

IMPIANTO AGRIVOLTAICO
SITO NEI COMUNI DI BRINDISI E CELLINO SAN MARCO
IN PROVINCIA DI BRINDISI

Valutazione di Impatto Ambientale

(artt. 23-24-25 del D.Lgs. 152/2006)

Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

(art. 17 del D.L. 77/2021, convertito in L. 108/2021)

Prot. CIAE: DPE-0007123-P-10/08/2020

Idea progettuale, modello insediativo e coordinamento generale: **AG Advisory S.r.l.**

Paesaggio e supervisione generale: **CRETA S.r.l.**

Elaborazioni grafiche: **Eclettico Design**

Assistenza legale: **Studio Legale Sticchi Damiani**

Progettisti:

Responsabili VIA: **CRETA S.r.l.**

Arch. Sandra Vecchietti

Arch. Filippo Boschi

Arch. Anna Trazzi

Arch. Giulia Bortolotto

Arch. Mattia Zannoni

Contributi specialistici:

Acustica: **Dott. Gabriele Totaro**

Agronomia: **Dott. Agr. Barnaba Marinosci**

Agronomia: **Dott. Agr. Giuseppe Palladino**

Archeologia: **Dott.ssa Caterina Polito**

Archeologia: **Dott.ssa Michela Rugge**

Asseverazione PEF: **Omnia Fiduciaria S.r.l.**

Fauna: **Dott. Giacomo Marzano**

Geologia: **Geol. Pietro Pepe**

Idraulica: **Ing. Luigi Fanelli**

Piano Economico Finanziario: **Dott. Marco Marincola**

Vegetazione e microclima: **Dott. Leonardo Beccarisi**

Cartella **VIA_3/**

Sottocartella **DOC_SPEC/**

Identificatore:
DOCSPEC19

Relazione geologica SU

Descrizione **Relazione geologica SU**

Nome del file:
DOCSPEC19.pdf

Tipologia
Relazione

Scala
-

Autori elaborato: Geol. Pietro Pepe

| Rev. | Data | Descrizione |
|-------------|-------------|--------------------|
| 00 | 01/02/22 | Prima emissione |
| 01 | | |
| 02 | | |

Spazio riservato agli Enti:

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI | 4 |
| 2 | PREMESSA | 5 |
| 3 | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA | 6 |
| 3.1 | Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Geomorfologico e Idrogeologico..... | 6 |
| 4 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO | 8 |
| 4.1 | Successione stratigrafica | 11 |
| 4.2 | Inquadramento geomorfologico..... | 11 |
| 4.3 | Caratteri idrogeologici e idrografici | 13 |
| 5 | ANALISI VINCOLI PAESAGGISTICI..... | 15 |
| 6 | CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE | 16 |
| 6.1 | Inquadramento sismico dell'area | 16 |
| 6.2 | Caratteristiche desunte dall'indagine sismica del territorio | 16 |
| 6.3 | Valutazione dell'azione sismica | 19 |
| 6.4 | Individuazione della pericolosità del sito | 19 |
| 6.4.1 | Localizzazione | 20 |
| 7 | INDAGINI REALIZZATE NELLE AREE DESTINATE AGLI IMPIANTI..... | 23 |
| 7.1 | Indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave)..... | 23 |
| 7.1.1 | Risultati sito Brindisi..... | 23 |
| 7.1.2 | Risultati sito Cellino San Marco..... | 34 |
| 7.2 | Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH | 45 |
| 7.2.1 | Correlazione con N _{spt} | 45 |
| 7.2.2 | Valutazione resistenza dinamica alla punta R _{qp} | 46 |
| 7.2.3 | Metodologia di elaborazione | 46 |
| 7.2.4 | Valutazioni statistiche e correlazioni | 47 |
| 7.2.5 | Correlazioni geotecniche terreni incoerenti | 47 |
| 7.2.6 | Correlazioni geotecniche terreni coesivi | 50 |
| 7.2.7 | Risultati delle prove DPSH eseguite | 51 |
| 7.2.8 | DPSH in agro di Brindisi | 52 |
| 7.2.9 | DPSH in agro di Cellino San Marco | 56 |
| 8 | CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE | 60 |

INDICE Tabelle

| Codice | Titolo | |
|-----------|------------------------|--------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | Pag. 1 di 60 |

| | |
|---|----|
| Tab. 6.1 Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno..... | 22 |
| Tab. 7.1 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 1..... | 23 |
| Tab. 7.2 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2..... | 24 |
| Tab. 7.3 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1..... | 24 |
| Tab. 7.4 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2..... | 24 |
| Tab. 7.5 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018 | 25 |
| Tab. 7.6 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 1..... | 34 |
| Tab. 7.7 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2..... | 34 |
| Tab. 7.8 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1..... | 35 |
| Tab. 7.9 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2..... | 35 |
| Tab. 7.10 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018 | 36 |
| Tab. 7.1 Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici | 45 |
| Tab. 7.12 Correlazioni empiriche utilizzate per l’elaborazione dei DPSH..... | 51 |
| Tab. 7.13 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.01..... | 53 |
| Tab. 7.14 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.02..... | 55 |
| Tab. 7.15 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.01..... | 57 |
| Tab. 7.16 Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.02..... | 59 |

INDICE Figure

| | |
|--|----|
| Fig. 3.1 Inquadramento dell’area su ortofoto | 6 |
| Fig. 3.2 Stralcio cartografia PAI con ubicazione dell’area di intervento | 7 |
| Fig. 4.1 Stralcio Foglio 203 della Carta geologica con ubicazione dell’area d’intervento..... | 10 |
| Fig. 4.2 Stralcio dell’area di intervento su carta idrogeomorfologica dell’AdB Puglia..... | 12 |
| Fig. 4.3 Stralcio Piano di Tutela delle Acque nell’area di intervento: distribuzione media dei carichi Piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia a e del Salento..... | 14 |
| Fig. 6.1 Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 | 16 |
| Fig. 6.2 Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004 | 17 |
| Fig. 6.3 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi..... | 18 |
| Fig. 6.4 Parametri di pericolosità sismica dell’area in esame | 19 |
| Fig. 6.5 Pericolosità dell’area in esame | 20 |
| Fig. 6.6 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno | 21 |
| Fig. 6.7 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno | 22 |
| Fig. 7.1 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1..... | 26 |
| Fig. 7.2 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1..... | 26 |
| Fig. 7.3 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1..... | 27 |
| Fig. 7.4 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1 | 27 |
| Fig. 7.5 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2..... | 28 |
| Fig. 7.6 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2..... | 28 |
| Fig. 7.7 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2..... | 29 |
| Fig. 7.8 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2 | 29 |
| Fig. 7.9 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1..... | 30 |
| Fig. 7.10 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1...30 | |

| Codice | Titolo | |
|-----------|------------------------|--------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | Pag. 2 di 60 |

| | |
|--|----|
| Fig. 7.11 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1..... | 31 |
| Fig. 7.12 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1 | 31 |
| Fig. 7.13 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2..... | 32 |
| Fig. 7.14 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2...32 | |
| Fig. 7.15 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2..... | 33 |
| Fig. 7.16 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2 | 33 |
| Fig. 7.17 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1..... | 37 |
| Fig. 7.18 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1..37 | |
| Fig. 7.19 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1..... | 38 |
| Fig. 7.20 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1..... | 38 |
| Fig. 7.21 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2..... | 39 |
| Fig. 7.22 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2..39 | |
| Fig. 7.23 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2..... | 40 |
| Fig. 7.24 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2 | 40 |
| Fig. 7.25 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1..... | 41 |
| Fig. 7.26 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1..41 | |
| Fig. 7.27 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1..... | 42 |
| Fig. 7.28 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1..... | 42 |
| Fig. 7.29 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2..... | 43 |
| Fig. 7.30 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2..43 | |
| Fig. 7.31 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2..... | 44 |
| Fig. 7.32 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2..... | 44 |
| Fig. 7.33 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01 | 52 |
| Fig. 7.34 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02 | 54 |
| Fig. 7.35 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01 | 56 |
| Fig. 7.36 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02 | 58 |

| | | |
|-----------|------------------------|--------------|
| Codice | Titolo | Pag. 3 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- Carta Geologica D'Italia, scala 1:100000, Foglio 203 "Brindisi";
- Ciaranfi N. et alii (1983) - "Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – "Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture", Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche" (G.U. n.105 del 08/05/2003);
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici;
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 "Progetto S1 Proseguimento dell'assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi";
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006);
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale"
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia – "Adempimenti In Zone Sismiche Classificate 4" - Prevede l'obbligo della progettazione antisismica estesa anche per le costruzioni private da realizzare in zona sismica classificata "4", modificando quanto precedentemente previsto, dalla delibera di G.R. n° 153/04;
- Delibera D.G.R. n. 1214 del 31.05.2011 della Giunta Regionale - Regione Puglia – specificazione di dettaglio degli edifici individuati con gli elenchi A e B dell'Allegato 2 dalla delibera di G.R. n° 153/04;
- "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" del 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8).

| Codice | Titolo | Pag. 4 di 60 |
|-----------|------------------------|--------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

2 PREMESSA

Scopo del presente elaborato è individuare le litologie del sottosuolo e le caratteristiche meccaniche del sottosuolo da cui dipendono le modalità e le tecniche di scavo per la realizzazione del cavidotto di collegamento tra l'impianto fotovoltaico di potenza pari a $P=16,47\text{MWp}$ installato nei Comuni di Brindisi e Cellino San Marco e la rete AT 150 kV di Terna presso la stazione elettrica SE denominata "Brindisi Sud" mediante stazione di utenza SU 30/150kV.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile della potenza complessiva di 16,63 MWp su lotti di terreno di estensione totale pari 34,289ha siti nei comuni di Cellino San Marco (BR) e Brindisi.

