



**REGIONE SICILIA**  
**PROVINCIA DI PALERMO**  
**COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI**

**Oggetto:**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DELLA  
 POTENZA DI 46,19715 MWp DA UBICARSI NEL TERRITORIO DEL  
 COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI  
 LOCALITÀ JENCHERIA**

**Elaborato :**

**RS06REL0010A0\_RELAZIONE GEOLOGICA**

**TAVOLA:**

**SIA0001**

**PROPONENTE :**

**Piana degli albanesi Srl**  
 Sede  
 Via dell' Annunziata 23/4, Milano (MI)



**PROGETTAZIONE :**



**GAMIAN CONSULTING SRL**  
 Sede  
 Via Gioacchino da Fiore 74  
 87021 Belvedere Marittimo (CS)

**MR WIND SRL**  
 Sede  
 Via E. Maiorana 4  
 84092 Bellizzi (SA)

Tecnico  
 Ing. Gaetano Voccia

Geol. Emerico Sciasia



**SCALA:**

**DATA:**

Luglio 2021

**REDAZIONE :**

**CONTROLLO :**

**APPROVAZIONE :**

**Codice Progetto: FM.19.001**

Rev.: 00 - Presentazione Istanza VIA e AU

Gamian Consulting Srl si riserva la proprietà di questo documento e ne vieta la riproduzione e la divulgazione a terzi se non espressamente autorizzato

SPAZIO RISERVATO ALL'ENTE PUBBLICO

***Dott. Geologo Emerico Sciascia***  
*Via Parco Angeli, 7bis – 92100 Agrigento*

**COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI  
PROVINCIA DI PALERMO**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Oggetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI FOTVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI C.DA JENCHERIA

**IL COMMITTENTE**  
*Gamian Consulting S.r.l. &  
MR Wind Srls*

**IL GEOLOGO**  
*Dott. Emerico Sciascia*



COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI  
PROVINCIA DI PALERMO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW, SITO NEL COMUNE DI PIANA  
DEGLI ALBANESI CONTRADA JENCHERIA

Relazione geologica

## PREMESSA

Il sottoscritto Geologo Dott. Emerico Sciascia, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia con il n° 2130 dell'Albo Professionale, è stato incaricato di eseguire la relazione geologica nell'ambito del progetto per la Costruzione di un impianto fotovoltaico da realizzare in località Contrada S. Jencheria nel territorio del comune di Piana Degli Albanesi (Pa).

Il lavoro, condotto in osservanza delle Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17.01.2018, è rivolto all'acquisizione delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi costituenti il substrato di imposta dell'intervento di progetto, nonché delle proprietà stratigrafiche, idrogeologiche ed alle condizioni geomorfologiche dell'area.

La tipologia di intervento è da considerarsi a modesto impatto sul sottosuolo dal punto di vista delle fondazioni, ma allo stesso tempo essendo l'impianto molto esteso l'effetto non sarà il medesimo su ogni punto del terreno bensì in relazione alla litologia ed all'andamento morfologico esistente.

Per le finalità dello studio è stato effettuato il rilevamento geologico di superficie della zona, tale attività è stata estesa ad un'ampia fascia del territorio circostante il sito strettamente di progetto, al fine di individuare la natura dei terreni affioranti, le loro condizioni di giacitura e di equilibrio geomorfologico, le caratteristiche idrogeologiche, le tipologie litologiche presenti e poter definire e ricostruire il quadro generale degli assetti territoriali.

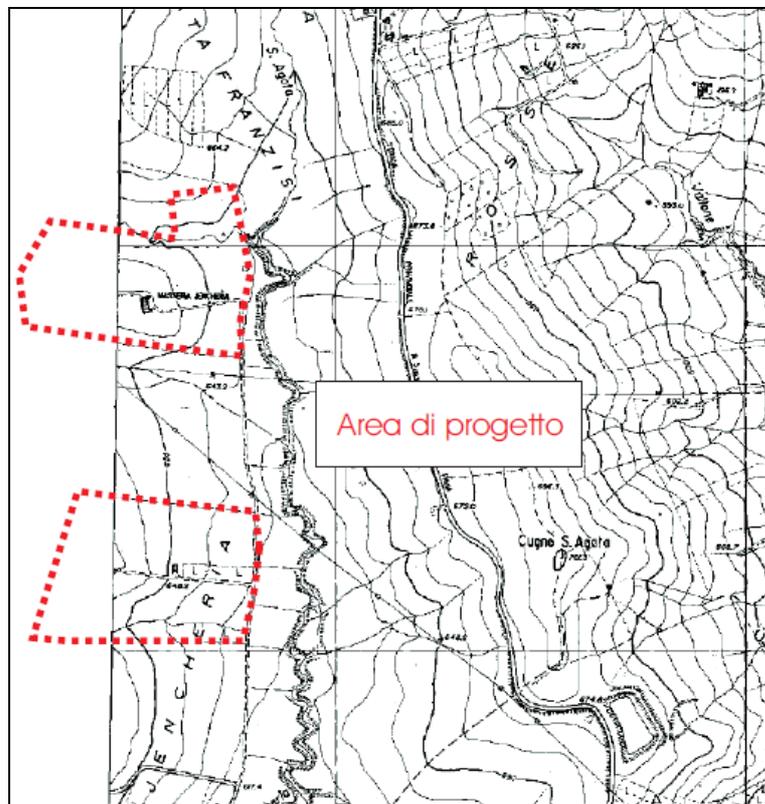
Per la suddivisione stratigrafica e geotecnica dell'area progettuale lo scrivente ha predisposto una campagna di indagini geognostiche articolata in investigazioni di tipo diretto mediante prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH, inoltre sono state svolte investigazioni di tipo geofisico "MASW" al fine di determinare la Categoria di Sottosuolo e stendimenti di sismica a rifrazione utili ai fini della correlazione stratigrafica.

L'analisi degli esiti conseguiti, in relazione al contesto litologico, geomorfologico ed idrogeologico esistente, ha permesso al sottoscritto di definire le proprietà del substrato di fondazione.

## INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

Il sito di progetto si sviluppa nel territorio comunale di Piana Degli Albanesi a Sud rispetto al centro abitato tra le strade provinciali n°103, n°104 e n°5 ed è individuabile nella cartografia ufficiale dell'I.G.M. alla scala 1:25.000 nella Tavoletta denominata "Marineo" F° 258 I N.E..

L'impianto ricade su due aree con andamento ovest/est entrambe caratterizzate da declivi con pendenze graduali variabili tra 6° e 14°. Altimetricamente si sviluppa, tra le quote di circa 650 e 750 m s.l.m., in una zona caratterizzata da morfologie ricavate su affioramenti pelitico-sabbiosi con livelli arenacei comunque resistenti. L'area di progetto è molto ampia e risulta stabile per l'assenza di azioni morfogenetiche in atto, così come anche confermato dall'analisi del Piano per l'Assetto Idrogeologico, Bacino del Fiume Belice - foglio 68050 – 607080 del P.A.I., di cui uno stralcio è allegato alla presente, nell'area dell'impianto sono classificati dissesti ed evidenziate zone a Rischio e Pericolosità Geomorfológica.



Stralcio P.A.I. Carta della Pericolosità Geomorfológica

Idrograficamente ad Est si evidenzia il Vallone S. Agata con sviluppo Nord-Sud che garantisce il naturale allontanamento delle acque di ruscellamento così come l'azione delle incisioni presenti sul versante che vi confluiscono.

Il Fiume Belice presenta un ampio bacino idrografico che si sviluppa dai Monti di Palermo a Nord alle spiagge del Mediterraneo a SW. L'assetto geomorfologico presenta pertanto caratteri variabili, da quelli tipici dell'entroterra isolano a quelli delle fasce costiere meridionali e sud-occidentali. I rilievi più elevati si localizzano in corrispondenza delle impalcature carbonatiche dei circondari di Piana degli Albanesi, Corleone, Contessa Entellina e nella parte mediana del bacino, lungo lo spartiacque fra i due rami principali del Belice. Nella parte meridionale del bacino, invece, la morfologia è più uniforme in relazione alla litologia calcarenitico-sabbiosa ed argilloso-marnosa diffusa in maniera prevalente. I tipi litologici in affioramento mostrano contatti stratigrafici e tettonici tanto tra le masse lapidee costituenti le strutture di maggior rilievo, quanto tra queste ultime e le masse plastiche che, come orizzonti più o meno continui, si estendono nel territorio del bacino. Così, man mano che si procede dai settori settentrionali, dominati dalle alture del palermitano, a quelli centrali, in cui compaiono più estesamente le masse plastiche, sino alla fascia costiera mediterranea, ove dominano prevalentemente i terreni arenaceo-sabbiosi, la morfologia varia, evidenziando forme definite, settori modellati con una morfologia ondulata e spianate dalla configurazione a terrazzi. Su questo tessuto caratterizzato da una frequente diversificazione della tipologia geolitologica delle rocce in affioramento, il reticolo idrografico del Belice si è articolato condizionando la configurazione geomorfologica di tutto il bacino.

Nel complesso, l'assetto morfologico del bacino si presenta abbastanza vario in quanto risente delle diversità ed eterogeneità dei tipi litologici affioranti: laddove predominano i termini più francamente lapidei si hanno pareti ripide e pendii scoscesi, mentre in corrispondenza dei termini litologici di natura prevalentemente argillosa i pendii presentano morfologia più dolce e modellata.

Il reticolo idrografico si adatta al substrato litologico cosicché le valli appaiono più strette nelle aree montuose e si slargano laddove i termini plastici lasciano ai corsi d'acqua

maggiori spazi per la divagazione. I principali rami della rete idrografica scorrono incidendo, quindi, sia rocce lapidee che rocce sciolte, per cui lungo i versanti subentrano condizioni di dissesto e di intensa attività erosiva sia ad opera delle acque incanalate che del ruscellamento superficiale.

## CENNI DI CLIMATOLOGIA

Al fine di individuare le caratteristiche climatiche che contraddistinguono il settore della Sicilia occidentale nel quale ricade il bacino idrografico del fiume Belice sono stati considerati gli elementi climatici *temperatura* e *piovosità*. In particolare, il regime termico e pluviometrico dell'area sono stati ricavati analizzando i dati registrati presso le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche situate all'interno del bacino in esame, o nelle aree immediatamente circostanti, di seguito elencate.

STAZIONE	LOCALITA'	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Lat.	Long.
Diga Arancio	Diga Arancio	Pluviometro	190	4.166.991	327.930
Montevago	Montevago	Pluviometro	460	4.176.394	320.777
Partanna	Partanna	Termo- pluviometro	407	4.176.557	313.430
Castelvetrano	Castelvetrano	Termo- pluviometro	190	4.173.062	304.528
Gibellina	Gibellina	Pluviometro	410	4.183.792	320.937
Roccamena	Roccamena	Pluviometro	480	4.189.005	337.194
Corleone	Corleone	Termo- Pluviometro	594	4.186.905	350.362
Ficuzza	Ficuzza	Termo- Pluviometro	681	4.194.198	356.380
Piana degli Albanesi	Piana degli Albanesi	Pluviometro	740	4.205.426	349.235
Piana dei Greci	Piana dei Greci	Pluviometro	616	4.203.576	349.201
San Giuseppe Jato	San Giuseppe Jato	Termo- Pluviometro	450	4.203.743	340.416

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento ai dati registrati dalle stazioni di Partanna, Castelvetrano, Corleone, Ficuzza e San Giuseppe Jato, essendo queste ultime, tra quelle ricadenti all'interno del bacino del Fiume Belice o in aree limitrofe, dotate di termopluviografo.

Prendendo in considerazione i dati rilevati nel periodo trentennale compreso tra il 1965 ed il 1994 e confrontando i valori relativi alle escursioni termiche annuali o a quelle mensili, il territorio in esame mostra un andamento termico piuttosto regolare.

Naturalmente nell'analisi della termometria, nonché della pluviometria, che caratterizza l'area considerata, bisogna tenere conto della vastità del bacino idrografico, che comprende sia le zone montane dell'entroterra che le aree costiere meridionali della Sicilia; pertanto i dati medi relativi all'intero bacino sono puramente indicativi poiché le condizioni locali variano notevolmente a seconda della zona del bacino presa in esame.

Riferendosi alle medie stagionali si ottengono valori nella norma se si calcola l'escursione tra la temperatura media diurna e quella notturna, mentre forti differenze si ricavano dal confronto, per un dato mese, fra la temperatura diurna massima e quella minima notturna.

L'analisi dei dati mostra che nei mesi più caldi (Luglio e Agosto) la temperatura media è pari a 25.7°C e si raggiungono temperature massime di circa 43.0°C; invece, nel mese più freddo (Gennaio) la temperatura media è pari a 9.3°C e si raggiungono temperature minime anche inferiori allo 0° (-4.8 °C). Complessivamente, la temperatura media annua dell'intero territorio in esame è pari a 16.8°C.

L'analisi del regime pluviometrico è stata effettuata attraverso gli annali idrologici pubblicati dalla Regione Siciliana; in particolare, si sono presi in considerazione i dati inerenti al periodo 1965-1994 registrati dalle stazioni di rilevamento ricadenti all'interno del bacino del Belice, elencate nel precedente paragrafo.

Dalle analisi effettuate si evince che, nel periodo suddetto, il valore di piovosità media annua è pari a circa 617.80 mm. Inoltre, nello stesso periodo considerato l'anno più piovoso è risultato il 1976, nel quale si sono registrati 948.40 mm di pioggia; l'anno meno piovoso, invece, è stato il 1977, con 200.80 mm. Il mese più piovoso relativo al periodo considerato è stato quello di Febbraio del 1976 che ha fatto registrare ben 137.8 mm di pioggia.

In definitiva, i caratteri pluviometrici riportati delineano un clima di tipo *temperato-mediterraneo*, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale-invernale e quasi assenti in quello estivo.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi (essenzialmente nel periodo Ottobre-Febbraio), assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcareo-dolomitica lo è anche nei mesi caldi, a causa dell'elevata permeabilità di tali litotipi (per fessurazione e/o per porosità nella coltre d'alterazione) che favorisce l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

Inoltre, il ruscellamento superficiale risulta moderato anche a causa della morfologia dell'area in esame la quale mostra rilievi a pendenza generalmente bassa o moderata; esso, pertanto, diviene preponderante soltanto nelle zone in cui affiorano i terreni impermeabili e qualora si verificano forti rovesci della durata di poche ore. Si evince, dunque, che la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso suddetto (Ottobre-Febbraio) e che, pur non mancando saltuari eventi piovosi negli altri mesi dell'anno, durante l'estate, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno per la mancanza di risalienza di acqua per capillarità.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale Ottobre-Febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra Maggio e Settembre.

## GEOLOGIA

L'area del bacino del Fiume Belice costituisce un settore molto complesso ed articolato della Sicilia, sia dal punto di vista stratigrafico che strutturale. La Sicilia centro-occidentale è costituita da un frammento di catena caratterizzata da diverse falde tettoniche impilate, derivanti dalla deformazione dei domini paleogeografici Imerese, Trapanese, Sicano e Saccense. Tali domini costituivano, durante il Mesozoico-Paleogene, il margine continentale siciliano e, a partire dal Miocene inferiore e fino al Pleistocene, hanno subito processi di deformazione tettonica di tipo compressivo. In particolare le Unità tettoniche derivanti dai Domini Imeresi e Trapanesi, presenti in affioramento nel settore settentrionale del bacino del Belice, con le loro coperture postorogene, ricoprono tettonicamente le Unità Saccensi e Sicane, presenti nelle aree centro-meridionali del bacino.

Le Unità Imeresi sono rappresentate da depositi di bacino di mare profondo, di natura carbonatica e silico-carbonatica; esse, con le coperture neogeniche, costituite essenzialmente dai terreni del Flysch Numidico, sono state deformate e trasportate con vergenza meridionale a ricoprire le Unità Trapanesi e Sicane. Le Unità Trapanesi sono costituite da depositi carbonatici sia di piattaforma che di ambiente pelagico ed i terreni più rappresentativi sono le formazioni del Rosso Ammonitico, della Scaglia e della Lattimusa. Le Unità Sicane sono caratterizzate da successioni di età compresa tra il Permiano ed il Miocene e si rinvencono in scaglie tettoniche con vergenza meridionale nell'area del corleonese e di Bisacquino e Campofiorito. Le unità Trapanesi e Sicane hanno subito i processi tettonici di deformazione nel periodo compreso tra il Miocene ed il Pliocene. Il settore meridionale del Bacino del F. Belice è infine caratterizzato dalla presenza dell'avampaese deformato (Dominio Saccense) con coperture terrigeno-evaporitiche di età mio-pleistocenica.

In linea generale l'area interessata dal bacino del F. Belice, dal punto di vista litologico, è costituita da una serie di alti strutturali rappresentati dai rilievi di natura prevalentemente carbonatica e da rocce di natura terrigena che occupano e ricoprono le depressioni morfologiche comprese tra i vari massicci montuosi.

I principali rilievi montuosi sono rappresentati, nella porzione settentrionale, dai monti di Piana degli Albanesi e dalla dorsale del M. Kumeta per il bacino del Belice Destro e dai rilievi di Rocca Busambra e Rocche di Rao nel bacino del Belice Sinistro; procedendo verso la parte mediana del bacino si hanno i rilievi di M. Maranfusa, nella zona di Roccamena, di M. Barraci, i rilievi di Campofiorito e Bisacquino ed il M. Genuardo. Dopo la confluenza tra i due rami destro e sinistro, si hanno i rilievi evaporitici di Rocca d'Entella e nell'area di Montevago e di S. Margherita Belice il rilievo di M. Magaggiaro. Nelle aree di basso morfologico comprese tra i vari rilievi di natura carbonatica, arenacea o gessosa, si rinvengono coperture terrigene e clastiche di natura argillosa, argilloso-marnosa, silicea, evaporitica.

Di seguito si descrivono quindi le unità litologiche individuate all'interno del bacino in studio:

**COMPLESSO CARBONATICO E CALCAREO-DOLOMITICO: CALCILUTITI, CALCARENITI, MARNE CALCAREE, BIOCALCARENITI, CALCARI DOLOMITICI, DOLOMIE MASSIVE (Trias Sup.- Giurassico)**

In tale complesso sono comprese alcune unità litostratigrafiche, prevalentemente del substrato mesozoico, affioranti nel settore settentrionale e in lembi limitati nel settore meridionale del bacino. Si tratta di dolomie e calcari dolomitici di piattaforma carbonatica costituiti da diverse associazioni di litologie in parte eteropiche tra loro, e ripetute ciclicamente a vari intervalli stratigrafici.

Affiorano nel settore di M. Kumeta (Piana degli Albanesi) Rocca Busambra ovest (Corleone), Rocce Maranfusa (Roccamena) e di Monte Magaggiaro (Montevago), con uno spessore complessivo di alcune centinaia di metri, come calcari grigio-biancastri a megalodonti, spesso fortemente dolomitizzati, con stratificazione massiva o indistinta, passanti verso l'alto a calcari bianchi ad alghe, ben stratificati in grossi banchi, contenenti foraminiferi, piccoli gasteropodi, briozoi, brachiopodi, lamellibranchi; questi depositi sono alternati ciclicamente a banchi stromatolitici e, a luoghi, a livelli di marne verdastre azoiche. Altri litotipi caratteristici presenti nelle aree in studio sono costituiti da calcilutiti e calcareniti con intercalazioni marnose e argillose, caratterizzati da una fitta stratificazione, con strati di spessore da centimetrico a metrico a volte con intercalazioni di diversa composizione come marne e argille. I litotipi più diffusi sono calcilutiti biancastre, dure e

compatte, talora con liste e noduli di selce, calcareniti e calciruditi bianco-grigie e giallastre, ben stratificate, con sottili intercalazioni di calcari marnosi.

Tutte le formazioni calcaree, calcareo-dolomitiche e calcarenitiche sopra descritte hanno subito una intensa tettonizzazione strettamente legata alla loro storia geologica, per cui si presentano spesso fratturate e talora milonitizzate, assumendo l'aspetto di una roccia semicoerente, quando non sono sopravvenuti fenomeni di cementazione secondaria.

Si tratta di rocce in generale poco erodibili in cui i dissesti sono limitati a frane di crollo e ribaltamento, nelle aree maggiormente fratturate e fessurate.

**MARNE E RADIOLARITI, CALCILUTITI SELCIFERE (Trias sup.-Paleogene)** Questi terreni costituiscono i rilievi carbonatici presenti nell'alta Valle del Belice, a Nord del Lago di Piana degli Albanesi e quelli che limitano a Sud il bacino idrografico del F. Belice.

Nella zona di Piana degli Albanesi affiorano le successioni triassico-paleogeniche in facies imerese. Si tratta di sedimenti calcareo-dolomitici e silico-carbonatici che si sono depositati in ambienti di bacino. A partire dalle rocce più antiche, si riconoscono diversi litotipi:

- Argilliti e marne fissili verdastre o color vinaccia con intercalazioni di calcilutiti lastriformi, biocalcareni laminate e gradate e di calcisiltiti ricche di pirite e talvolta bituminose. Corrispondono alla Fm Mufara di età Carnico- Norico;

- Calcilutiti grigio-giallastre a luoghi dolomitizzate con laminazione parallela e con liste e noduli di selce, ricche faune a radiolari e lamellibranchi pelagici (Halobia). Alternate si trovano calcareniti gradate e laminate e marne grigio verdi. Questo litotipo corrisponde alla Fm Scillato databile del Norico;

- Dolomie massive e grossolane, cariate e spugnose, brecce dolomitiche e megabrecce. Potenza dei banchi superiore al metro. Corrispondono alla Fm. Fanusi di età Trias sup.- Lias inf.;

- Calcilutiti e calcisiltiti rosso mattone a foraminiferi planctonici e radiolari, con intercalazioni di marne giallastre e di biocalcareniti risedimentate grigie con noduli di selce e ricco contenuto fossilifero. L'età di questi litotipi, corrispondenti alla Fm Caltavuturo, è del Cretaceo sup.-Oligocene inf.

- Calcilutiti selcifere ad Halobia, più o meno dolomitizzate, con liste e noduli di selce, di colore prevalentemente grigio. Presentano una evidente stratificazione piano-parallela con strati spessi da qualche centimetro ad alcuni decimetri. A luoghi sono presenti interstrati marnosi di spessore centimetrico. Il contenuto fossile è dato da Halobie, radiolari, ammoniti e ostracodi. Nella porzione sommitale di questi depositi sono presenti livelli discontinui di breccie dolomitizzate. L'età di questi depositi è Carnico sup.-Retico; nell'area in studio, questi depositi affiorano nel versante occidentale del Monte Barracù e in quello settentrionale di Monte Triona. Lembi discontinui affiorano fra gli abitati di Bisacquino e Campofiorito;

- Calcareniti risedimentate, calcilutiti e marne con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri. Le calcareniti risedimentate sono costituite da granuli bioclastici; fra i fossili prevalgono foraminiferi bentonici, alghe e brachiopodi. Sono stratificate in banchi generalmente decimetrici ed in alcuni casi presentano interstrati di calcilutiti a radiolari. Verso l'alto quest'ultimo litotipo diventa dominante e costituisce una successione di calcilutiti selcifere a radiolari di colore dal bianco al rosato con intercalazioni di livelli marnosi dal verde al rosso;

- Radiolariti, costituite da alternanze di radiolariti e marne laminate verdastre, rossastre o violacee, in strati centimetrici pianoparalleli. Lo spessore di questi depositi, generalmente riferiti al Dogger-Malm inferiore, è variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. Nel settore di Campofiorito, fra i depositi liassici e le radiolariti si trova una intercalazione di lave basaltiche a pillows;

- Calcilutiti bianche a Calpionelle e marne costituite di calcari selciferi bianchi o rosati, con sottili intercalazioni marnose contenenti radiolari e calpionelle. L'età di questi depositi è Titonico-Neocomiano;

- Calcilutiti selcifere a foraminiferi planctonici (Scaglia), costituiti di calcilutiti bianche, rosse o rosate con noduli e lenti di selce ed abbondanti foraminiferi planctonici. La base di questi depositi nel settore di Campofiorito ha un'età Campaniano superiore-Maastrichtiano. Verso l'alto si sviluppano i termini eocenici della successione che raggiunge uno spessore totale superiore al centinaio di metri. Le calcilutiti della Scaglia formano estesi affioramenti a Nord-Ovest di Bisacquino e in un vasto settore a Sud di Campofiorito.

Calcilutiti biancastre o rosso vinaccia lastriformi, selcifere con microfaune a planctonici, localmente noti come "Scaglia" riferibili all'intervallo di tempo compreso tra il Cretaceo superiore e l'Oligocene inferiore. Sono a luoghi interessati da potenti intercalazioni di breccie calcaree ad elementi di piattaforma carbonatica liassica (megabreccie).

Si tratta di rocce in generale da poco a mediamente erodibili, a secondo della prevalenza dei livelli lapidei o di quelli marnoso-argillosi, in cui i dissesti sono limitati a frane di crollo e ribaltamento nelle aree maggiormente fratturate e fessurate dei termini lapidei o di fenomeni di scivolamento in corrispondenza degli intervalli maggiormente plastici.

COMPLESSO ARGILLOSO MARNOSO CON INTERCALATI LIVELLI QUARZARENITICI O CON INGLOBATI ELEMENTI LITOIDI (Cretaceo- Miocene medio). In questa unità litologica sono rappresentati i termini pelitici, pelitico-sabbiosi e pelitico-carbonatici delle formazioni note in Sicilia rispettivamente con i nomi di Flysch Numidico e Argille Variegate "Sicilidi" (Argille Varicolori).

**Argilliti e argille marnose con livelli quarzarenitici (Flysch Numidico) Rappresentano il complesso argilloso-arenaceo maggiormente diffuso nel bacino in studio.** Si tratta di peliti di colore bruno, talora mangesifere, in sottili strati, cui si alternano, in subordine, siltiti ed arenarie a grana finissima in strati centimetrici. Sono presenti a luoghi intercalazioni di calciruditi. Le peliti sono rappresentate da argille, talora siltose, talora marnose, con livelli argillitici, generalmente brune o color tabacco, ricche in ossidi di ferro, con in subordine intercalazioni di quarzareniti e quarzosiltiti. Le arenarie sono costituite da granuli di quarzo arrotondati con diametro da frazioni di millimetro a qualche

centimetro. Le argille si presentano con una struttura a scaglie, da minute a grossolane; quando si presentano minute costituiscono un ammasso di scagliette dell'ordine del mm, lungo piani di sovrascorrimento che portano lembi di argilla ad accavallarsi su altre argille; le dimensioni delle scaglie aumentano man mano che ci si allontana dalle zone di disturbo o quando cambiano i tipi litologici nel passare dalle argilliti alle argille o alle quarzosiltiti. Le scaglie presentano superfici lucide, talora striate ad opera degli sforzi tettonici. Tale complesso argilloso è privo di stratificazione distinta; questa diventa evidente quando le argille si alternano a sottili livelli quarzarenitici, talora si presentano invece in giacitura caotica. I banchi quarzarenitici, subordinati alle argille, sono costituiti da una abbondantissima frazione di granuli di quarzo mal classati e da una matrice microcristallina detritica costituita da clorite e dai minerali argillosi menzionati.

La litofacies arenacea del Flysch Numidico è caratterizzata da argille, talora siltose, generalmente brune, ricche di ossidi di ferro con frequenti intercalazioni di quarzareniti e subordinatamente quarzosiltiti durissime e compatte. Le quarzareniti sono a grana fine, di colore grigio in profondità e giallastro in superficie, talora con patine ferruginose. Talora il Flysch Numidico contiene delle arenarie biancastre poco cementate, massive, di spessore superiore al metro che in alcune aree vengono cavate come sabbie silicee.

Nelle alternanze arenaceo-argillose, dove si ha una notevole variabilità litologica, le caratteristiche tecniche dipendono dalla frequenza dei livelli arenacei, dalla loro continuità, oltre che dalla loro giacitura, dal grado di fratturazione e tettonizzazione. In particolare tali caratteristiche risultano da buone a discrete, soprattutto dove prevalgono i termini arenacei compatti.

Trattandosi di una successione di livelli pelitici e di banchi arenacei le caratteristiche di permeabilità e quelle di consistenza sono variabili: hanno permeabilità primaria bassa o nulla e permeabilità secondaria media in corrispondenza dei banchi arenacei fratturati; l'erodibilità risulta da bassa ad elevata in relazione alla frequenza dei livelli argillosi che, unitamente allo stato di tettonizzazione influenzano le condizioni generali di stabilità: le intercalazioni argillose fungono da lubrificante dando origine a fenomeni di scivolamento che si manifestano in corrispondenza di giaciture a franapoggio, mentre in corrispondenza

delle testate dei banchi arenacei, messe in rilievo dall'erosione, possono verificarsi fenomeni di crollo.

Argille Varicolori. Rappresentano un complesso caotico intensamente tettonizzato costituito da argille, argille marnose e marne varicolori, in prevalenza da grigio chiaro a rosso violaceo, talora anche verdognolo e bruno, caratterizzato dal fatto di inglobare abbondanti frammenti rocciosi di età e litologia diverse. Le masse argillose che costituiscono tale tipo litologico presentano di solito una microfauna assai ridotta e quasi sempre rimaneggiata, con mescolanze di specie di età diverse e sono per la maggior parte ridotte in scaglie minute, laminate, striate e contorte cosicché risulta impossibile individuare qualsiasi traccia della loro originaria stratificazione.

Il colore di tali argille è estremamente variabile; i colori più scuri appaiono frequenti laddove le argille sono più tettonizzate e presentano un ridotto o addirittura mancante scheletro sabbioso; se l'argilla diviene più marnosa o più sabbiosa il colore tende a divenire più chiaro. I due litotipi appaiono ovunque mescolati e senza alcun ordine apparente. La massa argillosa è sempre predominante e le scaglie di forma poliedrica, delimitate da superfici lucide spesso con tracce di talco e di dickite, sono a volte minute, a volte grossolane, talora plastiche. Ciò è dovuto alle vicissitudini geologiche che danno luogo ad un tale assetto caotico e ad una giacitura fortemente tettonizzata. Il grado di deformazione tettonica del materiale può essere diverso in punti della formazione molto prossimi, sicché a breve distanza accade di osservare l'argilla o tipicamente a scaglie ovvero laminata o addirittura foliacea e contorta. Gli olistoliti tettonicamente inglobati sono in particolare grossi lembi di quarzareniti, siltiti, calcareniti a Nummuliti, calcari con selce, calcari marnosi, marne e marne calcaree grigioverdastre; talvolta sono di grandi dimensioni fino a costituire affioramenti rocciosi che risultano però non radicati alla base. La loro distribuzione è quanto mai irregolare e conferisce alla formazione un aspetto di grande caoticità.

