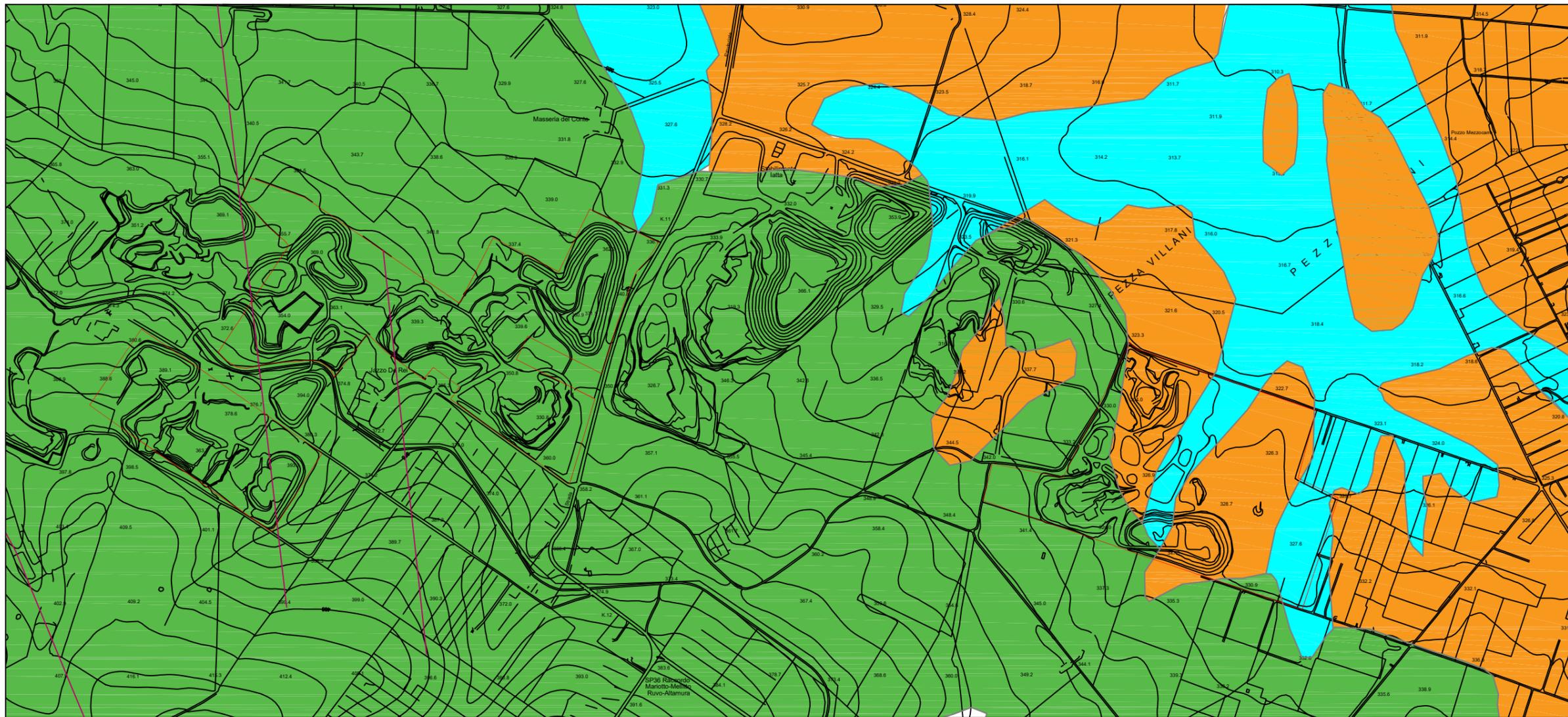


All.2 – Ubicazione aree di intervento su CTR – SCALA 1:10.000
—— Perimetro aree di intervento



All.3 – Carta geomorfologica – SCALA 1:10.000

- | | | | | | |
|---|------------------------------|---|---------------------------|---|----------------------|
|  | Aree di cava |  | Ravaneti lapidei |  | Reticolo idrografico |
|  | Orli di terrazzo morfologico |  | Ripe di erosione fluviale |  | Linee di cresta |
|  | Perimetro aree di intervento | | | | |



All.4 - Carta geologica - SCALA 1:10.000

■ Depositi alluvionali attuali ■ Depositi marini terrazzati ■ Calcarea di Altamura
— Perimetro aree di intervento

COMUNI DI RUVO DI PUGLIA E BITONTO

CITTA' METROPOLITANA DI BARI

OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN IN LOCALITA' IAZZO DE REI E PEZZA VILLANI COMUNI DI RUVO E BITONTO(BA) – DENOMINAZIONE IMPIANTO: PVC001RUVO IAZZO DE REI POTENZA NOMINALE, 37.0MW

CODICE	ELABORATO
01	RELAZIONE SULLE INDAGINI SISMICHE

	<h3>COMMITTENTE</h3> <p><u>Geol. Luigi Buttiglione</u> Via Gen. Alberto Dalla Chiesa 16/b –BARI</p>
<h3>RILIEVI E INDAGINI</h3>	<h3>IL DIRETTORE TECNICO</h3>
<p>APOGEO s.r.l. Via della Roverella, 20 - 70022 Altamura (BA) Cod. Fisc. e P. IVA 01037210778 Tel.: 080/3143324 www.apogeo.biz Email: apogeo.altamura@libero.it PEC: apogeo.altamura@pec.it OS20A Class. I OS20B Class. IV</p>	<p>APOGEO S.r.l. Il Direttore Tecnico Dr. Geol. Pietro Pepe</p>

REV.	DATA	RIFERIMENTO REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	OTTOBRE 2023		GAUDIANO	PEPE.P	PEPE.P

SCALA		CODICE COMMESSA	2023_285
--------------	--	------------------------	-----------------

ELENCO ALLEGATI	ALL_01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI
	ALL_02A – PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P ED S
	ALL_02B – PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL VS,EQ
	ALL_04 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

INDICE

1. PREMESSA	2
2. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P.....	3
2.1 Descrizione del metodo e della strumentazione	3
2.2 Acquisizione dei dati	3
2.3 Elaborazione dei dati.....	3
2.4 Rappresentazione dei dati	3
2.5 Interpretazione dei risultati	4
3. PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL V_s,eq	6
3.1 MASW – Descrizione del metodo e della strumentazione	6
3.2 MASW – Acquisizione dei dati	6
3.3 MASW – Elaborazione dei dati	6
3.4 MASW – Rappresentazione dei risultati	6
3.5 MASW– Interpretazione dei risultati	7
4. STIMA DEI MODULI DINAMICI	8
5. ALLEGATO 01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI	13
6. ALLEGATO 02A - PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P	15
ALLEGATO 02B: PROSPEZIONI SISMICHE PER LA STIMA DEL V_s,eq	24
ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	34

1. PREMESSA

A supporto del “**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN IN LOCALITA’ IAZZO DE REI E PEZZA VILLANI COMUNI DI RUVO E BITONTO(BA) – DENOMINAZIONE IMPIANTO: PVC001RUVO IAZZO DE REI POTENZA NOMINALE, 37.0MW**” è stata svolta una campagna geognostica a carattere geofisico di tipo sismico consistita nell’esecuzione di:

- ❖ **n. 3 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P, (BS01, BS02 e BS03)** per la determinazione della sismostratigrafia locale, mediante l’utilizzo di 24 geofoni, spazati ogni 5.0m per una lunghezza complessiva di ciascun stendimento pari a 125m;
- ❖ **n. 3 prospezioni sismiche eseguite con tecnica MASW** per la determinazione delle onde di taglio (onde S), (**MASW01, MASW02 e MASW 03**), ubicate in corrispondenza delle stesse basi sismiche, per la quali sono stati utilizzati n. 24 geofoni con spaziatura inter-geofonica di 5.0m ed eseguito lo scoppio a 10.0m dal primo; tale tecnica consentirà di stimare il valore delle $V_{s,eq}$ e quindi attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplata dalle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

2. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P

2.1 Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in un sismografo a 24 canali, della "MAE" modello X610/S con acquisizione computerizzata dei dati e in una sorgente del tipo ad impatto verticale per la generazione di onde rilevate da 24 geofoni di frequenza pari a 14Hz per le onde P.

2.2 Acquisizione dei dati

Nell'ambito del presente studio, sono state eseguite n. 3 prospezioni sismiche a rifrazione, in onde P (**BS01**, **BS02** e **BS03**), tutte di lunghezza pari a 125m, per ciascuna delle quali sono stati effettuati cinque scoppi e utilizzati 24 geofoni.

Infatti, per quanto riguarda la geometria adottata in riferimento alle basi sismiche eseguite, i 24 geofoni, sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 5.0m, i punti di scoppio A e B sono a 5.0m rispettivamente dal **1°** e dal **24°** geofono, in posizione esterna allo stendimento geofonico, lo scoppio C è posto al centro dello stendimento stesso (fra il **12°** e il **13°** geofono), mentre gli altri due scoppi intermedi D ed E rispettivamente tra **6°** e **7°** geofono e tra il **18°** e il **19°** geofono, quindi l'intero stendimento per ciascuna di queste basi risulta di 125m.

L'ubicazione dei profili sismici è mostrata nell'**Allegato 01**.

2.3 Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- ✓ Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- ✓ Applicazione dei i filtri "*low-pass*" e "*high-pass*" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- ✓ *Picking* dei primi arrivi;
- ✓ Export delle dromocrone;
- ✓ Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- ✓ Definizione del modello sismostratigrafico.

2.4 Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- ✓ In **allegato 02A** sono riportati, per queste basi sismiche, i sismogrammi relativi ai cinque punti di scoppio, le dromocrone, le sezioni tomografiche e i modelli sismostratigrafici. In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismostrati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismostratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche.

2.5 Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Riguardo al punto d) (vedi Zezza1-1976), possono essere distinti 5 differenti gradi di carsificazione ai quali corrispondono le seguenti caratteristiche dell'ammasso roccioso carsificato:

- grado V: $V_p = 0,7-1,0$ km/sec. Sono cancellati i caratteri tessiturali della roccia in posto i cui relitti si trovano inglobati in abbondanti terre rosse;
- grado IV: $V_p = 1,1-1,9$ km/sec. Sono conservati i caratteri tessiturali della roccia in posto attraversata in ogni senso da cavità carsiche attive e fossili;
- grado III: $V_p = 2,0-3,0$ km/sec. Diffusa presenza di cavità collegate ai processi di dissoluzione carsica;
- grado II: $V_p = 3,1- 4,5$ km/sec. Giunti di fessurazione interessati solo parzialmente da manifestazioni carsiche;
- grado I: $V_p > 4,5$ km/sec. Assenza completa di manifestazioni carsiche; giunti di fessurazione radi e bancate compatte.

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

Tabella 1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione (da “Le indagini geofisiche per lo

¹ Valutazione geologica-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati con particolare riferimento alle aree carsiche pugliesi. Mem. Soc. Geol. It., 14,1976.

studio del sottosuolo” di Carrara – Rapolla – Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio – Elmi).

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcare fratturato	700-4200
Calcare compatto	2800-6400
Calcare cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo in corrispondenza delle **Basi Sismiche BS01, BS02 e BS03**.

Il sottosuolo investigato è stato distinto, per questi profilo, in tre sismostrati ciascuno caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione.

Data la lunghezza degli stendimenti eseguiti e la natura litologica dei terreni esaminati, è stato possibile investigare il sottosuolo fino ad una profondità compresa tra 20.0m e 30m a partire dalla superficie topografica.

Di seguito si riportano le risultanze della base sismica eseguita:

✓ **BS01 in onde P ed S (mediante MASW01):** si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	328	120	0,0 ÷ 1,00	<i>Materiale di riporto areato</i>
2	838	340	1,00 ÷ 4,00	<i>Materiale di riporto addensato</i>
3	2668	1420	4,00 ÷ 10,0	<i>Calcare compatto, poco fratturato</i>

✓ **BS02 in onde P ed S (mediante MASW02):** si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	641	255	0,0 ÷ 15,00	<i>Materiale di riporto mediamente addensato</i>
2	1400	590	15,00 ÷ 19,00	<i>Materiale di riporto addensato</i>
3	2089	1100	19,00 ÷ 30,0	<i>Calcare fratturato e alterato</i>

✓ **BS03 in onde P ed S (mediante MASW03):** si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	605	220	0,0 ÷ 4,00	<i>Materiale di riporto mediamente addensato</i>
2	1323	565	4,00 ÷ 16,50	<i>Materiale di riporto addensato</i>
3	1942	1130	16,50 ÷ 30,0	<i>Calcare fratturato e alterato</i>

3. PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL VS,EQ

3.1 MASW – Descrizione del metodo e della strumentazione

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio S ($V_{s,eq}$) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018, sono stati eseguiti n. 3 profili MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) ubicato in corrispondenza delle stesse basi sismiche come mostrato nella planimetria allegata (**Allegato 01**).