Vista la natura dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera in progetto durante l'attuazione delle indagini è stata posta particolare attenzione a:

- Determinare lo spessore dei depositi di copertura;
- Caratterizzare meccanicamente gli strati di sottosuolo interessati dalle opere in progetto;

Gran parte del cavidotto esterno di collegamento tra gli impianti e la SU si trova sulle stesse litologie che interessano gli impianti. Pertanto la campagna indagini a cui ci si è riferiti è quella effettuata in corrispondenza degli impianti agrivoltaici in progetto di Brindisi e Cellino San Marco, che è consistita nell'esecuzione di:

- ✓ Rilievo geologico di superficie e acquisizione fotografica dei caratteri tipologici evidenti in situ;
- ✓ n. 2 prospezioni sismiche mediante tecnica MASW per singoli profili di lunghezza complessiva 69 ml e con 24 geofoni distanti 3 m, finalizzate al calcolo della $V_{s,eq}$ ai sensi delle NTC 2018 per l'area in esame compresa nel territorio di Brindisi;
- ✓ n. 2 prospezioni sismiche mediante tecnica MASW per singoli profili di lunghezza complessiva 69 ml e con 24 geofoni distanti 3 m, finalizzate al calcolo della $V_{s,eq}$ ai sensi delle NTC 2018 per l'area in esame compresa nel territorio di Cellino San Marco;
- ✓ n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti per la deduzione dei principali parametri geotecnici dei terreni superficiali per l'area in esame compresa nel territorio di Brindisi;
- ✓ n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti per la deduzione dei principali parametri geotecnici dei terreni superficiali per l'area in esame compresa nel territorio di Cellino San Marco.

Nell'elaborato **PAGRVLTELAB10** è riportata la planimetria dell'area in esame in cui sono indicate le ubicazioni delle indagini sismiche e penetrometriche.

| Codice | Titolo | Pag. 5 di 60 |
|-----------|------------------------|--------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

L'area interessata si estende tra i comuni di Brindisi e Cellino San Marco (al confine con San Donaci), a quote variabili tra 55 e 75 m s.l.m.

La figura 3.1 mostra la planimetria dell'impianto Cellino SM e Brindisi con il tracciato del cavidotto di connessione. A destra, nel territorio di Cellino San Marco verrà realizzata la Stazione Utente che permetterà la connessione alla rete AT 150 kV di Terna.



Fig. 3.1 Inquadramento dell'area su ortofoto

3.1 Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Geomorfologico e Idrogeologico

Ai fini della verifica delle condizioni d'assetto idraulico e geomorfologico dell'area d'intervento, è stata consultata la "Carta del Rischio" del Piano stralcio per la Difesa dal Rischio Geomorfologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia.

In base ai criteri di perimetrazione è stato verificato che l'area non ricade in alcuna area perimetrata come "Area a pericolosità geomorfologica o Idraulica", come da stralcio cartografico seguente.

| Codice | Titolo | Pag. 6 di 60 |
|-----------|------------------------|--------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |



Fig. 3.2 Stralcio cartografia PAI con ubicazione dell'area di intervento

| | | |
|-----------|------------------------|--------------|
| Codice | Titolo | Pag. 7 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse, dal punto di vista geologico, ricade nel Foglio n. 203 della Carta Geologica d'Italia – scala 1:100.000 "Brindisi". L'area in esame si colloca nel comprensorio della penisola Salentina geologicamente costituita da una successione di rocce calcareo-dolomitiche, calcarenitiche e sabbioso-argillose, la cui messa in posto è avvenuta nell'arco di tempo compreso tra il Mesozoico e il Quaternario.

Infatti, la struttura geologica è caratterizzata dalla presenza di un substrato calcareo-dolomitico del Mesozoico (Piattaforma Carbonatica Apula) su cui si poggiano in trasgressione sedimenti calcarenitici e calcarei riferibili al Miocene, al Pliocene medio-sup. e al Pleistocene.

L'evoluzione geologica della penisola salentina può essere correlata al tratto più meridionale dell'Avampaese Apulo, la cui genesi è legata agli eventi tettonico-sedimentari che hanno interessato il promontorio africano prima nella collisione con la placca euroasiatica, risalente alla fine del Mesozoico, poi, nella tettonogenesi appenninico-dinarica, a partire dal Neogene. A tetto del basamento cristallino, nel Salento, è presente una potente copertura sedimentaria con alla base sedimenti di facies terrigena fluvio-deltizie correlabili con il Verrucano (Permiano-Triassico). Sui depositi terrigeni si rinviene una successione anidritico-dolomitica riferibile alle Anidriti di Burano (Triassico), ed una sovrastante successione giurassico-cretacea avente facies di piattaforma carbonatica.

Il territorio strettamente in esame è caratterizzato dall'affioramento delle seguenti unità geologiche, dalle più antiche alle più recenti:

- ✓ **Formazione di Gallipoli (Pleistocene):** unità geologica rappresentata da sabbie argillose giallastre che passano inferiormente a marne argillose grigio-azzurrate (Q^1_s). Sono presenti intercalazioni arenacee e calcarenitiche ben cementate (Q^1_c).

La **Formazione di Gallipoli** rappresenta l'unità geologica che caratterizza una parte del territorio in esame. È rappresentata da sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm di spessore che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (Q^1_s). L'unità presenta intercalazioni di banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q^1_c). Questa formazione è ben rappresentata nel foglio Brindisi, in particolare nei settori settentrionali dove occupa una vastissima area attorno a Brindisi. La formazione è costituita da due litotipi fondamentali che sono le marne argillose, e più raramente, le marne nella parte basale e da sabbie più o meno argillose nella parte sommitale. Le marne argillose hanno colorazione grigio-azzurrognola, si presentano generalmente plastiche e poco stratificate, con percentuali variabili di frammenti di quarzo a spigoli vivi. Verso l'alto della serie la componente marnoso-argillosa diminuisce gradualmente passando a sabbie vere e proprie, giallastre o grigio-giallastre, con un certo contenuto di argilla, costituite prevalentemente da frammenti di quarzo a grana da media a fine. Le sabbie sono stratificate e talora parzialmente cementate. Le sabbie e le argille costituenti la formazione di Gallipoli possono essere sostituite, parzialmente o totalmente, da

| Codice | Titolo | Pag. 8 di 60 |
|-----------|------------------------|--------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

calcareniti ed arenarie ben cementate e talora da livelli di panchina. Le calcareniti sono particolarmente abbondanti ed estese nell'area del foglio Brindisi.

Lo spessore, secondo quanto indicato nelle note illustrative del foglio, può raggiungere il centinaio di metri nella zona di Brindisi.

La Formazione confina a sud del territorio di Brindisi, con l'orizzonte delle Calcareniti del Salento avente un'età del Calabriano-Pliocene superiore. Tale passaggio non risulta molto chiaro, sia per lo scarso affioramento dei sedimenti al contatto che per l'assenza di caratteri morfologici significativi: il passaggio potrebbe avvenire verticalmente con una graduale affermazione verso l'alto della formazione di Gallipoli ma non è da escludere una parziale sostituzione laterale così come la presenza di una discordanza con una lacuna stratigrafica più o meno ampia. Nella parte sud-occidentale i rapporti stratigrafici con le Calcareniti del Salento sono decisamente discordanti, la Formazione di Gallipoli in queste aree occupa difatti depressioni nettamente tagliate entro l'orizzonte calcarenitico.

✓ **Calcareniti del Salento (Pleistocene):** unità geologica rappresentata da sabbie calcaree poco cementate con intercalati banchi di panchina, sabbie argillose grigio-azzurre (Q¹ P³).