**COMPLESSO CALCARENITICO-MARNOSO (Oligocene- Miocene Medio)** Tale complesso comprende i terreni di natura calcarenitica e argilloso-marnosa pertinenti alla formazione delle Calcareniti Glauconitiche di Corleone ed i terreni di natura marnoso-argillosa pertinenti alle marne oligoceniche e mioceniche.

Calcareniti Glauconitiche di Corleone (Langhiano-Aquitano) Si tratta di un'alternanza di biocalcareniti e biocalciruditi più o meno glauconitiche, di colore giallastro e verdastro, in strati di spessore variabile, talora con stratificazione incrociata, bioturbazioni varie, passanti lateralmente a marne sabbiose glauconitiche di colore giallo- verdastro con subordinati sottili livelli di calcarenite glauconitica.

Le calcareniti presentano tessitura detritica con elementi rappresentati da gusci o frammenti di gusci calcarei micro e macrofossiliferi, denti di pesce, glauconite, fosfati, quarzo, frammenti minuti di natura calcilutitica; gli spazi internodulari sono occupati da matrice pelitica in percentuali variabili; il cemento è calcitico a mosaico, qualche volta prismatico radiale, frequentemente è glauconitico.

Le marne sabbiose contengono una elevata percentuale di frazione sabbiosa costituita di glauconite, quarzo, calcite. Nel suo complesso la formazione si presenta ben stratificata; le principali strutture sedimentarie sono date da stratificazione parallela piana o ondulata, incrociata piana o concava, canali di erosione; all'interno dei singoli strati si osservano laminazioni piane ed incrociate e bioturbazioni. In generale gli strati di calcarenite glauconitica si presentano di colore verde scuro e friabili dove è più elevata la percentuale di glauconite, di colore giallo bruno e più tenaci dove la glauconite è meno abbondante.

Presentano un grado di fratturazione medio alto, con piani di rottura variamente orientati, spesso normali alla stratificazione, tali da provocare una morfologia accidentata con alte pareti subverticali e talvolta a strapiombo.

Marne oligoceniche e mioceniche. Si tratta di marne sabbiose e argille più o meno siltose, di colore da grigio-verdastro a grigio rossastro e grigio cenere, contenenti concrezioni ferruginose e abbondante microfauna a foraminiferi, e di marne azzurre e grigie a foraminiferi planctonici con microfaune databili del Serravalliano-Tortoniano inf., note in letteratura geologica come Fm. delle Marne di San Cipirello. Sono presenti rare intercalazioni di microbreccie a macroforaminiferi nella parte bassa e intercalazioni di strati di calcarenite glauconitica nella parte alta.

**COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO-CONGLOMERATICO** (Tortoniano-Messiniano inf.). Tale complesso comprende la formazione argilloso-sabbioso-conglomeratica postorogena nota in letteratura come Formazione Terravecchia del Tortoniano-Messiniano inf. ed una formazione argillosa miocenica molto tettonizzata contenente esotici di varia natura; quest'ultima è costituita di sedimenti messisi in posto con la neotettonica per scivolamenti gravitativi verso zone più depresse. I terreni di tale complesso affiorano estesamente nella parte settentrionale ed orientale del bacino.

La litofacies pelitica della Fm Terravecchia è costituita di argille grigio-verdastre e grigie, argille sabbiose bruno-azzurastre, spesso con cristalli di gesso e con sottili livelli sabbiosi che ne marcano la stratificazione, argille verdi, dure a frattura concoide, argille marnose e marne, talora biancastre, con spalmature limonitiche, noduli di ferro mangesiferi e cristalli isolati di gesso. Si presentano giuntate e tettonizzate e i giunti di stratificazione sono talora marcati da sottili livelli sabbiosi.

La litofacies sabbioso-arenaceo-conglomeratica della Fm. Terravecchia è costituita in tutta la sua sequenza da un intervallo conglomeratico, passante verso l'alto ad arenarie, sabbie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille marnose e siltose, ricche di livelli sabbiosi di potenza variabile.

I conglomerati rappresentano la parte inferiore della Formazione Terravecchia tortoniana e costituiscono la copertura dei terreni orogenici settentrionali della Sicilia. Si tratta di conglomerati poligenici con clasti arrotondati di natura arenacea di provenienza flyschioide, carbonatica e metamorfica per lo più di alto grado. La litofacies sabbioso-arenacea è costituita da una potente serie di arenarie e sabbie debolmente cementate a granulometria variabile.

La permeabilità, di tipo primario, è elevata in presenza di potenti lenti sabbiose e conglomeratiche, tende a diminuire in corrispondenza delle intercalazioni sabbioso-siltose ed argillose.

**COMPLESSO EVAPORITICO (Messiniano)** Il complesso litologico in oggetto comprende le rocce appartenenti alla Serie Gessoso-Solfifera del Miocene sup. (Messiniano) affiorante in isolati lembi nella porzione centrale dell'area in studio.

La Serie Gessoso-Solfifera è una successione di sedimenti prevalentemente evaporitici, stratigraficamente compresi tra le argille e i conglomerati del Tortoniano e i Trubi del Pliocene inf., depositatisi in corrispondenza di una "crisi di salinità" che ha interessato l'area mediterranea.

La Serie Gessoso-Solfifera, schematicamente, è costituita dal basso verso l'alto da:

- Tripoli
- Calcare di base
- Gessi
- Sali
- Arenazzolo

Tripoli: le masse argilloso-sabbiose del Tortoniano verso l'alto passano gradualmente alle diatomiti bianche, tenere, terrose, leggere, contenenti una ricca ittiofauna, alternata talvolta a masse bianche a globigerine, oppure a banchi e lembi di una sabbia marnosa a grana fine. Entro tale formazione sono in parte intercalati lembi e straterelli di scisti bituminosi, in livelli di massimo 15 cm; in affioramento la formazione risulta composta di diatomiti candide alternate a marne calcaree biancogiallastre; il Tripoli presenta spessori massimi di circa 30 m e verso l'alto passa alla formazione del calcare solfifero (Calcare di base).

Calcare di base: generalmente la formazione calcareo-solfifera è formata da un calcare bianco e grigio chiaro, talora ben stratificato o in gran parte massivo, brecciato, fratturato, cavernoso e poroso. Sono frequenti a vari livelli intercalazioni ("partimenti") di spessore dell'ordine dei decimetri, argilloso- marnose, tripolacee e gessose, spesso fortemente bituminose. L'orizzonte calcareo si trova intercalato nella Serie Solfifera e la sua giacitura normale è quella interposta tra il Tripoli a letto ed i Gessi al tetto. Eccezionalmente si trovano piccole lenti di calcare solfifero all'interno delle masse gessose laddove queste sono molto spesse, a stratificazione irregolare, alterate e frammiste a terreni clastici.

Il calcare di base per eccellenza, cioè la formazione regolare tra Tripoli e Gessi, è normalmente disposta in banchi dello spessore di 1-2 m. Fra i diversi banchi sono intercalate marne grigie o variamente colorate ed anche tripolacee.

Nell'ambito della Serie Solfifera è possibile avere vari tipi di calcare di base e numerose sono le variazioni sia laterali che stratigrafiche.

Schematicamente è possibile distinguere alcuni tipi particolari che vanno dal calcare brecciato, variamente duro e compatto, al calcare cavernoso-brecciato, quindi al calcare cavernoso-spugnoso tipico, per poi passare al calcare marnoso ed alla marna.

Gessi: La formazione gessosa inizia generalmente con un brusco stacco, talora preceduta da alcuni centimetri di gessareniti calcaree fini e laminate di colore chiaro. I gessi si presentano in banchi apparentemente massicci, che raggiungono uno spessore fino a 20 m e sono costituiti da grossi cristalli di selenite geminata; essi si susseguono uno sopra l'altro, di norma senza intervalli pelitici. Gli ammassi gessosi appaiono smembrati in singole zolle separate, costituite da strati molto spesso verticali; lo smembramento si ritiene in relazione con la fase tetonica intramessiniana e vi ha contribuito evidentemente la relativa rigidità della formazione rispetto alle unità incassanti.

I sali della Serie Solfifera, sono in genere costituiti prevalentemente di salgemma, kainite, kieserite, carnallite e silvite.

Arenazzolo: è un deposito clastico di composizione arcossica, associato quasi costantemente alle evaporiti in tutta la Sicilia; il suo spessore è generalmente di qualche metro. Esso è costituito di sabbie grossolane con piccoli ciottoli e rocce metamorfiche, feldspato e quarzo. Nell'agrigentino è invece costituito da una marna siltosa e frequente biotite. E' considerato generalmente l'elemento basale della trasgressione pliocenica dei Trubi e sembra doversi attribuire ad ambiente continentale o lagunare. Tutta la sequenza gessoso-solfifera presenta diversità locali nella serie stratigrafica, che vengono interpretate come variazioni di facies legate soprattutto al relativo isolamento dei singoli bacini lagunari di deposizione ed alla loro diversa morfologia.

Le rocce in oggetto si presentano molto tettonizzate e fratturate, con evidente stratificazione solo nei tripoli; i calcari sono stratificati solo in qualche caso, ma in generale si presentano massicci come i gessi.

**COMPLESSO ARGILLOSO E MARNOSO (Pliocene inf.-Pleistocene)** Il complesso in oggetto comprende le formazioni argillose, argillo-marnose più o meno sabbiose e siltose del Pleistocene, le Argille Azzurre medio-plioceniche e le marne bianche a foraminiferi del Pliocene inf., note in letteratura come Trubi. Le Argille Azzurre e la formazione argilloso-marnoso-sabbiosa pelistocenica si sovrappongono stratigraficamente ai Trubi con spessori variabili da qualche decina di metri fino a 300-400 m.

Argille del Pleistocene: si presentano di colore grigio-azzurro, stratificate, con intercalazioni nei giunti di livelli sabbiosi centimetrici, compatte, dure, fessurate e preconsolidate. La tettonica che le ha coinvolte, di tipo distensivo, ha dato luogo a faglie dirette e a fratture verticali. Tali argille hanno subito una intensa erosione da parte degli agenti atmosferici che ha causato l'asportazione di gran parte della successione originaria. Dal punto di vista mineralogico, risultano costituite da uno scheletro formato da quarzo, feldspati, calcite e dolomite e sostanze carboniose, e da minerali argillosi in cui prevale illite, caolinite e montmorillonite.

Argille Azzurre del Pliocene medio: hanno spessori variabili dell'ordine di alcuni metri ad alcune centinaia di metri e sono costituite in prevalenza da argille marnose e siltose passanti a marne argillose di colore grigio e grigio-azzurro. Hanno frattura concoide e stratificazione indistinta, laddove non sono presenti intercalazioni sabbioso-arenacee grigio-giallastre.

Marne bianche a foraminiferi (Trubi) del Pliocene inf.: sovrapposte trasgressivamente ai terreni evaporitici della Serie Gessoso-Solfifera, sono costituiti da marne calcaree di colore bianco-crema, farinose, passanti talora a calcari marnosi o a marne argillose con tenori di carbonati dal 30% all'80%. La stratificazione è segnata dall'alternanza di livelli a maggiore tenore in carbonati con strati meno calcarei; è presente una diffusa fessurazione, in prismi variamente inclinati rispetto alla stratificazione e frequentemente subnormali ad

essa. Il tipo normale dei Trubi è una roccia terrosa bianco-crema, abbastanza friabile, con orbuline visibili. Più rari sono gli strati compatti bianco-crema di calcare grossolano quasi puro, sempre con foraminiferi visibili.

In generale tale complesso litologico presenta valori di permeabilità molto bassa per porosità e medio-bassa per fessurazione nei Trubi, in corrispondenza dei livelli più competenti fratturati.

Le argille presentano elevato grado di erodibilità, nei Trubi è invece scarso, tendente ad aumentare in relazione alla frazione argillosa. In generale sono presenti fenomeni di erosione diffusa, localmente con forme calanchive e dissesti.

**COMPLESSO CALCARENITICO-SABBIOSO** (Pliocene sup.-Pleistocene). Tale complesso comprende la formazione sabbioso-calcarenitica plio-pleistocenica presente in affioramento nelle aree a morfologia tabulare dove sorgono i centri abitati di Menfi, Partanna, Montevago e S. Margherita Belice.

Si tratta di calcareniti di colore giallastro o rossastro, ben cementate, a cemento calcareo, in sottili livelli e in grossi banchi, con intercalazioni di sabbie e talora sottili livelli sabbioso-limosi. Le calcareniti sono riccamente fossilifere e presentano una variabilità di facies sia nella successione stratigrafica che nei passaggi laterali; si possono presentare, infatti, grossolane, cavernose e ben cementate, talora invece a grana fina, ricche di sabbia quarzosa.

La permeabilità primaria risulta molto bassa, mentre la permeabilità secondaria, legata al grado di fessurazione, è da media a bassa.

**COMPLESSO DI ROCCE INCOERENTI** (Recente ed Attuale). Tale complesso comprende alluvioni ghiaioso-sabbiose e sabbioso-limose talora terrazzate, detriti di falda e depositi litorali.

Alluvioni ghiaioso-sabbiose e sabbioso-limose: si localizzano nelle aree di fondovalle con spessori variabili. Trattasi di depositi incoerenti sabbioso-ghiaiosi con subordinati lenti e livelli discontinui di limi e limi sabbiosi e depositi sabbioso-limosi con subordinati livelli di ghiaia.

Presentano in genere un assetto lenticolare embriciato. I clasti hanno spigoli arrotondati con grado di arrotondamento variabile a seconda del materiale di provenienza e composizione litologica diversa da punto a punto in funzione delle formazioni litologiche affioranti nei rispettivi bacini imbriferi.

Detrito di falda: è costituito di elementi a spigoli vivi di dimensioni variabili, talora misti a terre rosse residuali. Accumuli detritici si localizzano, in particolare, a valle dei rilievi calcarei e gessosi della serie evaporitica ed in prossimità dei centri abitati di Roccamena, Contessa Entellina, Montevago, Partanna e S. Margherita Belice.

Depositi litorali: sono presenti lungo la fascia costiera in corrispondenza dell'area di foce del fiume e sono costituiti da sabbia con stratificazione incrociata. La permeabilità di tali terreni è generalmente elevata nei depositi ghiaioso-sabbiosi e può ridursi localmente in funzione di maggiori percentuali di elementi fini; è da media a bassa nei depositi sabbioso-limosi in relazione al contenuto limoso. Si possono avere falde acquifere dove prevale il materiale grossolano e, dove questo si alterna ripetutamente con materiale più fino, è possibile riscontrare falde sospese sovrapposte.

## CONSIDERAZIONI SULL' AREA DI PROGETTO

Ai fini della definizione dell'assetto stratigrafico locale e della individuazione dei terreni di sedime dell'area di progetto è stato eseguito il rilievo di superficie approfondito, grazie agli affioramenti evidenti e si è fatto riferimento alle indagini geognostiche svolte. In base alla conoscenza che si ha dei luoghi e delle informazioni a disposizione derivanti dalla indagine sono stati definiti i parametri stratigrafici e geotecnici del sito oggetto degli interventi.

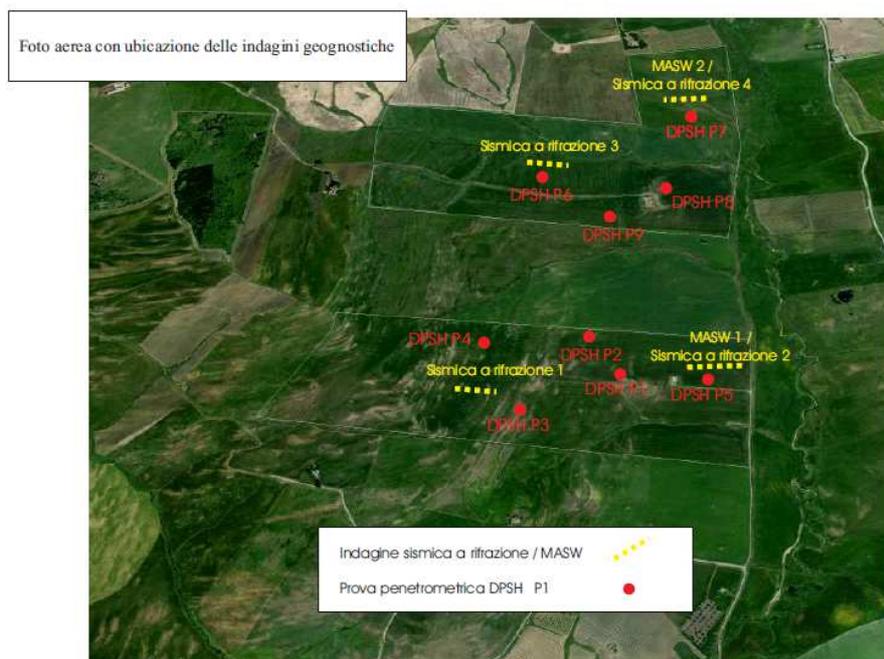


Foto aerea dell'area di progetto con ubicazione delle indagini svolte

La campagna investigativa è stata sviluppata secondo le seguenti modalità:

- n°9 prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH
- n°4 tomografie sismiche a rifrazione
- n°2 MASW

Le indagini hanno consentito l'esame diretto dei terreni attraversati grazie al quale si evince la costituzione litologica e stratigrafica dei diversi livelli, nonché la consistenza del materiale incontrato, mentre il comportamento geomeccanico dei litotipi è stato definito

mediante elaborazione ed interpretazione dei dati derivanti dalla elaborazione delle prove penetrometriche.

Le “Prove Penetrometriche dinamiche (DPSH)” sono state eseguite con penetrometro Sunda.

L’elaborazione è stata condotta dal sottoscritto utilizzando un appropriato software per l’interpretazione dei dati penetrometrici.

Si riportano in allegato:

- tabella del numero di colpi (Np) e dei valori di resistenza alla punta (Rpd)
- diagramma numero di colpi punta-Rpd
- tabella dell’elaborazione statistica e dei parametri geotecnici.

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Il dato ottenuto dalla prova è il numero dei colpi per l’infissione di 20 cm della punta (N20); essa viene fatta in maniera continua fino alla profondità desiderata o fino al raggiungimento del fondo scala quando si superano i 60 colpi per 20 cm.

In base alle prove penetrometriche, alle prospezioni simiche ed alla conoscenza dei luoghi sono stati definiti i parametri stratigrafici e geotecnici del sito oggetto degli interventi.

L’area su cui si sviluppa l’impianto, dal punto di vista litologico, è costituita da sedimenti argillosi sabbiosi con livelli arenacei tenaci.

Caratterizzazione stratigrafico-geotecnica:

Parametri geotecnici	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$c_u$ kN/m <sup>2</sup>	$c^I$ kPa	$\phi^I$ °	$E'$ MPa
Terreno di copertura Profondità 0.00 ÷ 0.50 m	17,0	Non idoneo			
Limi argillo-sabbiosi Profondità 0.50 ÷ 2.00 m	18,0	50	10	18	5
Argille limose sabbiose alterate Profondità 2.00 ÷ 4.00 m	18,5	90	15	21	10
Argille limose consistenti con livelli arenacei Profondità 4.00 m ÷ in poi	19,0	150	25	24	20

## ANALISI DELLA SISMICITA'

Il Comune di Piana Degli Albanesi rientra, secondo la classificazione dei D.M. 1981-1984, Ordinanza 3274/2003 e Classificazione Sismica Regione Sicilia, nelle zone sismiche di II Categoria.

Sono state eseguite n°2 indagini sismiche “MASW” rivolte ad accertare la velocità delle onde s nel substrato di progetto (Vedasi relazione allegata):

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C
----------------------------

Secondo le nuove “Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17 gennaio 2018 la successione della zona in studio appartiene alla **categoria di sottosuolo** indicata alla lettera **C**: “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di **Vs,30** compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < \text{NSPT}_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < \text{cu}_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

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

### Condizioni topografiche

Con riferimento alla tabella 3.2.IV delle nuove norme tecniche sulle costruzioni, considerando che il sito si trova su un territorio pianeggiante o debolmente acclive, la categoria topografica riferibile alla situazione dei luoghi di progetto può essere identificata T1:

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

### Valutazione del potenziale di liquefazione

La liquefazione, ovvero la perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche (caso di evento sismico), si verifica quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente sino ad eguagliare la pressione totale di confinamento annullando, quindi, gli sforzi efficaci rendendo il terreno simile ad un liquido viscoso. Questo fenomeno si verifica soprattutto nelle sabbie fini, sabbie limose e sabbie argillose sature di densità da media a bassa e con granulometria piuttosto uniforme.

Nell'area esaminata questi litotipi non sono presenti, si ritiene quindi di poter escludere fenomeni di liquefazione.

## CONCLUSIONI

Lo studio eseguito è stato focalizzato nel territorio comunale di Piana Degli Albanesi (Pa) in località Contrada S. Jencheria dove è prevista la realizzazione dell'impianto.

Lo scrivente ha proceduto alla redazione dell'elaborato sulla base di un'approfondita analisi dei dati raccolti in campagna a seguito del rilievo di superficie, esteso ad un'area più vasta rispetto a quella di progetto, grazie ai numerosi ed evidenti affioramenti ben visibili e da indagini geognostiche articolate in prove penetrometriche dinamiche pesanti, sismica a rifrazione e masw.

Sulla base di quanto fin qui esposto, dalle risultanze dei rilievi condotti e dai dati in possesso si può affermare che:

- Il sito di progetto dal punto di vista litologico è costituito da argille limo-sabbiose con livelli arenacei appartenenti alla Formazione del Flisch Numidico e da depositi sabbiosi e/o conglomeratici.
- L'area è molto ampia e risulta stabile per l'assenza di azioni morfogenetiche in atto, così come anche confermato dall'analisi del Piano per l'Assetto Idrogeologico, Bacino del Fiume Belice - foglio 608050, 607080 del P.A.I. di cui uno stralcio è allegato alla presente, nell'area dell'impianto sono classificati dissesti ed evidenziate zone a Rischio e Pericolosità Geomorfologica.
- Durante lo svolgimento delle verticali d'indagine non è stata intercettata la presenza di falda idrica fino a 6,20 m di profondità rispetto al piano campagna
- Sulla base delle risultanze della sismica eseguita è stato determinato il valore del parametro  $180 < V_{s30} < 360$  m/sec e pertanto secondo la Tab. 3.2.II del D.M. del 17/01/18 si stabilisce che i terreni dell'area in studio appartengono alla Categoria di sottosuolo C.

- In virtù del modesto impatto che le fondazioni dell'impianto comportano nel sottosuolo il naturale regime idrico superficiale e sotterraneo non viene compromesso dalla realizzazione delle opere in progetto. E' opportuno inserire nel contesto ambientale esistente l'intervento di progetto mantenendo le naturali, linee di deflusso delle acque di ruscellamento in modo da salvaguardare l'equilibrio morfologico.

In conclusione, a seguito delle risultanze dello studio effettuato e delle conoscenze acquisite sul territorio, si definisce la fattibilità del progetto per quanto attiene la compatibilità geologica, morfologica e idrogeologica.

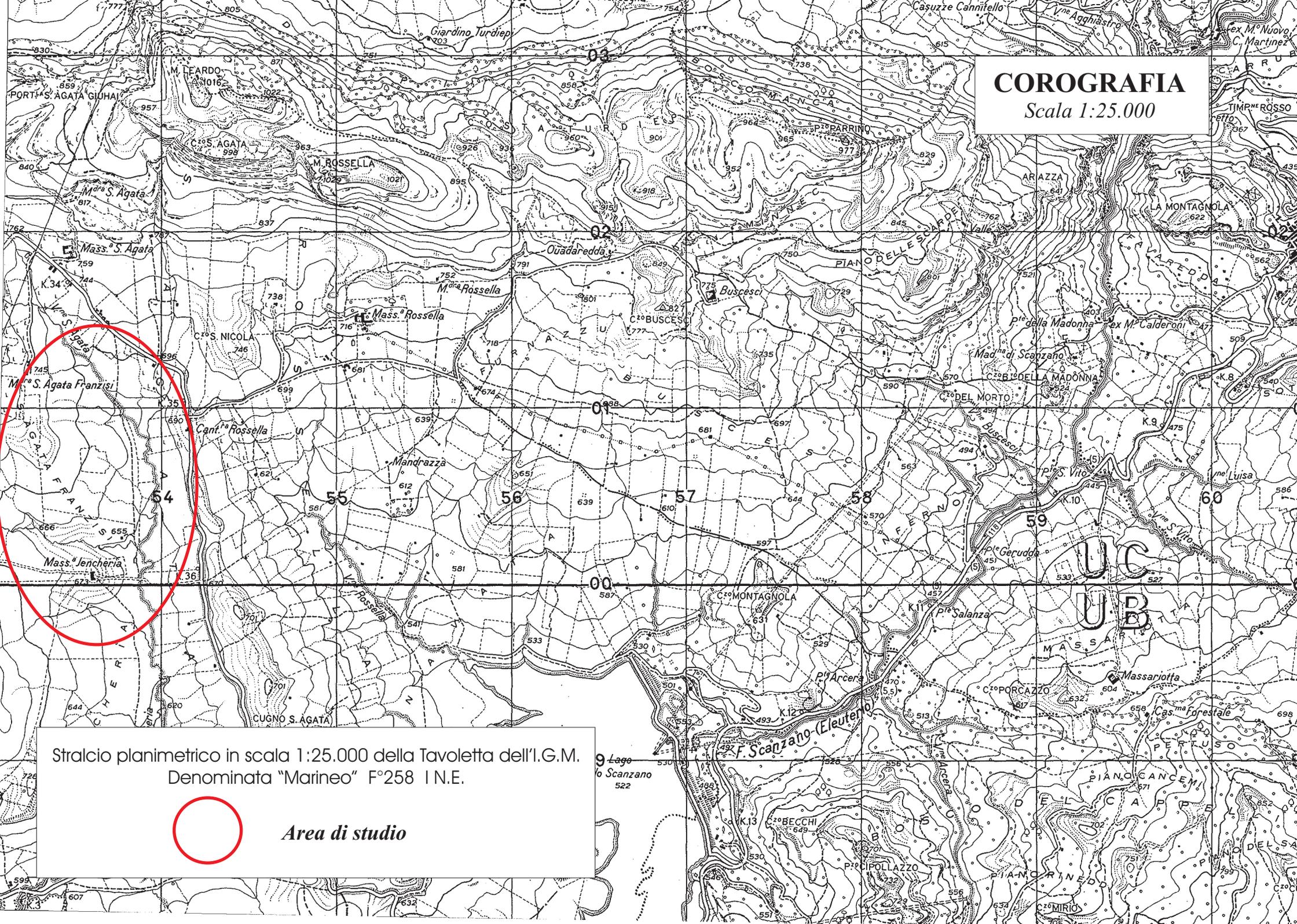
Agrigento, giugno 2021

Il Geologo  
Emerico Sciascia



# COROGRAFIA

Scala 1:25.000



Stralcio planimetrico in scala 1:25.000 della Tavoletta dell'I.G.M.  
Denominata "Marineo" F°258 I.N.E.



*Area di studio*



REPUBBLICA ITALIANA



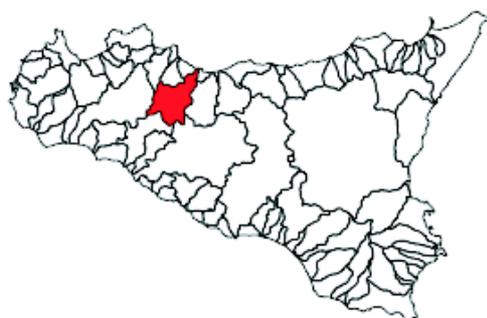
**Regione Siciliana**  
**Assessorato Territorio e Ambiente**

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

# Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II.)

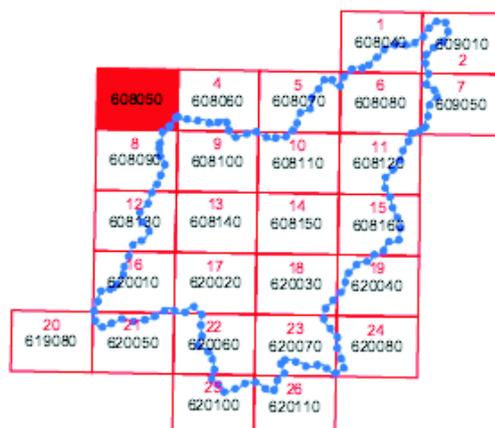
## Bacino Idrografico del Fiume San Leonardo (PA)



### CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N° 03

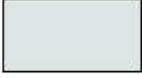
COMUNI DI  
GODRANO - MARINEO  
Scala 1:10.000

Maggio 2004

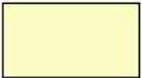


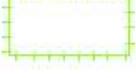
# LEGENDA

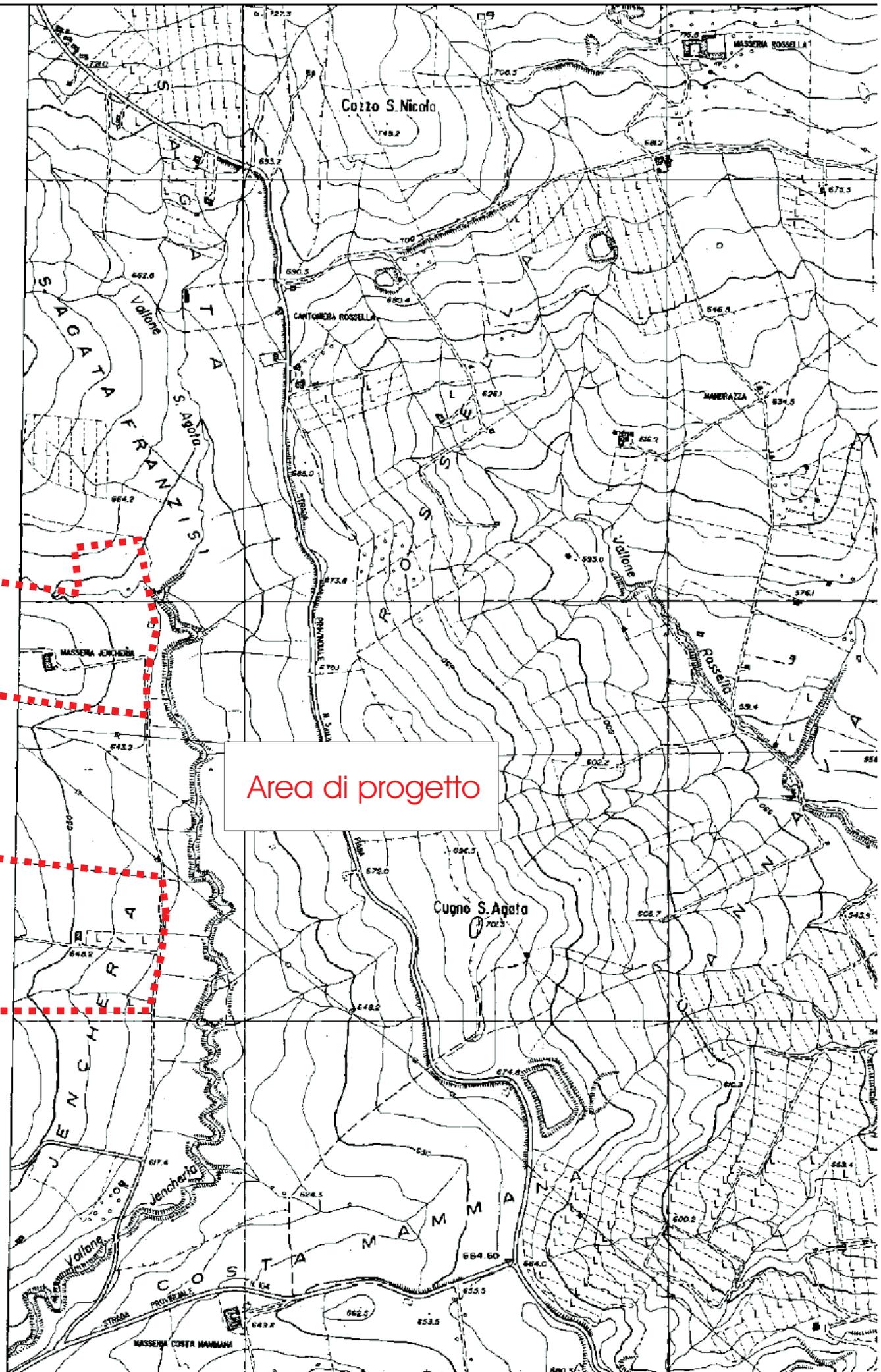
## LIVELLI DI PERICOLOSITA'

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

## LIVELLI DI RISCHIO

	R1 moderato
	R2 medio
	R3 elevato
	R4 molto elevato

	Limite bacino idrografico
	Limite comunale



Area di progetto

REPUBBLICA ITALIANA



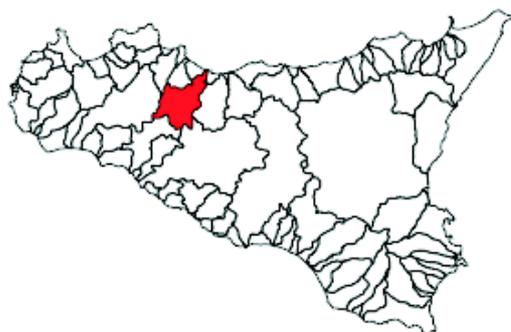
**Regione Siciliana**  
**Assessorato Territorio e Ambiente**

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE  
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO

# Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II.)