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando i tempi di arrivo delle onde sismiche di superficie generate artificialmente ed elaborando il segnale con un opportuno software.

A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%). È così possibile definire, con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo "VS".

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in 24 geofoni verticali a 4.5Hz, in un sismografo a 24 canali della "MAE" modello X610/S con acquisizione computerizzata dei dati.

3.2 MASW – Acquisizione dei dati

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- Predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati di 5.0 m in linea retta, di lunghezza pari a 115m con l'esecuzione di uno scoppio a 10m di distanza dal primo (MASW 01, MASW02 e MASW03);
- osservazione del segnale che si propaga tramite onde S nel suolo per 2 secondi a seguito dell'energizzazione;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'X610/S.

3.3 MASW – Elaborazione dei dati

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo. È importante rilevare che il profilo di ciascuno stendimento è stato ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down-hole, è più rappresentativo a larga scala rispetto a quelli ottenibili da un rilievo puntuale.

I dati sono stati interpolati ed elaborati con i Software SWAN prodotto dalla Geostudi Astier.

3.4 MASW – Rappresentazione dei risultati

Nell'**Allegato 02B** sono stati rappresentati, in nove grafici, le elaborazioni dei dati acquisiti con il metodo MASW e i sismogrammi medi di tutte le interazioni per gli stendimenti svolti.

Il primo grafico, a partire dallo spettro F-K, mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo. Nel grafico

successivo, invece, è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per "aggiustamenti" successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati. Il grafico successivo riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

3.5 MASW– Interpretazione dei risultati

Alla luce della recente normativa in materia di costruzione, NTC 2018, è stato introdotto il calcolo di un nuovo parametro, il $V_{s,eq}$, in sostituzione del V_{s30} , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

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

N = Numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita

da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

In tale formula appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio si riferisce alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta a seconda dell'assetto geologico del sottosuolo.

Basandosi sulle indagini sismiche svolte, è stata individuata la categoria del suolo di fondazione del sottosuolo in esame. L'indagine MASW, svolta in un sito molto esteso, ha raggiunto una profondità investigativa superiore ai 30m e ha consentito di individuare un substrato rigido caratterizzato da un $V_{s,eq} \geq 800$ m/s ad una profondità compresa tra **4.50m** e **19.30m** mentre il pacchetto di strati ad esso sovrapposto risulta caratterizzato per lo stendimento MASW 01 da un valore di **$V_{s,eq}=256$ m/s** mentre il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità di **4.50m** per lo stendimento **MASW 02** da un valore di **$V_{s,eq}=297$ m/s** mentre il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità di **19.30m** e infine per lo stendimento MASW 03 da un valore di **$V_{s,eq}=418$ m/s** mentre il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità di **16.10m**.

Da tale stima ne consegue che nel caso degli stendimenti **MASW 01** e **MASW 02** il sottosuolo rientra in categoria "E" e nel caso dello stendimento **MASW03** il sottosuolo rientra in categoria "B".

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

4. STIMA DEI MODULI DINAMICI

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica in onde P e dalla metodologia MASW, per lo stendimento, sono stati stimati alcuni tra i principali parametri geotecnici in corrispondenza dello stendimento sismico.

Assegnando, infatti, la densità in sito, ricavata empiricamente mediante l'equazione di Gardner, che lega la densità alla velocità delle onde longitudinali (V_p), sono stati calcolati il *coefficiente di Poisson* e alcuni moduli elastici dinamici. Le determinazioni dei moduli elastici, eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia.

I moduli elastici sismici possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (*Rzhevsky et alii, 1971*) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

$$E_{\text{din}} = 8.3E_{\text{stat}} + 0,97$$

Inoltre, con i dati ottenuti dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno K_s (Kg/cm^3) attraverso la relazione di Vesic (1961):

$$K_s = E_s/B \cdot (1 - \nu^2)$$

dove

B = larghezza della fondazione;

E = modulo di elasticità del terreno;

ν = coefficiente di Poisson.

Infine per la classificazione geotecnica dell'ammasso, nell'ambito dello stesso foglio di calcolo, attraverso le letture sismiche, sono state determinate indirettamente, i valori di indice di qualità della roccia (RQD), nel caso degli ammassi rocciosi, la coesione dell'ammasso e l'angolo di attrito dello stesso.

Allo stesso tempo, per l'analisi dei pali sottoposti a forze orizzontali e nella verifica a svergolamento è stato determinato, indirettamente, il coefficiente di reazione orizzontale, K_h . Tale modulo viene determinato dalla formula di Chiarugi Maia secondo la quale è funzione di: modulo edometrico, modulo elastico del palo, diametro del palo, coefficiente di Poisson.

In ultimo per effettuare un'ulteriore verifica sui fattori di deformabilità delle terre, attraverso la relazione di Imai and Yoshimura, del 1977 sono stati determinati i valori di resistenza alla deformabilità del tipo SPT attraverso i valori delle velocità sismiche di taglio.

Di seguito sono riportati i principali moduli elastici dei terreni riguardanti la base sismica eseguita; tali valori si riferiscono all'ammasso pertanto devono essere intesi come valori medi.

<i>Note bibliografiche</i>			
Parametro calcolato	Bibliografia	Unità di misura	Formula
Modulo di Poisson (Bowles 1988)	Simeon Denis Poisson (Fisico e matematico francese)	Grandezza adimensionale	$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{1-\sigma}{0,5-\sigma}}$
Densità naturale	Equazione di Gardner	gr/cm ³	$\rho = 0,23V_p^{0,25}$
Correlazione empirica tra Vs ed SPT	Imai and Yoshimura, 1977	Grandezza adimensionale	$V_s = f / (N_{spt})$
Coefficiente di sottofondo	Vesic, 1961	Kg/cm ³	$k = E / [B(1-n_2)]$
Coefficiente di sottofondo verticale	Vol I di Geotecnica e tecnica delle fondazioni – Cestelli Guidi	Kg/cm ³	$K_v = a_2 \cdot E_d / b$ dove $a_2 = 2 / \log_e(b+2H) / b$
Coefficiente di sottofondo orizzontale	Metodo Chiarugi-Maia	Kg/cm ³	$k_h = \frac{E_d}{D \cdot (1-\nu^2)} \cdot \left(\frac{E_d \cdot D^4}{E_p \cdot J} \right)^{1/2}$ <p> <i>E_d</i>: Modulo edometrico <i>ν</i>: Coefficiente di Poisson <i>E_p</i>: Modulo elastico della sezione, se in ca (<i>E_p</i>= 18000 × √(<i>R_{ck}</i>)) <i>D</i>: Diametro del palo <i>J</i>: Momento d'inerzia della sezione se circolare (<i>J</i> = π × <i>D</i>⁴ / 64) </p>
Modulo di Young dinamico	Bowles 1988	Mpa	$E = V_s^2 \rho \cdot [3V_p^2 - 4V_s^2 / V_p^2 - V_s^2]$
Modulo di Young statico	Rzhevsky et alii, 1971	Mpa	$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$
Modulo di Bulk	Bowles 1988	Mpa	$K = E_{din} / (3 \cdot (1-2 \cdot n))$
Modulo di taglio dinamico	Bowles 1988	Mpa	$G_{din} = E_{din} / (2 \cdot (1+n))$
Modulo di taglio statico	Bowles 1988	Mpa	$G_{stat} = E_{stat} / (2 \cdot (1+n))$
Modulo di Compressione Edometrica	Relazione di Navier	Kh/cm ²	$M = E \cdot [(1-n) / (1-n-2 \cdot n^2)]$

BASE SISMICA 01 - STIMA DEI MODULI DINAMICI

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	328	838	2668
Velocità onde S (m/s):	120	340	1420
V_{LAB} = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	6000
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1.00	3.50	15.00
Profondità Media Strato (m)	0.50	2.75	12.00
Modulo di Poisson (ν)	0.42	0.40	0.30
Densità naturale (ρ in gr/cm^3) = $0,23 \times Vp^{0,25}$ (Gardner et al., 1974)	1.32	1.67	2.23
Porosità % (\emptyset) (correlazione Rzhovsky e Novik (1971))	47.68%	42.92%	25.81%
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Kg/cm^2)	541	5404	117018
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Kg/cm^2) $G_{din} = E_{din} / (2 * (1 + \nu))$	190	1928	44925
MOD. di BULK (K) (Kg/cm^2): $K = E_{din} / (3 * (1 - 2 * \nu))$	1166	9142	98692
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Kg/cm^2) (Rzhovsky et alii, 1971)	65	651	14098
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Kg/cm^2)	23	232	5413
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^2) (da velocità onde P e densità) $\rho * Vp^2$ (valido per le terre)	14.47	119.44	1617.19
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm^2) $M = ((Vp * Vp * \rho * (1 + \nu) * (1 - 2 * \nu)) / (1 - \nu))$ (relazione di NAVIER)	5.51	55.11	1193.26
Rigidità Sismica ($\gamma * Vp$) (Tonn/m²*sec)	158	567	3164
Frequenza dello Strato	30	24	24
Periodo dello Strato	0.03	0.04	0.04

STIMA PARAMETRI GEOTECNICHI (VALIDO PER LE TERRE)			
N_{SPT} (Imai and Yoshimura, 1977)	4	>50	>50
$N_{SPT} = 7,24E-07 \times Vs^{3,15}$ (Formazioni a prevalente componente argillosa)	3	>50	>50
$N_{SPT} = 1,77E-06 \times Vs^{2,80}$ (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)	1	22	>50
$N_{SPT} = 1,60E-06 \times Vs^{2,90}$ (Depositi Alluvionali)	2	35	>50
$\Phi_{min} = Vs_1^{0,44} - 6,2$ (angolo di resistenza al taglio minimo)	26	44	89
$\Phi_{max} = Vs_1^{0,44}$ (angolo di resistenza al taglio massimo)	32	51	95
Cu (coesione non drenata in $Kg/cm^2 = (Vs/23)^{1/0,475} * 0,010197$ (Dickenson 1990))	0.33	2.96	59.99
Cu (coesione non drenata $= (Vs - 17,5) / 2,63 * 0,010197$ (Oh et al. 2008))	0.40	1.25	5.44
Cu (coesione non drenata $= (Vs / 7,93)^{1/0,63} * 0,010197$ (Levesques et al. 2007))	0.76	3.97	38.43
Cu (coesione non drenata $= (Vs / 187)^{1/0,372} * 0,010197 * 100$ da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010))	0.31	5.09	237.28
Cu (coesione non drenata $= (Vs / 228)^{1/0,310} * 0,010197 * 100$ da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010))	0.29	2.23	36.82

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE AMMASSO ROCCIOSO (NON VALIDO PER LE TERRE)			
RMR Bieniawsky (valido solo per le rocce da E statico)	-14	8	80
Φ (angolo di attrito in °)	27	28	31
C (coesione in kg/cm^2)	-0.7	0.4	4.1
Rapporto di velocità VR (utilizzando per il valore delle Vp in laboratorio 6000m/sec)	0.055	0.140	0.445
Rapporto di velocità al quadrato (VR^2)	0.003	0.020	0.198
RQD ($0,97 \times (Vp/V_{LAB})^2 * 100$)	0.3%	1.9%	19.2%
RQD (relazione empirica sui calcoli - F. Zezza 1976)	2.1%	7.8%	39.0%

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in $Kg/cm^3 \rightarrow VESIC 1961$) $k = E / [B(1 - \nu^2)]$	0.79	7.76	155.17
$k = 17,2 * Vs^{1,25}$ Kg/cm^3 (Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)	0.70	2.56	15.29
K_v (Coeff. di Winkler verticale in $Kg/cm^3 \rightarrow K_v = \alpha^2 * E_d / b$ dove $\alpha^2 = 2 / \log_e(b + 2H) / b$)	0.05	1.00	35.59
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm^3 - Chiarugi-Maia)	0.10	4.84	308.80

INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE			
F_s (Fattore di sicurezza = Vp/Vs)	2.7	2.5	1.9
Q_{ult} (kg/cm^2) = $\gamma_{nat} * vs * (0,1)$ (Keceli 2012)	1.58	5.67	31.64
$Q_{amm} = Q_{ult} / F_s$	0.58	2.30	16.84