Il presente orizzonte è bene rappresentato nella parte centrale e meridionale del foglio Brindisi, dove occupa una vasta plaga, continua ma irregolare, costituita da bande allungate da ovest ad est oppure da ONO a ESE, tra loro collegate. È pure ben rappresentato nel f. Lecce, con un vasto affioramento nella parte centrale, in corrispondenza delle località di Cellino San Marco, San Pietro Vernotico, Torchiarolo. In generale occupa aree morfologicamente depresse e pianeggianti, a quote variabili gradatamente da 150 m ad ovest a 10 m ad est. È distribuito precisamente nella parte centrale di antiche depressioni, occupate dal mare pliocenico-calabriano, accostandosi in discordanza all'orizzonte precedente. È costituito da sabbie calcaree di colore azzurrognolo, talvolta giallastro per ossidazione, in generale debolmente cementate. Talora le sabbie calcaree sono argillose e sono pure presenti livelli esclusivamente argillosi, azzurrognoli, simili alle argille di Galatina, di Nardò, ecc.

A settentrione l'orizzonte viene a contatto con la Formazione di Gallipoli. Il passaggio non è molto chiaro, sia per la scarsa esposizione di sedimenti interessati, sia per l'assenza di caratteri morfologici indicativi.

| | | |
|-----------|------------------------|--------------|
| Codice | Titolo | Pag. 9 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

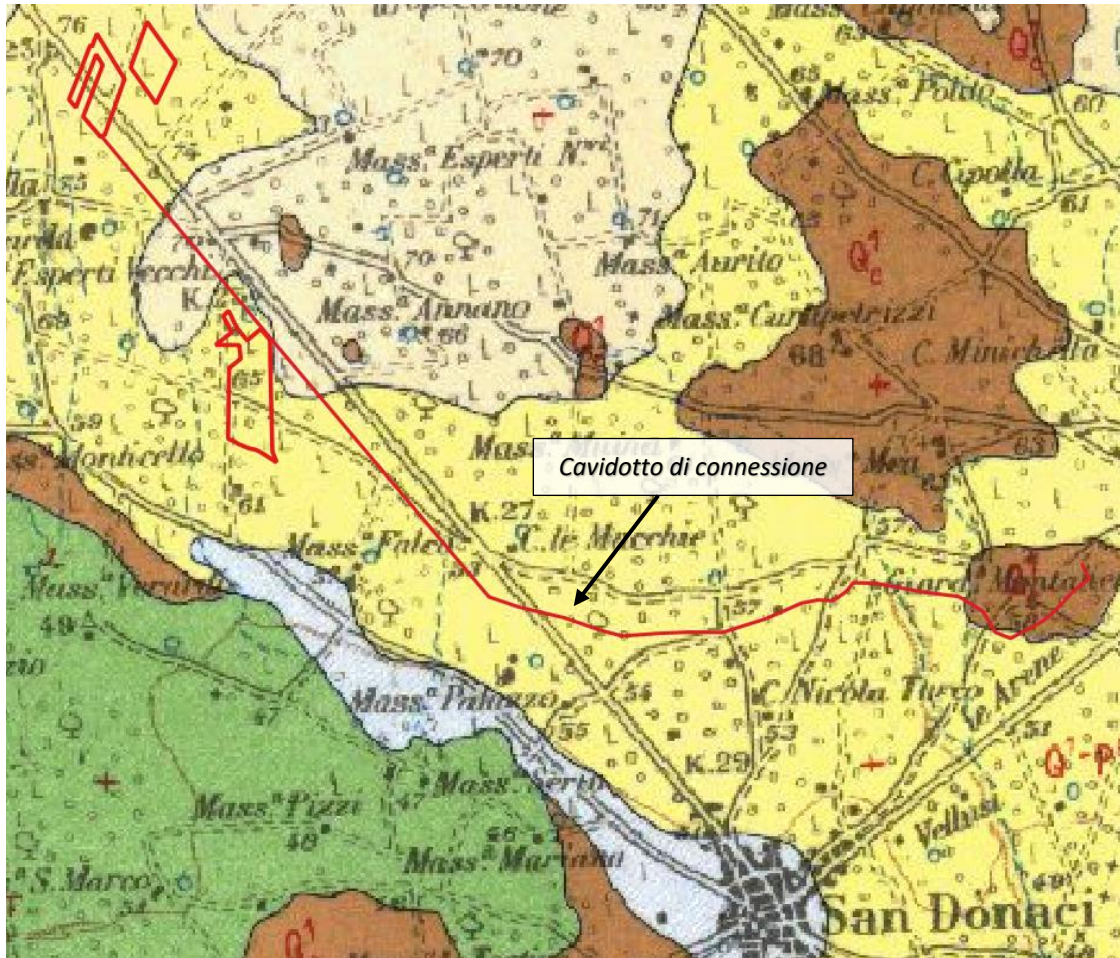
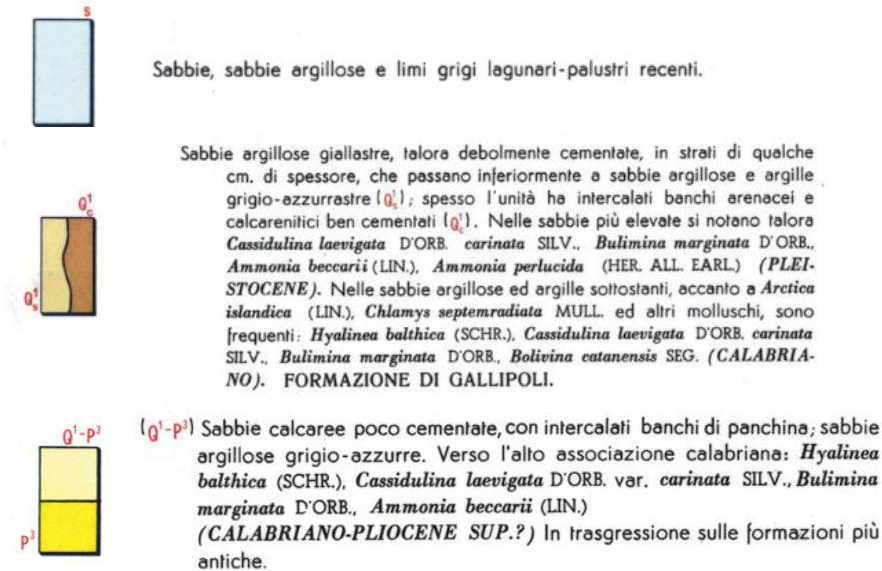


Fig. 4.1 Stralcio Foglio 203 della Carta geologica con ubicazione dell'area d'intervento



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 10 di 80 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |



Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciolo, a frattura irregolare, calcari grigio-chiari. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Praeglobotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. cf. reicheli* (MORN.), *Nummoloculina* sp. (GENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO).
DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

4.1 Successione stratigrafica

Dal rilievo geologico e dai risultati delle indagini eseguite in corrispondenza degli impianti di Brindisi e Cellino San Marco è evidente che l'assetto stratigrafico della maggior parte del cavidotto di connessione è contraddistinto da un primo strato superficiale di terreno vegetale ed uno strato sottostante caratterizzato da depositi sabbiosi compatti e cementati, appartenenti alla formazione delle Calcareniti del Salento. L'ultimo tratto del cavidotto e la SU invece, è caratterizzato da un banco calcarenitico ben cementato con profondità massime di circa 4 m appartenente alla Formazione di Gallipoli, che poggia su depositi sabbiosi poco cementati appartenenti alla formazione delle Calcareniti del Salento.

Inoltre, nel corso delle indagini nell'area ricadente nel territorio di Brindisi, è emersa la presenza di una lente acquifera a profondità di circa 3 m dal p.c. in corrispondenza del tratto iniziale del cavidotto, in prossimità della strada Mesagne - San Donaci e della S.P.80.

4.2 Inquadramento geomorfologico

La morfologia dell'area del foglio "Brindisi" è caratterizzata dalla presenza di dorsali e altipiani che solo in alcuni casi si elevano di qualche decina di metri al di sopra delle aree circostanti determinando le strutture morfologiche note localmente come "serre".

Queste elevazioni, che generalmente coincidono con alti strutturali, sono allungate in direzione NO-SE e sono separate fra loro da aree pianeggianti più o meno estese. Le formazioni affioranti nelle parti più elevate sono generalmente le più antiche, cretache o mioceniche, mentre nelle zone più depresse affiorano terreni miocenici e/o plio-pleistocenici.

Vi è in generale una buona corrispondenza tra la morfologia e l'andamento strutturale: le antiche linee di costa sono definite da piccole scarpate, le anticlinali determinano le zone più sopraelevate corrispondendo alle serre e alle alture; mentre le zone più depresse corrispondono generalmente alle sinclinali.

Questa situazione morfologico-strutturale dimostra che nel periodo di emersione delle aree non vi è stato un apprezzabile smantellamento da parte degli agenti esogeni ad eccezione dell'azione di abrasione marina che ha operato in maggiore misura ai margini delle strutture emerse.