## Bacino Idrografico del Fiume San Leonardo (PA)

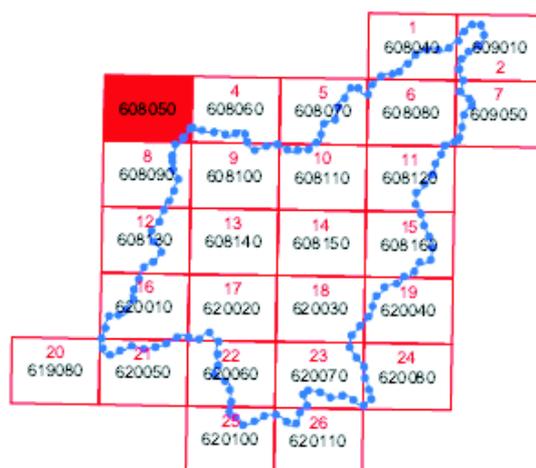


### CARTA DEI DISSESTI N° 03

COMUNI DI  
GODRANO - MARINEO

Scala 1:10.000

Maggio 2004



# LEGENDA

## FENOMENI FRANOSI



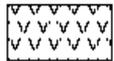
Crollo e/o ribaltamento



Colamento rapido



Sprofondamento



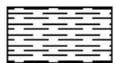
Scorrimento



Frana complessa



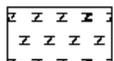
Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)



Colamento lento



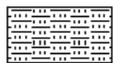
Area a franosità diffusa



Deformazione superficiale lenta



Calanco



Dissesti dovuti ad erosione accelerata



Sito d'attenzione

## STATO DI ATTIVITA'



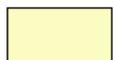
Attivo



Inattivo



Quiescente



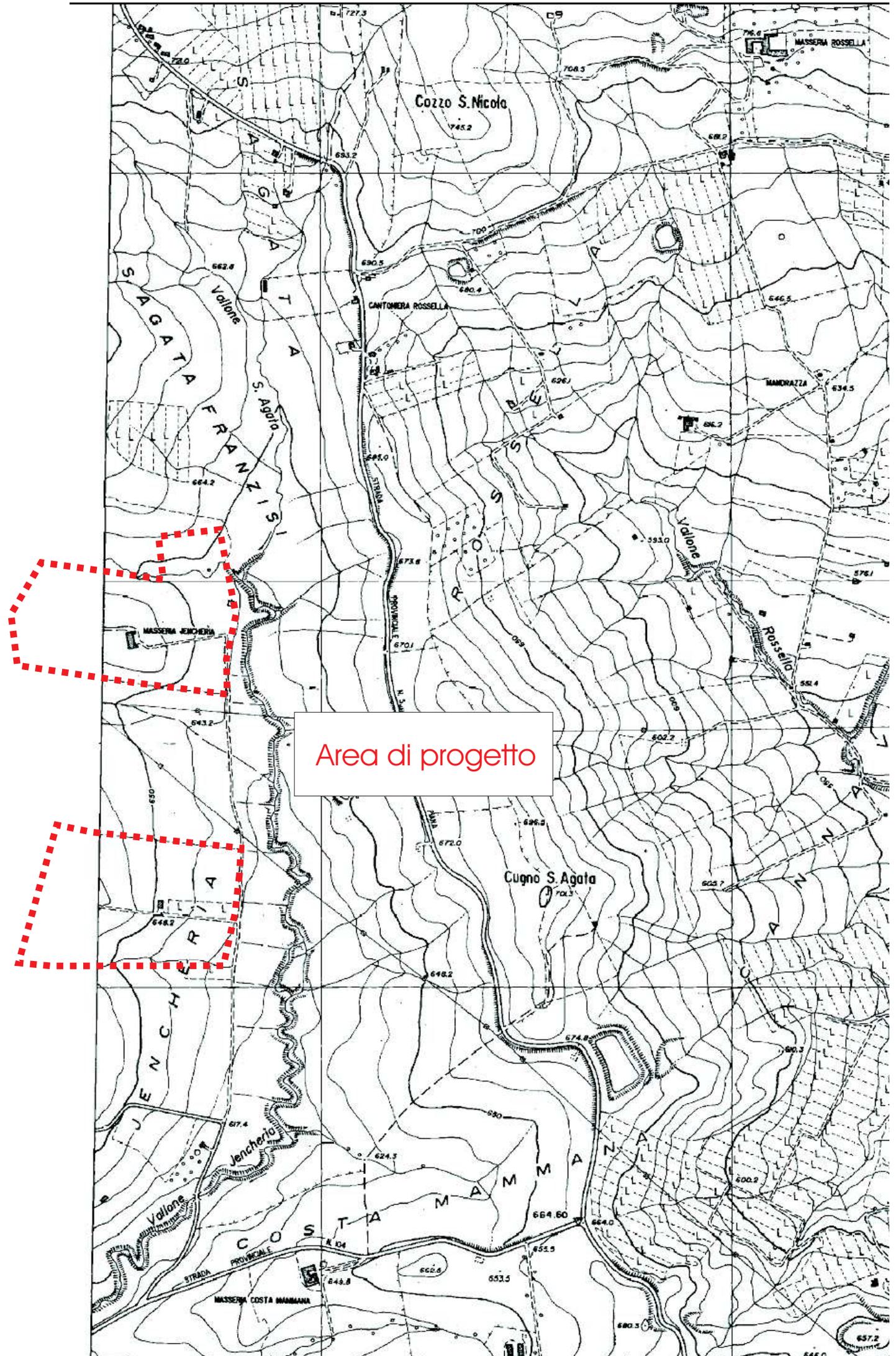
Stabilizzato artificialmente o naturalmente



Limite bacino idrografico



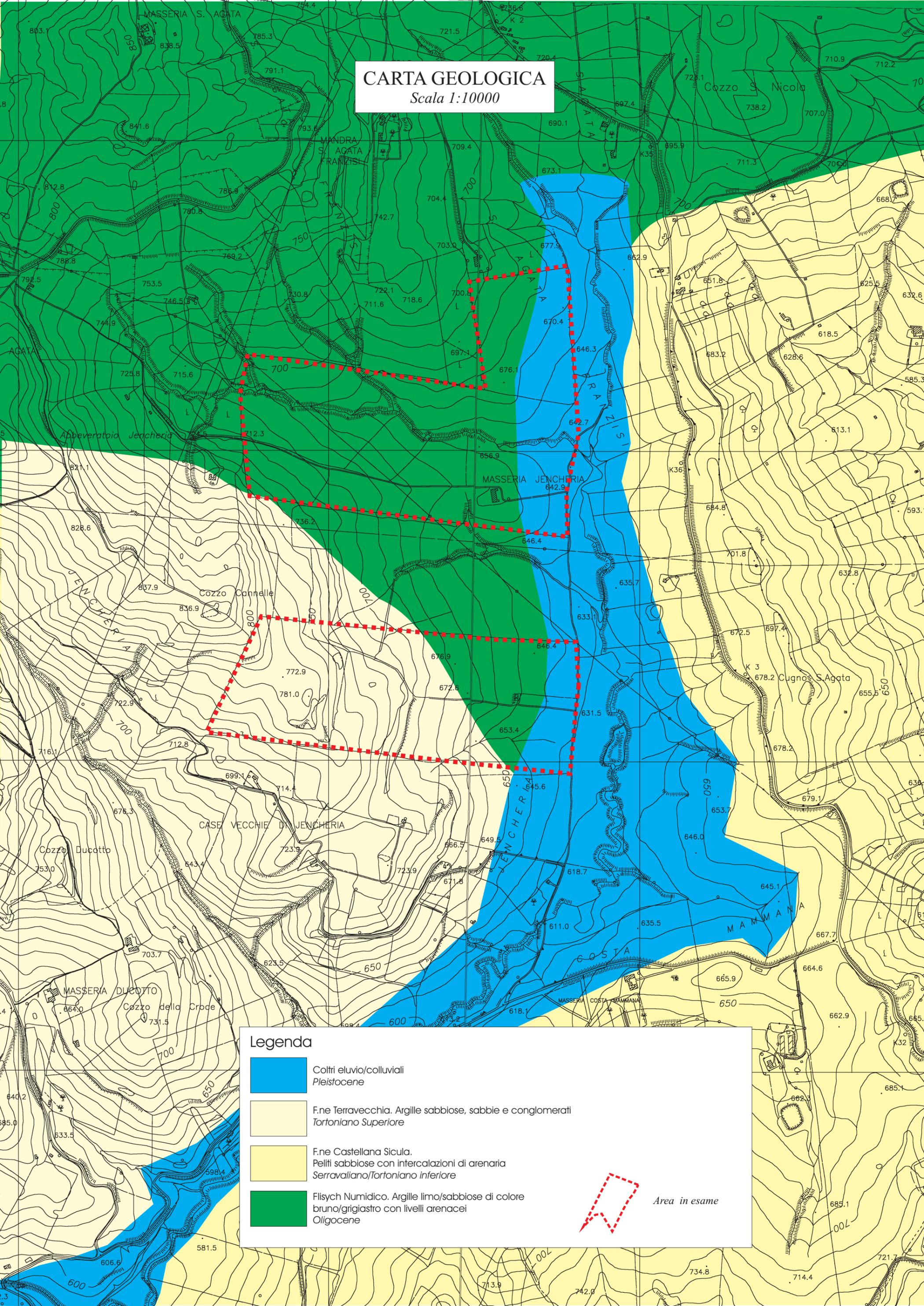
Limite comunale



Area di progetto

# CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10000

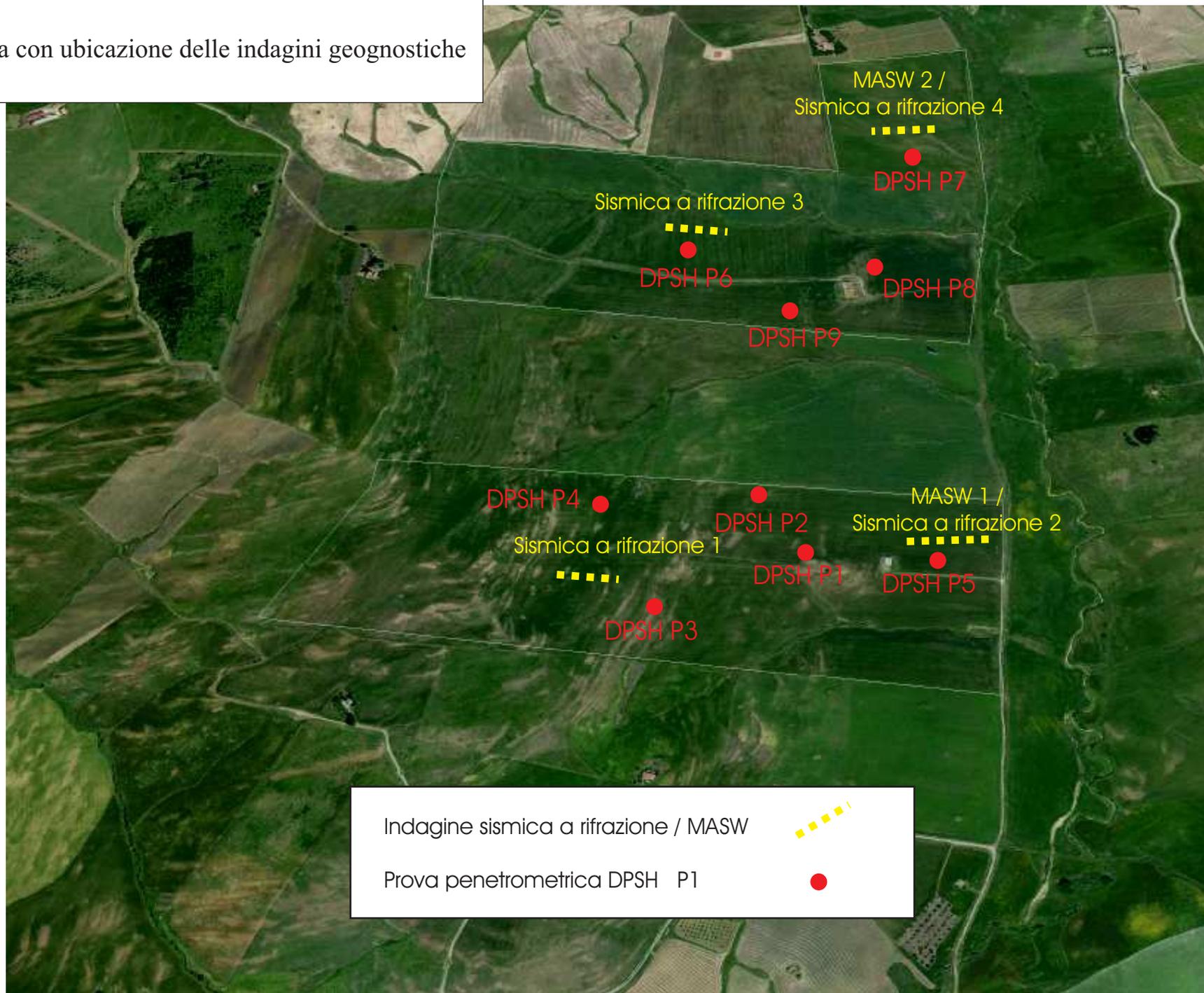


## Legenda

-  Coltri eluvio/colluviali  
*Pleistocene*
-  F.ne Terravecchia. Argille sabbiose, sabbie e conglomerati  
*Tortoniano Superiore*
-  F.ne Castellana Sicula.  
Peliti sabbiose con intercalazioni di arenaria  
*Serravallo/Tortoniano inferiore*
-  Flisch Numidico. Argille limo/sabbiose di colore  
bruno/grigiastro con livelli arenacei  
*Oligocene*

 Area in esame

Foto aerea con ubicazione delle indagini geognostiche





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI  
PROVINCIA DI PALERMO

GAMIAN CONSULTING

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 42 MW NEL COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI CONTRADA S. JENCHERIA.

Indagini geognostiche: PROVE PENETROMETRICHE DPSH



Geosonda Costruzioni Srl  
*Vincenzo Galvano*





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

#### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Peso Massa battente		63,5 Kg
Altezza di caduta libera		0,75 m
Peso sistema di battuta		8 Kg
Diametro punta conica		50,46 mm
Area di base punta		20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste		1 m
Peso aste a metro		6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta		0,80 m
Avanzamento punta		0,20 m
Numero colpi per punta		N(20)
Coeff. Correlazione	1,504	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta		90 °



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING)

*DPSH – DPM (... scpt ecc.)*

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

### Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante	DPSH	$M \geq 60$	25

#### Penetrometri in uso in Italia

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

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

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

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

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

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

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

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

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



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

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

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

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub>

Formula Olandesi

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

R<sub>pd</sub> = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 1

- committente :	Gamian	- data :	22/05/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	6	44,7	1	2,60 - 2,80	9	57,9	3
0,20 - 0,40	7	52,1	1	2,80 - 3,00	9	54,2	4
0,40 - 0,60	9	67,0	1	3,00 - 3,20	8	48,2	4
0,60 - 0,80	5	37,2	1	3,20 - 3,40	9	54,2	4
0,80 - 1,00	5	34,5	2	3,40 - 3,60	11	66,3	4
1,00 - 1,20	6	41,4	2	3,60 - 3,80	11	66,3	4
1,20 - 1,40	5	34,5	2	3,80 - 4,00	12	68,0	5
1,40 - 1,60	4	27,6	2	4,00 - 4,20	13	73,6	5
1,60 - 1,80	3	20,7	2	4,20 - 4,40	14	79,3	5
1,80 - 2,00	3	19,3	3	4,40 - 4,60	16	90,6	5
2,00 - 2,20	5	32,2	3	4,60 - 4,80	27	152,9	5
2,20 - 2,40	8	51,5	3	4,80 - 5,00	54	288,5	6
2,40 - 2,60	6	38,6	3	5,00 - 5,20	54	288,5	6



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

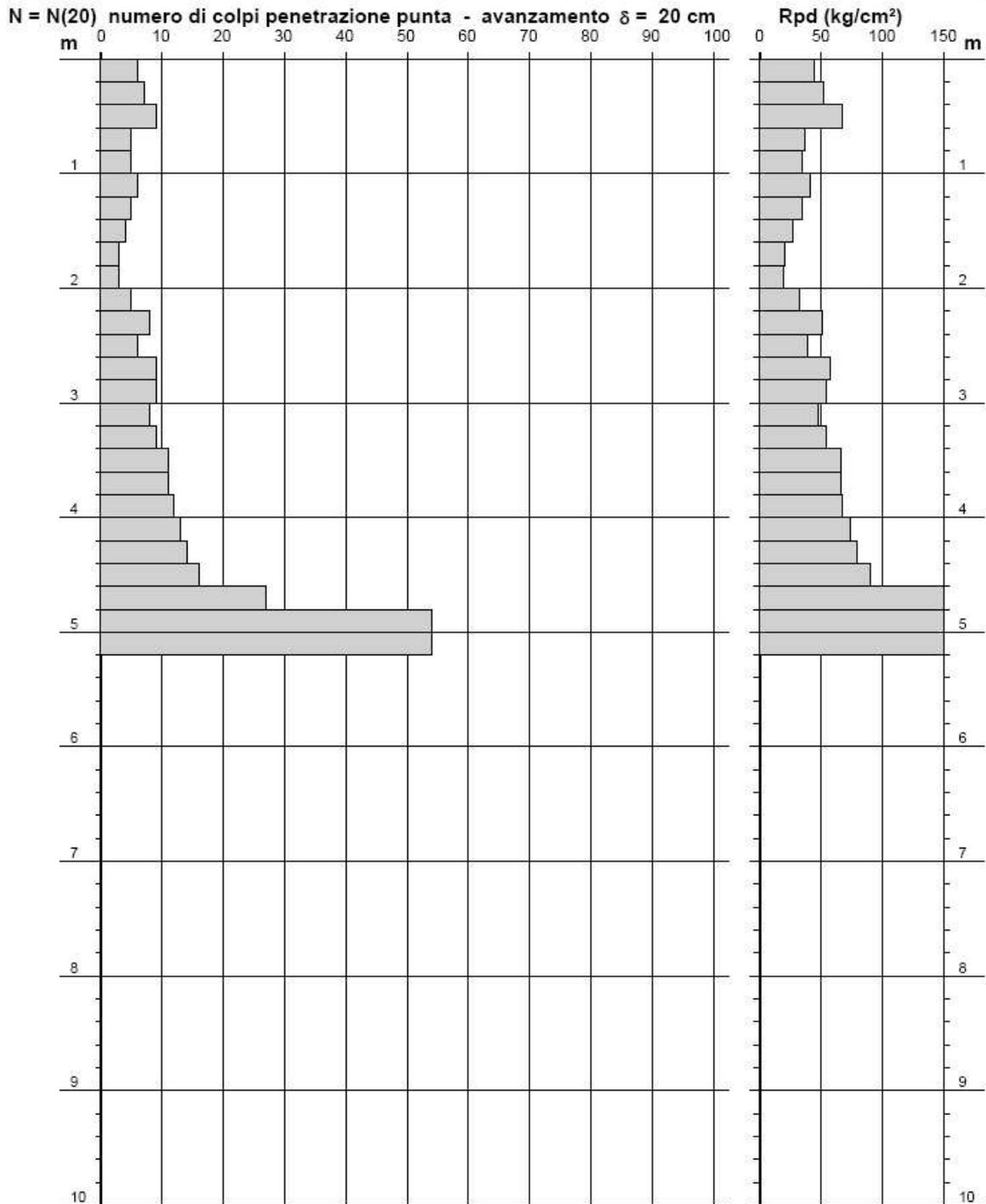
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

- committente : Gamian  
 - lavoro : Impianto fotovoltaico  
 - località : Piana Degli Albanesi  
 - note :

- data : 22/05/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente :	Gamian	- data :	22/05/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s				
0	0,00 0,20		0,0	0	0	0,0	---	---	---	0	0,00	0	

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA				
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	
----	0.00 0.20	Terreno di copertura	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.20 2.00	Argilla sabbiosa alterata	8	----	----	----	----	----	0.50	1.87	35	0.945	
3	2.00 4.60	Argilla sabbiosa cons	15	----	----	----	----	----	0.94	1.96	29	0.773	
4	4.60 5.20	Lapideo	68	----	----	----	----	----	4.25	2.60	02	0.061	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione P1



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 2

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 22/05/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

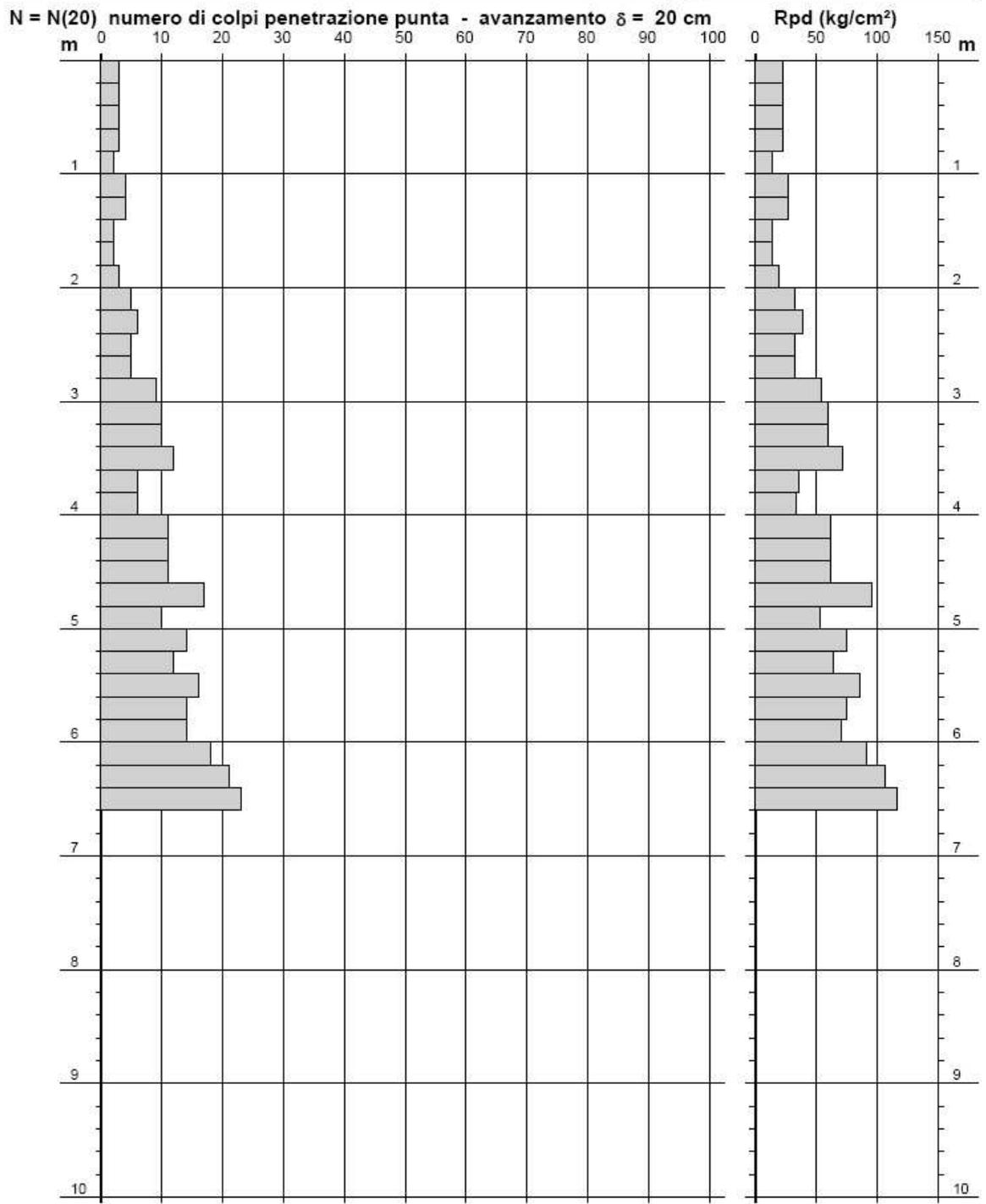
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	3	22,3	1	3,40 - 3,60	12	72,3	4
0,20 - 0,40	3	22,3	1	3,60 - 3,80	6	36,1	4
0,40 - 0,60	3	22,3	1	3,80 - 4,00	6	34,0	5
0,60 - 0,80	3	22,3	1	4,00 - 4,20	11	62,3	5
0,80 - 1,00	2	13,8	2	4,20 - 4,40	11	62,3	5
1,00 - 1,20	4	27,6	2	4,40 - 4,60	11	62,3	5
1,20 - 1,40	4	27,6	2	4,60 - 4,80	17	96,3	5
1,40 - 1,60	2	13,8	2	4,80 - 5,00	10	53,4	6
1,60 - 1,80	2	13,8	2	5,00 - 5,20	14	74,8	6
1,80 - 2,00	3	19,3	3	5,20 - 5,40	12	64,1	6
2,00 - 2,20	5	32,2	3	5,40 - 5,60	16	85,5	6
2,20 - 2,40	6	38,6	3	5,60 - 5,80	14	74,8	6
2,40 - 2,60	5	32,2	3	5,80 - 6,00	14	70,8	7
2,60 - 2,80	5	32,2	3	6,00 - 6,20	18	91,0	7
2,80 - 3,00	9	54,2	4	6,20 - 6,40	21	106,2	7
3,00 - 3,20	10	60,2	4	6,40 - 6,60	23	116,3	7
3,20 - 3,40	10	60,2	4				



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
 Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIN 2**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd** Scala 1: 50

- committente : Gamian	- data : 22/05/2021
- lavoro : Impianto fotovoltaico	- quota inizio :
- località : Piana Degli Albanesi	- prof. falda : Falda non rilevata
- note :	- pagina : 1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 22/05/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	3,0	3	3	3,0	----	----	----	3	1,52	5
		Rpd	22,3	22	22	22,3	----	----	----	22		
2	0,40 2,00	N	2,9	2	4	2,4	----	2,0	3,7	3	1,52	5
		Rpd	20,1	14	28	16,9	5,9	14,2	26,0	21		
3	2,00 5,00	N	8,9	5	17	7,0	3,4	5,5	12,3	9	1,52	14
		Rpd	52,6	32	96	42,4	18,4	34,1	71,0	53		
4	5,00 6,60	N	16,5	12	23	14,3	3,9	12,6	20,4	16	1,52	24
		Rpd	85,4	64	116	74,8	18,2	67,3	103,6	83		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40	Terreno di copertura	5	----	----	----	----	----	----	1.83	39	1.061
2	0.40 2.00	Limo argilloso	5	----	----	----	----	----	0.31	1.83	39	1.061
3	2.00 5.00	Argilla limo-sab alt	14	----	----	----	----	----	0.88	1.95	30	0.795
4	5.00 6.60	Argilla sabbiosa consistente	24	----	----	----	----	----	1.50	2.07	22	0.591

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione P2



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 3

- committente :	Gamian	- data :	22/05/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	4	29,8	1	2,60 - 2,80	31	199,5	3
0,20 - 0,40	13	96,8	1	2,80 - 3,00	28	168,7	4
0,40 - 0,60	18	134,1	1	3,00 - 3,20	28	168,7	4
0,60 - 0,80	20	149,0	1	3,20 - 3,40	27	162,7	4
0,80 - 1,00	21	145,0	2	3,40 - 3,60	30	180,7	4
1,00 - 1,20	18	124,3	2	3,60 - 3,80	25	150,6	4
1,20 - 1,40	16	110,5	2	3,80 - 4,00	28	158,6	5
1,40 - 1,60	17	117,4	2	4,00 - 4,20	26	147,2	5
1,60 - 1,80	21	145,0	2	4,20 - 4,40	30	169,9	5
1,80 - 2,00	18	115,8	3	4,40 - 4,60	32	181,2	5
2,00 - 2,20	19	122,3	3	4,60 - 4,80	34	192,6	5
2,20 - 2,40	26	167,3	3	4,80 - 5,00	36	192,4	6
2,40 - 2,60	19	122,3	3				