BASE SISMICA 02 - STIMA DEI MODULI DINAMICI

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	641	1400	2089
Velocità onde S (m/s):	255	590	1100
V_{LAB} = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	6000
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	15.00	5.00	15.00
Profondità Media Strato (m)	7.50	17.50	27.50
Modulo di Poisson (ν)	0.41	0.39	0.31
Densità naturale (ρ in gr/cm³) = $0,23 \times V_p^{0,25}$ (Gardner et al., 1974)	1.56	1.90	2.10
Porosità % (\emptyset) (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971))	44.76%	37.66%	31.22%
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Kg/cm²)	2852	18377	66348
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Kg/cm²) $G_{din} = E_{din} / (2 * (1 + \nu))$	1014	6601	25359
MOD. di BULK (K) (Kg/cm²): $K = E_{din} / (3 * (1 - 2 * \nu))$	5057	28365	57646
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Kg/cm²) (Rzheshvsky et alii, 1971)	344	2214	7994
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Kg/cm²)	122	795	3055
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) (da velocità onde P e densità) $\rho * V_p^2$ (valido per le terre)	65.35	378.99	932.62
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) $M = ((V_p * V_p * \rho * (1 + \nu) * (1 - 2 * \nu) / (1 - \nu))$ (relazione di NAVIER)	29.08	187.39	676.56
Rigidità Sismica ($\gamma * V_p$) (Tonn/m²*sec)	398	1119	2305
Frequenza dello Strato	4	30	18
Periodo dello Strato	0.24	0.03	0.05
STIMA PARAMETRI GEOTECNICHI (VALIDO PER LE TERRE)			
N_{SPT} (Imai and Yoshimura, 1977)	39	>50	>50
N_{SPT} = $7,24E-07 \times V_s^{3,15}$ (Formazioni a prevalente componente argillosa)	28	>50	>50
N_{SPT} = $1,77E-06 \times V_s^{2,80}$ (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)	10	>50	>50
N_{SPT} = $1,60E-06 \times V_s^{2,90}$ (Depositi Alluvionali)	15	>50	>50
Φ min = $V_{s1}^{0,44} - 6,2$ (angolo di resistenza al taglio minimo)	38	58	79
Φ max = $V_{s1}^{0,44}$ (angolo di resistenza al taglio massimo)	45	65	85
Cu (coesione non drenata in Kg/cm²) = $(V_s/23)^{1/0,475} * 0,010197$ (Dickenson 1990)	1.61	9.44	35.04
Cu = (coesione non drenata) = $(V_s - 17,5) / 2,63 * 0,010197$ (Oh et al. 2008)	0.92	2.22	4.20
Cu = (coesione non drenata) = $(V_s/7,93)^{1/0,63} * 0,010197$ (Levesques et al. 2007)	2.52	9.53	25.62
Cu = (coesione non drenata) = $(V_s/187)^{1/0,372} * 0,010197 * 100$ da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010)	2.35	22.38	119.44
Cu = (coesione non drenata) = $(V_s/228)^{1/0,510} * 0,010197 * 100$ da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010)	1.27	6.58	22.31
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm³ -> VESIC 1961) $k = E / [B(1 - \nu^2)]$	4.11	26.16	88.32
k = $17,2 * V_s^{1,25}$ Kg/cm³ (Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)	1.79	5.10	11.11
K_v (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm³ -> $K_v = \alpha 2 * E_d / b$ dove $\alpha 2 = 2 / \log_e(b + 2H) / b$)	0.87	3.90	20.18
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm³ - Chiarugi-Maia)	6.62	98.83	378.04
INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE			
F_s (Fattore di sicurezza = V_p / V_s)	2.5	2.4	1.9
Q_{ult} (kg/cm²) = $\gamma_{nat} * v_s * (0,1)$ (Keceli 2012)	3.98	11.19	23.05
Q_{amm} = Q_{ult} / F_s	1.58	4.71	12.14

BASE SISMICA 03 - STIMA DEI MODULI DINAMICI

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
Velocità onde P (m/s):	605	1323	1942
Velocità onde S (m/s):	220	565	1030
V_{LAB} = Velocità onde P di laboratorio (m/s):	6000	6000	6000
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	3.50	12.50	15.00
Profondità Media Strato (m)	1.75	9.75	23.50
Modulo di Poisson (ν)	0.42	0.39	0.30
Densità naturale (ρ in gr/cm³) = 0,23xVp^{0,25} (Gardner et al., 1974)	1.54	1.87	2.06
Porosità % (Ø) (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971))	45.09%	38.38%	32.60%
MOD. di YOUNG DINAMICO - (E_{din} in Kg/cm²)	2119	16574	56951
MOD. di TAGLIO DINAMICO (G_{din} in Kg/cm²) G _{din} = E _{din} /((2*(1+ν)))	744	5968	21832
MOD. di BULK (K) (Kg/cm²): K=E _{din} /(3*(1-2*ν))	4635	24767	48501
MOD. di YOUNG STATICO (E_{stat} in Kg/cm²) (Rzheshvsky et alii, 1971)	255	1997	6861
MOD. di TAGLIO STATICO (G_{stat} in Kg/cm²)	90	719	2630
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) (da velocità onde P e densità) ρ*Vp ² (valido per le terre)	57.38	333.70	791.41
MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm²) M=((Vp*Vp*ρ*(1+ν)*(1-2*ν)/(1-ν)) (relazione di NAVIER)	21.61	169.00	580.75
Rigidità Sismica (γ*Vp) (Tonn/m²*sec)	338	1056	2120
Frequenza dello Strato	16	11	17
Periodo dello Strato	0.06	0.09	0.06
STIMA PARAMETRI GEOTECNICHI (VALIDO PER LE TERRE)			
N_{SPT} (Imai and Yoshimura, 1977)	25	>50	>50
N_{SPT} = 7,24E-07xVs^{3,15} (Formazioni a prevalente componente argillosa)	17	>50	>50
N_{SPT} = 1,77E-06xVs^{2,80} (Formazioni argillose con intercalazioni litoidi)	6	>50	>50
N_{SPT} = 1,60E-06xVs^{2,90} (Depositi Alluvionali)	10	>50	>50
Φ min =Vs₁^{0,44}-6,2 (angolo di resistenza al taglio minimo)	36	57	76
Φ max =Vs₁^{0,44} (angolo di resistenza al taglio massimo)	42	63	83
Cu (coesione non drenata in Kg/cm²=(Vs/23)^{1/0,475}*0,010197 (Dickenson 1990))	1.18	8.62	30.51
Cu=(coesione non drenata=(Vs-17,5)/2,63 *0,010197 (Oh et al. 2008))	0.79	2.12	3.93
Cu=(coesione non drenata=(Vs/7,93)^{1/0,63} *0,010197 (Levesques et al. 2007))	1.99	8.90	23.09
Cu=(coesione non drenata=(Vs/187)^{1/0,372} *0,010197*100 da prove DH - Likitlersuang e Kyaw (2010))	1.58	19.92	100.09
Cu=(coesione non drenata=(Vs/228)^{1/0,510} *0,010197*100 da prove MASW - Likitlersuang e Kyaw (2010))	0.95	6.04	19.62
COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO			
B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	100	100	100
D (ipotesi diametro palo in m)	0.50	0.50	0.50
K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm³->VESIC 1961) k=E/[B(1-ν²)]	3.11	23.52	75.62
k = 17,2*Vs^{1,25} Kg/cm³(Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)	1.49	4.83	10.24
K_v (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm³ -> K_v = α2*Ed/b dove α2=2/log_e(b+2H)/b)	0.39	4.78	17.32
K_h (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm³ - Chiarugi-Maia)	1.45	48.99	271.48
INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE			
Fs (Fattore di sicurezza= Vp/Vs)	2.8	2.3	1.9
Q_{ult} (kg/cm²) =γ_{nat}*vs*(0,1) (Keceli 2012)	3.38	10.56	21.20
Q_{amm}=Q_{ult}/Fs	1.23	4.51	11.24

5. ALLEGATO 01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

-
- UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI SISMICHE
-

ALLEGATO 01: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

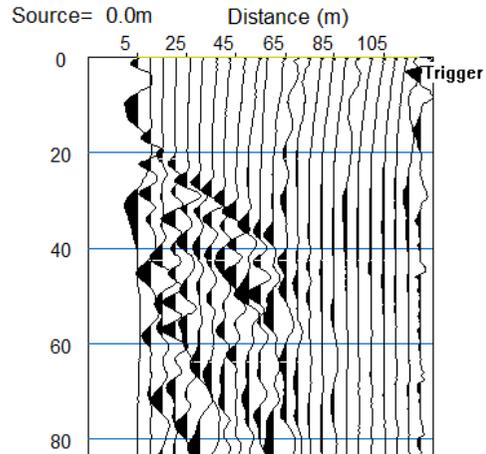


6. ALLEGATO 02A - PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P

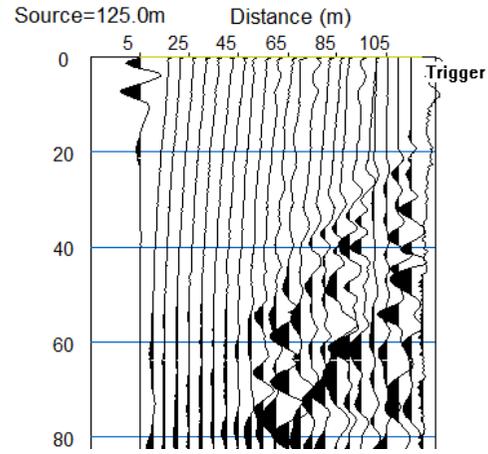
-
- SISMOGRAMMI ONDE P
 - DROMOCRONE ONDE P
 - SEZIONI TOMOGRAFICHE E MODELLI SISMOSTRATIGRAFICI
-