Oltre al rilevamento geologico-geomorfologico, ai fini della verifica dei caratteri idro-geomorfologici dell'area è stata consultata la cartografia idro-geomorfologica in Web-Gis redatta dall'AdB Puglia (di cui si riporta uno stralcio di seguito), dalla quale si evince che il sito in

| Codice | Titolo | Pag. 11 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

agro di Brindisi e Cellino SM, che per la sua estensione si trova ad una quota compresa tra 55 e 75 metri circa, è contraddistinto da superfici sub-orizzontali o con blande pendenze verso NE. Nella parte terminale del cavidotto sono presenti due corsi d'acqua episodici trasversali al cavidotto stesso, di primo e secondo grado che si attivano essenzialmente durante le precipitazioni di forte intensità.



Fig. 4.2 Stralcio dell'area di intervento su carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 12 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

4.3 Caratteri idrogeologici e idrografici

Le caratteristiche idrogeologiche della zona in esame risultano influenzate dalla morfologia del territorio, dalle condizioni di assetto strutturale e dalle caratteristiche di permeabilità delle formazioni affioranti. Come già evidenziato in precedenza, il deflusso superficiale si esplica per brevi percorsi condizionati sostanzialmente dall'andamento generale delle pendenze, giacché non esiste un reticolo idrografico di superficie. Le modalità di deflusso delle acque sotterranee risultano invece fortemente influenzate dal grado e dal tipo di permeabilità delle formazioni affioranti. Le acque pluviali che si infiltrano nel sottosuolo vanno quasi interamente ad alimentare la "falda profonda", un corpo acquifero di dimensioni cospicue, attestato nelle rocce del basamento carbonatico mesozoico. Tuttavia dal Pleistocene medio ad oggi l'azione delle acque meteoriche ha agito sulla superficie del paesaggio addolcendone le forme e scavando profonde incisioni sulle rocce carbonatiche che hanno portato poi allo sviluppo di forme tipicamente carsiche quali doline, inghiottitoi e soprattutto, un gran numero di grotte.

Le acque di falda costituiscono già da lungo tempo l'unica fonte di una certa consistenza per l'alimentazione idrica ai fini plurimi della Penisola Salentina. La circolazione idrica sotterranea si esplica nel Salento nell'ambito della formazione mesozoica basale, costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie generalmente molto permeabili per fessurazione e carsismo.

La circolazione idrica sotterranea è caratterizzata dalla presenza di due distinti sistemi la cui interazione tende a variare da luogo a luogo: il primo, più profondo, è rappresentato dalla falda carsica circolante nel basamento carbonatico mesozoico, fortemente fratturato e carsificato; il secondo, è costituito da una serie di falde superficiali, che si rinvergono a profondità ridotte dal piano campagna, ovunque la presenza di livelli impermeabili vada a costituire uno sbarramento. La falda carsica, relativa all'acquifero costituito da rocce calcaree, tende a galleggiare sulle acque più dense d'intrusione marina, assumendo una tipica forma a lente biconvessa con spessori che vanno decrescendo dal centro verso i margini ionico ed adriatico. La superficie di separazione tra acque dolci ed acque salate, a differente densità, è data da una fascia di transizione il cui spessore, anch'esso variabile, cresce all'aumentare della distanza dalla costa ed è, inoltre, funzione dello spessore dell'acquifero di acque dolci. La falda profonda trova direttamente recapito nel Mar Ionio e nel Mare Adriatico, verso cui defluisce con pendenze piezometriche piuttosto modeste. A luoghi può risultare intercettata da livelli poco permeabili dello stesso. L'acquifero superficiale secondario assume spesso carattere di acquifero multistrato corrispondente a più porzioni sature di calcareniti e sabbie poco cementate, poste a profondità variabili e comprese fra pochi metri fino a 10 e 35 m dal piano campagna e delimitate verso il basso da livelli impermeabili costituiti a luoghi dalle terre rosse, a luoghi da successioni limoso-argillose basali delle stesse formazioni.

I caratteri di permeabilità delle formazioni geologiche affioranti sono tali da favorire una rapida infiltrazione in profondità delle acque meteoriche non permettendo un prolungato ruscellamento superficiale: risulta quindi assente un reticolo idrografico di superficie ed il deflusso delle acque fluviali avviene in occasione di piogge abbondanti, sottoforma di ruscellamento

| Codice | Titolo | Pag. 13 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

diffuso lungo le scarpate che delimitano le Serre. L'intero territorio presenta notevoli segni di un modellamento carsico policiclico e un'idrografia contrassegnata nelle parti interne dalla presenza di corsi d'acqua e bacini endoreici di varia dimensione e forma.

Sulla base dei dati desunti dal nuovo Piano di Tutela delle Acque, i carichi piezometrici della falda profonda sono, nell'area in esame, dell'ordine di circa 3 metri s.l.m. e il deflusso delle acque sotterranee si esplica localmente a pelo libero e con cadenti piezometriche molto basse da Ovest verso Est.

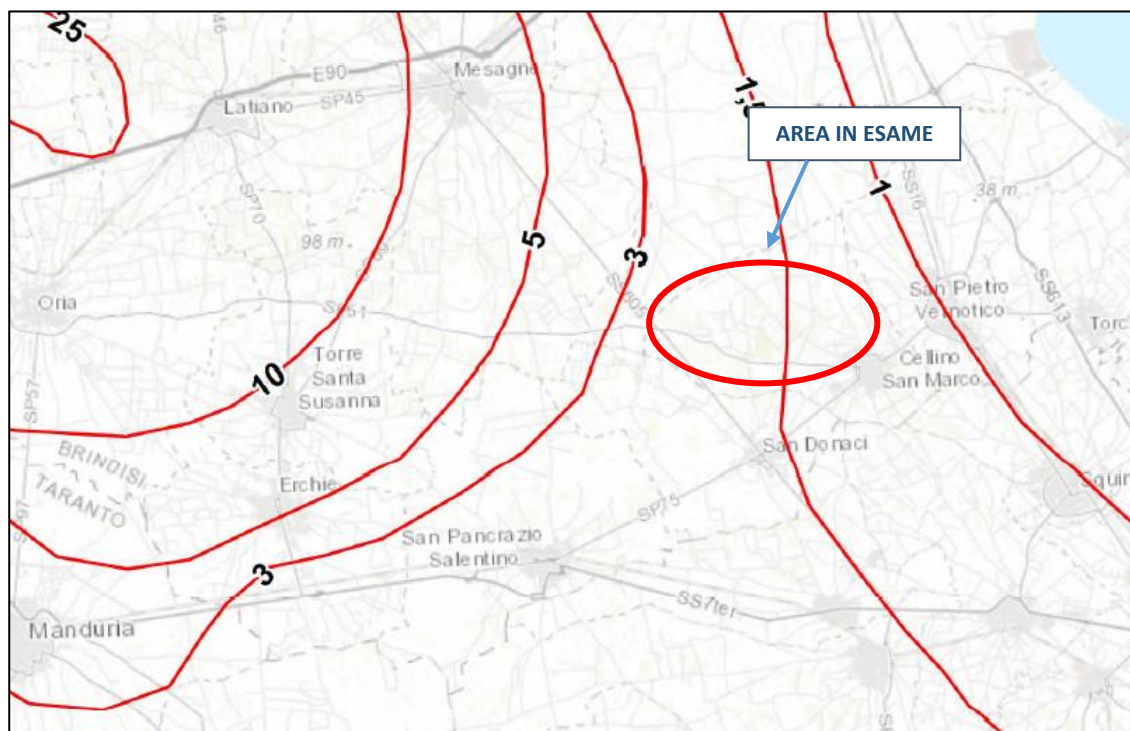


Fig. 4.3 Stralcio Piano di Tutela delle Acque nell'area di intervento: distribuzione media dei carichi Piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia a e del Salento

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 14 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

5 ANALISI VINCOLI PAESAGGISTICI

Le aree sottoposte a tutele dal PPTR si dividono in:

- Beni Paesaggistici, ai sensi dell'art. 134 del Codice
- Ulteriori Contesti Paesaggistici ai sensi dell'art. 143, co.1, lett. e) del Codice.

In particolare, Gli Ulteriori Contesti Paesaggistici sono individuati e disciplinati dal PPTR ai sensi dell'art. 143, comma 1, lett. e), del Codice e sottoposti a specifiche misure di salvaguardia e di utilizzazione necessarie per assicurarne la conservazione, la riqualificazione e la valorizzazione.

Il cavidotto esterno di connessione intercetta alcune aree comprese tra gli Ulteriori Contesti Paesaggistici, individuati e tutelati dal Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), di seguito indicati:

Componenti idrologiche

- UCP – Reticolo idrografico di connessione della R.E.R. (100 m)

Componenti dei valori percettivi

- UCP – Strade a valenza paesaggistica



PPTR

6.1.2 Componenti idrologiche

UCP - Reticolo idrografico di connessione della R.E.R. (100m)

6.3.2 Componenti dei valori percettivi

UCP - Strade a valenza paesaggistica

— Cavidotto esterno

□ Aree di impianto

▨ Stazione Utente

| Codice | Titolo | Pag. 15 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Marseglia – Amaranto Energia e Sviluppo S.r.l

Via Baione, 200 - 70043 Monopoli (BA) – tel. + 39 0874 67618 - fax +39 0874 1862021

maenergiasviluppo@legalmail.it

P.Iva e C.F. 08240530728

6 CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE

6.1 Inquadramento sismico dell'area

Il comune di Brindisi e il comune di Cellino San Marco, con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009, ricade in **zona sismica 4** (*livello di pericolosità molto basso*), come evidenziato nella figura seguente.