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

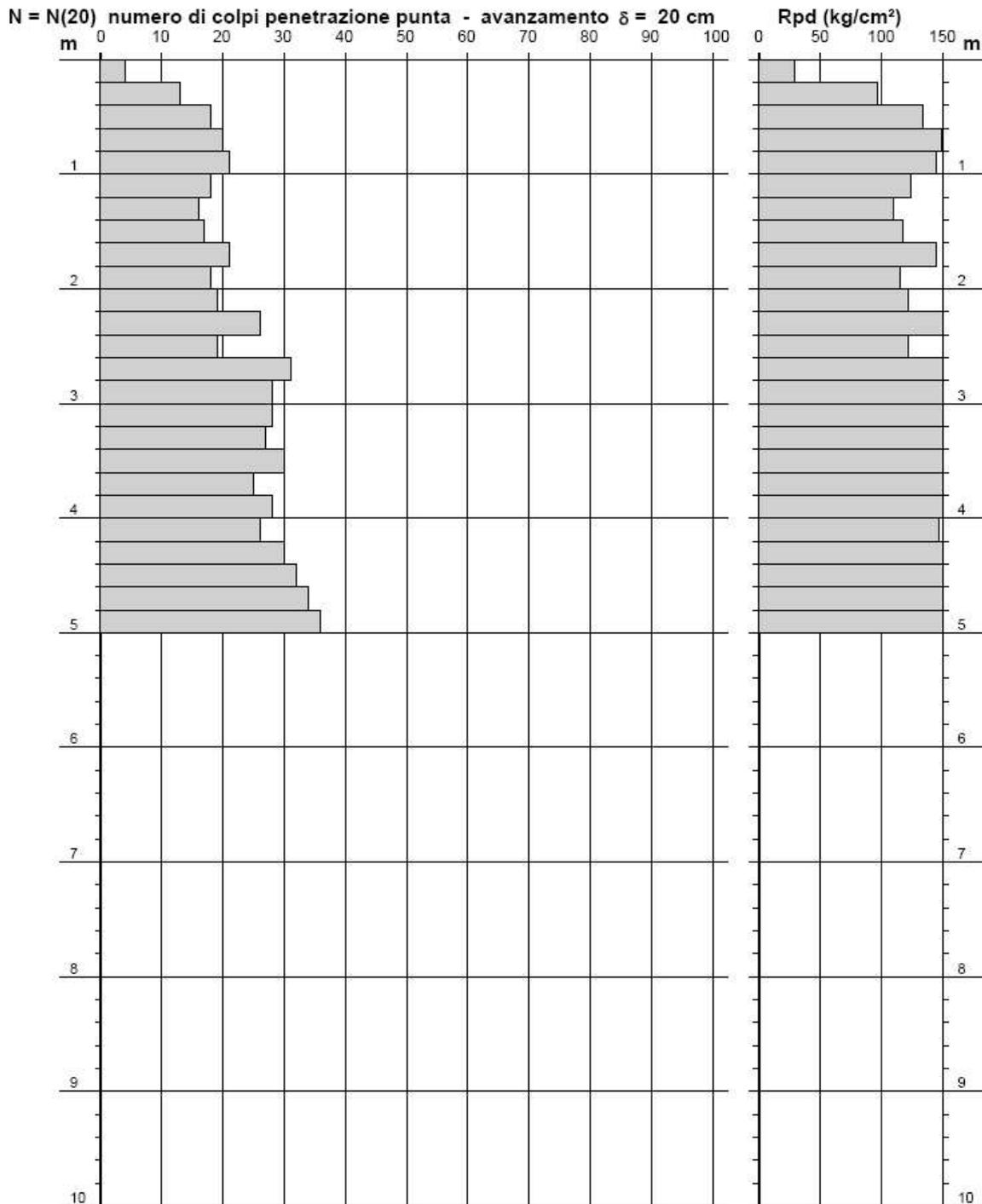
## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIN 3

### DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente :	Gamian	- data :	22/05/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

### DIN 3

- committente :	Gamian	- data :	22/05/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
0	0,00 0,20		0,0	0	0	0,0	----	----	----	0	0,00	0

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

### DIN 3

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
----	0.00 0.20	Terreno di copertura	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.20 2.60	Argilla sabbiosa consistente	27	----	----	----	----	----	1.69	2.10	20	0.539
3	2.60 5.00	Argilla sabbiosa molto consis	46	----	----	----	----	----	2.88	2.33	10	0.274

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione P3



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 4

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 30/06/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	6	44,7	1	2,20 - 2,40	3	19,3	3
0,20 - 0,40	5	37,2	1	2,40 - 2,60	3	19,3	3
0,40 - 0,60	6	44,7	1	2,60 - 2,80	2	12,9	3
0,60 - 0,80	6	44,7	1	2,80 - 3,00	3	18,1	4
0,80 - 1,00	5	34,5	2	3,00 - 3,20	7	42,2	4
1,00 - 1,20	6	41,4	2	3,20 - 3,40	10	60,2	4
1,20 - 1,40	3	20,7	2	3,40 - 3,60	13	78,3	4
1,40 - 1,60	3	20,7	2	3,60 - 3,80	24	144,6	4
1,60 - 1,80	3	20,7	2	3,80 - 4,00	31	175,6	5
1,80 - 2,00	4	25,7	3	4,00 - 4,20	33	186,9	5
2,00 - 2,20	3	19,3	3	4,20 - 4,40	47	266,2	5



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

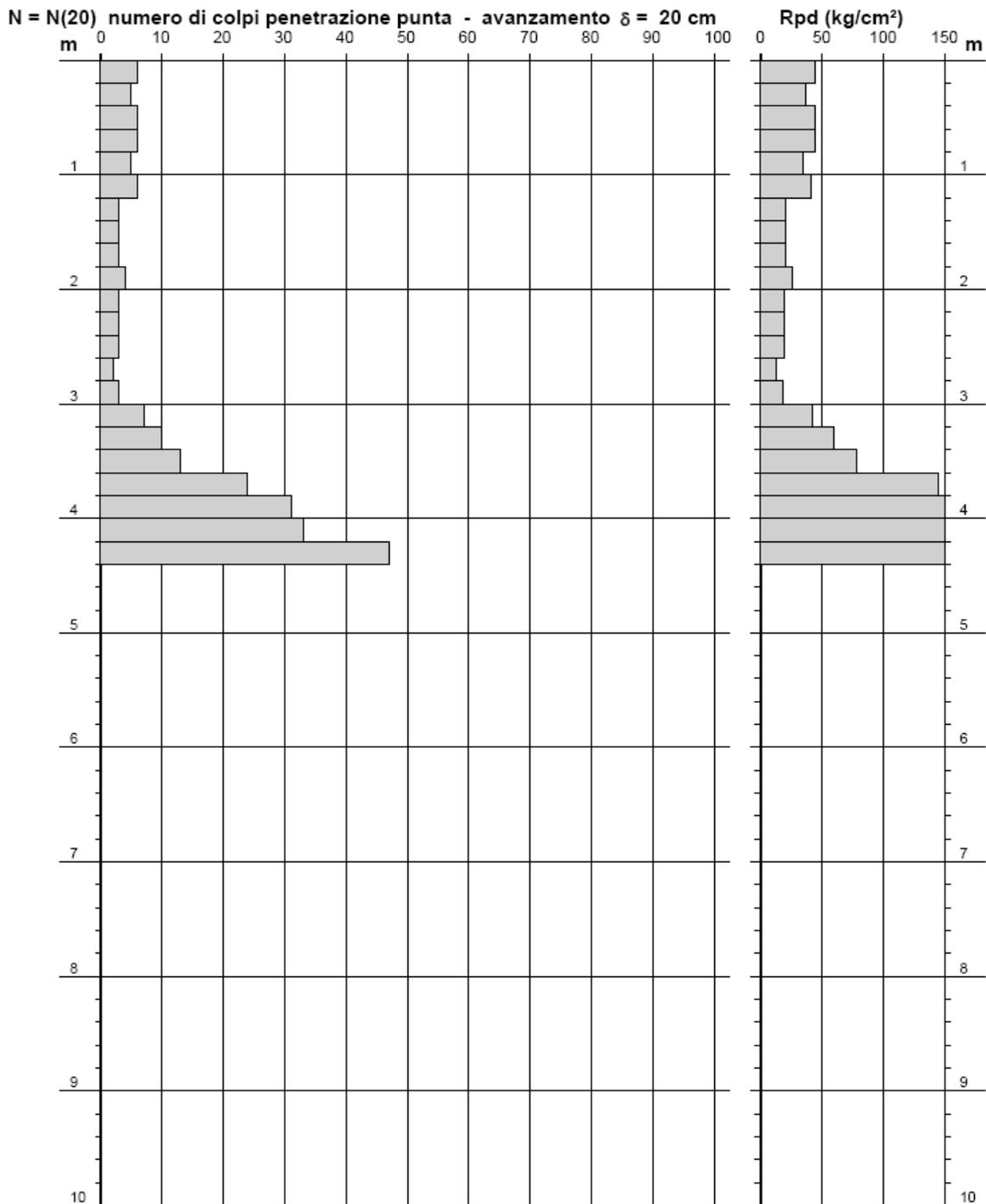
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 4**

Scala 1: 50

- committente : Gamian  
 - lavoro : Impianto fotovoltaico  
 - località : Piana Degli Albanesi  
 - note :

- data : 30/06/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : Gamian - data : 30/06/2021  
 - lavoro : Impianto fotovoltaico - quota inizio :  
 - località : Piana Degli Albanesi - prof. falda : Falda non rilevata  
 - note : - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s				
1	0,00 3,00	N	4,1	2	6	3,0	1,4	2,6	5,5	4	1,52	6	
		Rpd	28,3	13	45	20,6	11,5	16,7	39,8	28			
2	3,00 3,60	N	10,0	7	13	8,5	----	----	----	10	1,52	15	
		Rpd	60,2	42	78	51,2	----	----	----	60			
3	3,60 4,40	N	33,8	24	47	28,9	----	----	----	34	1,52	52	
		Rpd	193,3	145	266	168,9	----	----	----	194			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm ) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 3.00	Limo argilloso-sabb	6	----	----	----	----	----	0.38	1.85	37	1.000
2	3.00 3.60	Argilla sabbiosa	15	----	----	----	----	----	0.94	1.96	29	0.773
3	3.60 4.40	Argilla sabbiosa con lapidei	52	----	----	----	----	----	3.25	2.41	08	0.208

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 5

- committente :	Gamian	- data :	30/06/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	5	37,2	1	3,20 - 3,40	11	66,3	4
0,20 - 0,40	7	52,1	1	3,40 - 3,60	12	72,3	4
0,40 - 0,60	8	59,6	1	3,60 - 3,80	13	78,3	4
0,60 - 0,80	6	44,7	1	3,80 - 4,00	14	79,3	5
0,80 - 1,00	6	41,4	2	4,00 - 4,20	14	79,3	5
1,00 - 1,20	6	41,4	2	4,20 - 4,40	16	90,6	5
1,20 - 1,40	3	20,7	2	4,40 - 4,60	17	96,3	5
1,40 - 1,60	4	27,6	2	4,60 - 4,80	18	101,9	5
1,60 - 1,80	4	27,6	2	4,80 - 5,00	14	74,8	6
1,80 - 2,00	3	19,3	3	5,00 - 5,20	21	112,2	6
2,00 - 2,20	5	32,2	3	5,20 - 5,40	15	80,1	6
2,20 - 2,40	3	19,3	3	5,40 - 5,60	21	112,2	6
2,40 - 2,60	3	19,3	3	5,60 - 5,80	29	154,9	6
2,60 - 2,80	4	25,7	3	5,80 - 6,00	33	166,9	7
2,80 - 3,00	15	90,4	4	6,00 - 6,20	36	182,1	7
3,00 - 3,20	13	78,3	4				



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

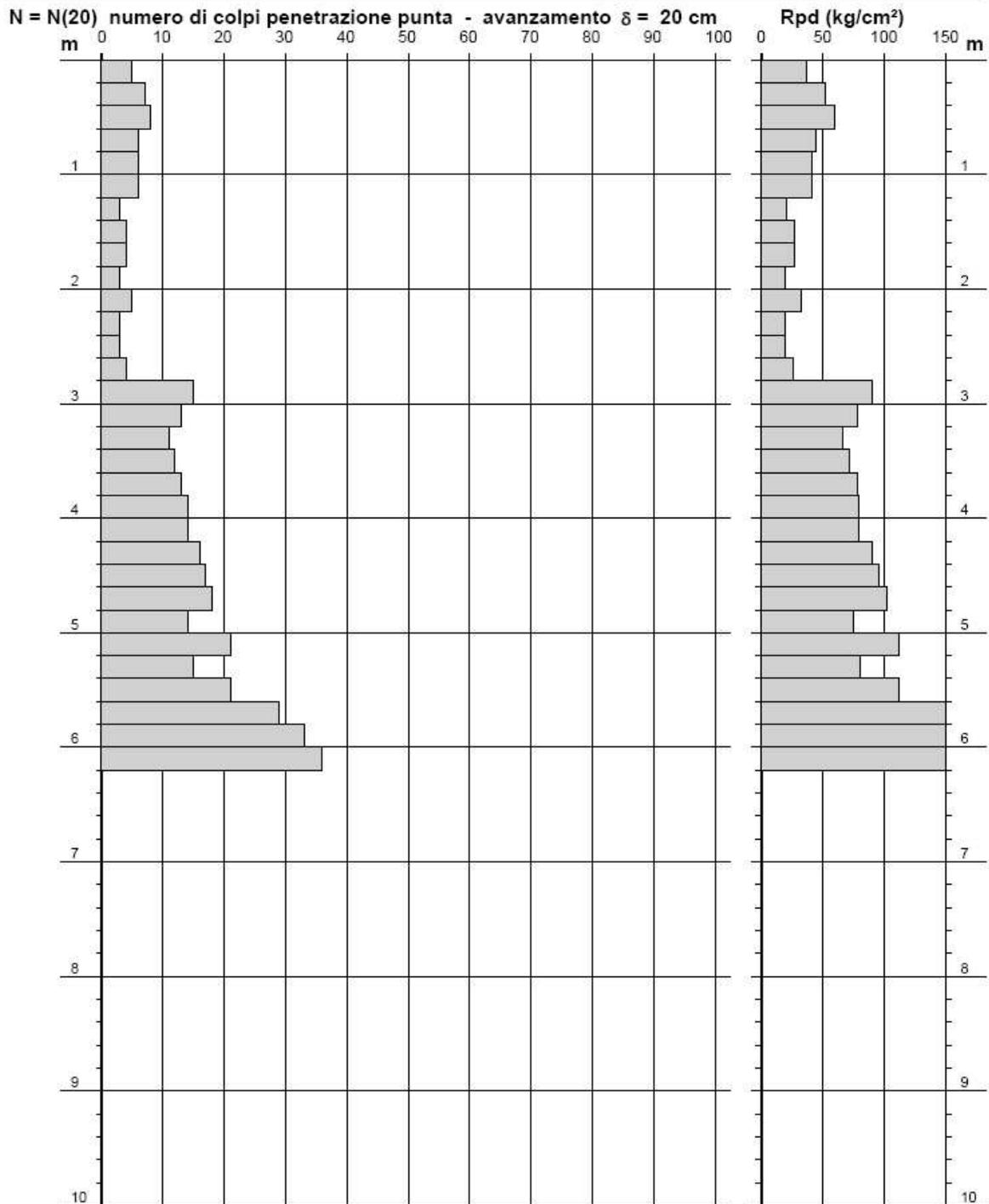
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 5**

Scala 1: 50

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 30/06/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

**DIN 5**

- committente : Gamian	- data : 30/06/2021
- lavoro : Impianto fotovoltaico	- quota inizio :
- località : Piana Degli Albanesi	- prof. falda : Falda non rilevata
- note :	- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	6,0	5	7	5,5	----	----	----	6	1,52	9
		Rpd	44,7	37	52	41,0	----	----	----	45		
2	0,40 2,80	N	4,6	3	8	3,8	1,6	3,0	6,2	5	1,52	8
		Rpd	31,6	19	60	25,4	12,7	18,8	44,3	34		
3	2,80 5,20	N	14,8	11	21	12,9	2,8	12,0	17,6	15	1,52	23
		Rpd	85,0	66	112	75,6	13,4	71,6	98,4	86		
4	5,20 6,20	N	26,8	15	36	20,9	----	----	----	27	1,52	41
		Rpd	139,2	80	182	109,7	----	----	----	140		

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

**DIN 5**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40	Terreno di copertura	9	----	----	----	----	----	----	1.89	34	0.918
		Limo argillo-sabbioso	8	----	----	----	----	----	0.50	1.87	35	0.945
3	2.80 5.20	Argilla sabbiosa	23	----	----	----	----	----	1.44	2.06	23	0.610
4	5.20 6.20	Argilla sabbiosa con inclusi	41	----	----	----	----	----	2.56	2.27	12	0.334

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione P5



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 6

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 30/06/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

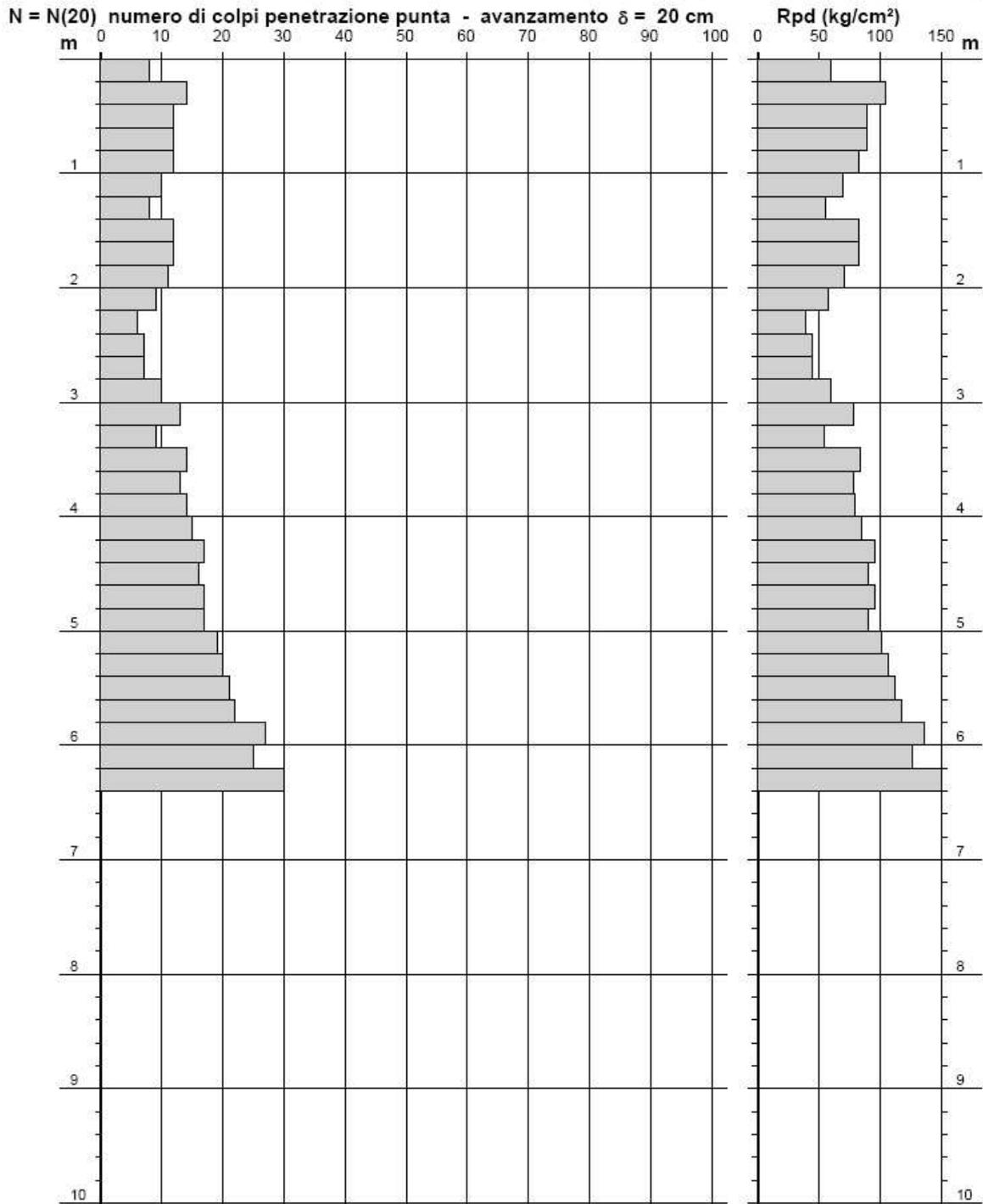
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	8	59,6	1	3,20 - 3,40	9	54,2	4
0,20 - 0,40	14	104,3	1	3,40 - 3,60	14	84,3	4
0,40 - 0,60	12	89,4	1	3,60 - 3,80	13	78,3	4
0,60 - 0,80	12	89,4	1	3,80 - 4,00	14	79,3	5
0,80 - 1,00	12	82,9	2	4,00 - 4,20	15	84,9	5
1,00 - 1,20	10	69,0	2	4,20 - 4,40	17	96,3	5
1,20 - 1,40	8	55,2	2	4,40 - 4,60	16	90,6	5
1,40 - 1,60	12	82,9	2	4,60 - 4,80	17	96,3	5
1,60 - 1,80	12	82,9	2	4,80 - 5,00	17	90,8	6
1,80 - 2,00	11	70,8	3	5,00 - 5,20	19	101,5	6
2,00 - 2,20	9	57,9	3	5,20 - 5,40	20	106,9	6
2,20 - 2,40	6	38,6	3	5,40 - 5,60	21	112,2	6
2,40 - 2,60	7	45,0	3	5,60 - 5,80	22	117,5	6
2,60 - 2,80	7	45,0	3	5,80 - 6,00	27	136,5	7
2,80 - 3,00	10	60,2	4	6,00 - 6,20	25	126,4	7
3,00 - 3,20	13	78,3	4	6,20 - 6,40	30	151,7	7



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIN 6**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd** Scala 1: 50

- committente : Gamian	- data : 30/06/2021
- lavoro : Impianto fotovoltaico	- quota inizio :
- località : Piana Degli Albanesi	- prof. falda : Falda non rilevata
- note :	- pagina : 1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- committente :	Gamian	- data :	30/06/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
0	0,00 0,20		0,0	0	0	0,0	---	---	---	0	0,00	0

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 6

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA				
				DR	$\theta'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	
---	0.00 0.20	Terreno di copertura	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0.20 3.40	Argilla sabbiosa	15	---	---	---	---	---	---	0.94	1.96	29	0.773
3	3.40 6.40	Argilla sabbiosa con lapidei	29	---	---	---	---	---	---	1.81	2.13	19	0.506

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\theta'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione P6



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 7

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 30/06/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	5	37,2	1	2,80 - 3,00	5	30,1	4
0,20 - 0,40	8	59,6	1	3,00 - 3,20	7	42,2	4
0,40 - 0,60	8	59,6	1	3,20 - 3,40	10	60,2	4
0,60 - 0,80	5	37,2	1	3,40 - 3,60	9	54,2	4
0,80 - 1,00	6	41,4	2	3,60 - 3,80	12	72,3	4
1,00 - 1,20	4	27,6	2	3,80 - 4,00	12	68,0	5
1,20 - 1,40	4	27,6	2	4,00 - 4,20	12	68,0	5
1,40 - 1,60	6	41,4	2	4,20 - 4,40	18	101,9	5
1,60 - 1,80	6	41,4	2	4,40 - 4,60	19	107,6	5
1,80 - 2,00	7	45,0	3	4,60 - 4,80	20	113,3	5
2,00 - 2,20	6	38,6	3	4,80 - 5,00	22	117,5	6
2,20 - 2,40	7	45,0	3	5,00 - 5,20	26	138,9	6
2,40 - 2,60	8	51,5	3	5,20 - 5,40	35	187,0	6
2,60 - 2,80	8	51,5	3				



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

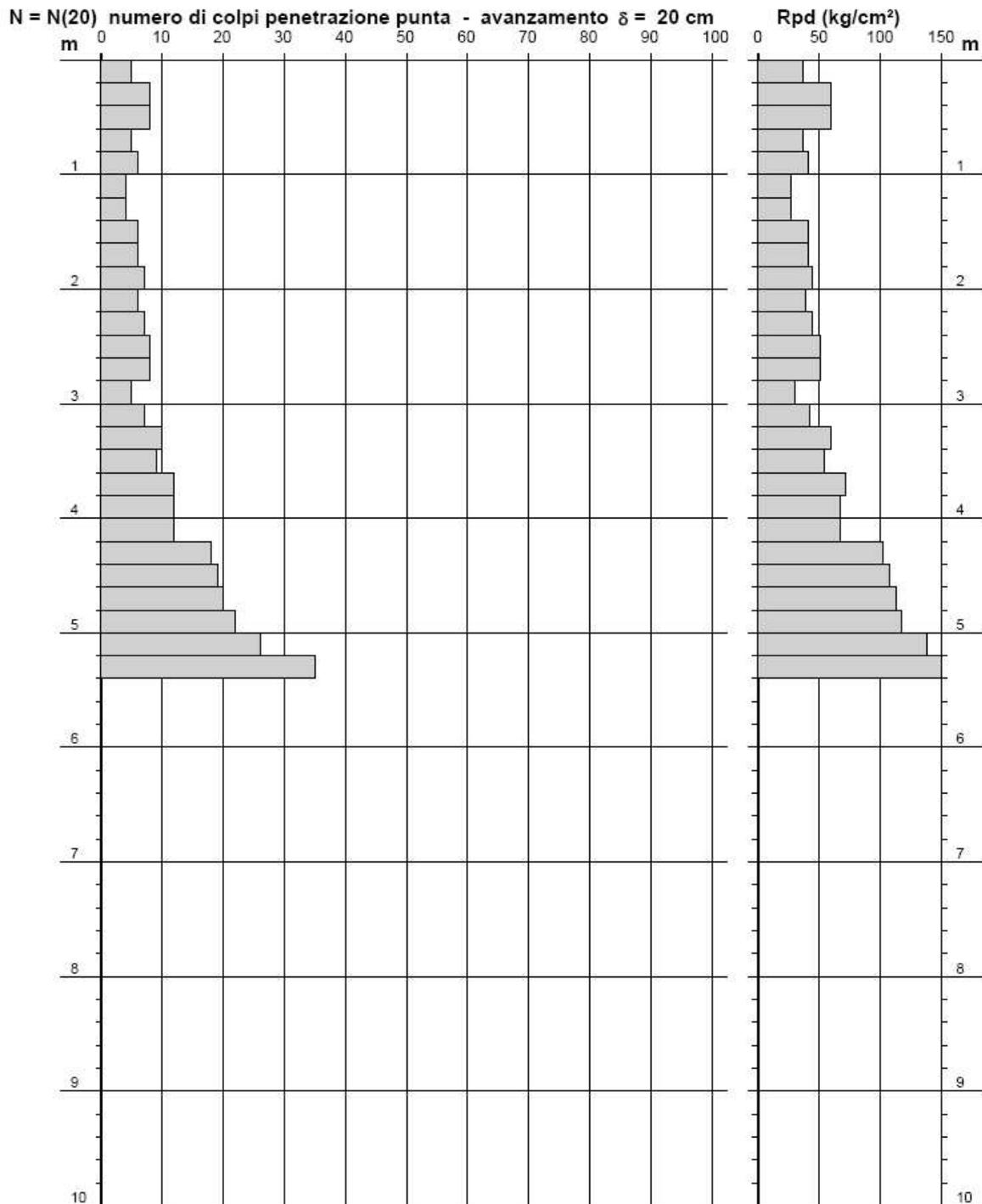
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 7**

Scala 1: 50

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 30/06/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 7

- committente : Gamian  
- lavoro : Impianto fotovoltaico  
- località : Piana Degli Albanesi  
- note :

- data : 30/06/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	6,5	5	8	5,8	---	---	---	6	1,52	9
		Rpd	48,4	37	60	42,8	---	---	---	45		
2	0,40 3,20	N	6,2	4	8	5,1	1,4	4,8	7,6	6	1,52	9
		Rpd	41,4	28	60	34,5	9,2	32,3	50,6	40		
3	3,20 5,40	N	17,7	9	35	13,4	7,9	9,8	25,6	18	1,52	27
		Rpd	99,0	54	187	76,6	40,1	58,8	139,1	101		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta ( $kg/cm^2$ )  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 7

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40	Terreno di copertura	9	---	---	---	---	---	---	1.89	34	0.918
2	0.40 3.20	Argilla sabbiosa alterata	9	---	---	---	---	---	0.56	1.89	34	0.918
3	3.20 5.40	Argilla sabbiosa	27	---	---	---	---	---	1.69	2.10	20	0.539

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' ( $kg/cm^2$ ) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu ( $kg/cm^2$ ) = coesione non drenata Ysat, Yd ( $t/m^3$ ) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione P7



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

### DIN 8

- committente :	Gamian	- data :	30/06/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	2	14,9	1	2,80 - 3,00	14	84,3	4
0,20 - 0,40	4	29,8	1	3,00 - 3,20	22	132,5	4
0,40 - 0,60	8	59,6	1	3,20 - 3,40	13	78,3	4
0,60 - 0,80	9	67,0	1	3,40 - 3,60	16	96,4	4
0,80 - 1,00	9	62,1	2	3,60 - 3,80	17	102,4	4
1,00 - 1,20	8	55,2	2	3,80 - 4,00	18	101,9	5
1,20 - 1,40	8	55,2	2	4,00 - 4,20	21	118,9	5
1,40 - 1,60	7	48,3	2	4,20 - 4,40	25	141,6	5
1,60 - 1,80	9	62,1	2	4,40 - 4,60	21	118,9	5
1,80 - 2,00	8	51,5	3	4,60 - 4,80	18	101,9	5
2,00 - 2,20	9	57,9	3	4,80 - 5,00	19	101,5	6
2,20 - 2,40	8	51,5	3	5,00 - 5,20	27	144,3	6
2,40 - 2,60	6	38,6	3	5,20 - 5,40	31	165,6	6
2,60 - 2,80	9	57,9	3	5,40 - 5,60	28	149,6	6