Località "BITONTO (BA)" - BASE SISMICA BS01 - ONDE P

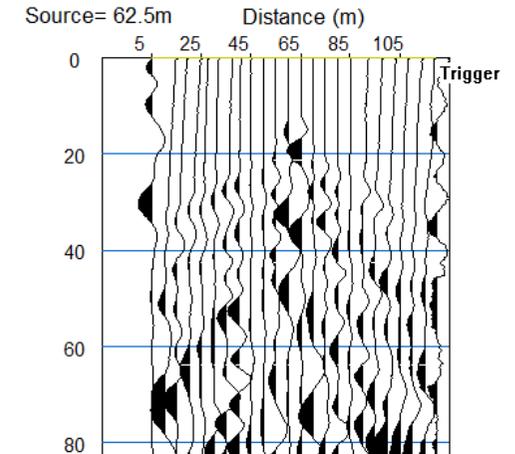
Sismogramma scoppio A



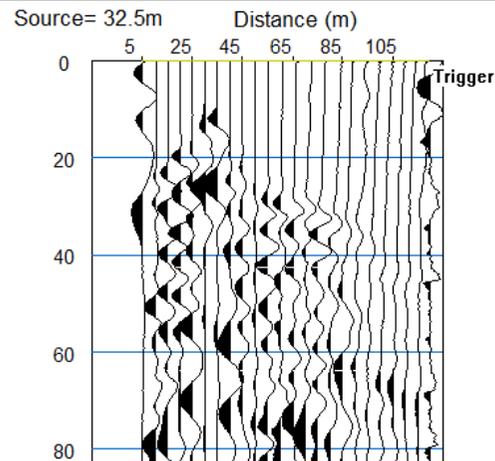
Sismogramma scoppio B



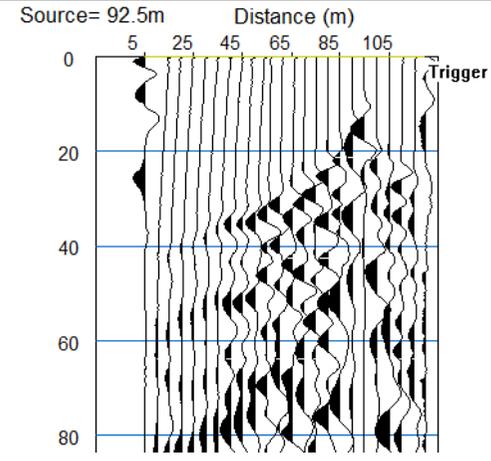
Sismogramma scoppio C



Sismogramma scoppio D

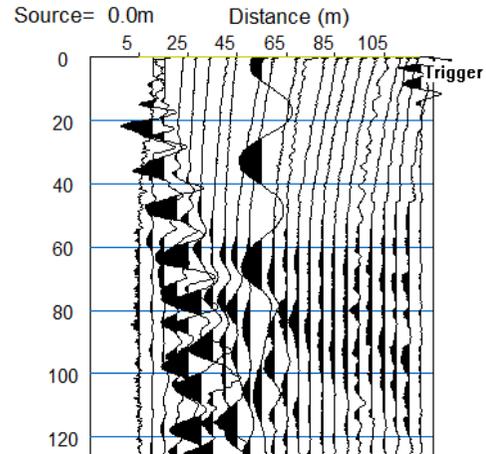


Sismogramma scoppio E

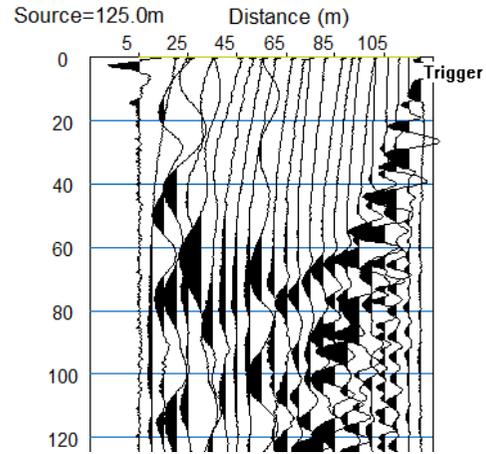


Località "RUVO DI PUGLIA (BA)" - BASE SISMICA BS02 - ONDE P

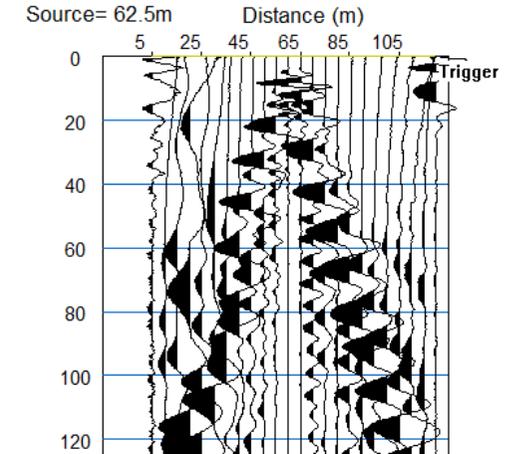
Sismogramma scoppio A



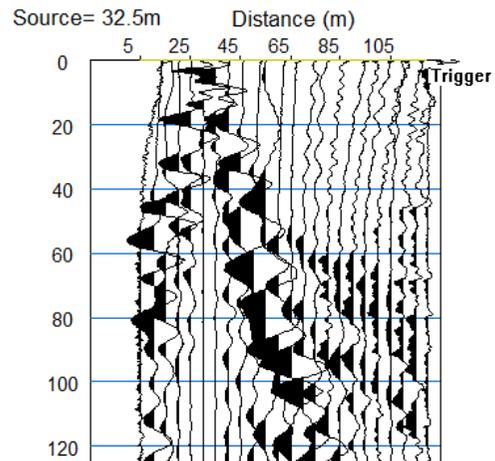
Sismogramma scoppio B



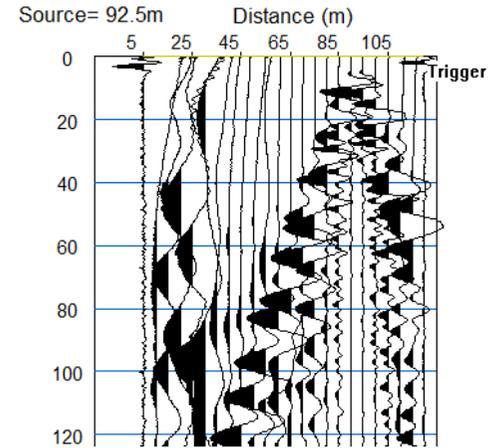
Sismogramma scoppio C



Sismogramma scoppio D

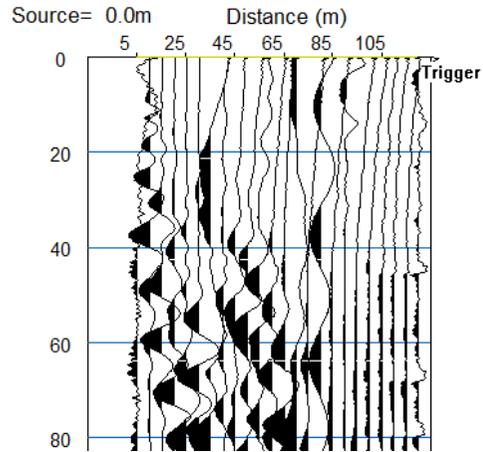


Sismogramma scoppio E

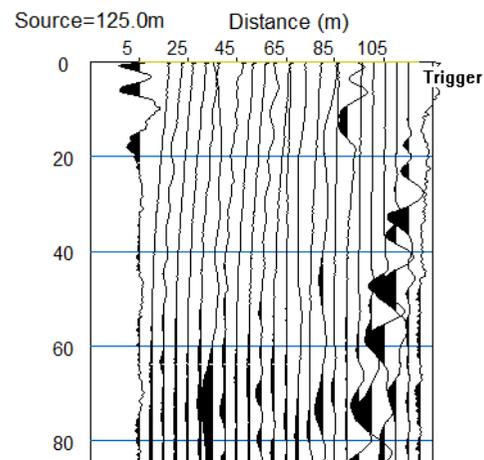


Località "RUVO DI PUGLIA (BA)" - BASE SISMICA BS03 - ONDE P

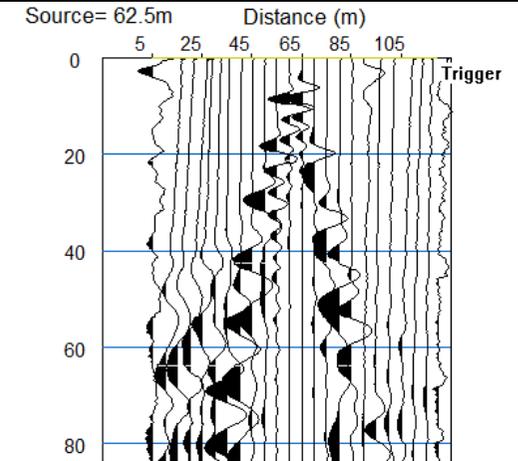