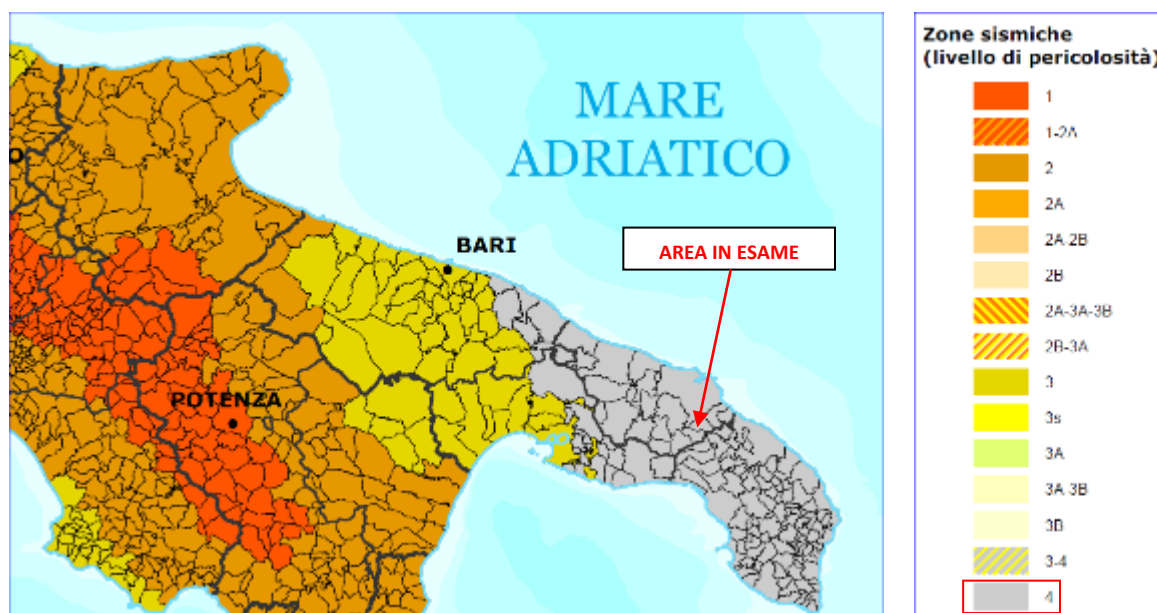


Fig. 6.1 Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003

6.2 Caratteristiche desunte dall'indagine sismica del territorio

Basandosi sulle indagini sismiche eseguite nelle aree destinate all'installazione degli impianti agrivoltai, i valori di velocità delle onde sismiche di taglio hanno evidenziato:

- per l'area ricadente nel Comune di Brindisi, nella zona a sud la presenza del bedrock sismico alla profondità di 15.60÷17.59 m; mentre nella zona più a nord non è stato possibile individuare il bedrock sismico, pertanto il calcolo del Vs, eq si è ricondotto al calcolo del vecchio Vs,30, cioè fino alla profondità di 30 metri di investigazione. In ogni caso i valori del Vs, eq sono risultati compresi tra 382 e 489 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B";
- per l'area ricadente nel Comune di C.S. Marco, nella zona a nord la presenza del bedrock sismico alla profondità di poco più di 15 metri; mentre nella zona a sud il bedrock sismico è stato individuato ad una profondità compresa tra 20 e 25 metri. In ogni caso i valori del Vs,eq sono risultati compresi tra 379 e 443 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B".

| Codice | Titolo | Pag. 16 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Inoltre, in entrambi i casi il valore del fattore S che tiene conto delle condizioni stratigrafiche e geotecniche del sito è pari a: **S=1.0**.

Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del Gennaio 2018 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $0.15 < a_g / g < 0.25$, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base pari ad $a_g = 0.05g$.

In particolare, le recenti Norme superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.025 - 0.050 g, come evidenziato nelle figure seguenti, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s,eq} > 800m/sec$).

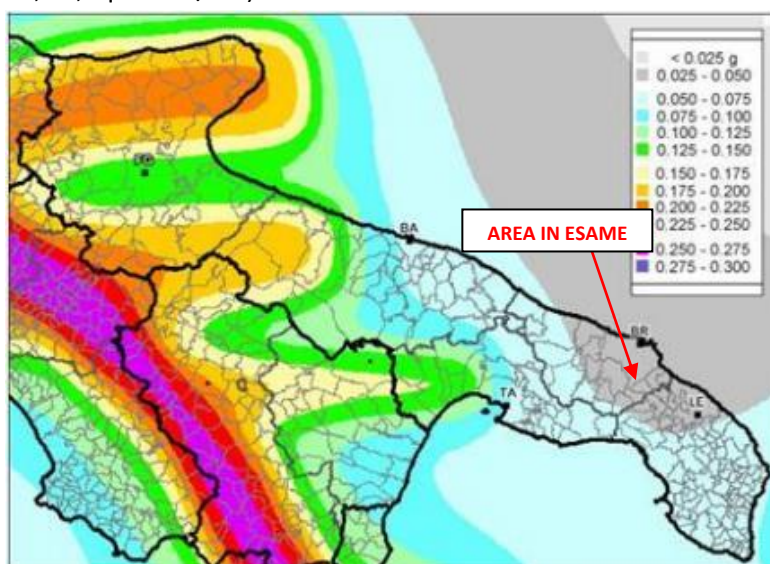


Fig. 6.2 Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 17 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

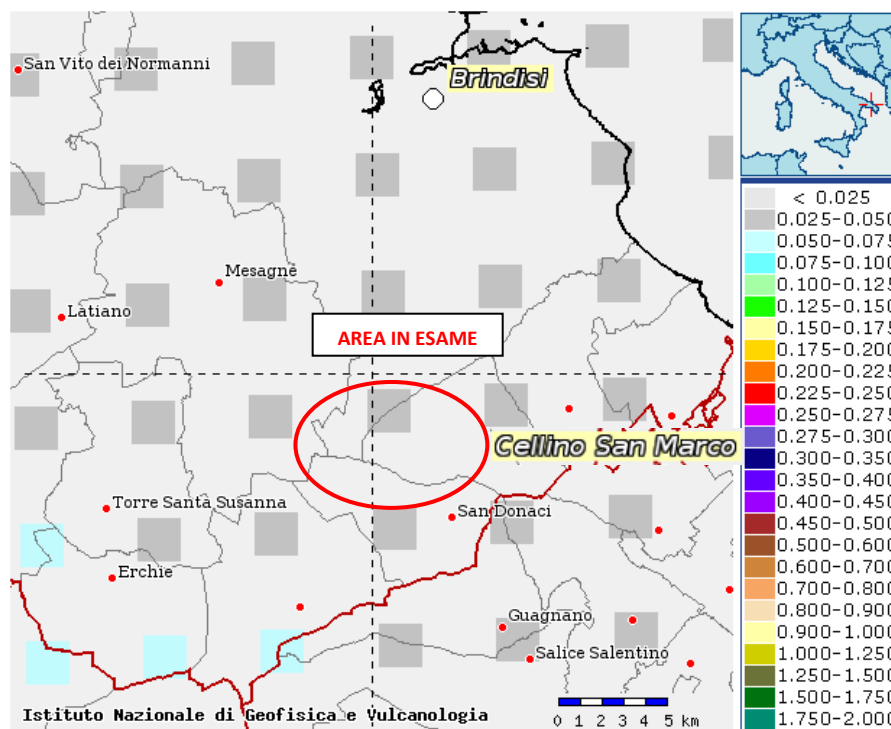


Fig. 6.3 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi

Infine, per ulteriori considerazioni utili a caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da un deposito sabbioso molto compatto e cementato nel territorio di Brindisi, mentre è costituito da un deposito sabbioso compatto e cementato nel territorio di Cellino San Marco;
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- la falda superficiale non è presente nel territorio di Brindisi mentre è presente nel territorio di Cellino San Marco.