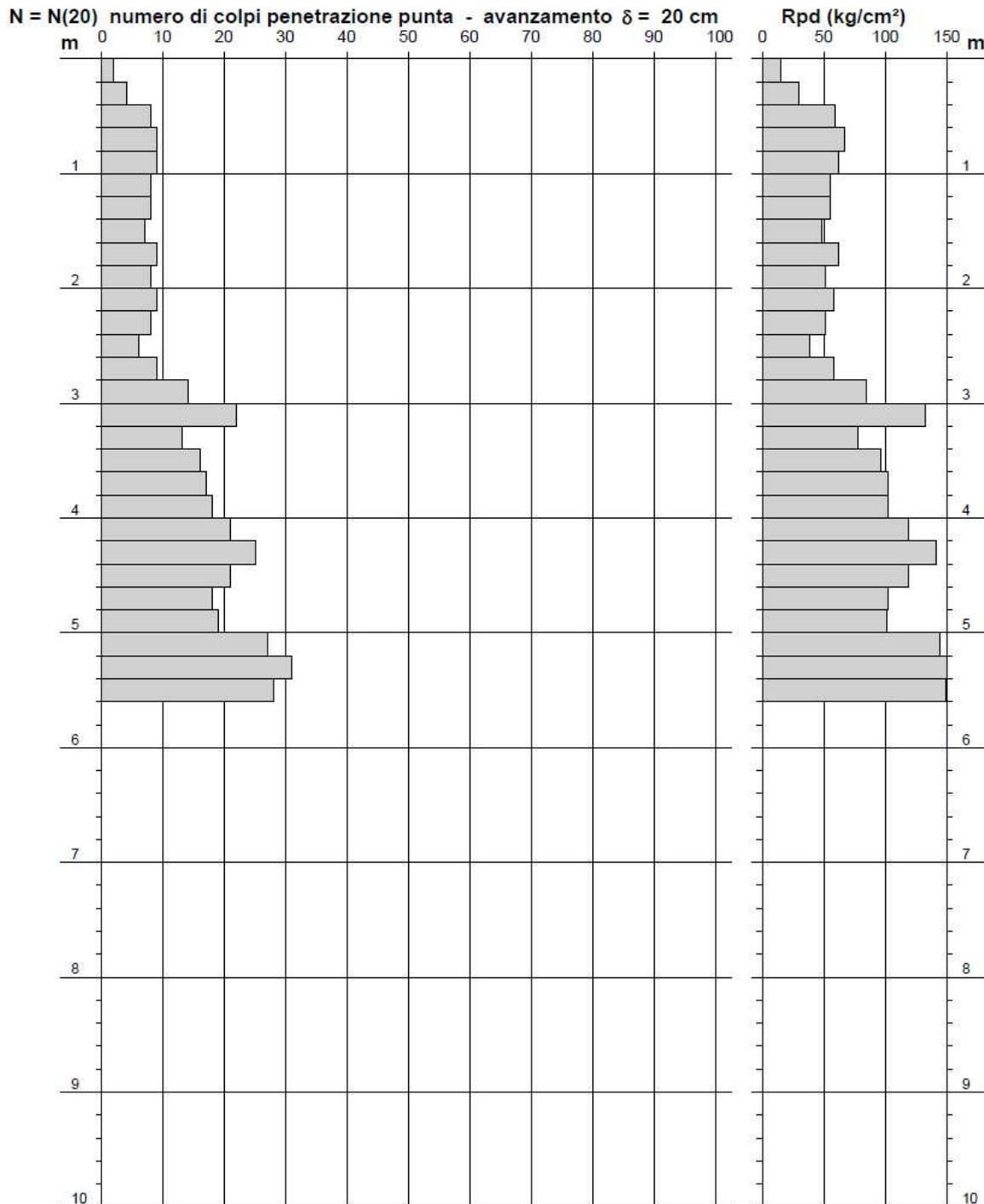
Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati  
Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 8**

Scala 1: 50

- committente :	Gamian	- data :	30/06/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 8

- committente : Gamian  
 - lavoro : Impianto fotovoltaico  
 - località : Piana Degli Albanesi  
 - note :  
 - data : 30/06/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	3,0	2	4	2,5	---	---	---	3	1,52	5
		Rpd	22,3	15	30	18,6	---	---	---			
2	0,40 2,80	N	8,2	6	9	7,1	---	7,2	9,1	8	1,52	12
		Rpd	55,6	39	67	47,1	7,5	48,1	63,1			
3	2,80 5,60	N	20,7	13	31	16,9	5,4	15,3	26,1	21	1,52	32
		Rpd	117,0	78	166	97,7	26,2	90,8	143,2			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 8

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40	Terreno di copertura	5	---	---	---	---	---	---	1.83	39	1.061
2	0.40 2.80	Argilla sabbiosa alterata	12	---	---	---	---	---	0.75	1.92	31	0.842
3	2.80 5.60	Argilla sabbiosa consistente	32	---	---	---	---	---	2.00	2.17	17	0.459

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

- committente :	Gamian	- data :	30/06/2021
- lavoro :	Impianto fotovoltaico	- quota inizio :	
- località :	Piana Degli Albanesi	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,20	3	22,3	1	2,20 - 2,40	6	38,6	3
0,20 - 0,40	2	14,9	1	2,40 - 2,60	14	90,1	3
0,40 - 0,60	6	44,7	1	2,60 - 2,80	11	70,8	3
0,60 - 0,80	7	52,1	1	2,80 - 3,00	16	96,4	4
0,80 - 1,00	5	34,5	2	3,00 - 3,20	14	84,3	4
1,00 - 1,20	8	55,2	2	3,20 - 3,40	13	78,3	4
1,20 - 1,40	8	55,2	2	3,40 - 3,60	15	90,4	4
1,40 - 1,60	9	62,1	2	3,60 - 3,80	14	84,3	4
1,60 - 1,80	9	62,1	2	3,80 - 4,00	16	90,6	5
1,80 - 2,00	8	51,5	3	4,00 - 4,20	18	101,9	5
2,00 - 2,20	7	45,0	3	4,20 - 4,40	50	283,2	5



Attraversamenti in sottterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

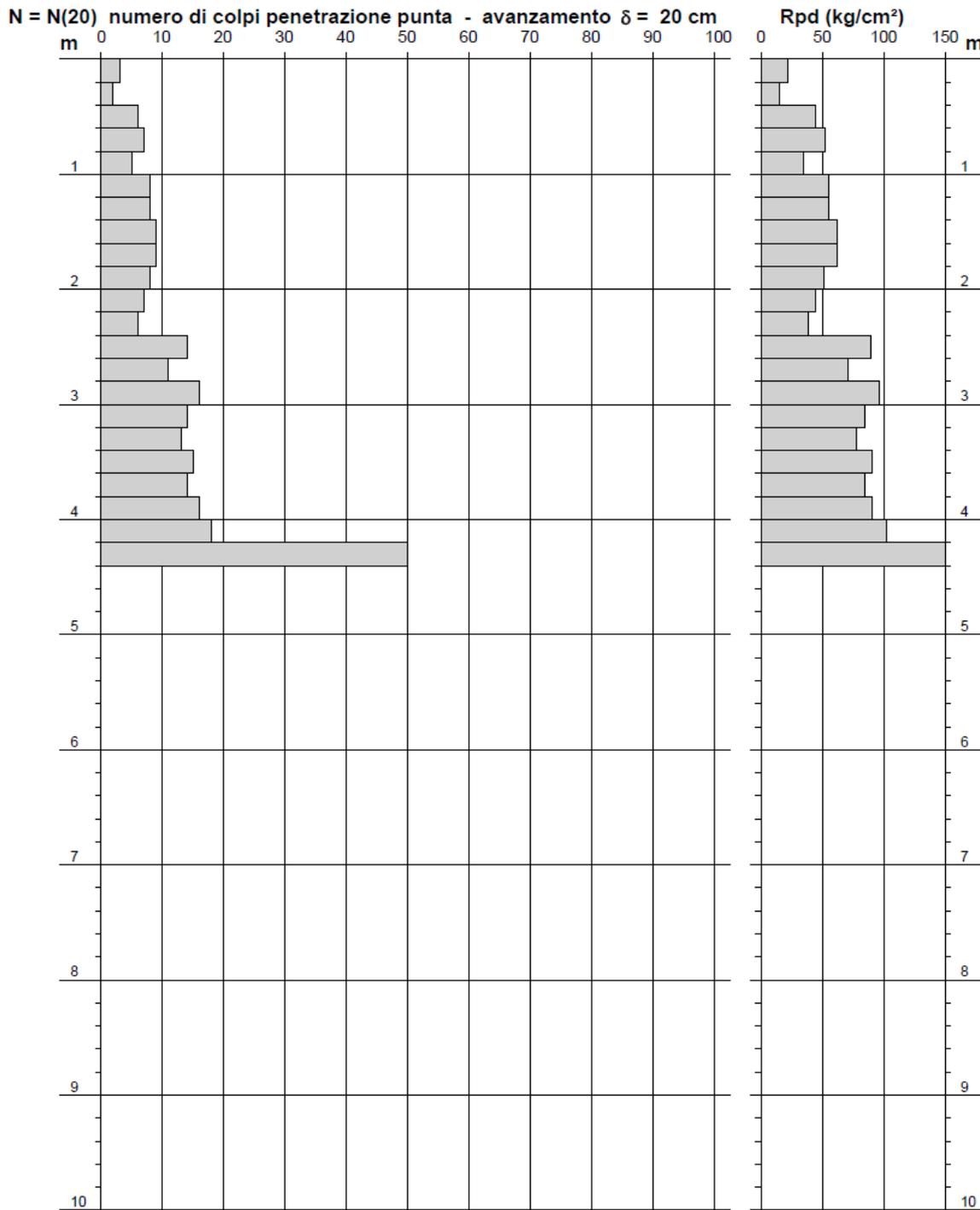
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 9**

Scala 1: 50

- committente : Gamian  
 - lavoro : Impianto fotovoltaico  
 - località : Piana Degli Albanesi  
 - note :

- data : 30/06/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1





Attraversamenti in sottoterraneo: stradali e ferroviari con tecnica Spingitubo – Pipe Ramming – T.O.C. – Monitoraggio frane e rilevati Sondaggi – Palificazioni – Micropali – Prove di carico su Pali e Micropali.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 9

- committente : Gamian  
 - lavoro : Impianto fotovoltaico  
 - località : Piana Degli Albanesi  
 - note :  
 - data : 30/06/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s				
1	0,00 0,40	N	2,5	2	3	2,3	---	---	---	2	1,52	3	
		Rpd	18,6	15	22	16,8	---	---	---	15			
2	0,40 2,40	N	7,3	5	9	6,2	1,3	6,0	8,6	7	1,52	11	
		Rpd	50,1	35	62	42,3	9,3	40,8	59,4	48			
3	2,40 4,20	N	14,6	11	18	12,8	2,0	12,5	16,6	15	1,52	23	
		Rpd	87,5	71	102	79,1	9,3	78,1	96,8	90			
4	4,20 4,40	N	50,0	50	50	50,0	---	---	---	50	1,52	76	
		Rpd	283,2	283	283	283,2	---	---	---	283			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 9

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40	Terreno di copertura	3	---	---	---	---	---	---	1.78	44	1.194
2	0.40 2.40	Argilla sabbiosa alterata	11	---	---	---	---	---	0.69	1.91	32	0.867
3	2.40 4.20	Argilla sabbiosa consistente	23	---	---	---	---	---	1.44	2.06	23	0.610
4	4.20 4.40	Lapideo	76	---	---	---	---	---	4.75	2.70	---	0.001

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

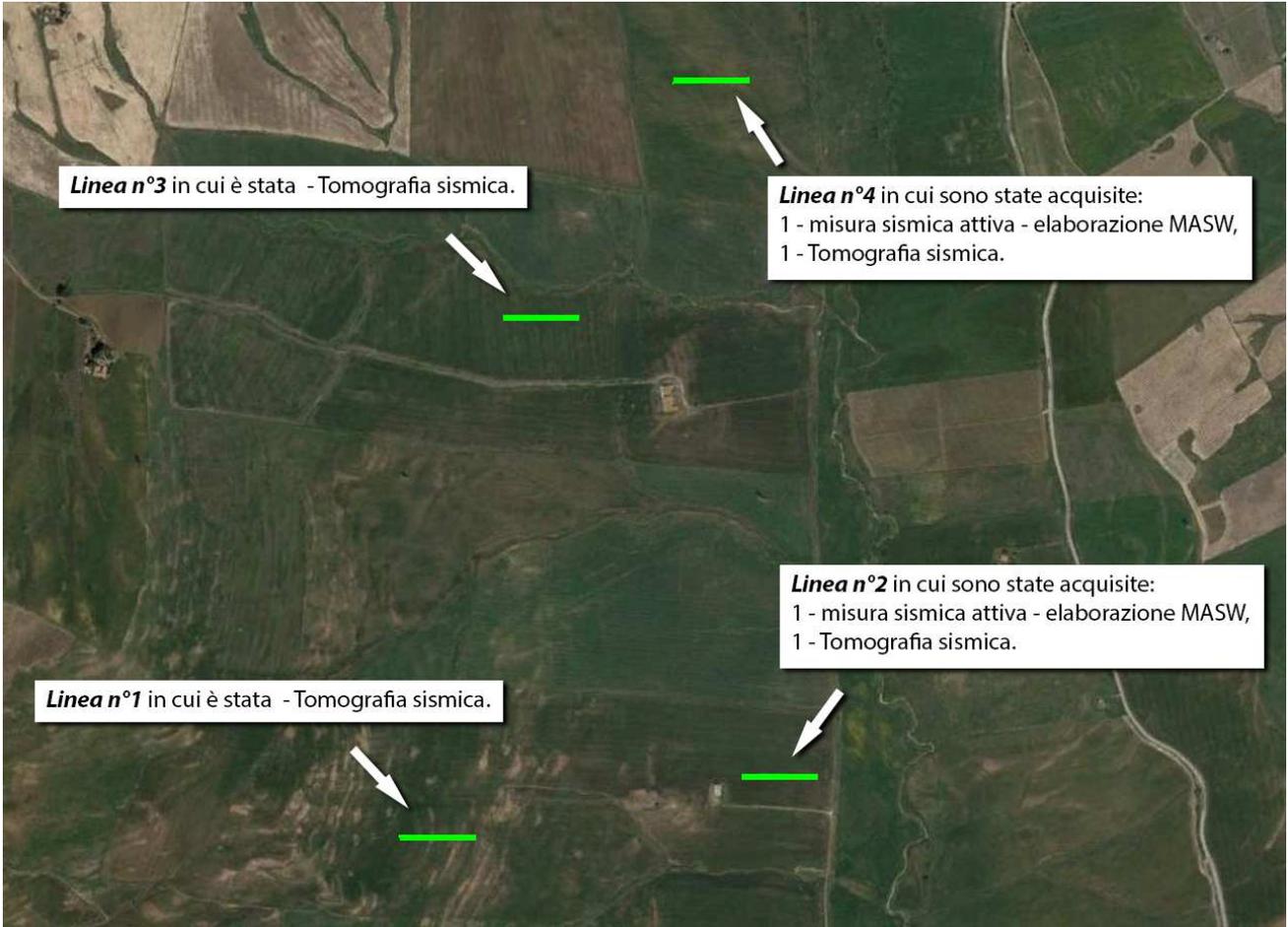
DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**COMUNE DI PIANA DEGLI ALBANESI**

**PROVINCIA DI PALERMO**

**OGGETTO:** "REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO."

**Località:** PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA



**Indagini Geofisiche** – sismica a rifrazione con elaborazione tomografica, sismica attiva "MASW".

ALL.	DESCRIZIONE	REDATTO	APPR.	RICHIEDENTE
		Dott. Geol. Calogero Pecoraro	Dott. Geol. Emerico Sciascia	Gamian Consulting

Rev. 0		Rapporto di Prova	Modulo	Pagine 53
--------	--	-------------------	--------	-----------

PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

INDICE	Pagina
1. PREMESSA .....	3
2. METODO SISMICO A RIFRAZIONE .....	5
3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	7
4. ESECUZIONE DELLE MISURE .....	8
5. COORDINATE GEOGRAFICHE DELLE ACQUISIZIONI EFFETTUATE.....	8
6. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI .....	8
7. PREMESSA.....	35
8. COORDINATE GEOGRAFICHE DELLE ACQUISIZIONI EFFETTUATE.....	35
9. METODO D'INDAGINE MASW .....	35
10. ACQUISIZIONE DEL DATO E SUCCESSIVA SOMMA DEL DATASET .....	35
11. PRINCIPI DEL METODO DI PROVA.....	37
12. ELABORAZIONE DATI .....	38
13. CURVA DI DISPERSIONE .....	38
14. INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE .....	39
15. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E GEOMETRIA DELLO STRUMENTO.....	39
16. ELABORAZIONE DATI .....	41
17. RIEPILOGO DATI MASW N°1 .....	42
18. RIEPILOGO DATI MASW N°2 .....	45
19. PUBBLICAZIONE DM 17.1.2018 “AGGIORNAMENTO DELLE N.T.C. ....	46
20. PIANO DI RIFERIMENTO PER LE OPERE DI FONDAZIONE:.....	47
21. CONCLUSIONI.....	49

## 1. PREMESSA

Su incarico conferitomi dall'ing. Gaetano Voccia, in nome e per conto della **Ditta Gamian Consulting**, il sottoscritto Dott. Geol. Emerico Sciascia regolarmente iscritto all'Albo dei Geologi di Sicilia col n°2130 sez. A, ha condotto una campagna di indagini in situ volte alla determinazione di una serie di parametri geofisici, attraverso i quali si è potuto determinare:

- ✚ Sismica a rifrazione – ricostruzione sismostratigrafica delle aree investigate;
- ✚ Masw – calcolo VSeq;

Sono state quindi eseguite le seguenti **Prospezioni Geofisiche**:

n° 4 prospezioni sismiche a rifrazione (restituzione tomografica) in onde P, al fine di individuare delle anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche e da queste ricostruire, con elevato grado di qualità, le variazioni sismostratigrafiche riscontrate.

n°2 prospezioni di sismiche attive "MASW", al fine di caratterizzare la risposta sismica locale mediante elaborazione masw (multi-channel analysis of surface waves, analisi della dispersione delle onde di Love e/o Rayleigh da misure di sismica attiva), tale acquisizione risulta utile a definire il profilo verticale della vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) e consentire di definire i valori del profilo verticale vs, quindi del parametro VSeq.

**Le prospezioni sono state effettuate nel territorio comunale di Piana Degli Albanesi (Pa).**

	PIANA DEGLI ALBANESEI, CONTRADA JENCHERIA
--	---

**RAPPORTO DI PROVA**  
**ACQUISIZIONE SISMICA ATTIVA**  
**SISMICA A RIFRAZIONE CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA**

## 2. METODO SISMICO A RIFRAZIONE

### Sismica a rifrazione: principi del metodo di prova

Il metodo sismico a rifrazione, permette di determinare la velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e trasversali (onde S) nel sottosuolo (Le onde di taglio, conosciute anche come secondarie o onde S viaggiano più lentamente di circa il 50- 70 % della velocità delle onde P).

Tali onde, generate ogni qualvolta il terreno è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.) si rifrangono su superfici di discontinuità quali possono essere ad esempio stratificazioni e giunti.

Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde coniche o birifratte (head wave): le onde analizzate sono quelle birifratte, cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di  $90^\circ$  propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. Poiché il metodo è basato sulla birifrazione delle onde elastiche, la condizione essenziale è che la velocità di queste cresce con la profondità

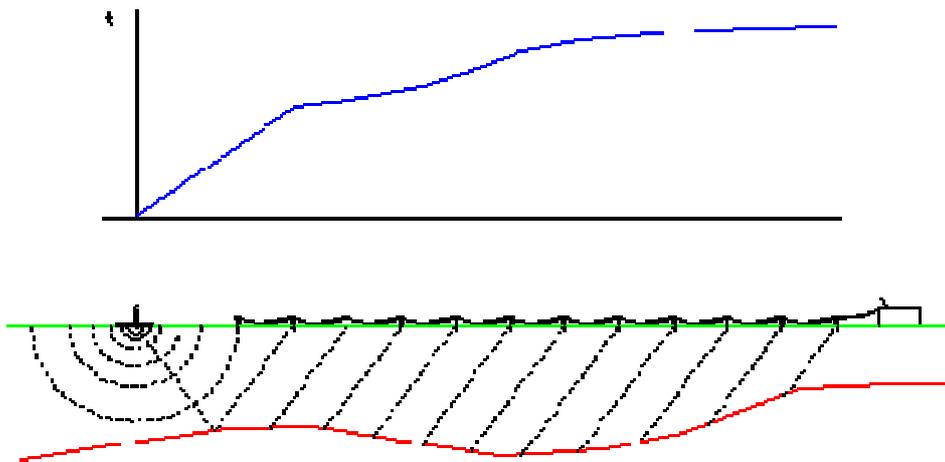
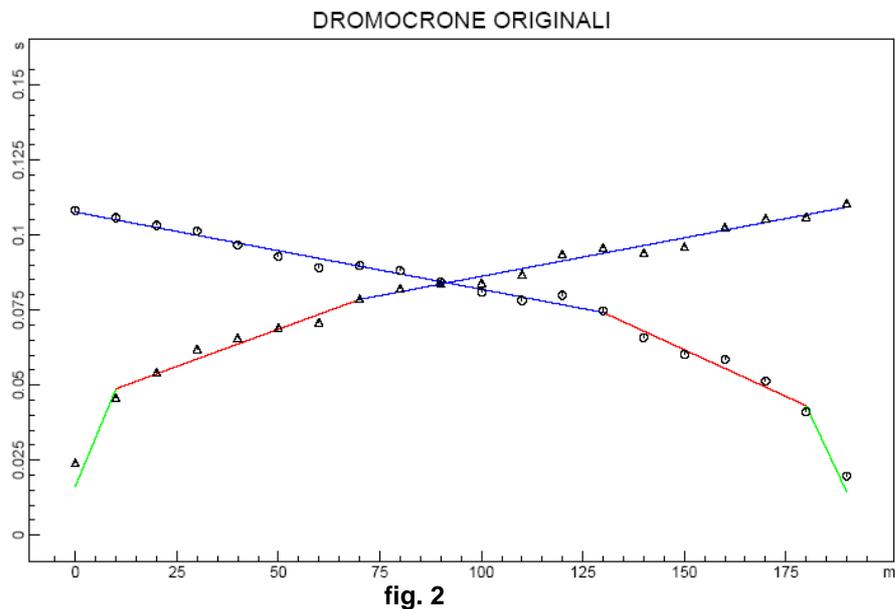


fig. 1

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocronie (curve tempi-distanze- fig 2), dalle quali si risale, tramite opportuni programmi di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.



L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- 1) individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche con diverse tipologie di filtri digitali
- 2) ricostruzione delle dromocrone in P e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- 3) linearizzazione delle dromocrone e calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate.
- 4) Ricostruzione del modello del sottosuolo (geometria dei rifrattori) con calcolo della profondità di ciascuno strato omogeneo, continuo ed isotropo, attraverso vari metodi di interpretazione quale possono essere il metodo GRM, il CMP, il Plus-Minus e il Wavefront.

### Metodo della Tomografia Sismica

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse. Questa tecnica migliora i risultati ottenibili con la sismica a rifrazione tradizionale e limita i problemi interpretativi dovuti agli strati ad inversione di velocità (orizzonte fantasma) o di ridotti spessori. In poche parole la differenza tra una sismica a rifrazione tradizionale e una tomografia sismica consiste principalmente nell'elaborazione dei dati. Per la tomografia sismica si cerca essenzialmente la risoluzione di un problema inverso a partire da una griglia bidimensionale di celle a cui è possibile attribuire una velocità sismica iniziale. Modificando i valori di velocità di ciascuna cella, si cerca di ridurre in modo interattivo, la differenza esistente fra i dati calcolati e quelli realmente misurati sul terreno. Il risultato finale è costituito da un modello di velocità sismiche del terreno, che meglio risponde alle misure sperimentali. Per eseguire ciò, mediante l'utilizzo di software adeguati e partendo dal

picking dei primi arrivi, si costruisce con tecniche di Ray Tracing, un modello iniziale del gradiente 1D esteso a tutto il profilo. Il modello iniziale, attraverso successive interazioni, verrà ottimizzato in maniera tale da ottenere il miglior fit fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati. Il processing dei dati acquisiti in questo lavoro è stato effettuato con il software "RAYFRACT" della Intelligent Resources Inc. Tale software utilizza, per la fase di inversione tomografica, la tecnica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime), permettendo il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo. Successivamente, con la fase di imaging, si otterrà attraverso il software dedicato (SURFER) l'immagine della sezione tomografica, consentendo così di distinguere, con rappresentazioni a "countour line" di isovelocità le variazioni di velocità delle onde sismiche nel sottosuolo.

### 3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per eseguire la prova sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- **SISMOGRAFO - ECHO 48/2012 48 CANALI**
- **Numero di canali: 48 + 1** con ingresso differenziale
- **A/D Conversione: 24 bit**
- **Gamma dinamica: 130dB @ 1ms PG = 0dB 120dB @ 1ms PG = 18dB**
- **Crosstalk: > 90 dB**
- **Preamplificazione Guadagno: 0dB, 6dB, 12dB, 18dB, 24dB, 30dB, 36dB, 42dB, 48dB, 54dB, 60dB, 66dB, 72dB**
- **Risposta in frequenza: 0 - 6KHz (30kSPS), 0 - 4,8KHz (15kSPS), 0 - 3KHz (7,5kSPS), 0 - 1,5 kHz (3,5kSPS), 0 - 800Hz (2kSPS), 0 - 400Hz (1ksps)**
- **Acquisizione e Filtro di visualizzazione: A low Cut Out (10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 200, 280, 400 Hz)**
- **Intervallo di campionamento: 32 ms, 64 microsiemens, 128 microsiemens, 256 microsiemens, 480 microsiemens, 960 microsiemens**
- **Record Lunghezza: 16.000 campioni**
- **Stacking trigger Precisione: 1/32 di intervallo di campionamento**
- **Distorsione (THD): 0,0004%**
- **Max Ingresso segnale: 5Vpp, 0dB**
- **CMR: 110dB (FCM = 60 Hz. FDATA = 30kSPS)**
- **Rumore: 0,25µV, 2ms, 36dB**
- **Pre-trigger dati: 524ms @ 32µs intervallo di campionamento**
- **Ritardo: 0-15kSPS sec (max 16000 campioni)**
- **Escursione termica: - 30 ° C / + 70 ° C**
- **Energia: 12 V**
- **Letture in Continuo: sì**

- **Formato di output:** SEG-Y, SEG-2, SAF (SESAME formato ASCII)
- 24 Trasduttori di velocità del moto del suolo a componente verticale con frequenza propria = 4,5 Hz (geofoni);
- Sistema di energizzazione costituito da massa battente di 9 kg dotata di starter piezoelettrico e piastra di battuta.
- La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:  
Tom sism n°1 = 24 geofoni con interspazio (Gx) di 2.00 metri; n. 11 energizzazioni ad offset (Sx) esterni -4.00mt, -2.00mt e +2.00mt, +4.00mt; gli shot interni ogni 3 geofoni; passo temporale di campionamento pari a 0.250msec; tempo di acquisizione 547 ms

#### 4. ESECUZIONE DELLE MISURE

A seguito delle indicazioni impartite dalla D.L., sulla base di considerazioni legate sia alla profondità d'indagine da raggiungere che alla morfologia plano altimetrica dell'aria da indagare, sono state eseguite n°4 linee di acquisizione sismica, rispettivamente con le seguenti geometrie:

**Tomografia sismica n°1** = acquisizione a 24 geofoni, equidistanza geofoni = 2.00m, numero di shot = 11, lunghezza complessiva dello stendimento sismico, comprese le energizzazioni = 54.00mt;

**Tomografia sismica n°2** = acquisizione a 24 geofoni, equidistanza geofoni = 2.00m, numero di shot = 11, lunghezza complessiva dello stendimento sismico, comprese le energizzazioni = 54.00mt;

**Tomografia sismica n°3** = acquisizione a 24 geofoni, equidistanza geofoni = 2.00m, numero di shot = 11, lunghezza complessiva dello stendimento sismico, comprese le energizzazioni = 54.00mt;

**Tomografia sismica n°4** = acquisizione a 24 geofoni, equidistanza geofoni = 2.00m, numero di shot = 11, lunghezza complessiva dello stendimento sismico, comprese le energizzazioni = 54.00mt;

La configurazione spaziale utilizzata per la base acquisita è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea".

Per l'esatta ubicazione vedere la planimetria allegata

#### 5. COORDINATE GEOGRAFICHE DELLE ACQUISIZIONI EFFETTUATE

Le indagini sono state effettuate sul territorio di Piana Degli Albanesi (PA), alle seguenti coordinate geografiche:

Tomografia sismica – 37°55'44.02"N; 13°20'06.07"E

#### 6. ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Dopo aver elaborato i dati acquisiti attraverso l'utilizzo del software "Rayfract", così come descritto nei paragrafi precedenti, abbiamo ottenuto un modello della distribuzione delle velocità che andremo di seguito ad analizzare. Da un'attenta osservazione d'insieme dei risultati ottenuti è possibile fare delle ipotesi sull'assetto

giacitura dei sismostrati investigati nell'area oggetto di studio. L'analisi delle misure effettuate mostra un range di velocità:

**Tomografia sismica n°1** – Profondità massima raggiunta pari a circa 11.00m; velocità delle onde P. variabile da un min. di 200 ad un max di 3000 m/sec. La distribuzione delle isovelocità assume un andamento uniforme lungo tutta la sezione acquisita. Si evidenzia essenzialmente un rifratore il quale suddivide il corpo investigato in due sismostrati differenti. Nello specifico, dal piano di campagna fino ai primi 5.00mt di profondità si nota, lungo tutta la linea di acquisizione, un raffittimento delle isovelocità ed uno sviluppo regolare pian parallelo, tale andamento fa presupporre la presenza di sismostrato con giacitura ordinata; le velocità sono comprese fra 200 e 1900ms. Dalla quota -5.00mt fino alla profondità n.d. il gradiente delle isovelocità diminuisce ed il loro sviluppo presenta un aspetto meno regolare, tale andamento, diverso rispetto ai primi 5.00m, conferma la presenza di un sismostrato più profondo, che assume comportamenti diversi rispetto a quello più superficiale.