Sismogramma scoppio A



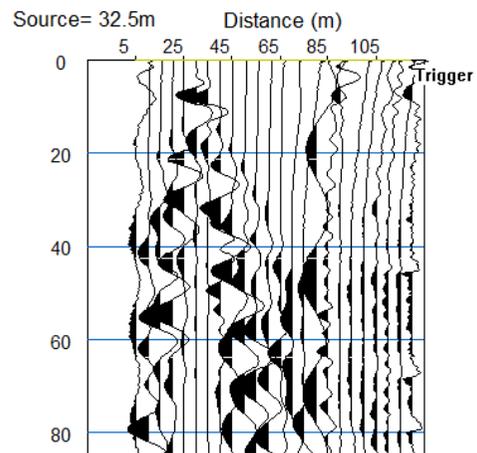
Sismogramma scoppio B



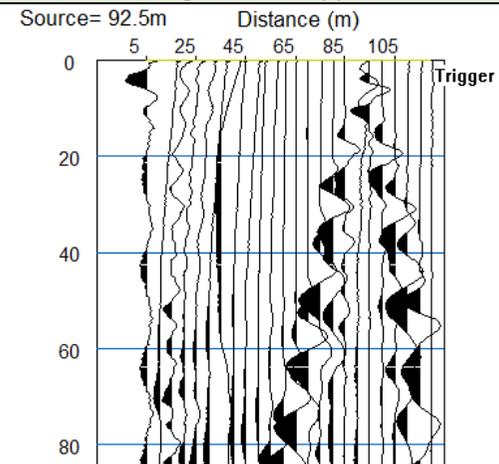
Sismogramma scoppio C



Sismogramma scoppio D

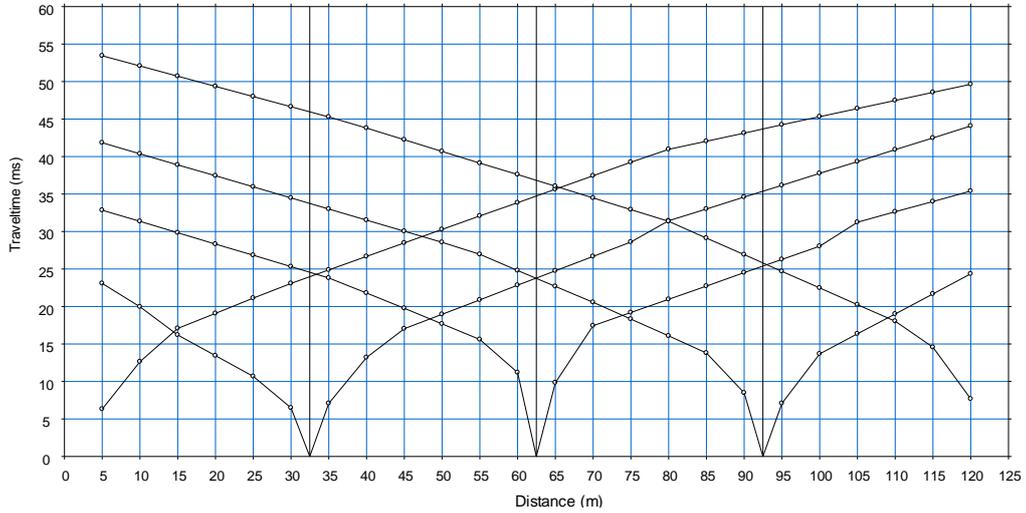


Sismogramma scoppio E

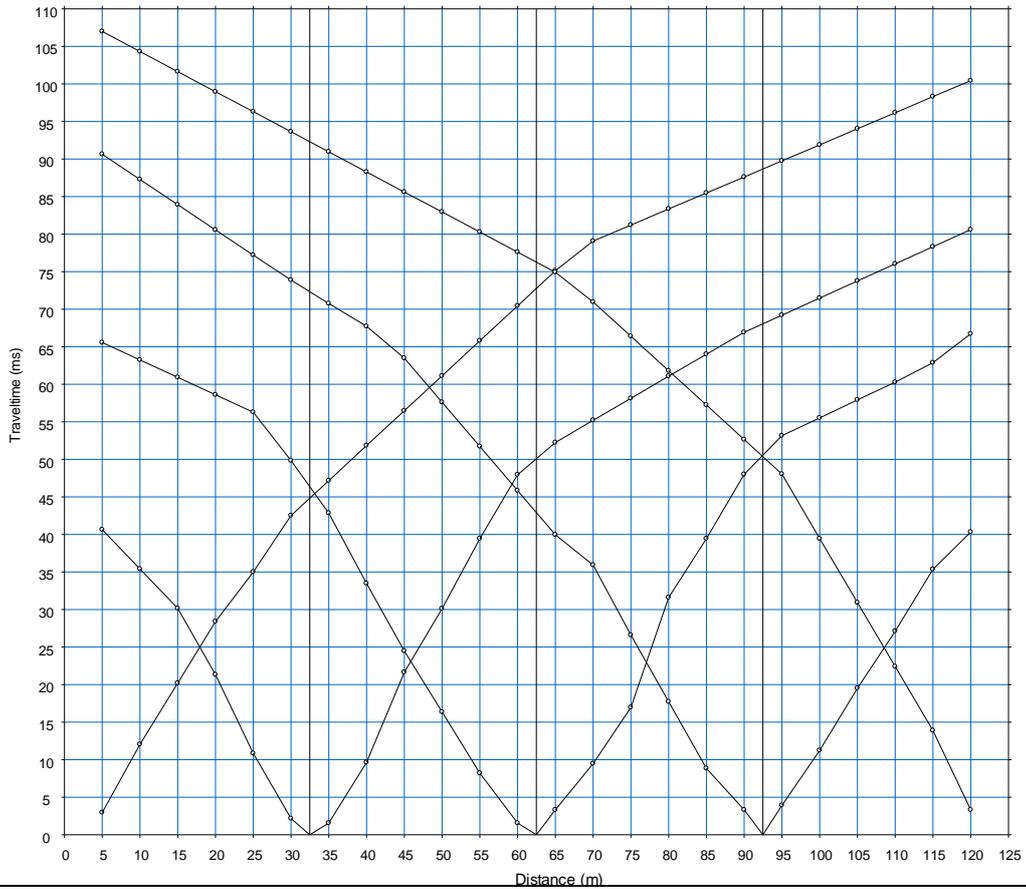


Località "Comuni di Bitonto e Ruvo di P. (Ba)" - DROMOCRONE BS01, BS02 e BS03

"Comune di Bitonto" - BS01 - onde P

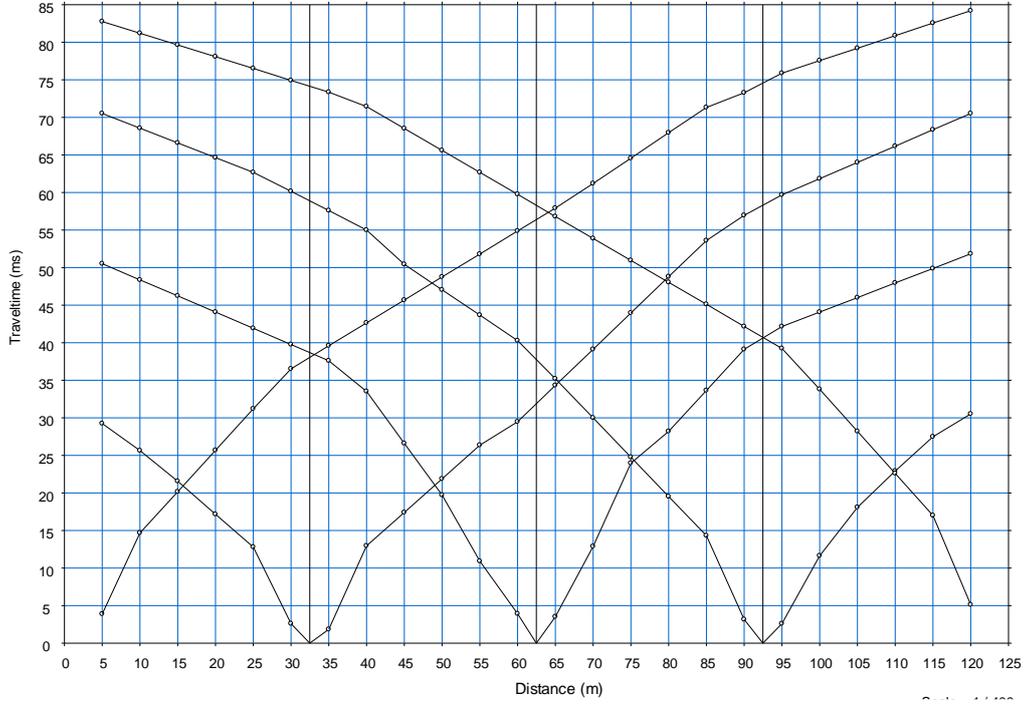


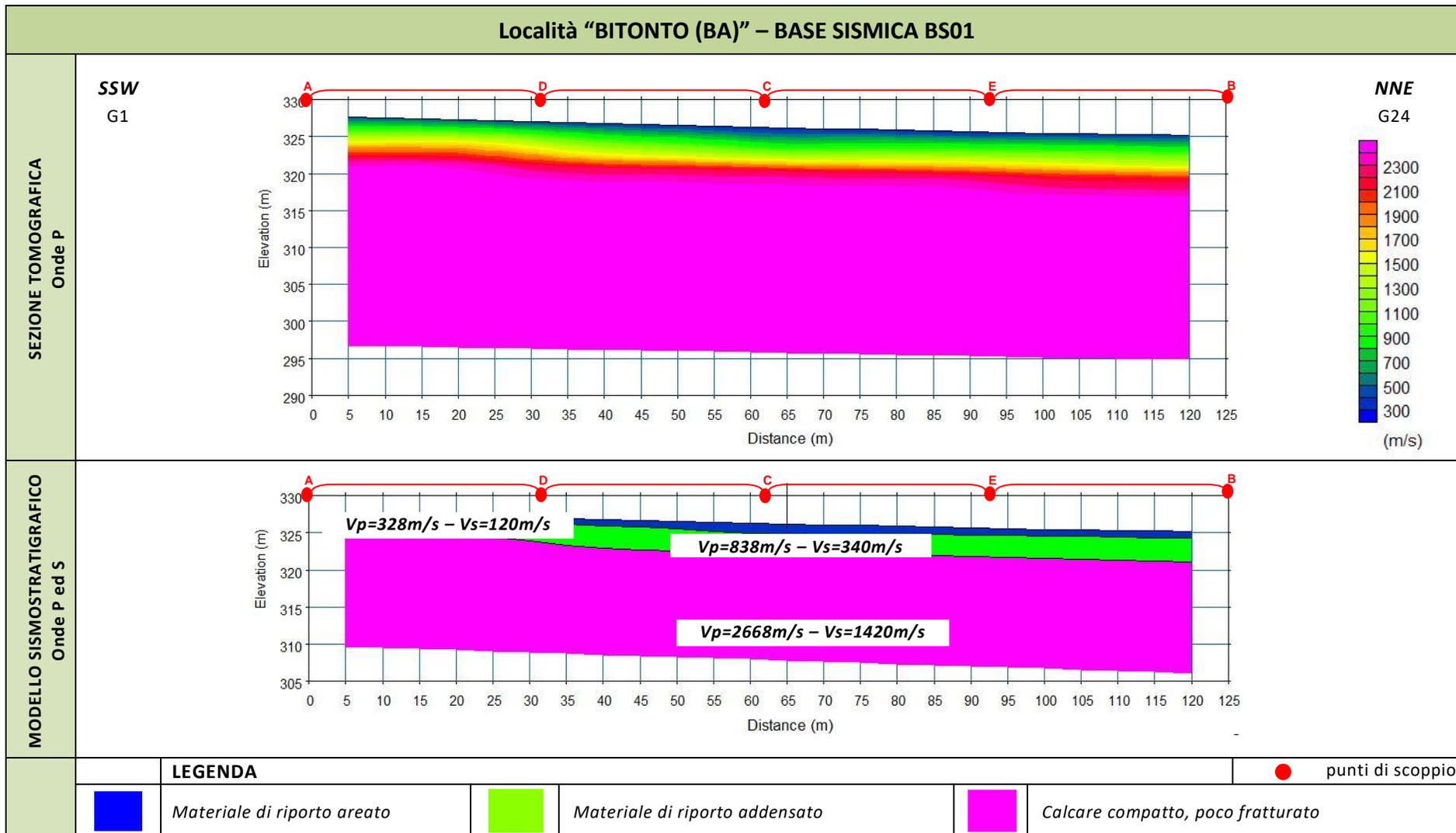
"Comune di Ruvo di Puglia" - BS02 - onde P



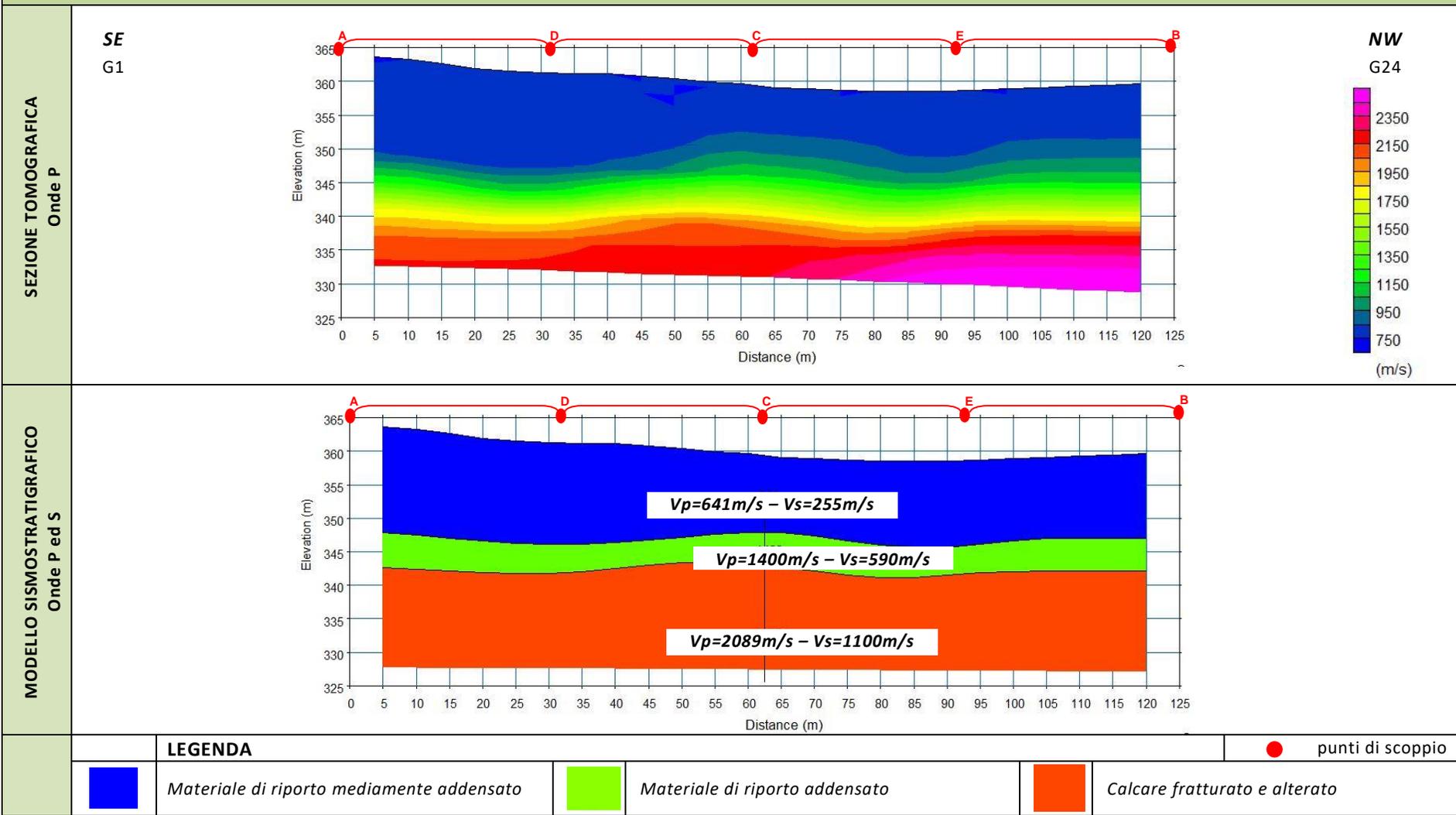
Località "Comuni di Bitonto e Ruvo di P. (Ba)" - DROMOCRONE BS01, BS02 e BS03

"Comune di Ruvo di Puglia" – BS3 – onde P





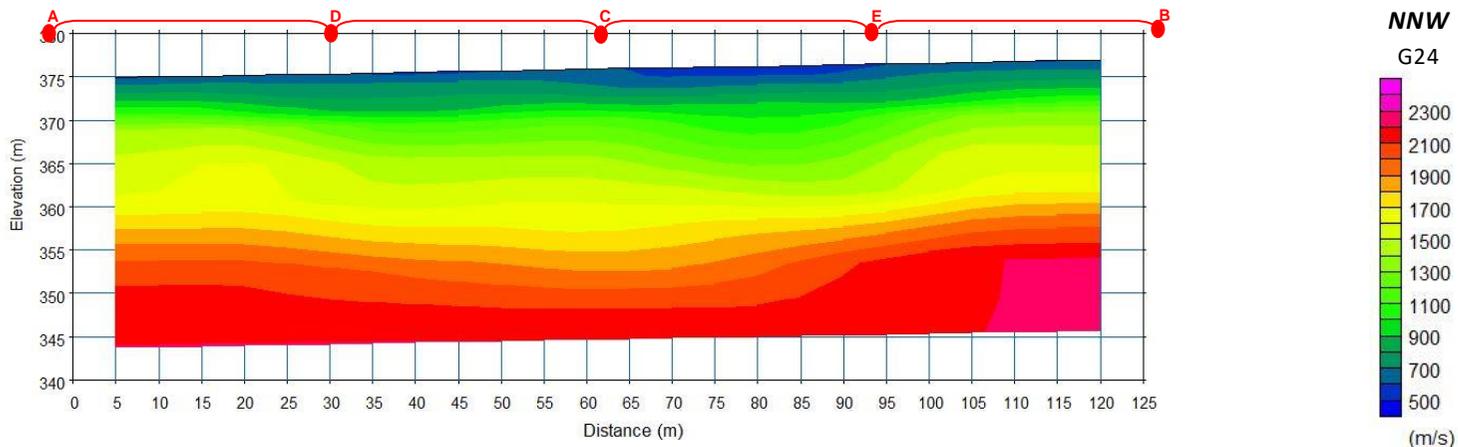
Località "RUVO DI PUGLIA (BA)" – BASE SISMICA BS02



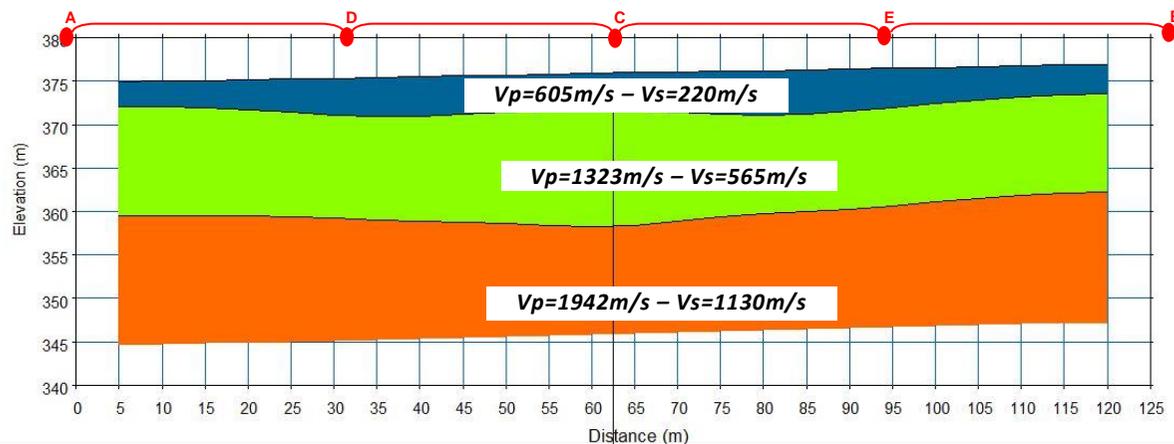
Località "RUVO DI PUGLIA (BA)" – BASE SISMICA BS03