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 18 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

6.3 Valutazione dell'azione sismica

Alla luce della recente normativa di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame ricadente rispettivamente nel territorio di Brindisi e di Cellino San Marco:

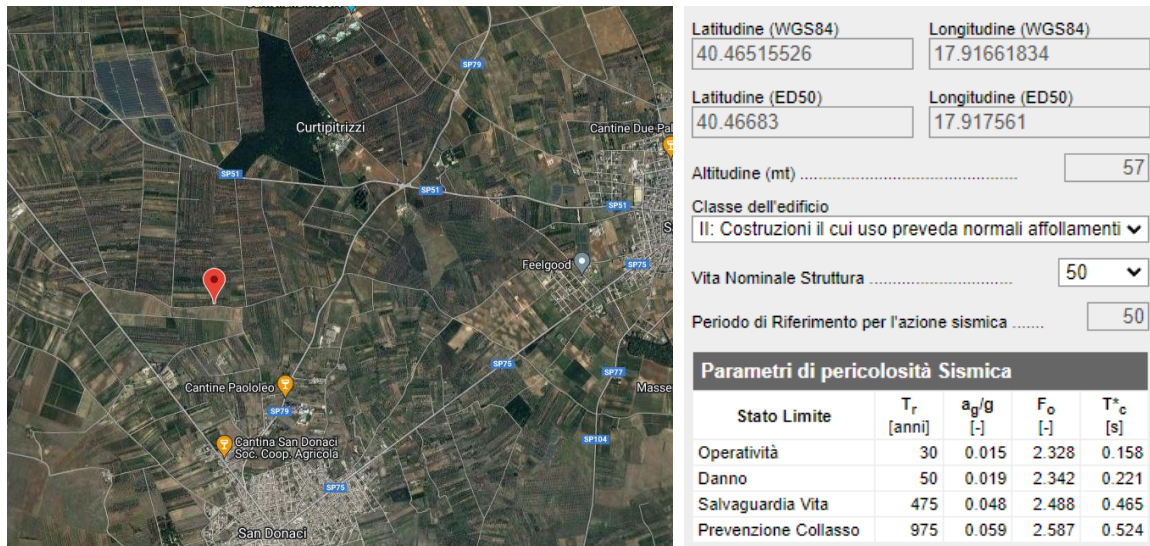


Fig. 6.4 Parametri di pericolosità sismica dell'area in esame

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- "ag" accelerazione orizzontale massima al terreno;
- "F₀" valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- "T_c*" periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

6.4 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC 2018 ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica. Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa. La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 19 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici. Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità.

Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

6.4.1 Localizzazione



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 17.91756 LATITUDINE: 40.46683

Ricerca per comune REGIONE: Puglia PROVINCIA: Brindisi COMUNE: Cellino San Marco

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Fig. 6.5 Pericolosità dell'area in esame

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) sono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione del periodo di ritorno Tr .

Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_0 , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1.

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 20 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

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

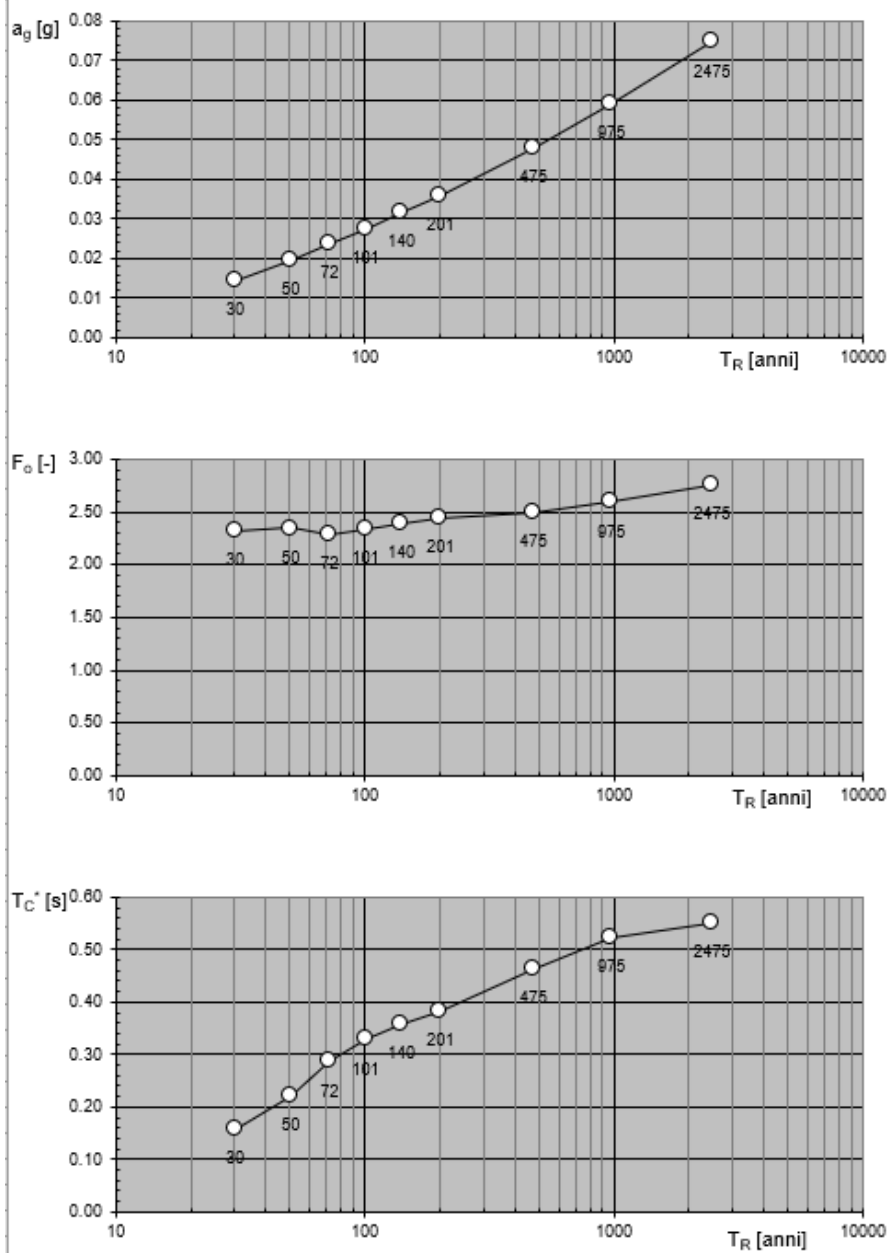


Fig. 6.6 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 21 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

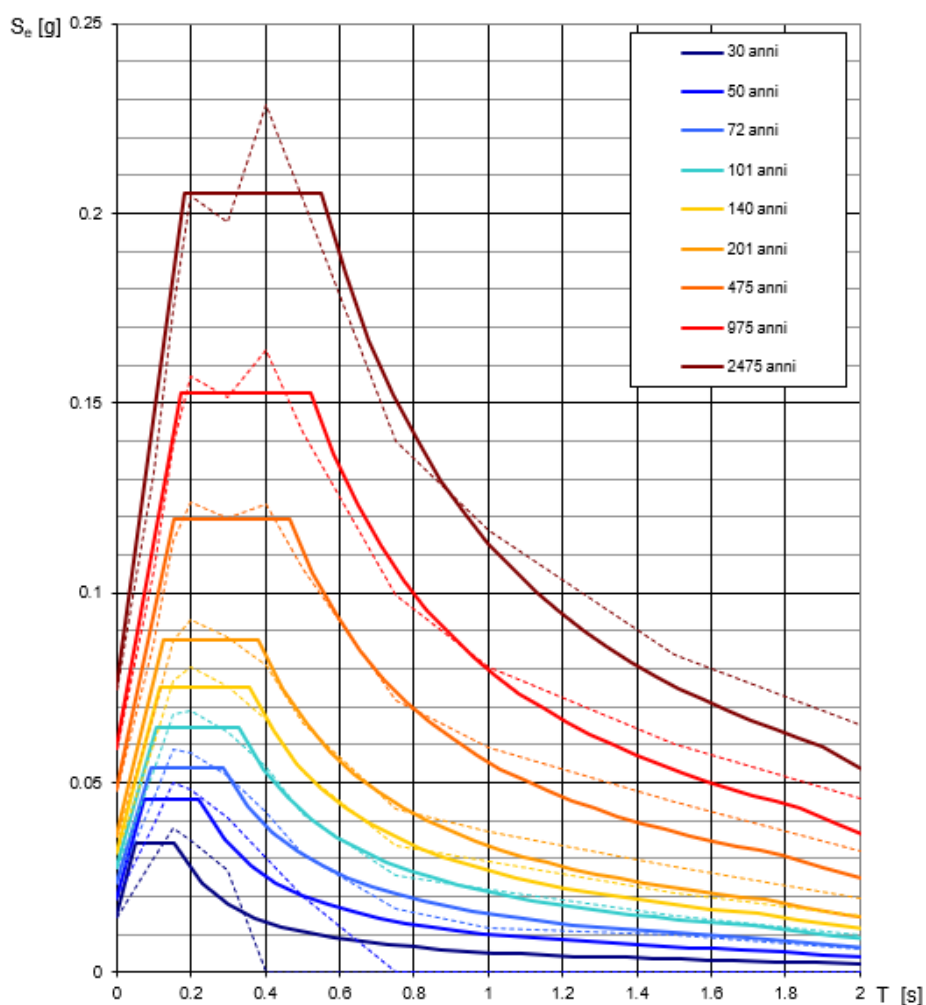


Fig. 6.7 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

| T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0.015 | 2.325 | 0.156 |
| 50 | 0.019 | 2.344 | 0.221 |
| 72 | 0.024 | 2.291 | 0.286 |
| 101 | 0.028 | 2.330 | 0.328 |
| 140 | 0.031 | 2.387 | 0.356 |
| 201 | 0.036 | 2.442 | 0.382 |
| 475 | 0.048 | 2.487 | 0.464 |
| 975 | 0.059 | 2.589 | 0.523 |
| 2475 | 0.075 | 2.752 | 0.551 |

Tab. 6.1 Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 22 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

7 INDAGINI REALIZZATE NELLE AREE DESTINATE AGLI IMPIANTI

Al fine di caratterizzare il sottosuolo in corrispondenza del cavidotto di connessione tra gli impianti e la Stazione utente, è utile consultare le indagini dirette e indirette svolte dalla società Apogeo S.r.l. in corrispondenza delle aree di impronta degli impianti agrivoltaici. Entrambe le aree infatti, come dedotto dai capitoli precedenti, sono caratterizzate dalla stessa litologia. Fanno eccezione la parte terminale del cavidotto e della SU, che poggiano su un banco calcarenitico appartenente alla Formazione di Gallipoli, e due zone intermedie del cavidotto (precisamente dal km 0.603 al km 1.135 e dal km 1.635 al km 2.083) che poggiano su sabbie argillose debolmente cementate.