**Sismostrati individuati:**

**I° sismostrato** - Spessore max = 5.00mt, velocità max = 1900m/s, andamento uniforme;

**II° sismostrato** - Spessore = n.d. velocità max = n.d.m/s, andamento non uniforme.

**Tomografia sismica n°2** – Profondità massima raggiunta pari a circa 12.00m; velocità delle onde P. variabile da un min. di 200 ad un max di 2500 m/sec. La distribuzione delle isovelocità assume un andamento uniforme lungo tutta la sezione acquisita. Si evidenzia essenzialmente un rifratore il quale suddivide il corpo investigato in due sismostrati differenti. Nello specifico, dal piano di campagna fino ai primi 4.00mt di profondità si nota, lungo tutta la linea di acquisizione, un raffittimento delle isovelocità ed uno sviluppo regolare pian parallelo, tale andamento fa presupporre la presenza di sismostrato con giacitura ordinata; le velocità sono comprese fra 200 e 1700ms. Dalla quota -4.00mt fino alla profondità n.d. il gradiente delle isovelocità diminuisce ed il loro sviluppo presenta un aspetto meno regolare, tale andamento, diverso rispetto ai primi 4.00m, conferma la presenza di un sismostrato più profondo, che assume comportamenti diversi rispetto a quello più superficiale.

**Sismostrati individuati:**

**I° sismostrato** - Spessore max = 4.00mt, velocità max = 1700m/s, andamento uniforme;

**II° sismostrato** - Spessore = n.d. velocità max = n.d.m/s, andamento non uniforme.

**Tomografia sismica n°3** – Profondità massima raggiunta pari a circa 10.00m; velocità delle onde P. variabile da un min. di 200 ad un max di 2500 m/sec. La distribuzione delle isovelocità assume un andamento uniforme lungo tutta la sezione acquisita. Si evidenzia essenzialmente un rifratore il quale suddivide il corpo investigato in due sismostrati differenti. Nello specifico, dal piano di campagna fino ai primi 4.00mt di profondità si nota, lungo tutta la linea di acquisizione, un raffittimento delle isovelocità ed uno sviluppo regolare pian parallelo, tale andamento fa presupporre la presenza di sismostrato con giacitura ordinata; le velocità sono comprese fra 200 e 1600ms. Dalla quota -4.00mt fino alla profondità n.d. il gradiente delle isovelocità diminuisce ed il loro sviluppo presenta un aspetto meno regolare, tale andamento, diverso rispetto ai primi 4.00m, conferma la presenza di un sismostrato più profondo, che assume comportamenti diversi rispetto a quello più superficiale.

**Sismostrati individuati:**

**I° sismostrato** - Spessore max = 4.00mt, velocità max = 1600m/s, andamento uniforme;

	PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA
--	--

**II° sismostrato** - Spessore = n.d. velocità max = n.d.m/s, andamento non uniforme.

**Tomografia sismica n°4** – Profondità massima raggiunta pari a circa 7.50m; velocità delle onde P. variabile da un min. di 200 ad un max di 2500 m/sec. La distribuzione delle isovelocità assume un andamento uniforme lungo tutta la sezione acquisita. Si evidenzia essenzialmente un rifrattore il quale suddivide il corpo investigato in due sismostrati differenti. Nello specifico, dal piano di campagna fino ai primi 3.80mt di profondità si nota, lungo tutta la linea di acquisizione, un raffittimento delle isovelocità ed uno sviluppo regolare pian parallelo, tale andamento fa presupporre la presenza di sismostrato con giacitura ordinata; le velocità sono comprese fra 200 e 1700ms. Dalla quota -3.80mt fino alla profondità n.d. il gradiente delle isovelocità diminuisce ed il loro sviluppo presenta un aspetto meno regolare, tale andamento, diverso rispetto ai primi 3.80m, conferma la presenza di un sismostrato più profondo, che assume comportamenti diversi rispetto a quello più superficiale.

**Sismostrati individuati:**

**I° sismostrato** - Spessore max = 3.80mt, velocità max = 1700m/s, andamento uniforme;

**II° sismostrato** - Spessore = n.d. velocità max = n.d.m/s, andamento non uniforme.

Per ulteriori dettagli vedere modelli allegati: **velocità sezione tomografica, wave path, Gradient** dove è possibile visualizzare rispettivamente: l'andamento delle isovelocità, la porzione maggiormente "illuminata dai raggi sismici" ed il gradiente.

*In conclusione l'indagine effettuata ha permesso di ricostruire, per quanto possibile, l'assetto sismostratigrafico dell'area indagata. Lo scrivente ha interpretato ed analizzato il modello della distribuzione dei parametri fisici misurati cercando di adattarli al contesto geologico locale.*

PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

*Dati e modelli allegati sezione tomografica*

**POSIZIONE DEGLI SPARI**

tom sism. 1

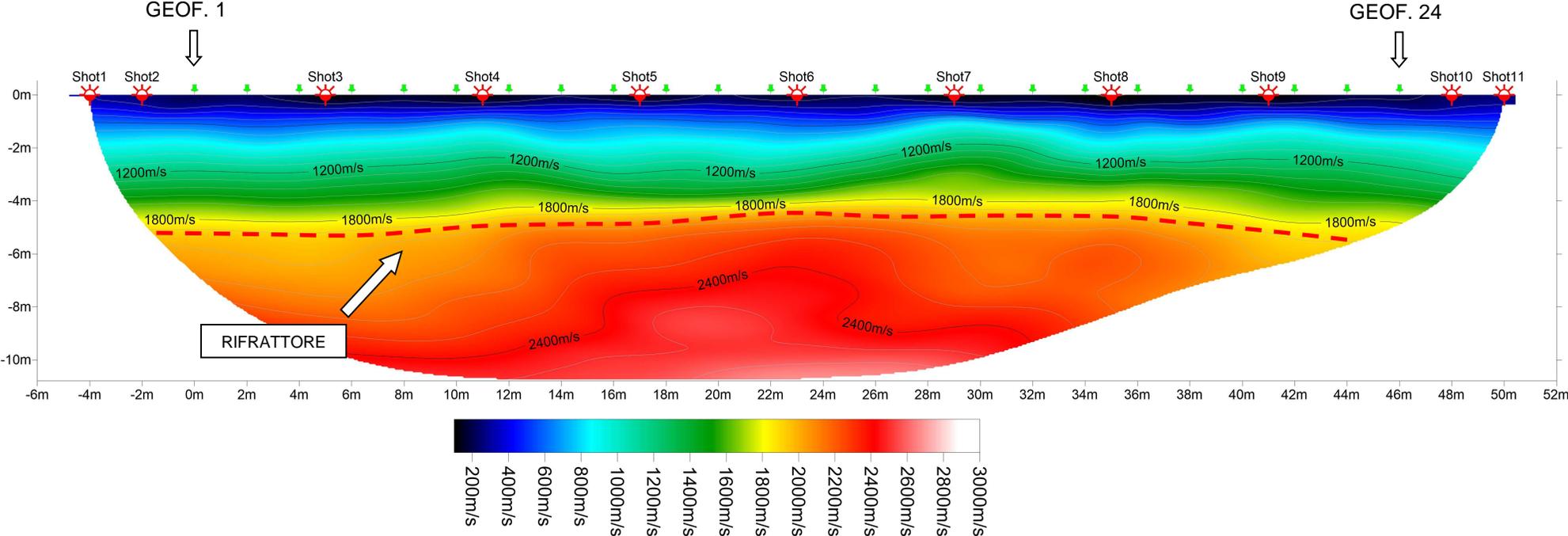
Shots	Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
1	-4.00	0,00	01dat
2	-2.00	0,00	02dat
3	5.00	0,00	03dat
4	11.00	0,00	04dat
5	17.00	0,00	05dat
6	23.00	0,00	06dat
7	29.00	0,00	07dat
8	35.00	0,00	08dat
9	41.00	0,00	09dat
10	48.00	0,00	10dat
11	50.00	0,00	11dat

**POSIZIONE DEI GEOFONI**

N.	Ascissa [m]	Quota [m]
1	0	0,00
2	2.00	0,00
3	4.00	0,00
4	6.00	0,00
5	8.00	0,00
6	10.00	0,00
7	12.00	0,00
8	14.00	0,00
9	16.00	0,00
10	18.00	0,00
11	20.00	0,00
12	22.00	0,00
13	24.00	0,00
14	26.00	0,00
15	28.00	0,00
16	30.00	0,00
17	32.00	0,00
18	34.00	0,00
19	36.00	0,00
20	38.00	0,00
21	40.00	0,00
22	42.00	0,00
23	44.00	0,00
24	46.00	0,00

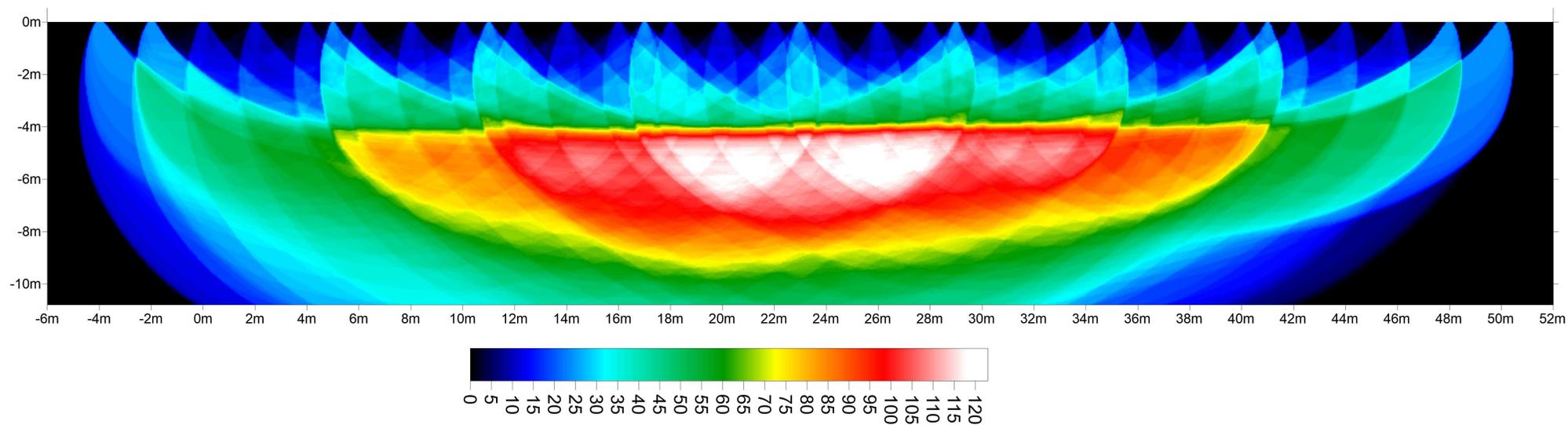


**Modello di velocità sezione tomografica n°1**



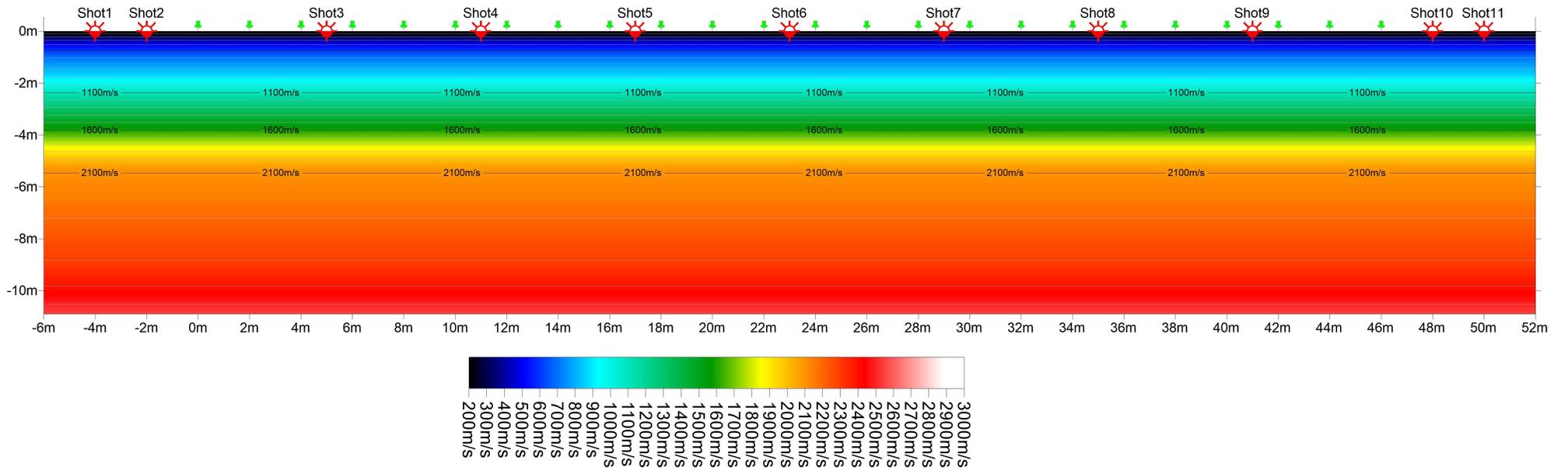
PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

**wave path sezione tomografica n°1**



PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

**Gradient sezione tomografica n°1**



--	--

**Dati e modelli allegati sezione tomografica**

**POSIZIONE DEGLI SPARI**

tom sism. 2

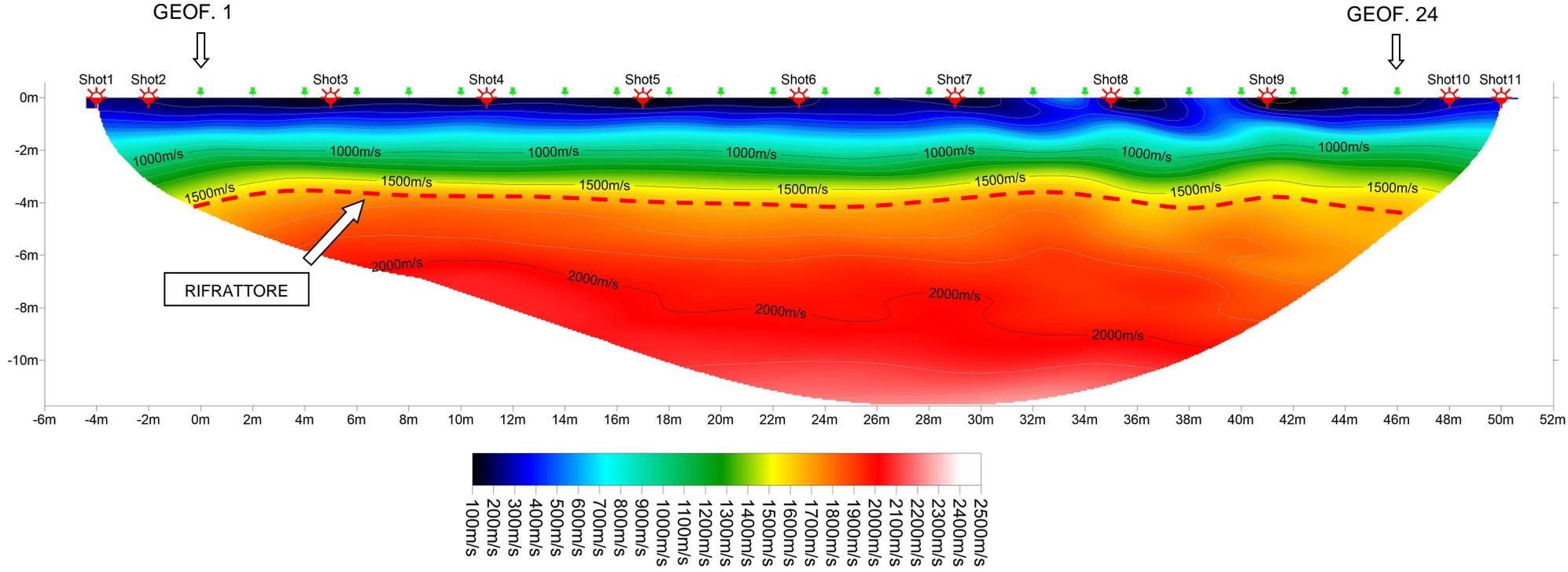
Shots	Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
1	-4.00	0,00	01dat
2	-2.00	0,00	02dat
3	5.00	0,00	03dat
4	11.00	0,00	04dat
5	17.00	0,00	05dat
6	23.00	0,00	06dat
7	29.00	0,00	07dat
8	35.00	0,00	08dat
9	41.00	0,00	09dat
10	48.00	0,00	10dat
11	50.00	0,00	11dat

**POSIZIONE DEI GEOFONI**

N.	Ascissa [m]	Quota [m]
1	0	0,00
2	2.00	0,00
3	4.00	0,00
4	6.00	0,00
5	8.00	0,00
6	10.00	0,00
7	12.00	0,00
8	14.00	0,00
9	16.00	0,00
10	18.00	0,00
11	20.00	0,00
12	22.00	0,00
13	24.00	0,00
14	26.00	0,00
15	28.00	0,00
16	30.00	0,00
17	32.00	0,00
18	34.00	0,00
19	36.00	0,00
20	38.00	0,00
21	40.00	0,00
22	42.00	0,00
23	44.00	0,00
24	46.00	0,00

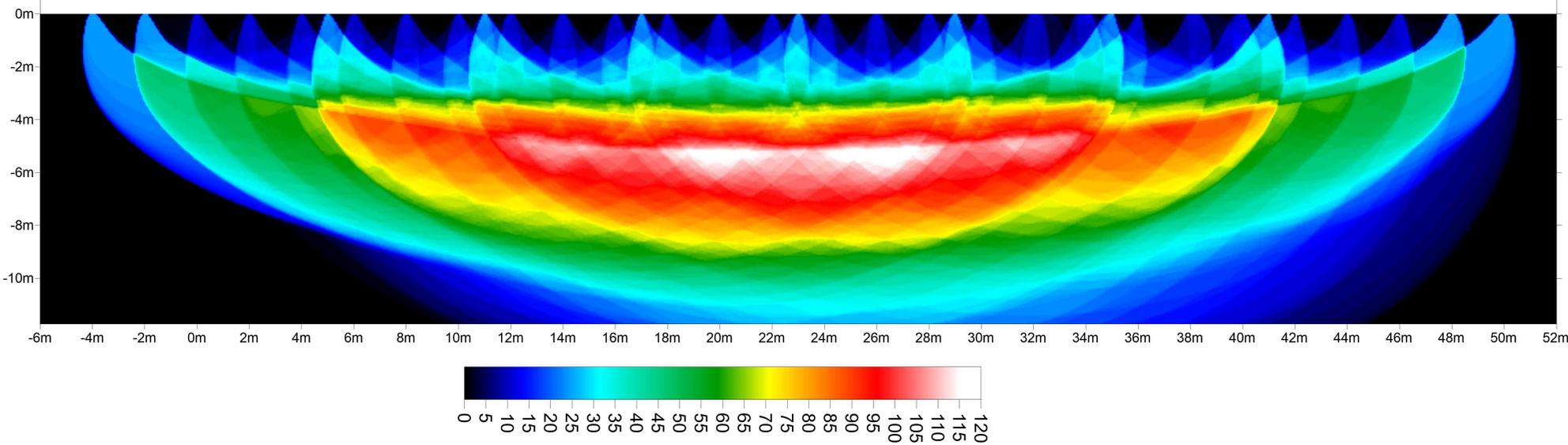


**Modello di velocità sezione tomografica n°2**



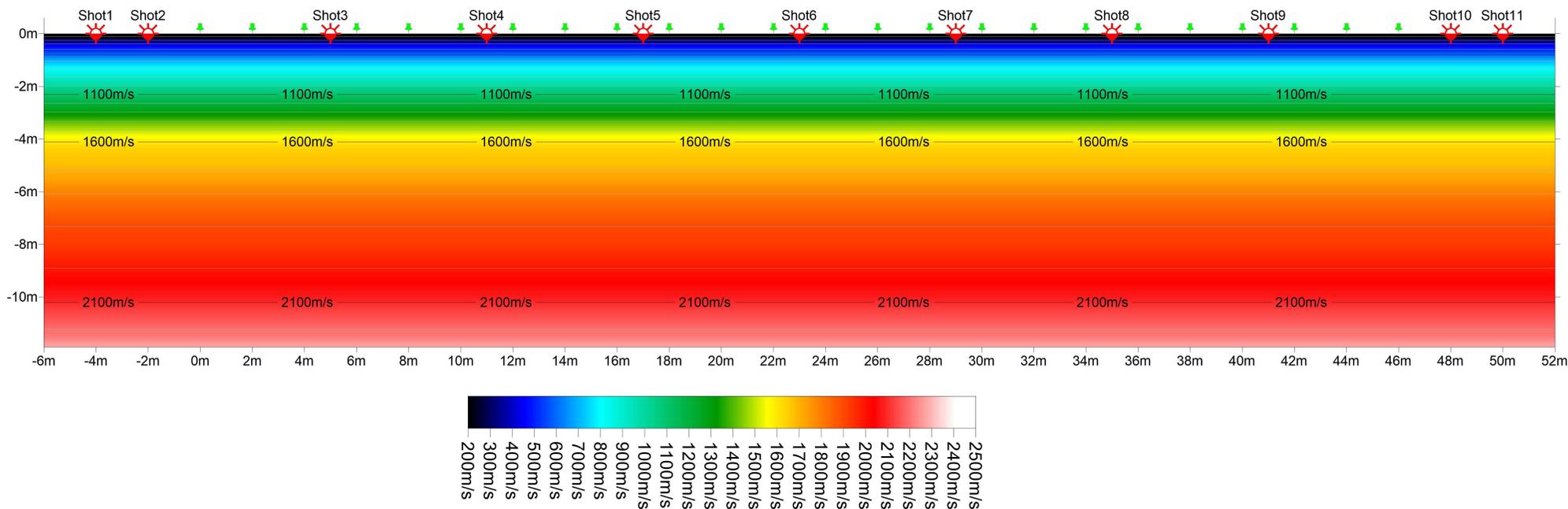
PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

**wave path sezione tomografica n°2**



PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

**Gradient sezione tomografica n°2**



--	--

**Dati e modelli allegati sezione tomografica**

**POSIZIONE DEGLI SPARI**

tom sism. 3

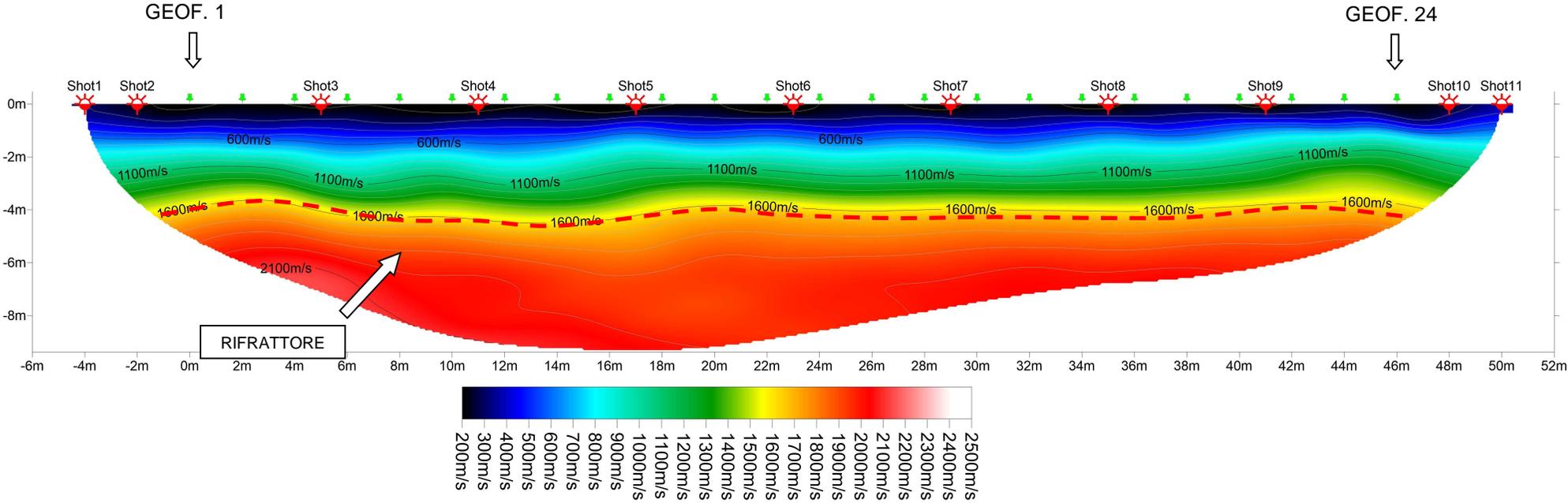
Shots	Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
1	-4.00	0,00	01dat
2	-2.00	0,00	02dat
3	5.00	0,00	03dat
4	11.00	0,00	04dat
5	17.00	0,00	05dat
6	23.00	0,00	06dat
7	29.00	0,00	07dat
8	35.00	0,00	08dat
9	41.00	0,00	09dat
10	48.00	0,00	10dat
11	50.00	0,00	11dat

**POSIZIONE DEI GEOFONI**

N.	Ascissa [m]	Quota [m]
1	0	0,00
2	2.00	0,00
3	4.00	0,00
4	6.00	0,00
5	8.00	0,00
6	10.00	0,00
7	12.00	0,00
8	14.00	0,00
9	16.00	0,00
10	18.00	0,00
11	20.00	0,00
12	22.00	0,00
13	24.00	0,00
14	26.00	0,00
15	28.00	0,00
16	30.00	0,00
17	32.00	0,00
18	34.00	0,00
19	36.00	0,00
20	38.00	0,00
21	40.00	0,00
22	42.00	0,00
23	44.00	0,00
24	46.00	0,00

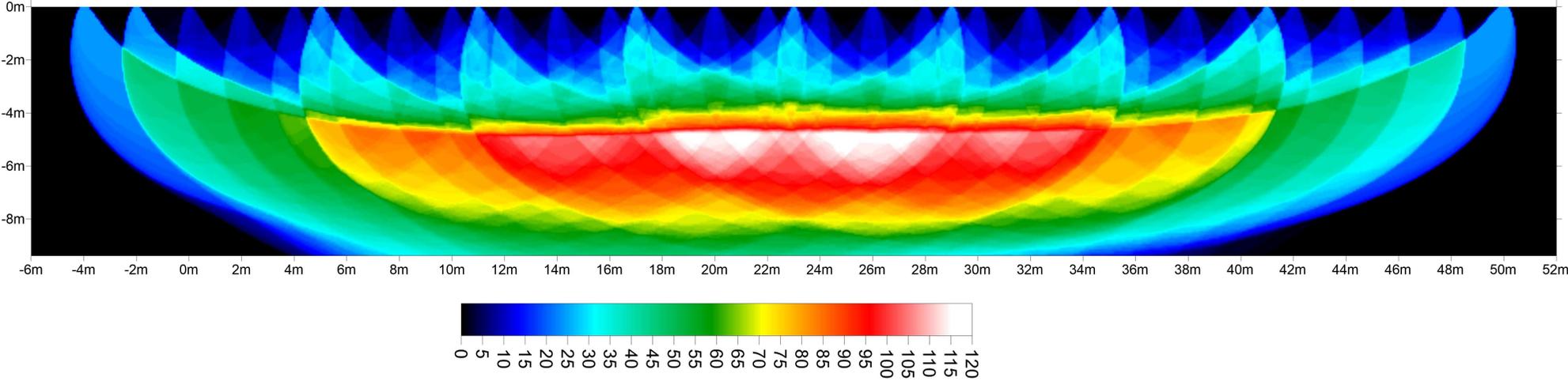


**Modello di velocità sezione tomografica n°3**



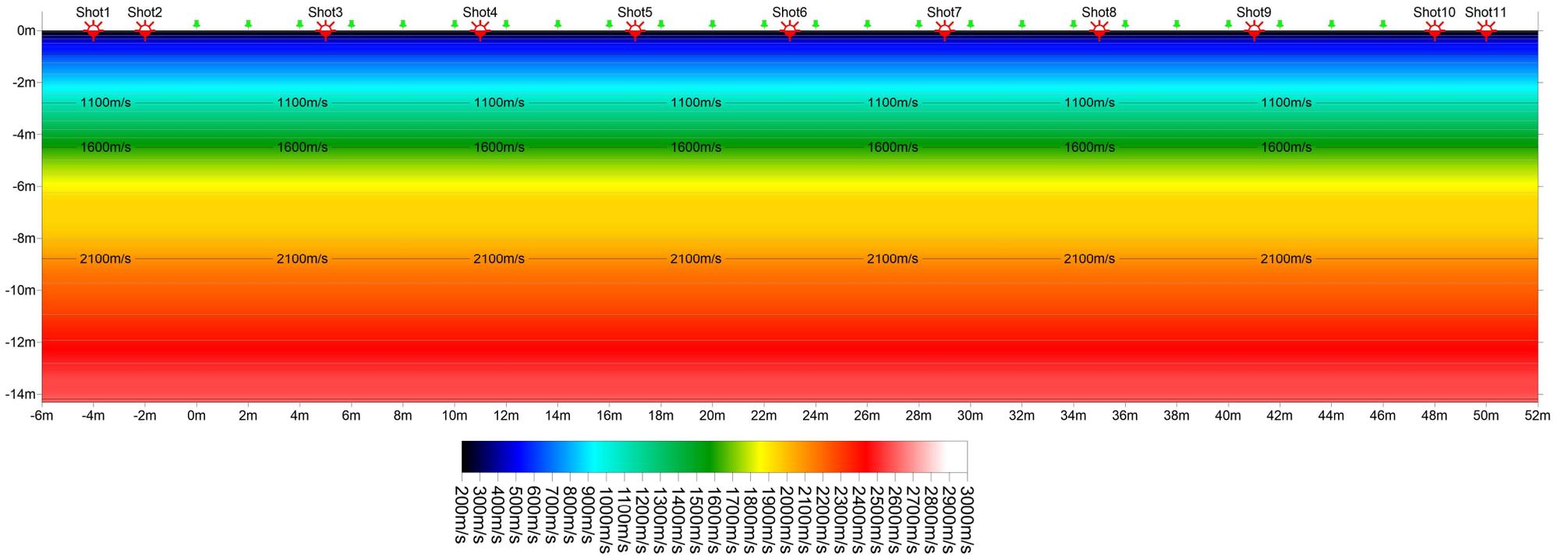
PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