SSE
G1

SEZIONE TOMOGRAFICA
Onde P



MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO
Onde P ed S



LEGENDA



Materiale di riporto mediamente addensato



Materiale di riporto addensato



Calcare fratturato e alterato

● punti di scoppio

ALLEGATO 02B: PROSPEZIONI SISMICHE PER LA STIMA DEL VS,EQ

-
- ELABORATI INDAGINI MASW
 - SISMOGRAMMA MEDIO
 - SPETTRO DELLE FREQUENZE
 - CURVA DI DISPERSIONE
 - PROFILO VS
 - TABELLA VALORI VS
-

Località "BITONTO (BA)" – MASW01

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 01

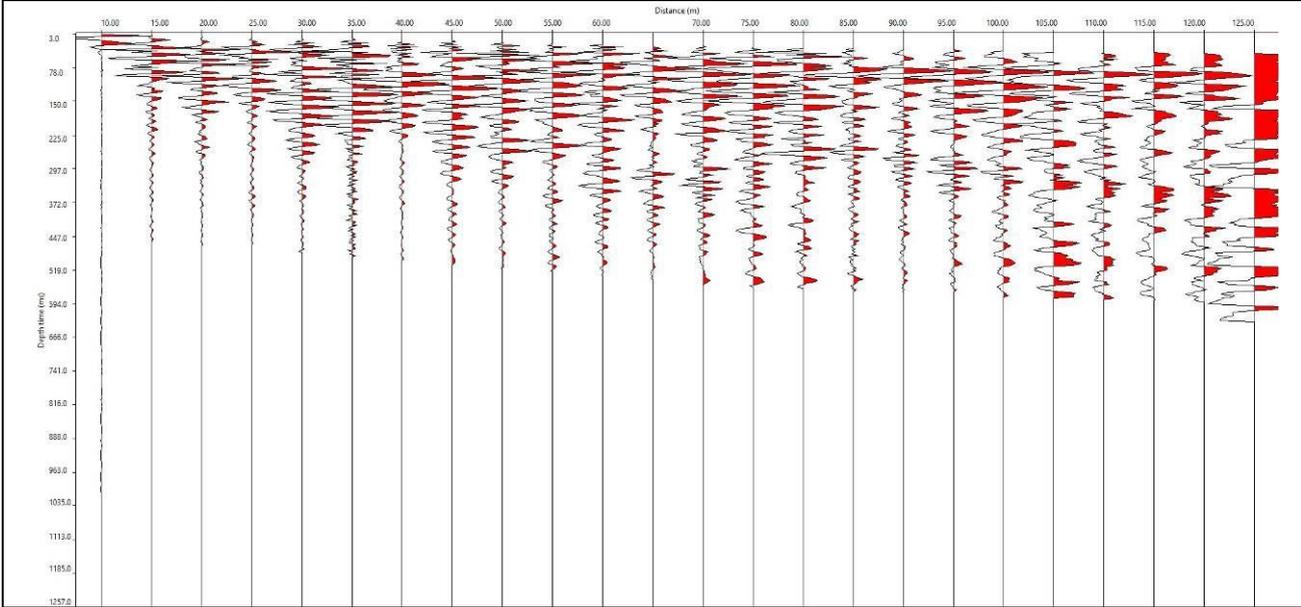
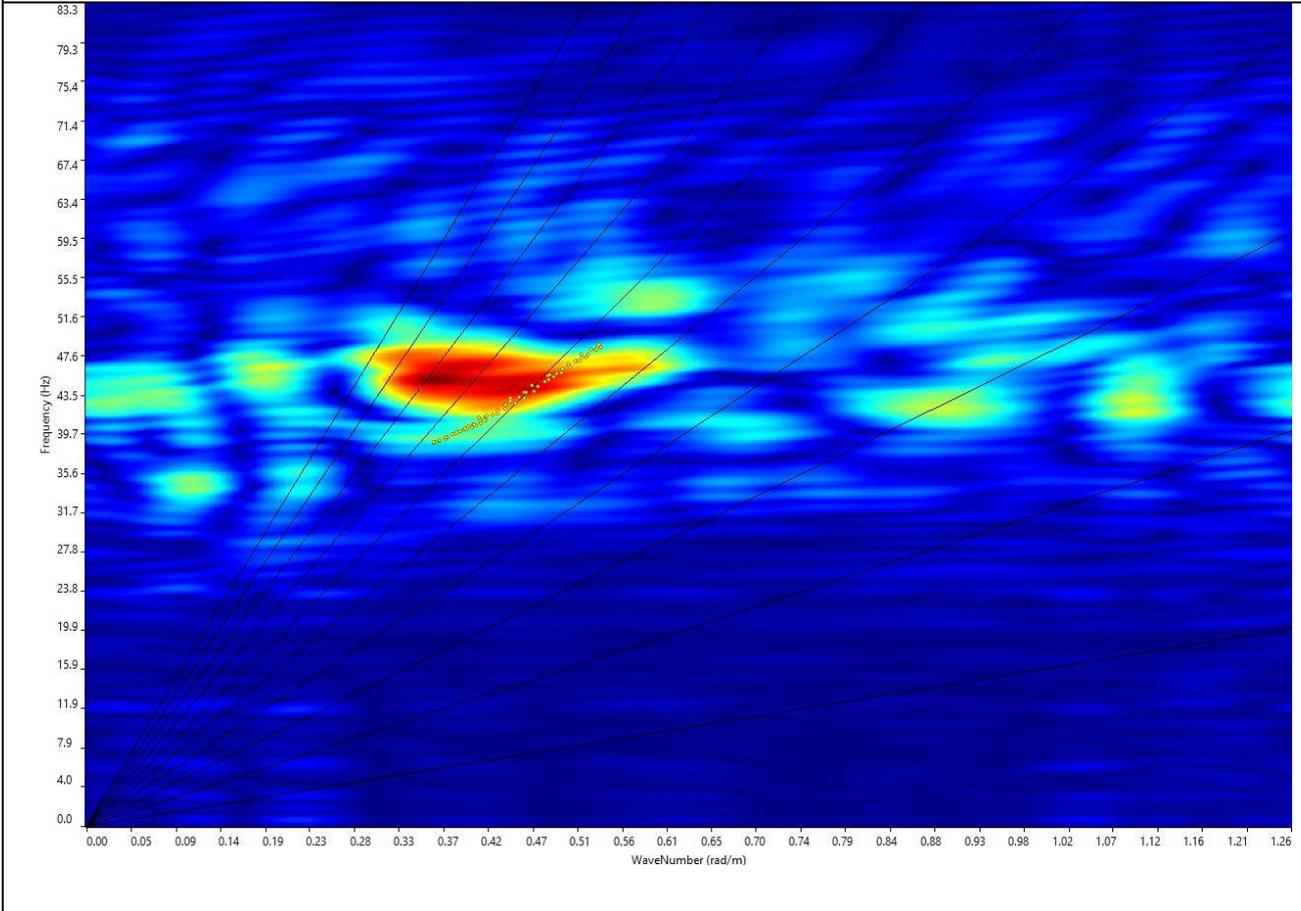
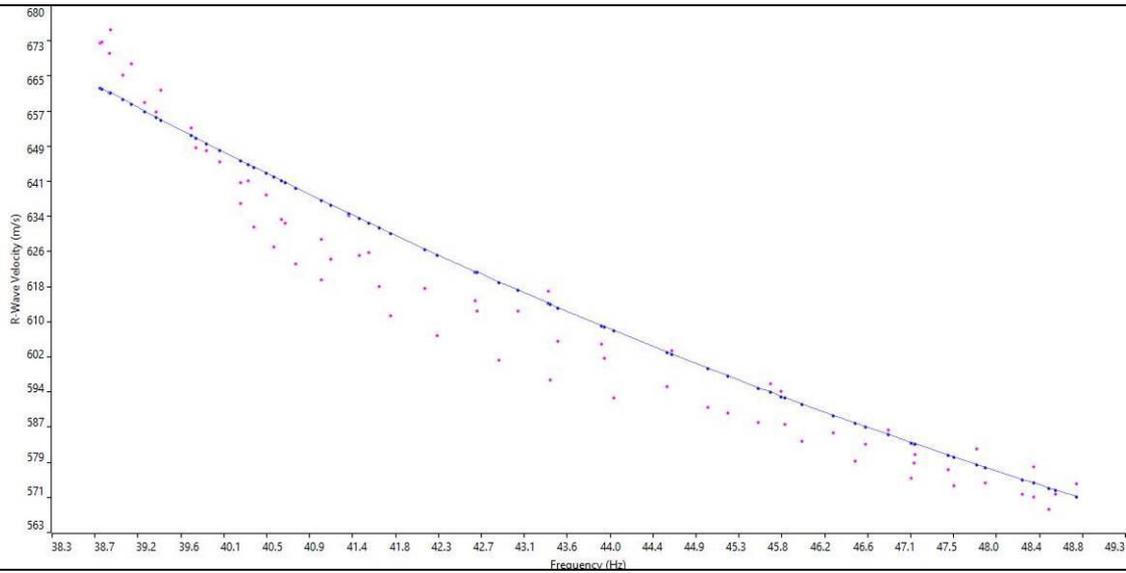


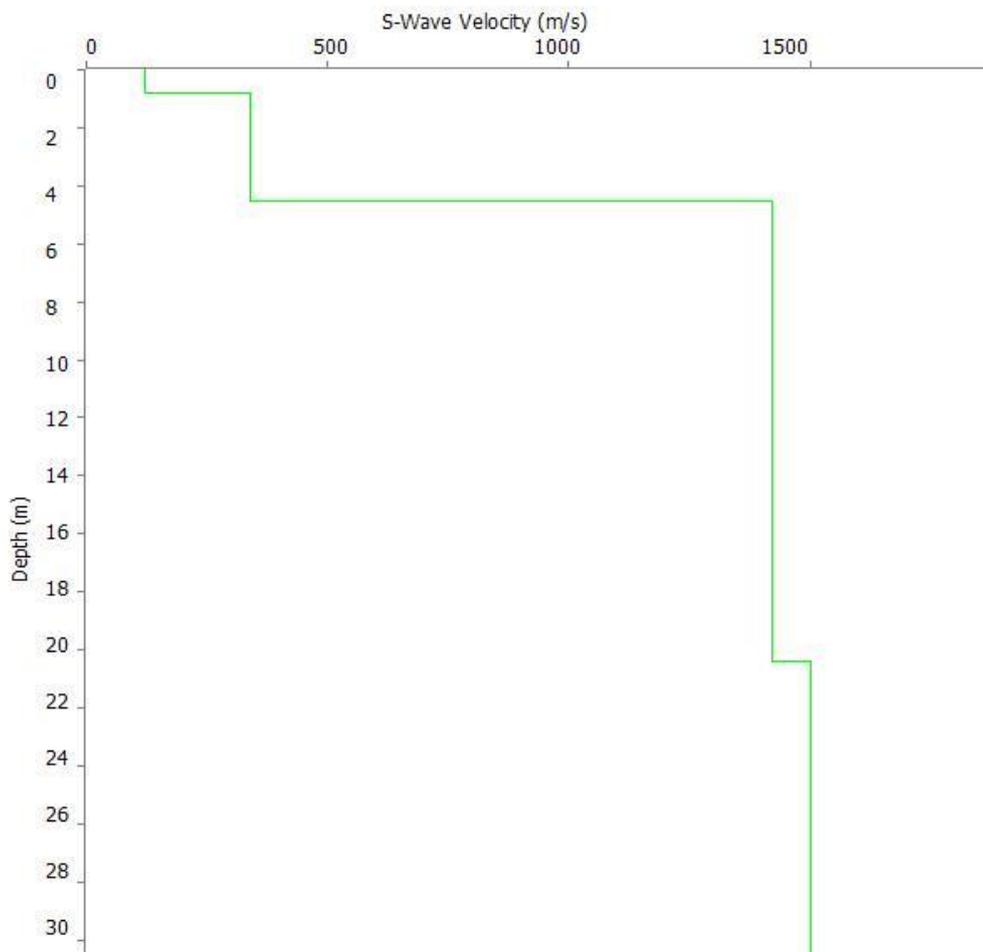
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 01



ROFILO VS – MASW 01



Categoria "E" – $V_{s,eq} = 256\text{m/s}$, presenza del bedrock ad una profondità inferiore ai 30m, calcolato a partire dal p.c.