7.1 Indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave)

Nell'ambito delle suddette indagini, sono stati eseguiti n. 4 profili MASW, **MASW 01** e **MASW 02** nell'area in esame ricadente nel territorio di Brindisi, e **MASW 01** e **MASW 02** nell'area in esame ricadente nel territorio di Cellino San Marco, la cui ubicazione è mostrata nell'**PAGRVLELAB10**.

7.1.1 Risultati sito Brindisi

Basandosi sulle indagini sismiche svolte è stato calcolato il valore del $V_{s,eq}$, mediante la metodologia MASW ed è stato possibile individuare il bedrock sismico alla profondità di 15.60÷17.59 m nel caso MASW.01, quindi nella zona sud; mentre per il caso MASW.02, nella zona più a nord, non è stato possibile individuare il bedrock sismico, pertanto il calcolo del $V_{s,eq}$ si è ricondotto al calcolo del vecchio $V_{s,30}$, cioè fino alla profondità di 30 metri di investigazione.

Nelle tabelle seguenti il calcolo dei $V_{s,eq}$ e dei $V_{s,30}$.

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------|----------|---------------------|--|----------------------------|---|
| h_1 | STRATO 1 | 1.6 | 158.00 | h_1/V_1 | 0.010 |
| h_2 | STRATO 2 | 2.6 | 275.00 | h_2/V_2 | 0.009 |
| h_3 | STRATO 3 | 4.3 | 497.00 | h_2/V_3 | 0.009 |
| h_4 | STRATO 4 | 7.1 | 561.00 | h_2/V_4 | 0.013 |
| H | | 15.6 | | $\Sigma h_i/V_i$ | 0.041 |

| | | |
|-------------------------|-----|------------|
| $V_{s,eq}$ (misurata) = | m/s | 382 |
|-------------------------|-----|------------|

Tab. 7.1 stima del $V_{s,30}$ - MASW 01 – scoppio 1

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 23 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------------|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| h ₁ | STRATO 1 | 2.80 | 202.00 | h ₁ /V ₁ | 0.014 |
| h ₂ | STRATO 2 | 3.80 | 363.00 | h ₂ /V ₂ | 0.010 |
| h ₃ | STRATO 3 | 5.30 | 585.00 | h ₂ /V ₃ | 0.009 |
| h ₄ | STRATO 4 | 5.69 | 707.00 | h ₂ /V ₄ | 0.008 |
| H | | 17.59 | | Σ hi/Vi | 0.041 |

$$V_{S,eq} \text{ (misurata)} = \text{m/s} \quad \mathbf{424}$$

Tab. 7.2 stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2

Dalle elaborazioni MASW.01 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente $V_{s,eq} = 382 \text{ m/s}$ e $V_{s,eq} = 424 \text{ m/s}$, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria "B" (vedi Tab. 6.5).

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------------|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| h ₁ | STRATO 1 | 2.9 | 279.00 | h ₁ /V ₁ | 0.010 |
| h ₂ | STRATO 2 | 4.4 | 381.00 | h ₂ /V ₂ | 0.012 |
| h ₃ | STRATO 3 | 6.7 | 533.00 | h ₂ /V ₃ | 0.013 |
| h ₄ | STRATO 4 | 10.1 | 593.00 | h ₂ /V ₄ | 0.017 |
| h ₅ | STRATO 5 | 5.9 | 605.00 | h ₂ /V ₅ | 0.010 |
| H | | 30 | | Σ hi/Vi | 0.061 |

$$V_{S,eq} \text{ (misurata)} = V_{s,30} \text{ m/s} \quad \mathbf{489}$$

Tab. 7.3 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------------|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| h ₁ | STRATO 1 | 3.50 | 306.00 | h ₁ /V ₁ | 0.011 |
| h ₂ | STRATO 2 | 4.60 | 392.00 | h ₂ /V ₂ | 0.012 |
| h ₃ | STRATO 3 | 6.10 | 522.00 | h ₂ /V ₃ | 0.012 |
| h ₄ | STRATO 4 | 8.00 | 571.00 | h ₂ /V ₄ | 0.014 |
| h ₅ | STRATO 5 | 7.80 | 579.00 | h ₂ /V ₅ | 0.013 |
| H | | 30.00 | | Σ hi/Vi | 0.062 |

$$V_{S,eq} \text{ (misurata)} = V_{s,30} \text{ m/s} \quad \mathbf{481}$$

Tab. 7.4 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 24 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Dalle elaborazioni MASW.02 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente $V_{s,30} = 489 \text{ m/s}$ e $V_{s,30} = 481 \text{ m/s}$, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria "B" (vedi Tab. 6.5).

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

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

Tab. 7.5 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018

Nelle pagine seguenti sono riportati i grafici rappresentativi delle indagini RE.MI svolte.

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 25 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.1 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1

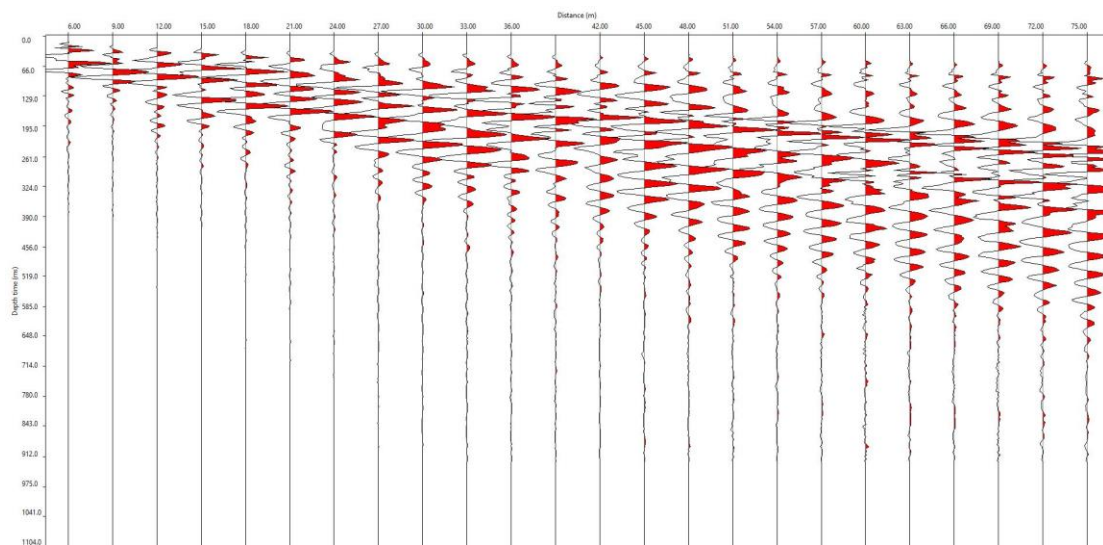
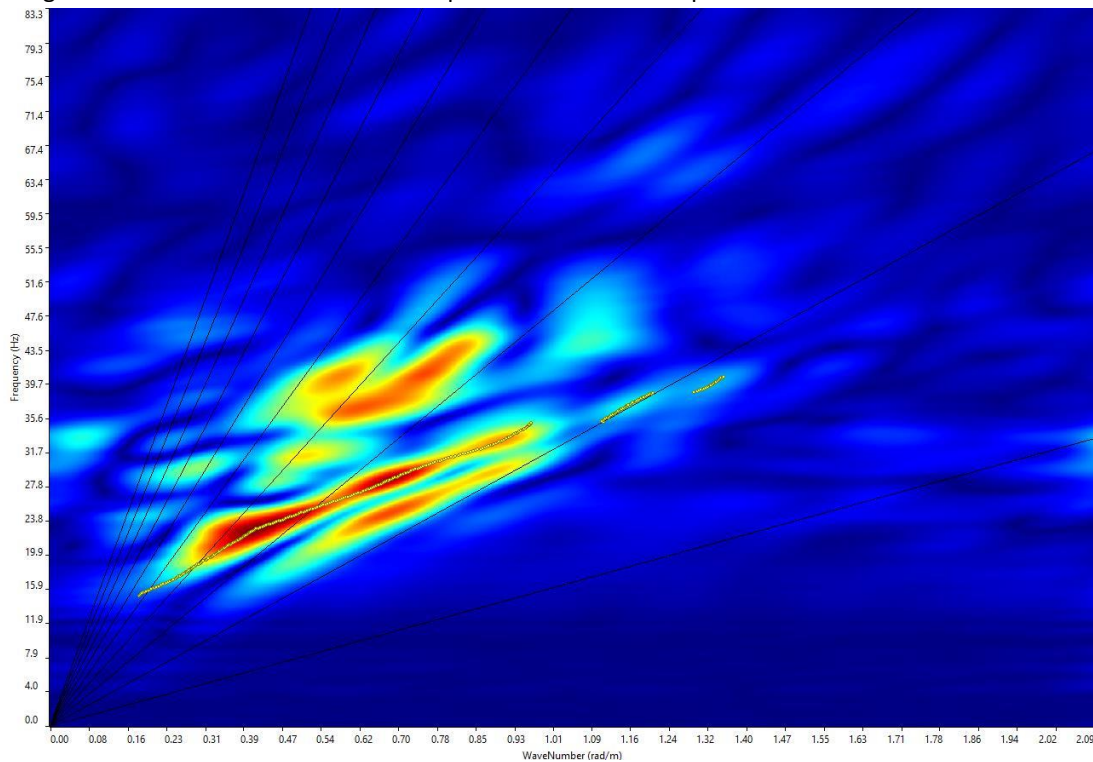