**wave path sezione tomografica n°3**



PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

**Gradient sezione tomografica n°3**



--	--

**Dati e modelli allegati sezione tomografica**

**POSIZIONE DEGLI SPARI**

tom sism. 4

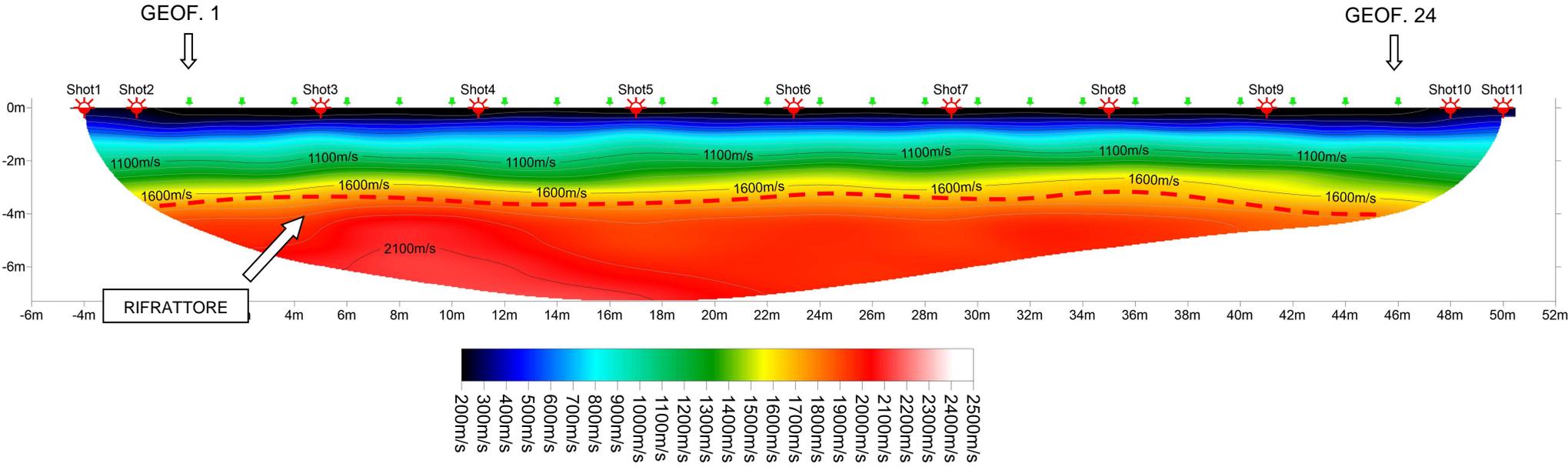
Shots	Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
1	-4.00	0,00	01dat
2	-2.00	0,00	02dat
3	5.00	0,00	03dat
4	11.00	0,00	04dat
5	17.00	0,00	05dat
6	23.00	0,00	06dat
7	29.00	0,00	07dat
8	35.00	0,00	08dat
9	41.00	0,00	09dat
10	48.00	0,00	10dat
11	50.00	0,00	11dat

**POSIZIONE DEI GEOFONI**

N.	Ascissa [m]	Quota [m]
1	0	0,00
2	2.00	0,00
3	4.00	0,00
4	6.00	0,00
5	8.00	0,00
6	10.00	0,00
7	12.00	0,00
8	14.00	0,00
9	16.00	0,00
10	18.00	0,00
11	20.00	0,00
12	22.00	0,00
13	24.00	0,00
14	26.00	0,00
15	28.00	0,00
16	30.00	0,00
17	32.00	0,00
18	34.00	0,00
19	36.00	0,00
20	38.00	0,00
21	40.00	0,00
22	42.00	0,00
23	44.00	0,00
24	46.00	0,00

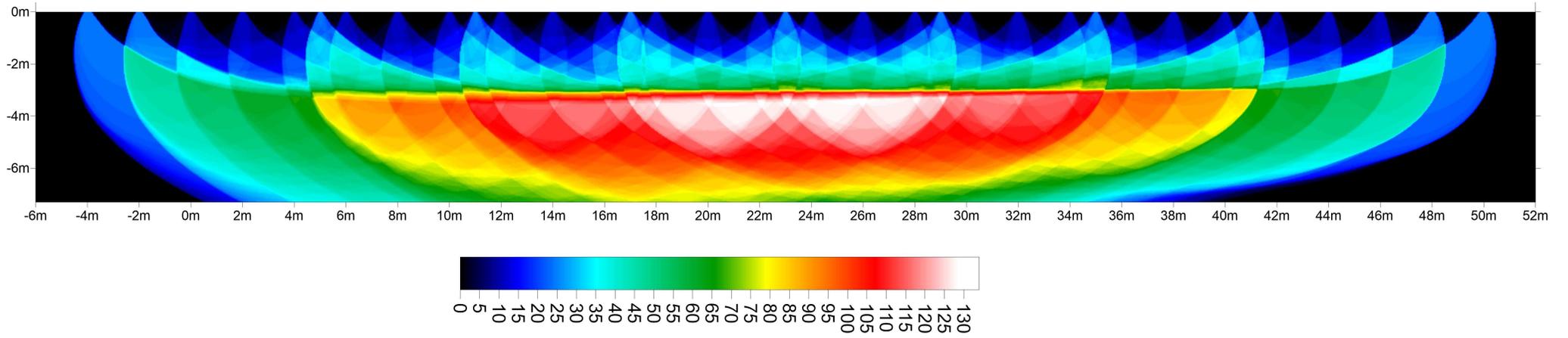


***Modello di velocità sezione tomografica n°4***



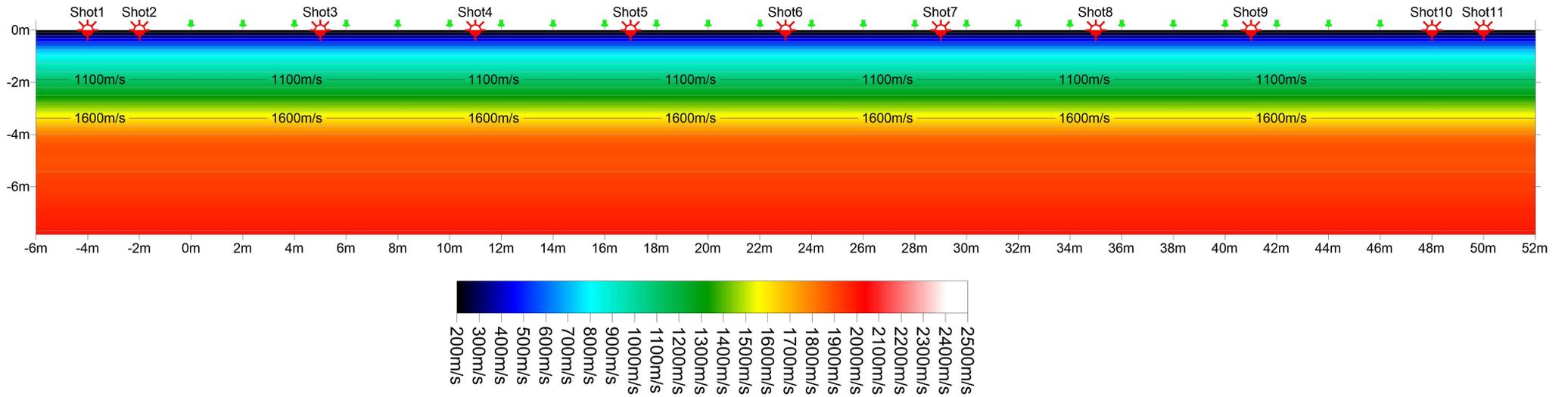
PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

**wave path sezione tomografica n°4**



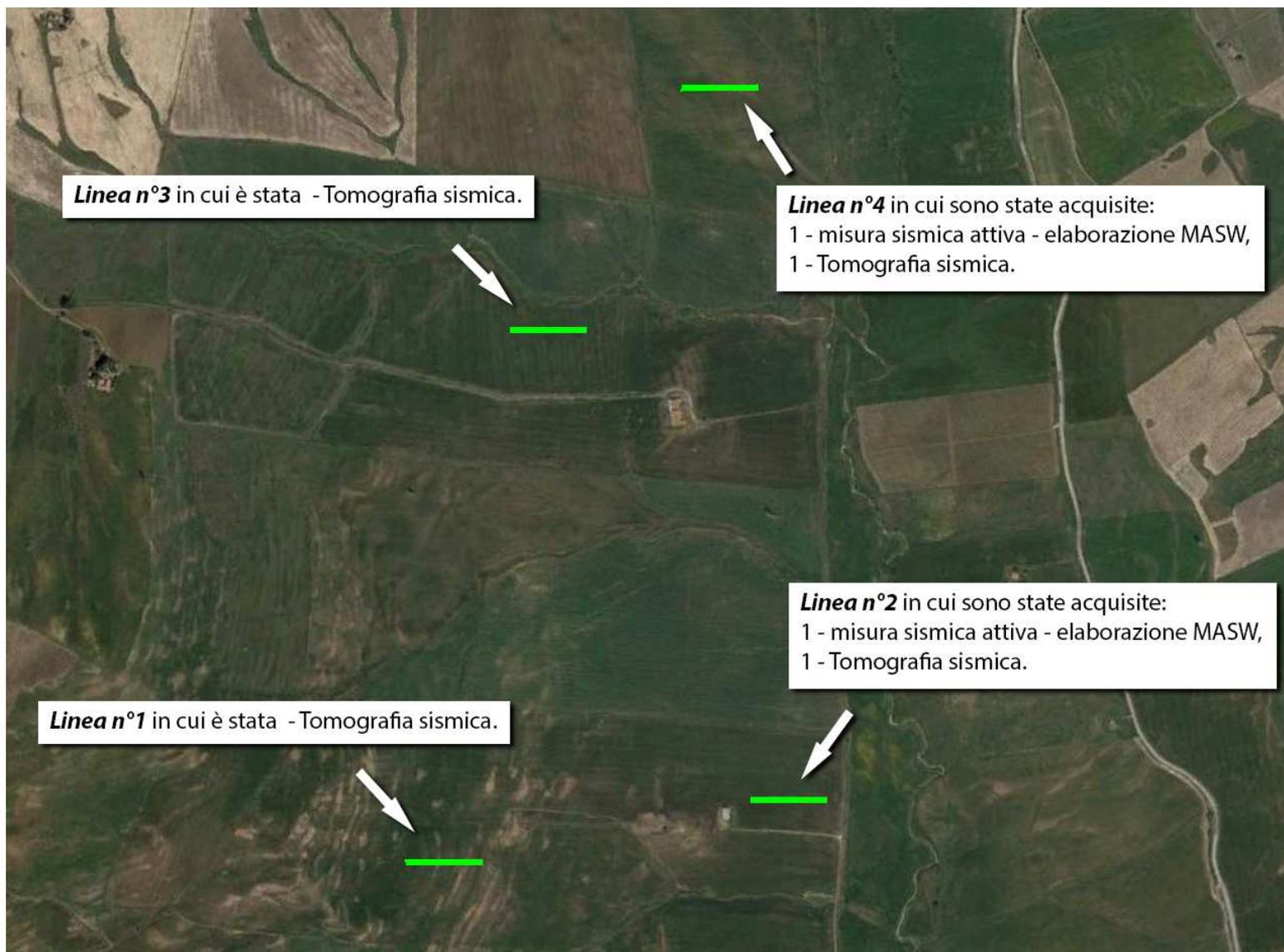
PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

***Gradient sezione tomografica n°4***





**Ortofoto Ubicazione area investigata**



--	--

**Documentazione fotografica Tomografia sismica n°1**



PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA



**Documentazione fotografica Tomografia sismica n°2**



**Documentazione fotografica Tomografia sismica n°3**



**Documentazione fotografica Tomografia sismica n°4**



PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA



	PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA
--	--

**RAPPORTO DI PROVA**  
**ACQUISIZIONE SISMICA ATTIVA**  
**MASW**

## 7. PREMESSA

Sono state eseguite n°2 acquisizioni sismiche attive con elaborazione Masw. La tecnica multi-channel analysis of surface waves, analisi della dispersione delle onde di Love e/o Rayleigh da misure di sismica attiva, permette di definire il profilo verticale della vs (velocità di propagazione delle onde di taglio) e, tramite modellazione del rapporto spettrale h/v, stimare il periodo proprio di sito. Nel suo insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005) e sua circolare esplicativa (2 febbraio 2009, n. 617 - istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni"; di cui al DM 14 gennaio 2008). Queste, in buona sostanza, fanno risalire alla stima dell'effetto di sito dalle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (vs). l'analisi dei dati ha consentito di definire i valori del profilo verticale vs (quindi del parametro VSeq).

## 8. COORDINATE GEOGRAFICHE DELLE ACQUISIZIONI EFFETTUATE

Le indagini sono state effettuate sul territorio di Piana Degli Albanesi (PA), alle seguenti coordinate geografiche:

Tomografia sismica – 37°55'41.25"N; 13°20'.06.07"E

## 9. METODO D'INDAGINE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, che si basa sulla misura delle onde superficiali sia di Rayleigh che di Love (nel dominio del tempo) in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo e la successiva analisi nel dominio della frequenza. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo *attivo* e metodo *passivo* (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo *attivo* le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo con masse battenti, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo *passivo* (*REMI*) lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

## 10. ACQUISIZIONE DEL DATO E SUCCESSIVA SOMMA DEL DATASET

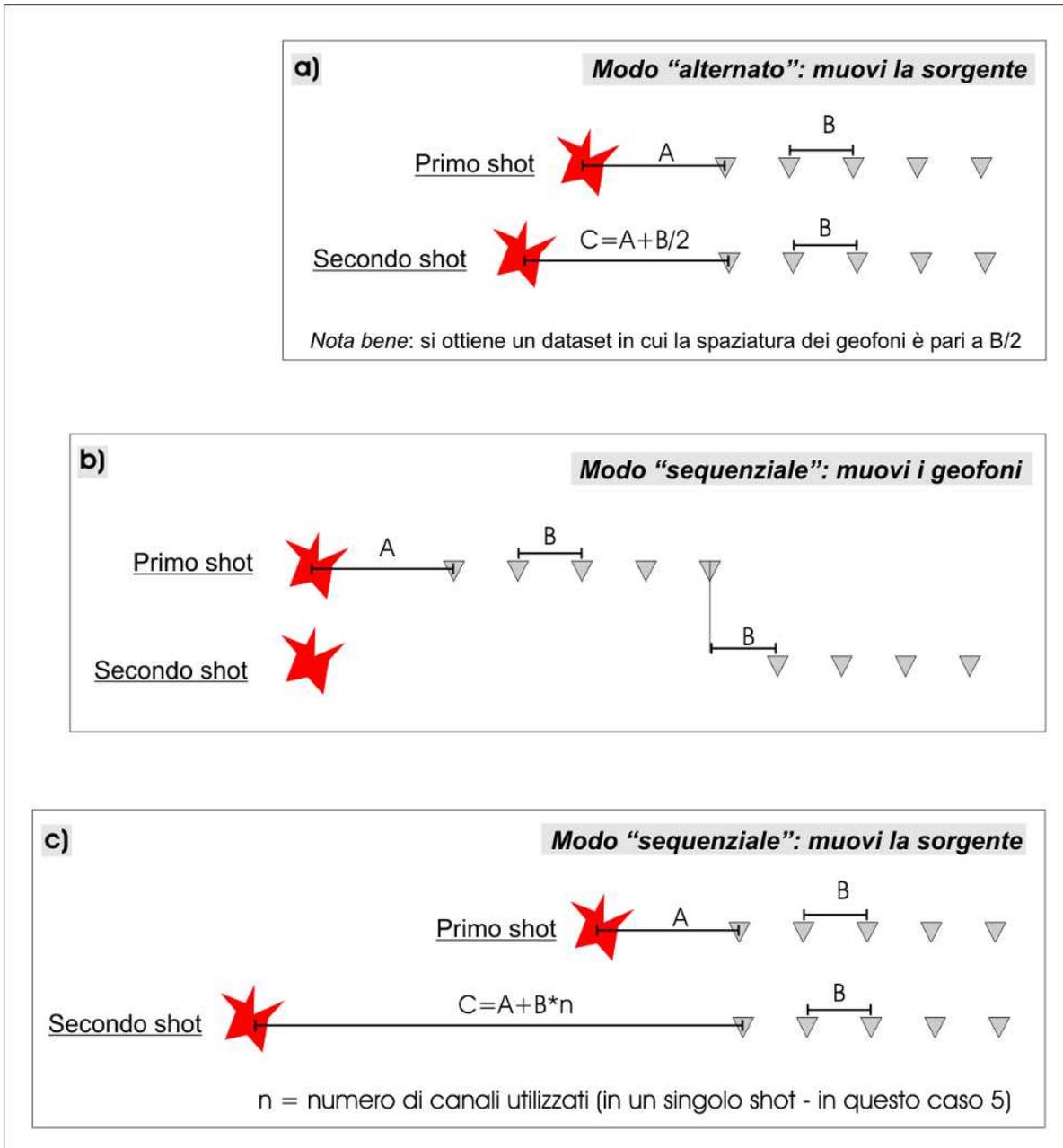
Per ottenere uno spettro più preciso si è deciso di fare una doppia acquisizione e sommare successivamente i due dataset (da 12 tracce) per ottenere un unico dataset che "simula" un'acquisizione a 24 tracce.

Esistono 3 possibili procedure per effettuare questa operazione (che, sottolineiamolo, è possibile solamente per dati di sismica attiva, cioè MASW – non per dati di sismica passiva, cioè ReMi). Lo schema qui sotto riportato ne esemplifica la procedura.

Brevemente:

- secondo il primo metodo (Fig B1a) la sorgente è spostata (allontanata) di una lunghezza pari a metà della distanza intergeofonica (ed i geofoni restano immobili). **Quello usato in questa campagna d'indagine.**
- secondo il secondo metodo (Fig B1b) la sorgente rimane fissa e si sposta l'intero stendimento di geofoni in modo tale che il primo geofono del secondo stendimento si trova, rispetto all'ultimo geofono del primo stendimento, ad una distanza pari alla distanza intergeofonica.

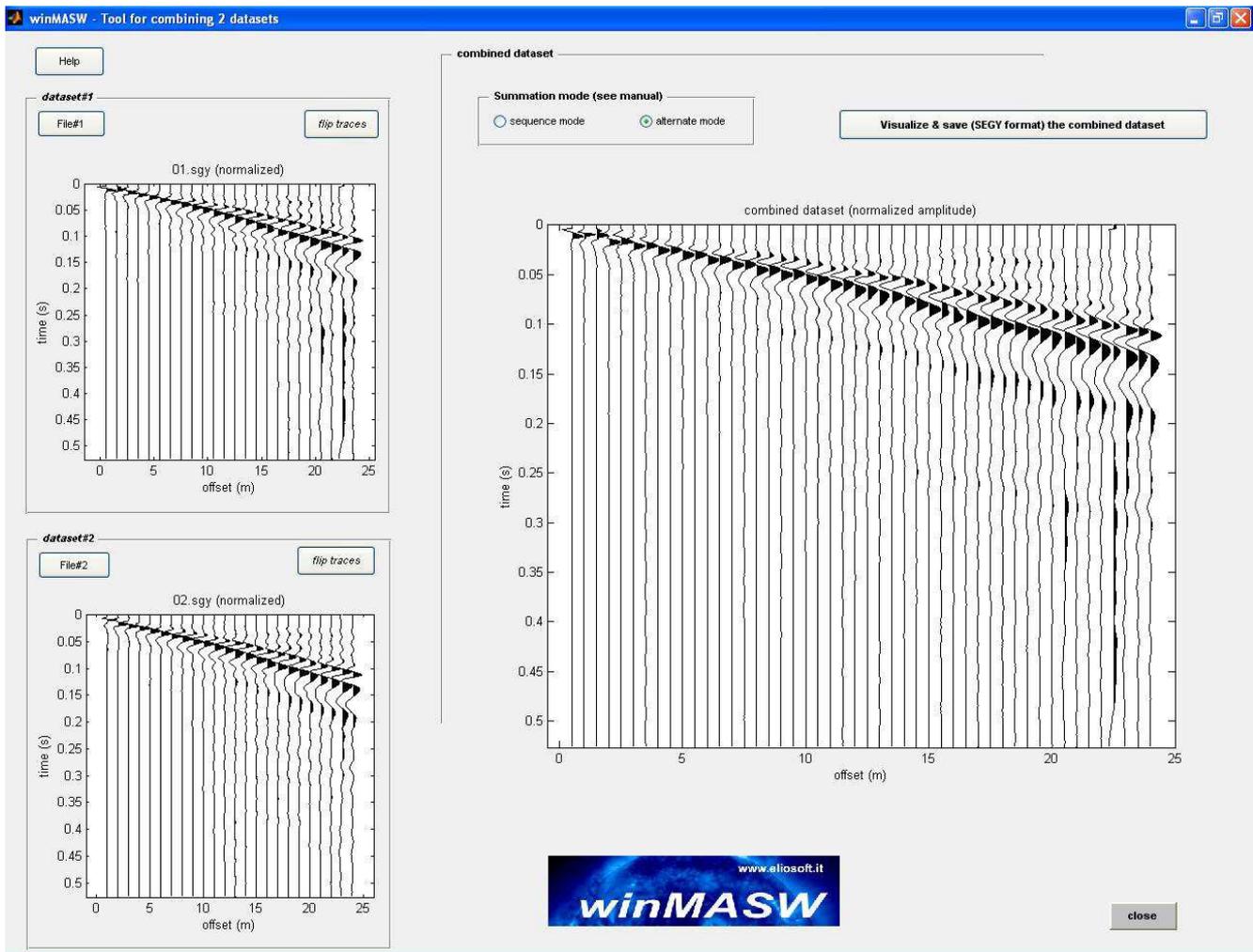
- il terzo metodo (Fig B1c) non implica lo spostamento di geofoni: per il secondo scoppio la sorgente è posta ad una distanza dal primo geofono pari alla somma della distanza del primo scoppio (A) + la distanza intergeofonica (B) moltiplicata per il numero di canali (n).



**Figura B1.** Metodi per la somma di più datasets.

Con winMASW è possibile poi sommare i dataset ottenute in uno qualsiasi di questi modi.

L'esempio in figura rappresenta il caso della somma di due dataset ognuno da 12 canali, lo scopo è quello di ottenere un unico dataset a 24 tracce in grado di generare spettri di velocità più precisi.



## 11. PRINCIPI DEL METODO DI PROVA

Come detto al paragrafo sette questa metodologia consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS, basandosi sulla misura delle onde superficiali. In particolare, quelle con bassi valori di lunghezze d'onda (alte frequenze) interessano gli strati superficiali mentre quelle a maggior lunghezza d'onda (minore frequenza) interessano anche gli strati più profondi (fig.1). Le onde di Rayleigh in un semispazio omogeneo sono non dispersive, mentre in presenza di un mezzo stratificato, l'avanzamento di un fronte d'onda si deforma in rapporto alla velocità di propagazione (nel singolo strato) in funzione della frequenza, quindi, in altre parole, differenti frequenze hanno velocità di propagazione diverse (comportamento dispersivo).

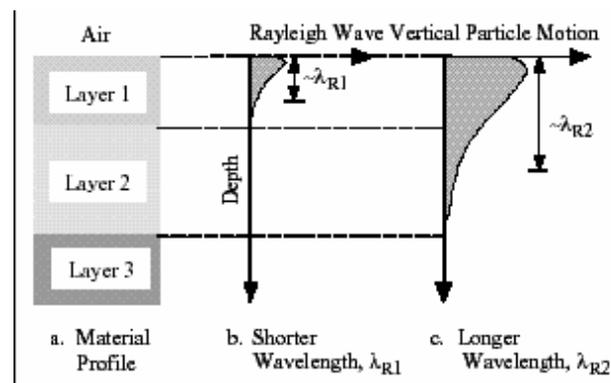


fig. 1

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) e delle onde i taglio ( $V_s$ ) sono dipendenti e sono legati dalla relazione (Richart et al. 1970):

$$V_r^6 - 8V_s^2 V_r^4 + (24-16V_s^2/V_p^2) V_s^4 V_r^2 + (16V_s^6/V_p^6 - 1) V_s^6 = 0$$

In altre parole, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) è leggermente inferiore alla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ovvero seguendo Achenbach (1999):

$$V_r = (0.862 + 1.14 \nu / (1 + \nu)) V_s$$

$$\nu = \text{modulo di poisson}$$

che significa che al variare di  $\nu$ , la  $V_r$  è inferiore rispetto alla  $V_s$  di un valore compreso tra 0.862 e 0.955 traducendosi nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile potendosi così scrivere la relazione  $V_r = 0.91V_s \pm 0.046$ .

## 12. ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione della prova è stato utilizzato il software "WinMASW 7.2 Pro" della EliaSoft, quest'ultimo permette di interpretare ed archiviare dati sismici con il metodo MASW. L'analisi dei dati è suddivisa in due stadi: la determinazione della "curva di dispersione" (calcolo della velocità di fase) e l'inversione della curva per ottenere un modello 1D velocità/profondità.

## 13. CURVA DI DISPERSIONE

La "Curva di dispersione" si ottiene da un'analisi spettrale del sismogramma che trasforma il moto misurato, dal dominio "spazio-tempo" al dominio frequenza-numero d'onda" e parallelamente al dominio "velocità di fase-frequenza" (fig 2)

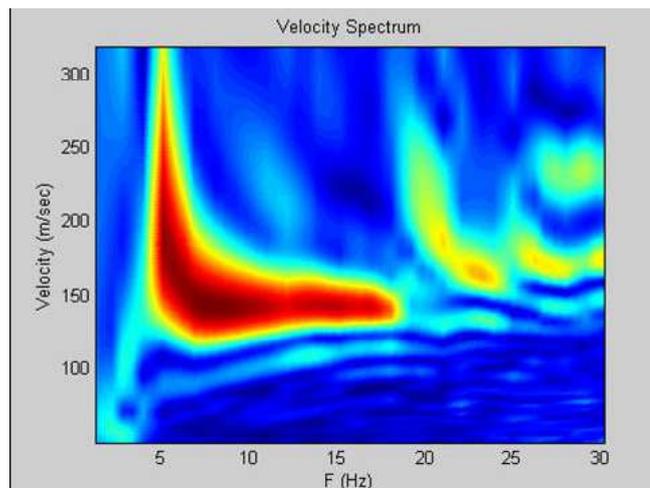


fig2

Sul diagramma di fig. 2 bisogna ricostruire la curva di dispersione sperimentale interpretando l'andamento delle massime ampiezze del modo fondamentale delle onde di Rayleigh (Ivanov et al., 2001), discriminando le riflessioni indotte da orizzonti più rigidi, riflessioni multiple, onde d'aria e onde guidate (Baker, 1999) che possono provocare gravi errori interpretativi.

#### 14. INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE

Successivamente al riconoscimento e, quindi, al tracciamento della curva di dispersione, si passa alla ricostruzione della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ . Il modello di inversione verrà vincolato attraverso l'inserimento di un range di possibili spessori, di velocità delle onde  $V_S$  e di coefficienti di Poisson ( $\nu$ ). L'ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo. Il prodotto conclusivo sarà un diagramma che esprimerà valori delle velocità delle onde di taglio ( $S$ ) associati a spessori e profondità di un mezzo stratificato. La profondità d'indagine è direttamente dipendente dalla minima frequenza riconoscibile nella curva di dispersione.

#### 15. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E GEOMETRIA DELLO STRUMENTO

Per eseguire la prova sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- SISMOGRAFO - ECHO 48/2012 48 CANALI

**Numero di canali:** 48 + 1 con ingresso differenziale

**A / D Conversione:** 24 bit

**Gamma dinamica:** 130dB @ 1ms PG = 0dB 120dB @ 1ms PG = 18dB

**Crosstalk:** > 90 dB

**Preamplificazione Guadagno:** 0dB, 6dB, 12dB, 18dB, 24dB, 30dB, 36dB, 42dB, 48dB, 54dB, 60dB, 66dB, 72dB

**Risposta in frequenza:** 0 - 6KHz (30kSPS), 0 - 4,8KHz (15kSPS), 0 - 3KHz (7,5kSPS), 0 - 1,5 kHz (3,5kSPS), 0 - 800Hz (2kSPS),

0 - 400Hz (1ksps)

**Acquisizione e Filtro di visualizzazione:** Allow Cut Out (10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 200, 280, 400 Hz)

**Intervallo di campionamento:** 32 ms, 64 microsiemens, 128 microsiemens, 256 microsiemens, 480 microsiemens, 960 microsiemens

**Record Lunghezza:** 16.000 campioni

**Stacking trigger Precisione:** 1/32 di intervallo di campionamento

**Distorsione (THD):** 0,0004%

**Max Ingresso segnale:** 5Vpp, 0dB

**CMR:** 110dB (FCM = 60 Hz. FDATA = 30kSPS)

**Rumore:** 0,25µV, 2ms, 36dB

**Pre-trigger dati:** 524ms @ 32µs intervallo di campionamento

**Ritardo:** 0-15kSPS sec (max 16000 campioni)

**Escursione termica:** - 30 ° C / + 70 ° C

**Energia:** 12 V

**Lettura in Continuo:** sì

**Formato di output:** SEG-Y, SEG-2, SAF (SESAME formato ASCII)

- 24 Trasduttori di velocità del moto del suolo a componente verticale con frequenza propria = 4,5 Hz (geofoni);
- Sistema di energizzazione costituito da massa battente di 9 kg dotata di starter piezoelettrico e piastra di battuta.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea".

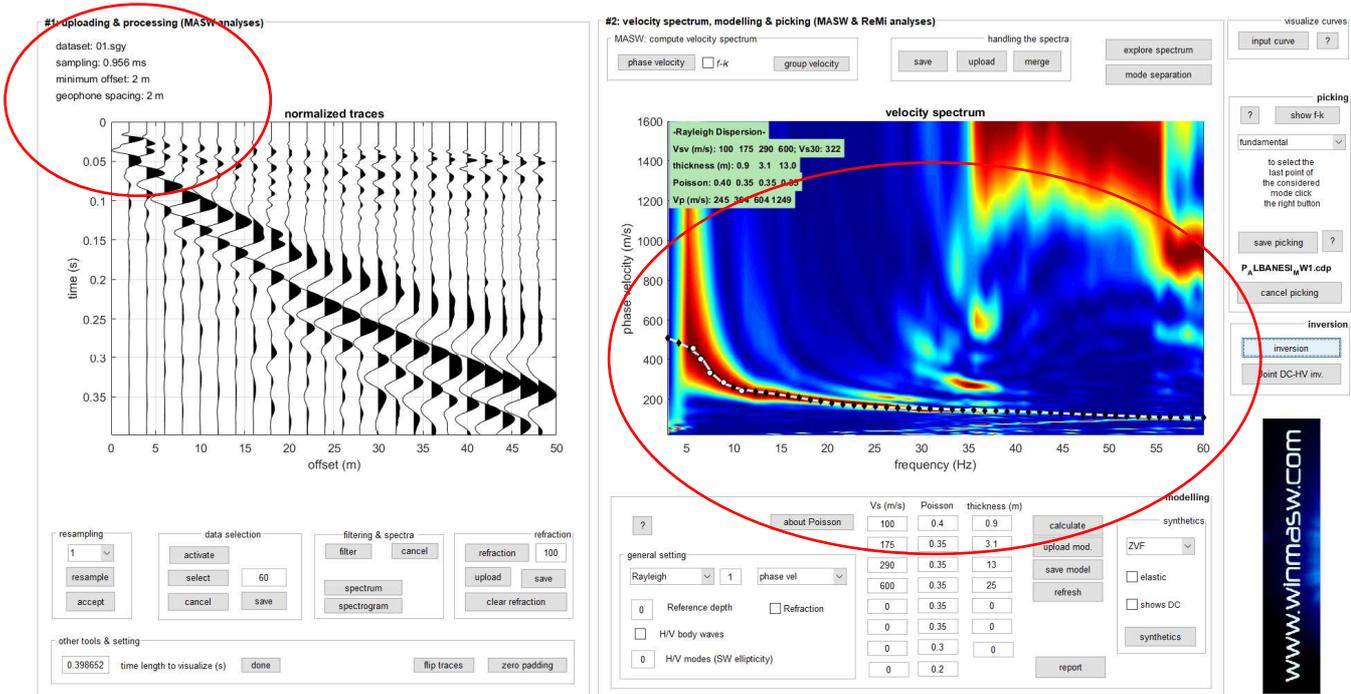
In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 24 geofoni con interspazio (Gx) di 1.0 metri;
- n. 1 energizzazioni ad offset (Sx) -2 m;
- passo temporale di campionamento pari a 0.258ms;
- tempo di acquisizione 1094 ms.