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

		Thickness	Depth		Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	0.80	0.00	<input type="checkbox"/>	120
Layer 2	<input type="checkbox"/>	3.70	0.80	<input type="checkbox"/>	340
Layer 3	<input type="checkbox"/>	15.90	4.50	<input type="checkbox"/>	1420
Layer 4	<input type="checkbox"/>	INF	20.40	<input type="checkbox"/>	1500

Località "RUVO DI PUGLIA (BA)" – MASW02

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 02

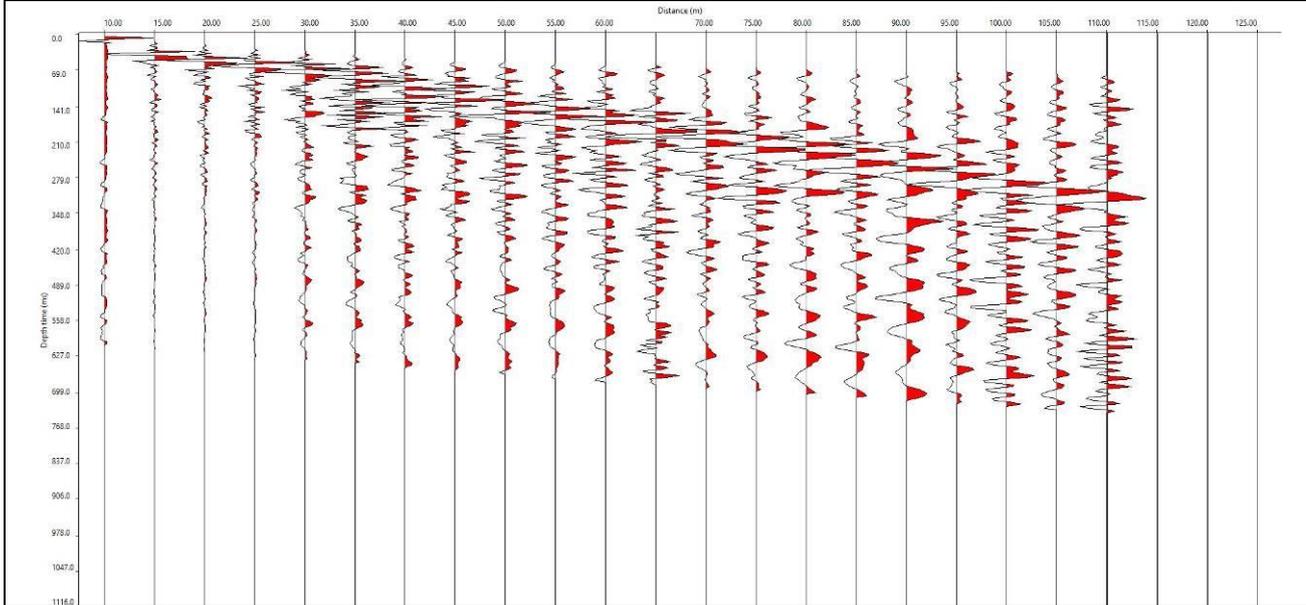
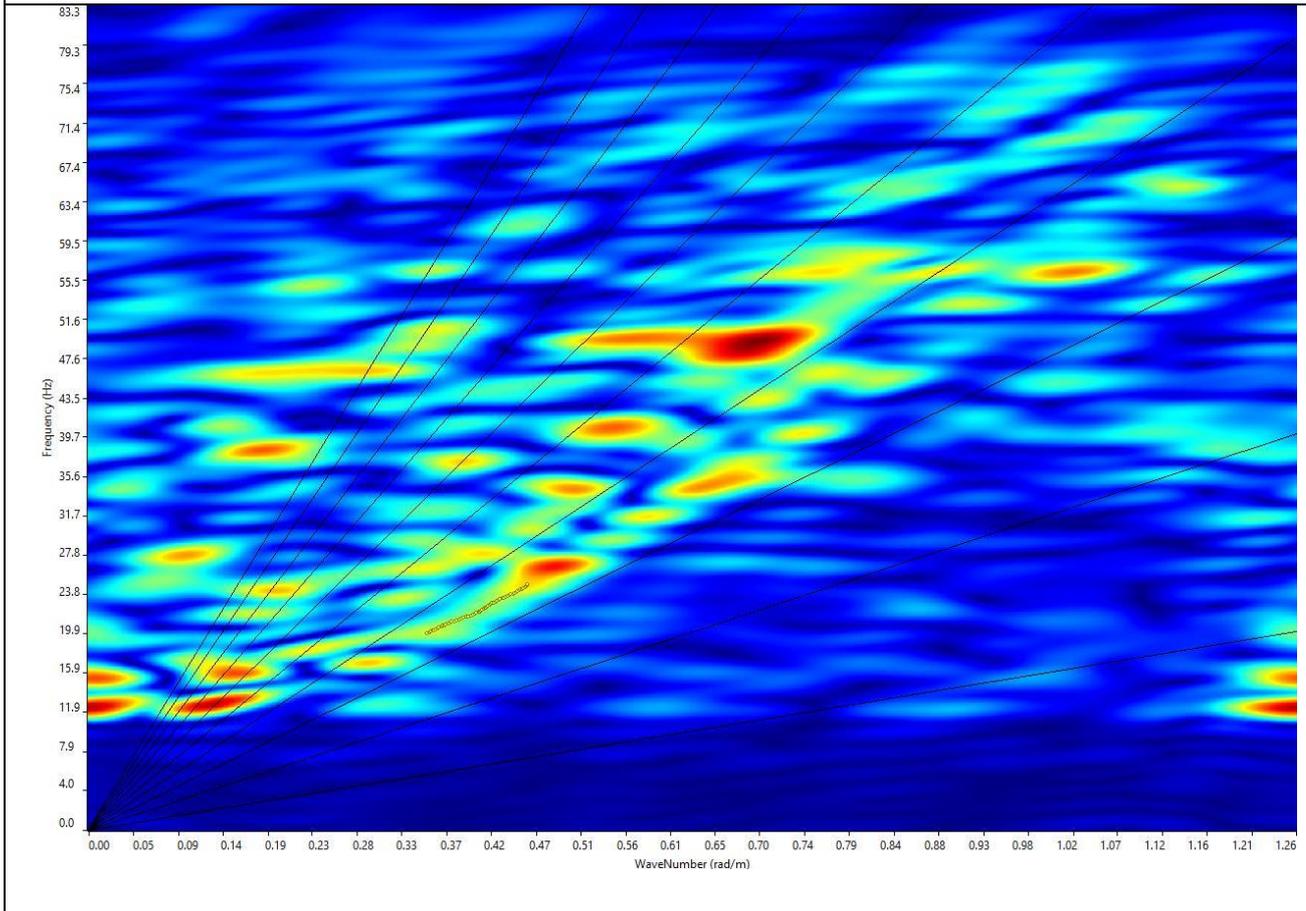
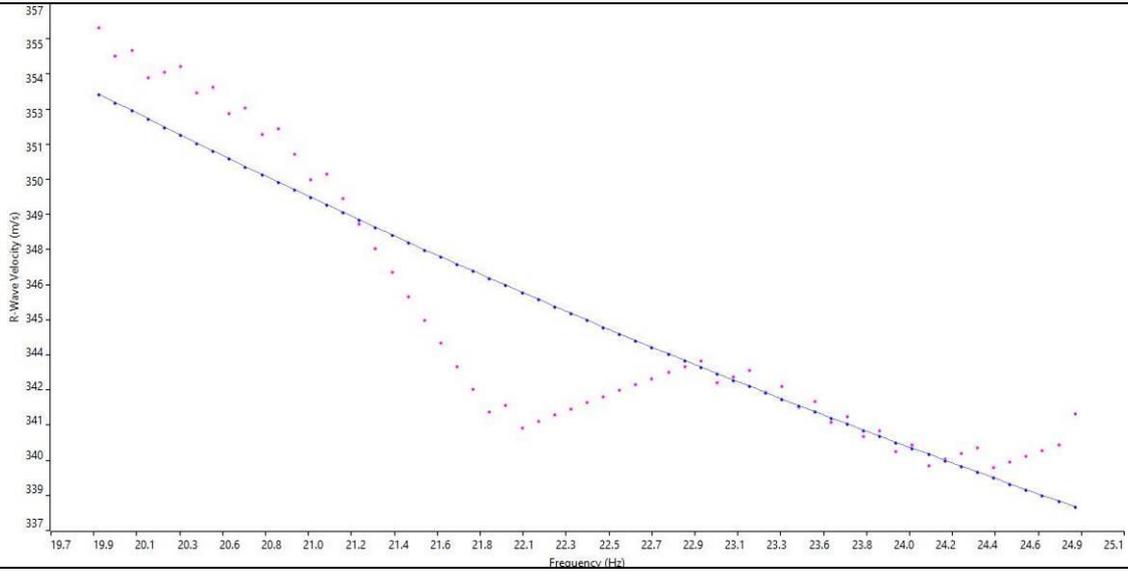


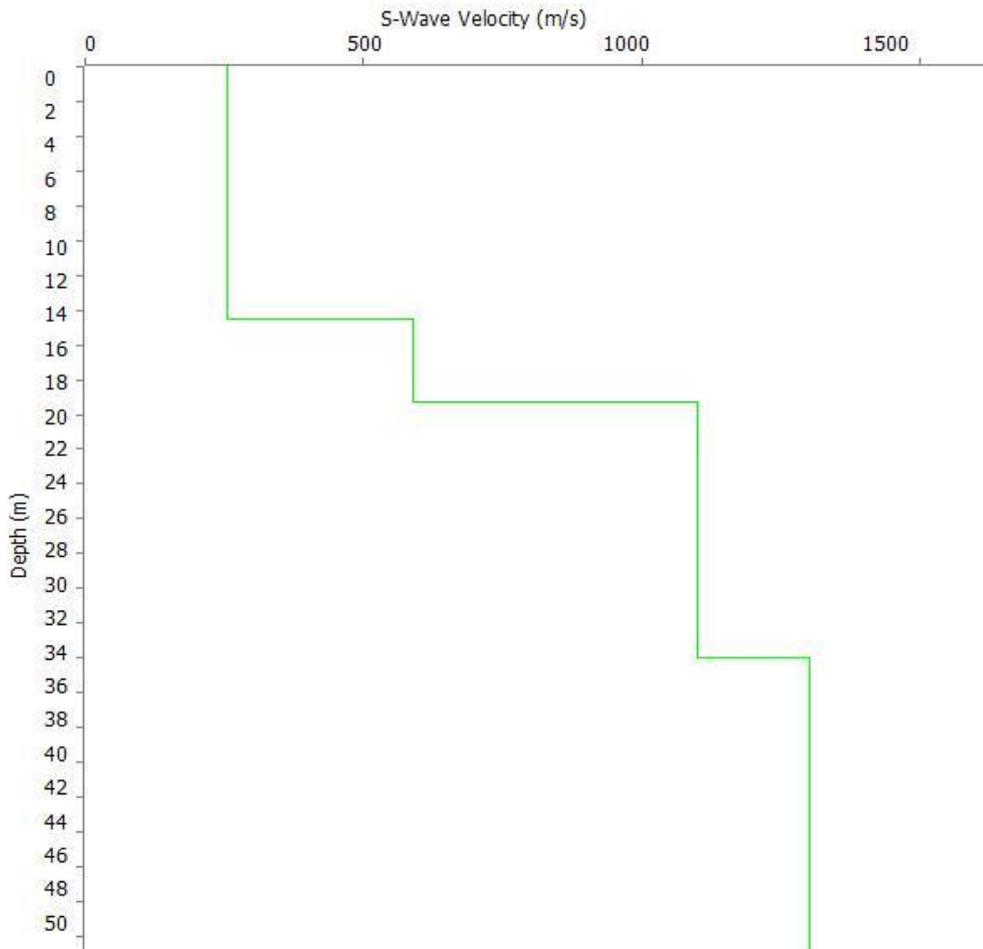
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 02



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 02



ROFILO VS – MASW 02



Categoria "E" – $V_{s,eq} = 297\text{m/s}$, presenza del bedrock ad una profondità inferiore ai 30m, calcolato a partire dal p.c.

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

	Thickness	Depth	Vs
Layer 1 <input type="checkbox"/>	14.50	0.00 <input type="checkbox"/>	255
Layer 2 <input type="checkbox"/>	4.80	14.50 <input type="checkbox"/>	590
Layer 3 <input type="checkbox"/>	14.68	19.30 <input type="checkbox"/>	1100
Layer 4 <input type="checkbox"/>	INF	33.98 <input type="checkbox"/>	1300

Località "RUVO DI PUGLIA (BA)" – MASW03

SISMOGRAMMA MEDIO – MASW 03

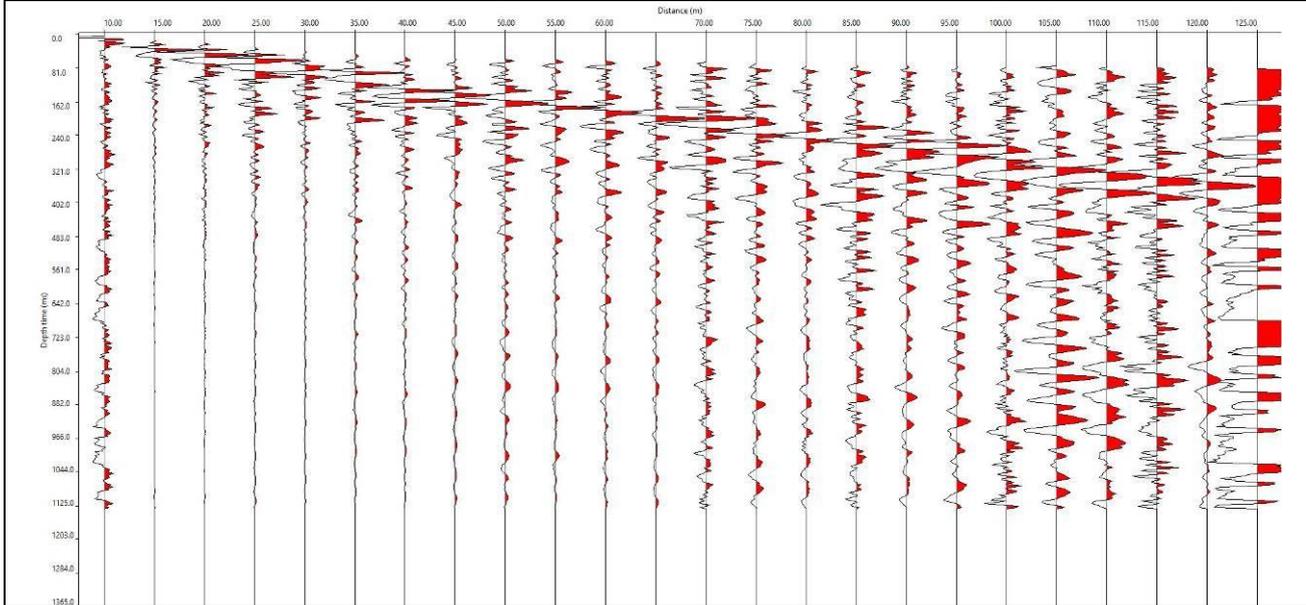
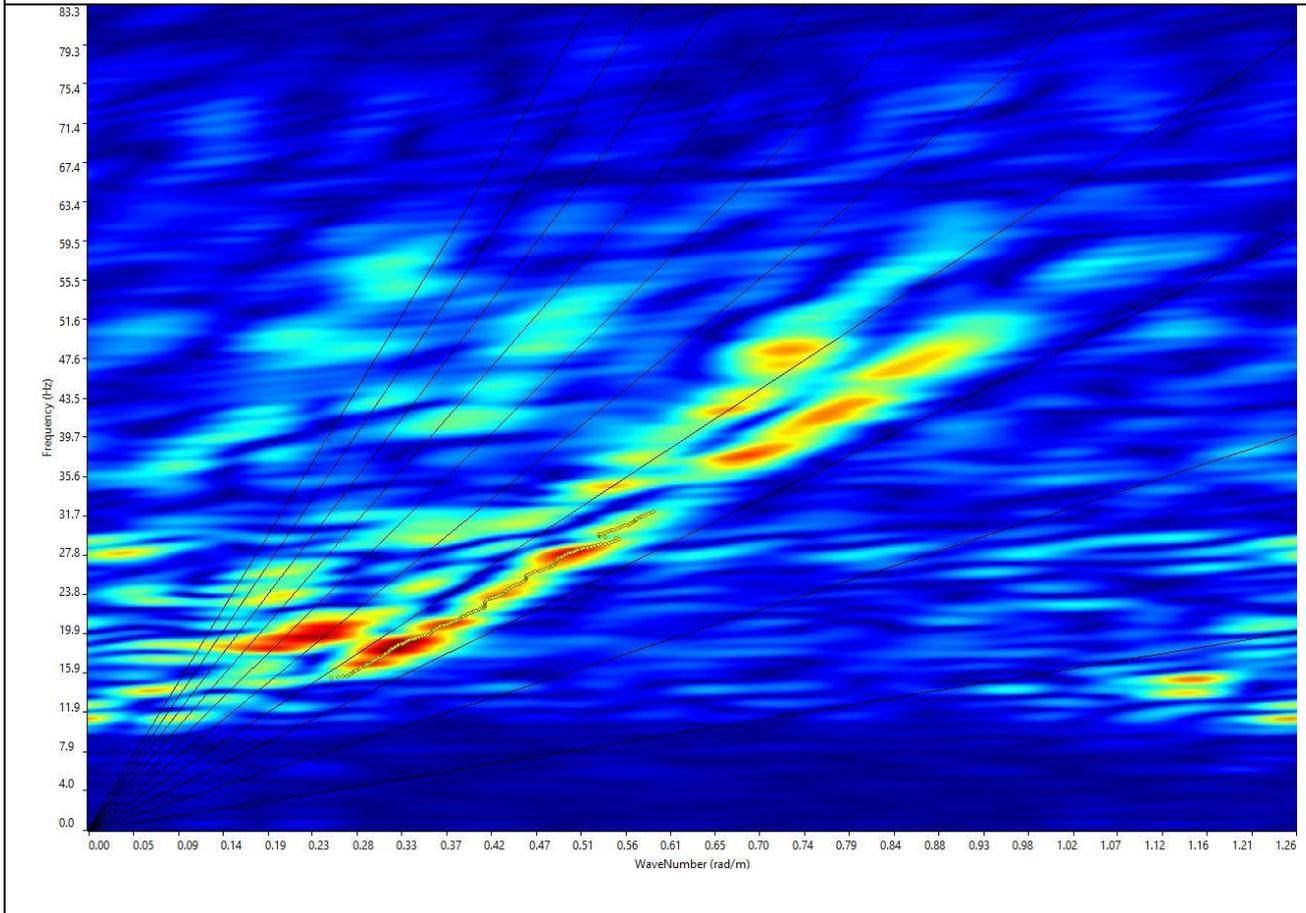
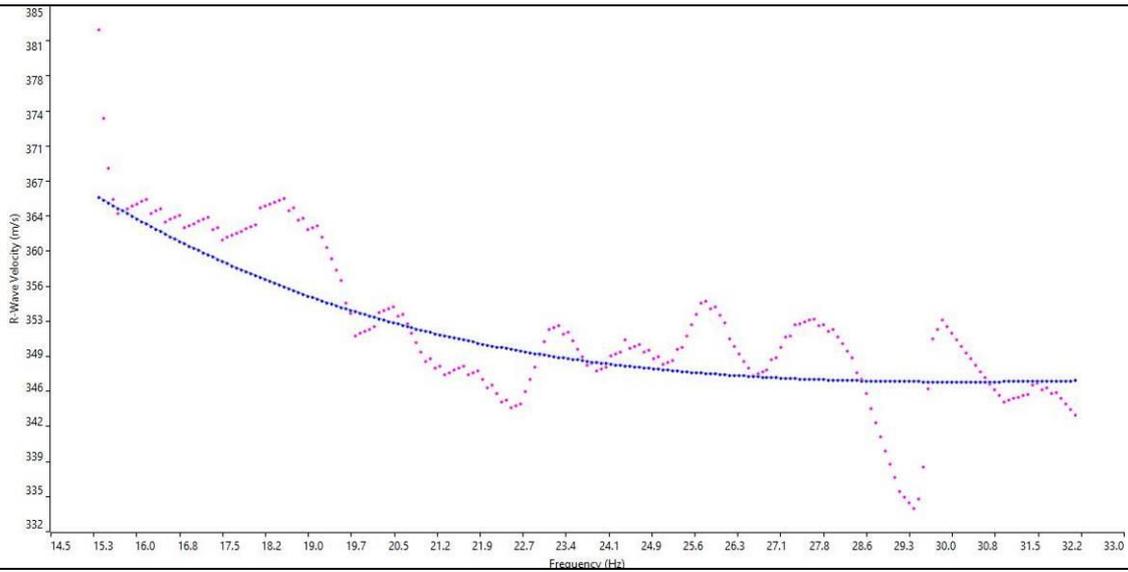


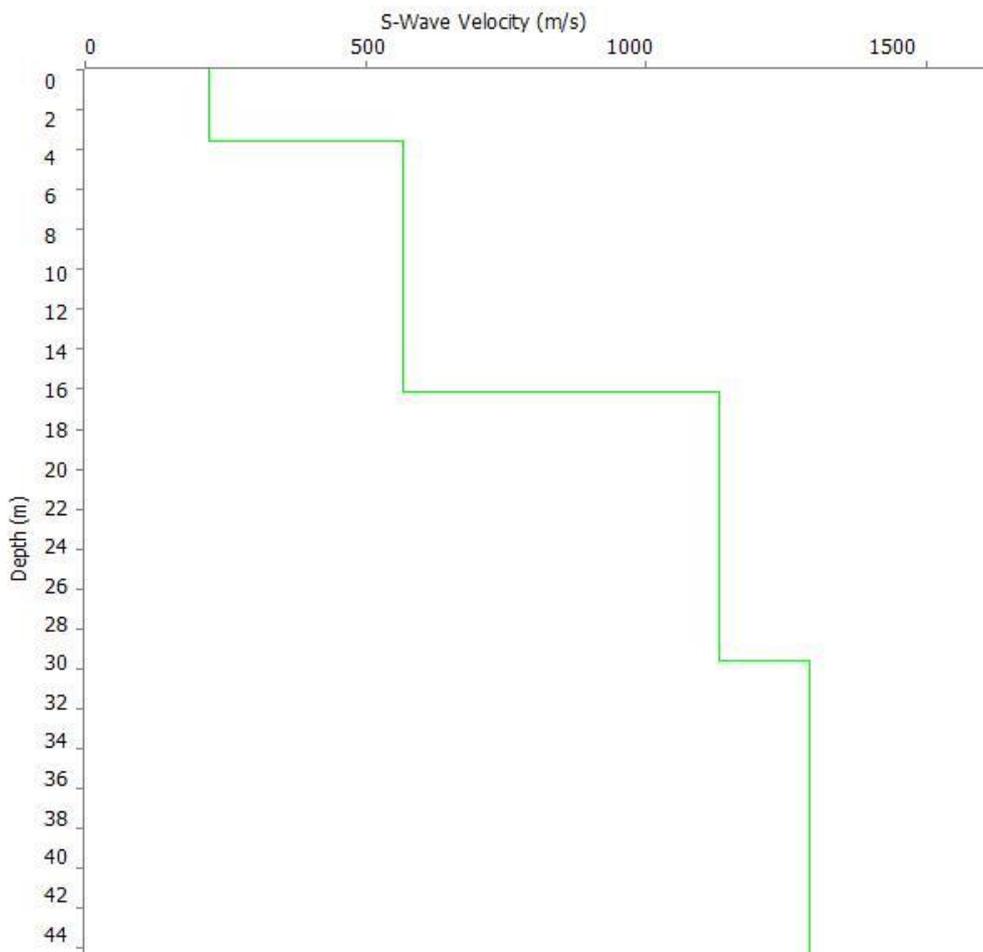
GRAFICO F-K CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE – MASW 03



CURVA DI DISPERSIONE – MASW 03



ROFILO VS – MASW 03



Categoria "B" – Vs,eq= 418m/s, calcolato a partire dal p.c.

N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S

		Thickness		Depth		Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	3.60		0.00	<input type="checkbox"/>	220
Layer 2	<input type="checkbox"/>	12.50		3.60	<input type="checkbox"/>	565
Layer 3	<input type="checkbox"/>	13.49		16.10	<input type="checkbox"/>	1130
Layer 4	<input type="checkbox"/>	INF		29.59	<input type="checkbox"/>	1290

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

-
- PROSPEZIONE SISMICA
 - PROSPEZIONE GEOELETTRICA
-

Località "Comuni di Bitonto e Ruvo di Puglia (Ba)" - BS01, BS02 e BS03 - MASW01, MASW02 e MASW03

BS01 e MASW01, con p.to di vista dal geofono G1



BS01 e MASW01, con p.to di vista dal geofono G24



BS01 e MASW01, particolare della strumentazione



BS02 e MASW02, con p.to di vista dal geofono G1



BS02 e MASW02, con p.to di vista dal geofono G24



BS02 e MASW02, particolare della strumentazione



Località "Comuni di Bitonto e Ruvo di Puglia (Ba)" - BS01, BS02 e BS03 - MASW01, MASW02 e MASW03

BS03 e MASW03, con p.to di vista dal geofono G1



BS03 e MASW03, con p.to di vista dal geofono G24



BS03 e MASW03, particolare della strumentazione