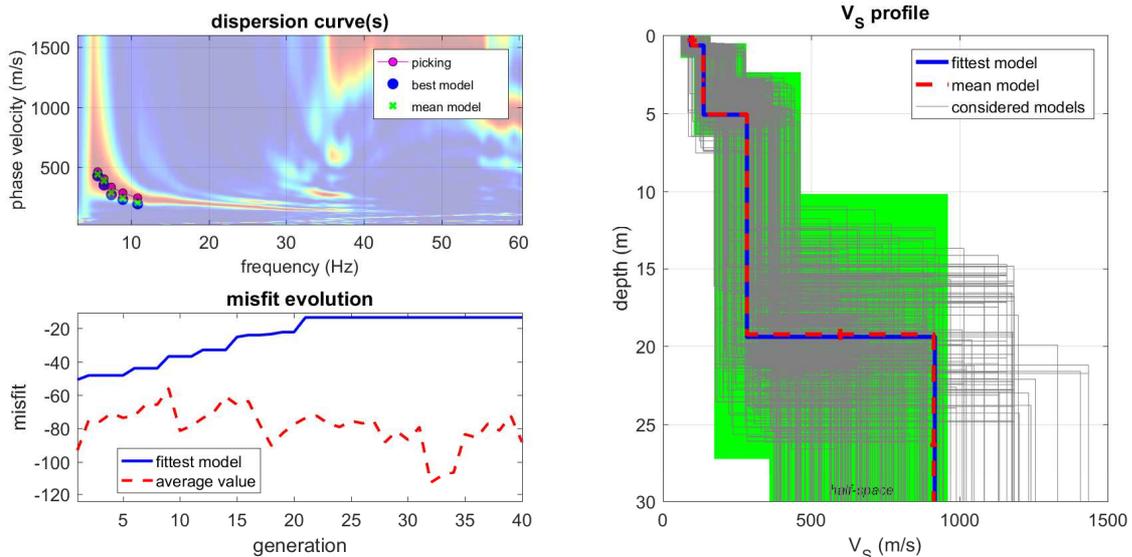
16. ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione dei dati acquisiti è stato utilizzato il software "WinMASW4.1 Pro" della Eliosoft. I dati MASW sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS) dal quale, attraverso la modellazione del rapporto spettrale H/V si è anche stimato il periodo proprio del sito.

MASW n°1



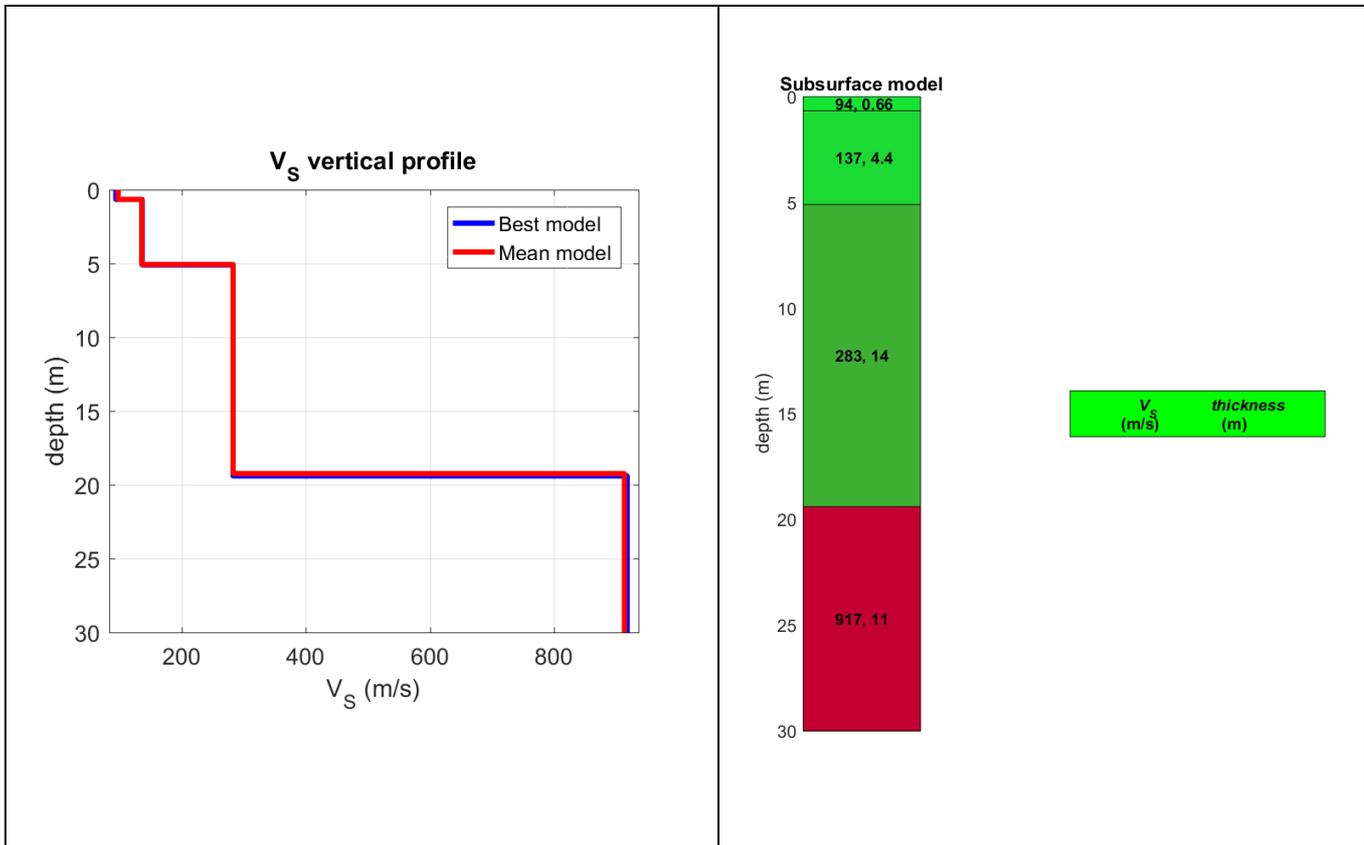
Sulla sinistra i dati di campagna, sulla destra, lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.



www.winmasw.com

dataset: 01.sgy  
 dispersion curve: P\_A\_LBANESI\_M\_W1.cdp  
 Vs30 (best model): 296 m/s  
 Vs30 (mean model): 297 m/s

Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati *MASW*. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1) (modello "migliore" e medio sono tipicamente assolutamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici*).



Modellazione del rapporto spettrale H/V a partire dal profilo verticale della VS individuato.

### 17. RIEPILOGO DATI MASW N°1

#### Analyzing Phase velocities

dataset: 01.sgy  
 minimum offset (m): 2  
 geophone spacing (m): 2  
 sampling (ms): 0.956  
 Dispersion curve: P\_ALBANESI\_MW1.cdp  
 Number of individuals: 30  
 Number of generations: 31

**Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 32 m**  
**Inversion quality: very good**

Vs5 (mean model): 129 m/s  
 Vs5 (best model): 129 m/s

Vs20 (mean model): 222 m/s  
 Vs20 (best model): 221 m/s  
 Vs30 (mean model): 297 m/s

	PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA
--	--

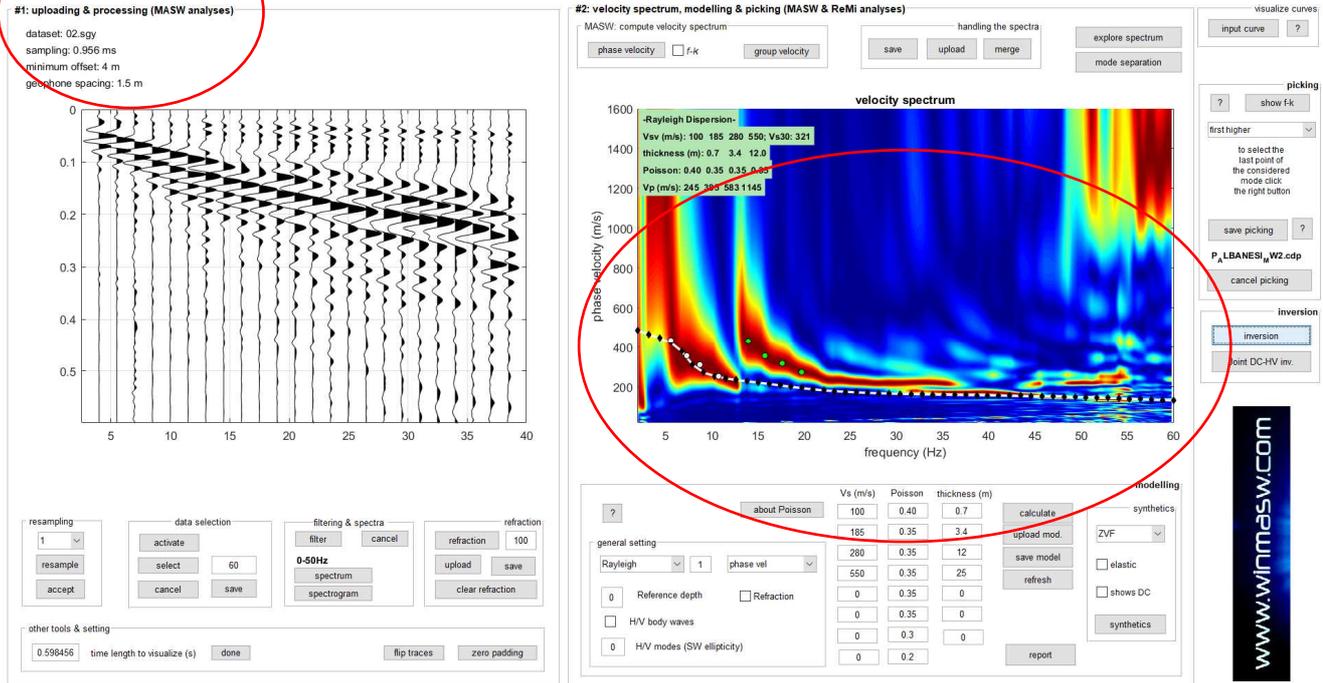
Vs30 (best model): 296 m/s

Number of models used to define the mean model: 7

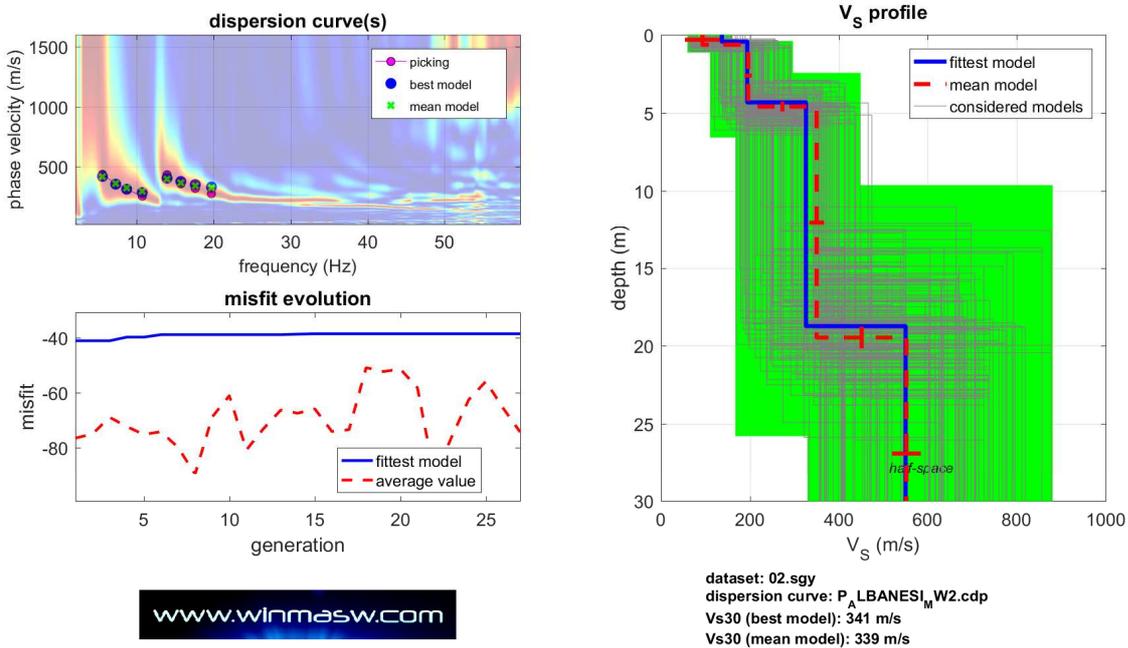
Vs5 for the best model: 129

Vs30 for the best model: 296

MASW n°2

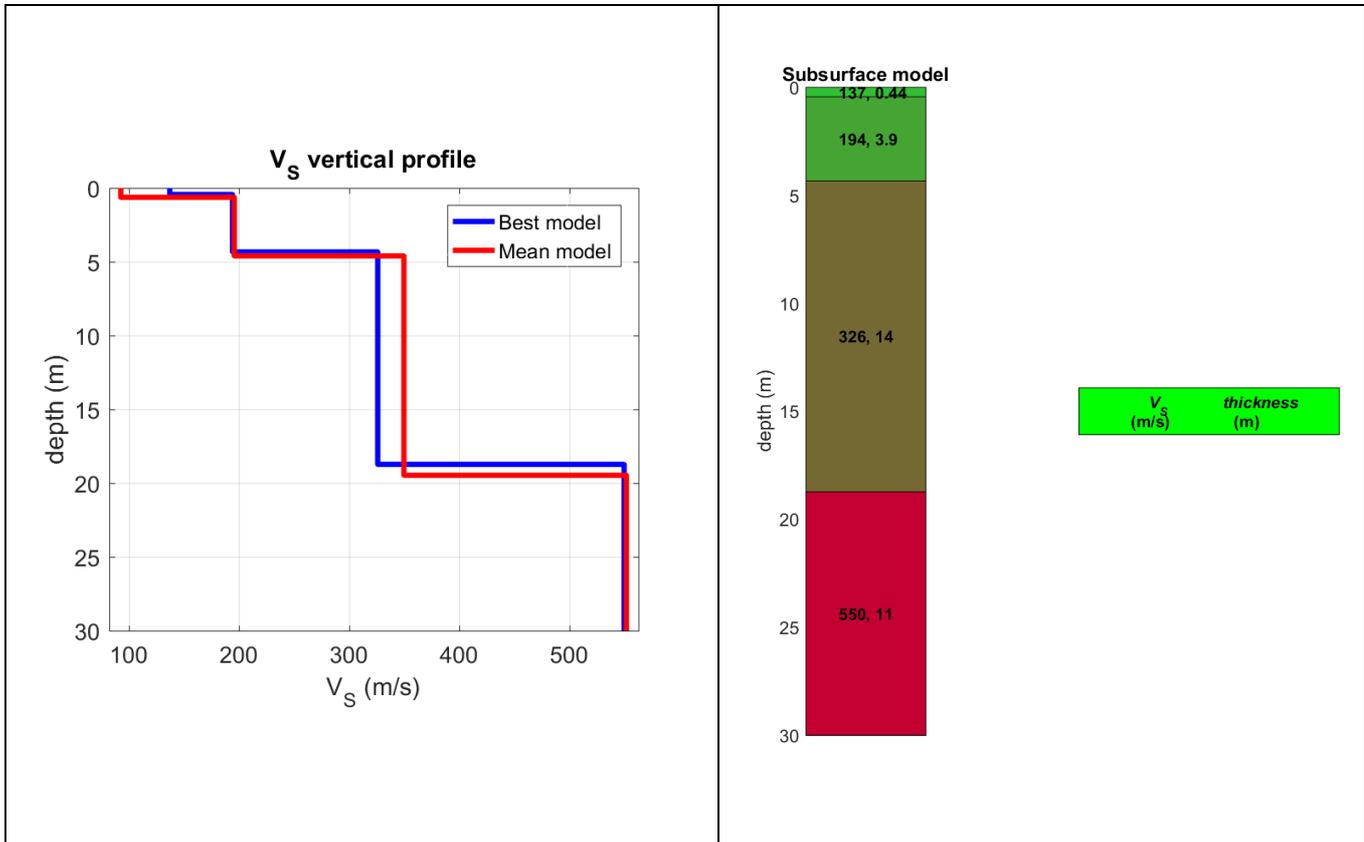


Sulla sinistra i dati di campagna, sulla destra, lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella 1) (modello "migliore" e medio sono tipicamente assolutamente analoghi). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo

utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici*).



Modellazione del rapporto spettrale H/V a partire dal profilo verticale della VS individuato.

## 18. RIEPILOGO DATI MASW N°2

### Analyzing Phase velocities

==0== SECTION#1  
 dataset: 02.sgy  
 minimum offset (m): 4  
 geophone spacing (m): 1.5  
 sampling (ms): 0.956  
 Dispersion curve: P\_ALBANESI\_MW2.cdp  
 Number of individuals: 20  
 Number of generations: 21

**Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 31 m**  
**Inversion quality: very good**

Vs5 (mean model): 177 m/s  
 Vs5 (best model): 197 m/s

Vs20 (mean model): 284 m/s  
 Vs20 (best model): 287 m/s

Vs30 (mean model): 339 m/s  
 Vs30 (best model): 341 m/s

Number of models used to define the mean model: 118

Vs5 for the best model: 197

Vs30 for the best model: 341

## 19. PUBBLICAZIONE DM 17.1.2018 “AGGIORNAMENTO DELLE N.T.C.

### *Categorie di sottosuolo*

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 (*Supplemento ordinario n. 8* alla GAZZETTA UFFICIALE). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. (*Supplemento ordinario n. 8* alla GAZZETTA UFFICIALE). I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

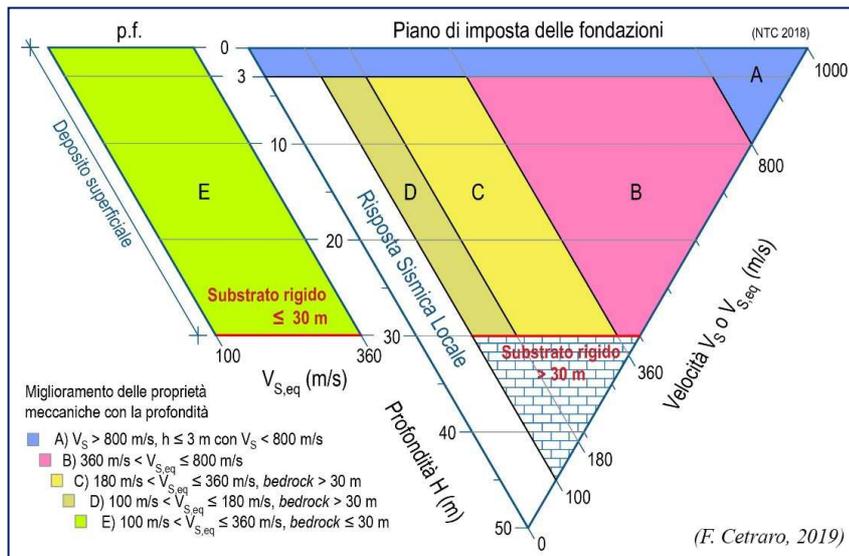
hi - spessore dell'i-esimo strato;

VS, - i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N - numero di strati;

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

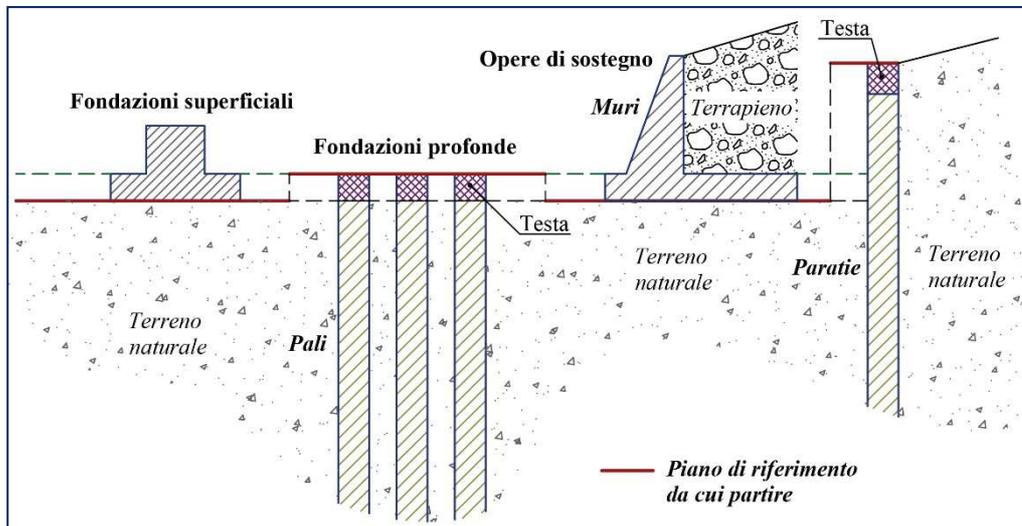
Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.



– Diagramma per le categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

## 20. PIANO DI RIFERIMENTO PER LE OPERE DI FONDAZIONE:

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

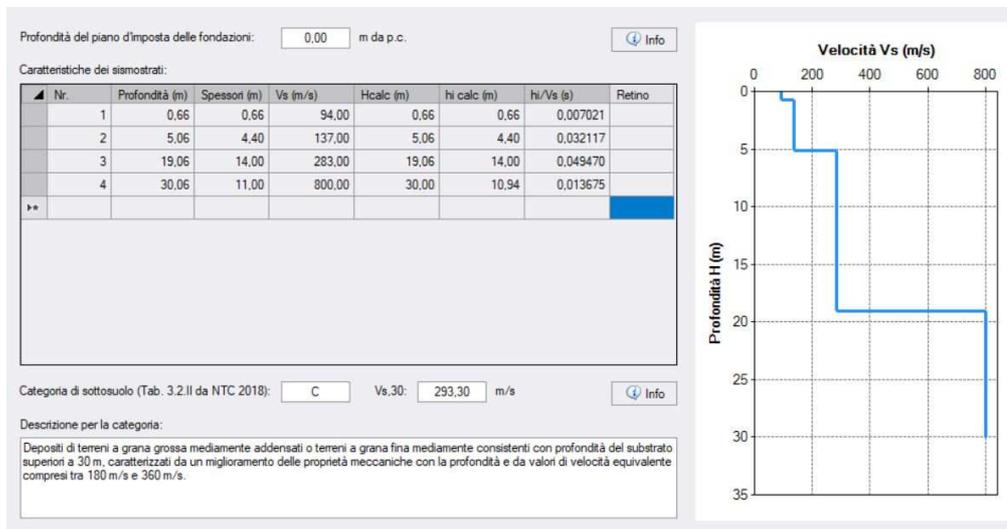


– Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

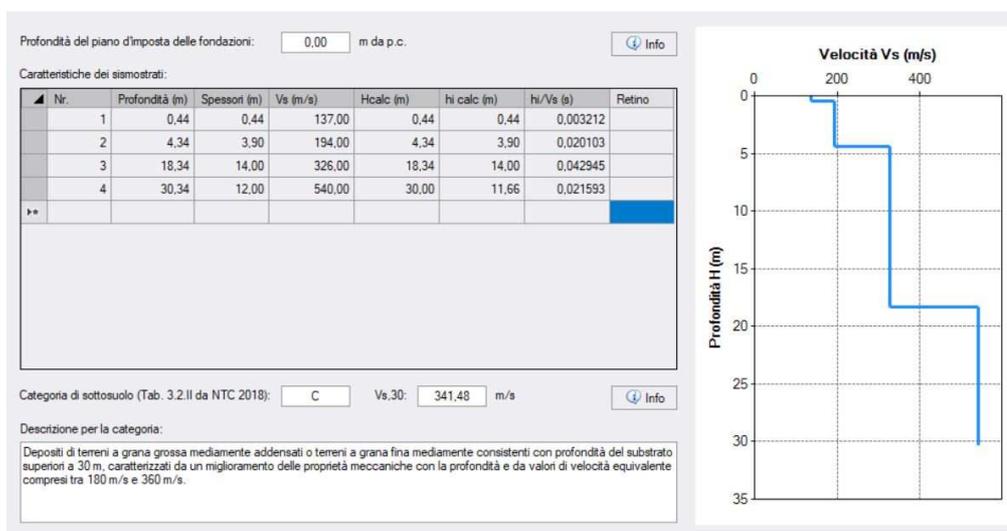
PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

La VSeq è stata ricalcolata rispetto al piano di campagna:

**masw n°1= piano di posa delle fondazioni, -0.00m dal p.c. >>> Vseq = 293.30m/s**



**masw n°2= piano di posa delle fondazioni, -0.00m dal p.c. >>> Vseq = 341.48m/s**



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

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

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

## 21. CONCLUSIONI

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (del modulo di taglio) e di conseguenza, del parametro VSeq. Come sopra esposto, è stato concordato con la D.L. che le indagini devono restituire i risultati riferiti al piano di posa delle fondazioni che nel nostro caso specifico coincidono col piano di campagna dando i seguenti risultati:

- ✚ **MASW n°1 riferita al piano di posa delle fondazioni = -0.00m -- VSeq = 293.30m/s,**
- ✚ **MASW n°2 riferita al piano di posa delle fondazioni = -0.00m -- VSeq = 341.48m/s,**

Il sito in esame, prendendo in considerazione la Vseq calcolata rispetto al piano di campagna rientra in entrambi i casi:

**categoria C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

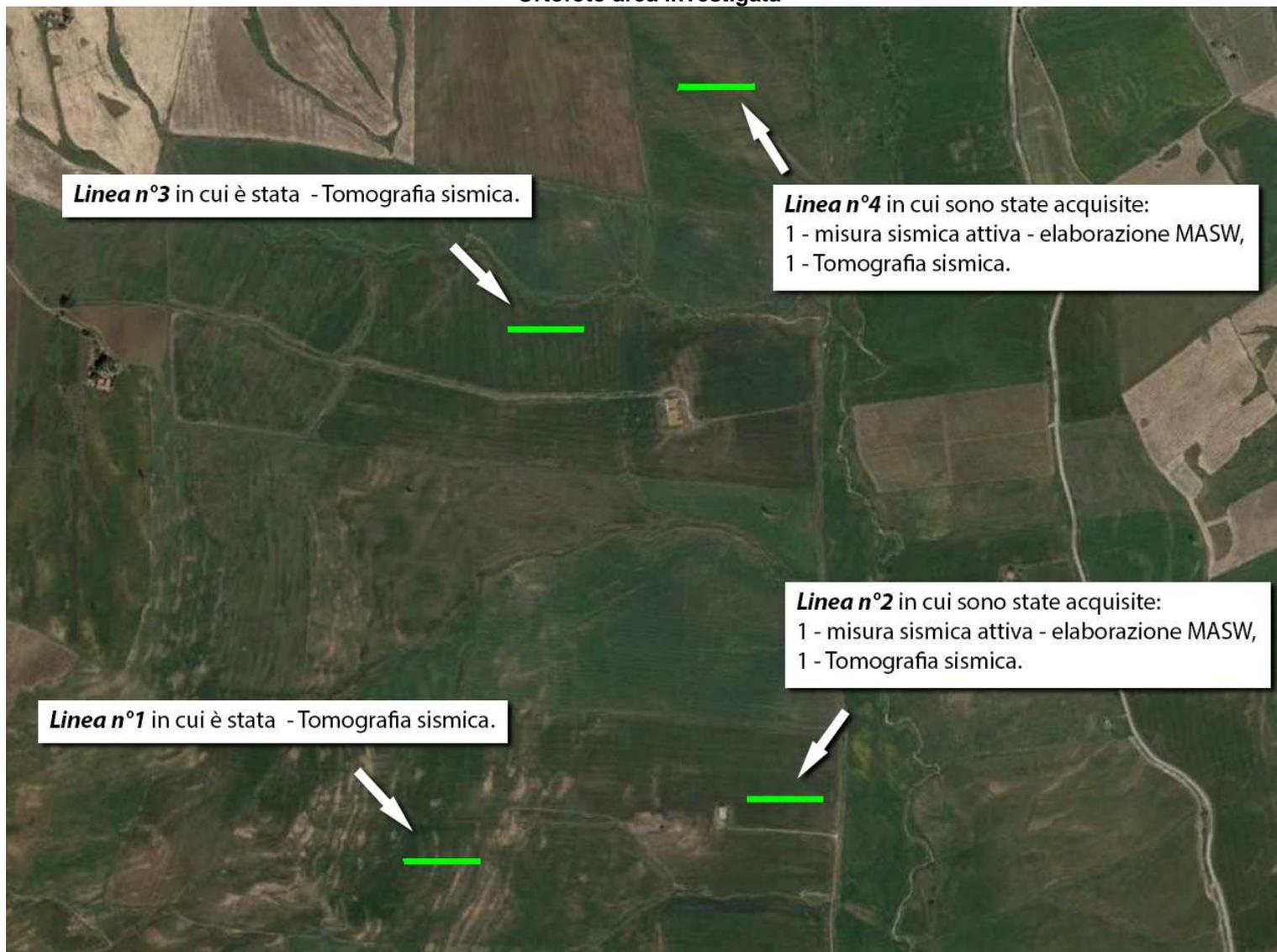
### Allegati

- Ortofoto
- Documentazione fotografica

**ALLEGATI**



**Ortofoto area investigata**



--	--

**foto area investigata masw n°1**



**foto area investigata masw n°2**



PIANA DEGLI ALBANESI, CONTRADA JENCHERIA