Fig. 7.2 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 26 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.3 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1

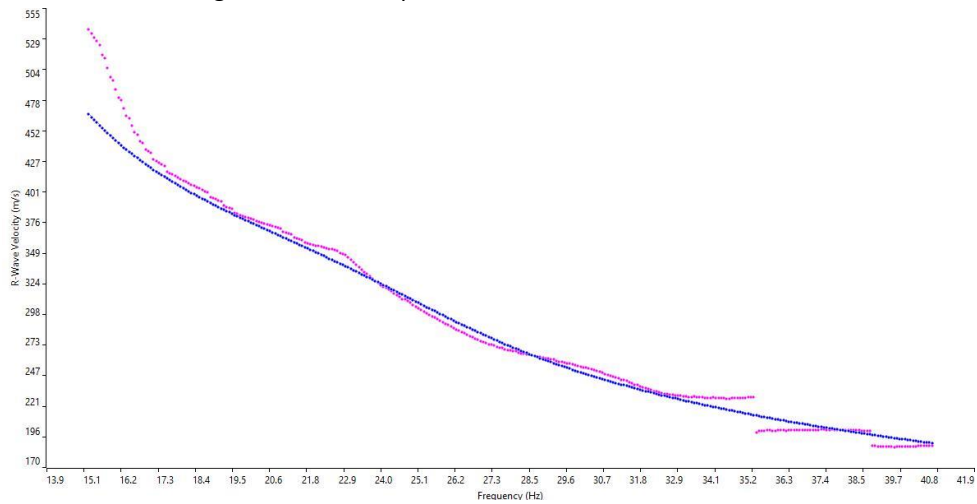
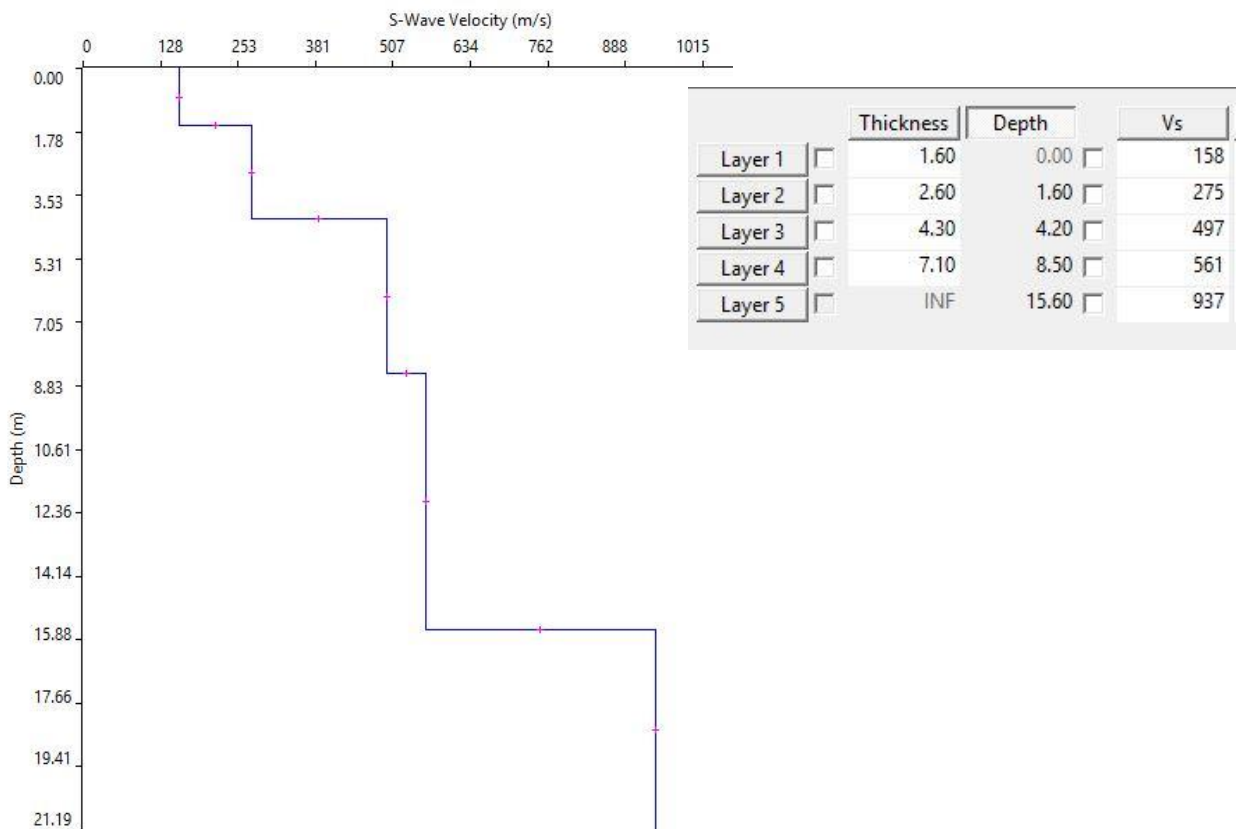


Fig. 7.4 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 27 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.5 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2

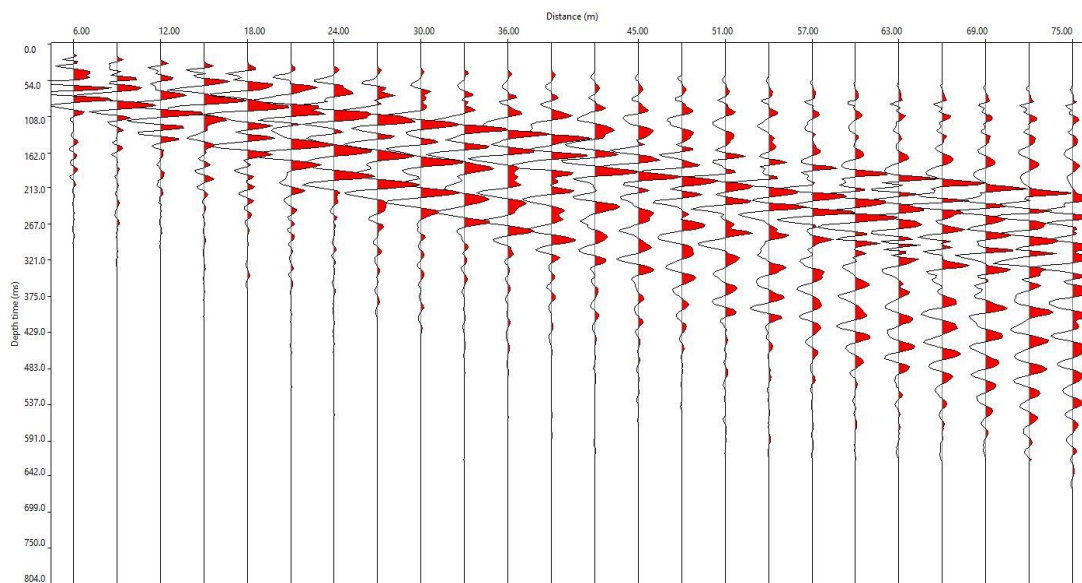
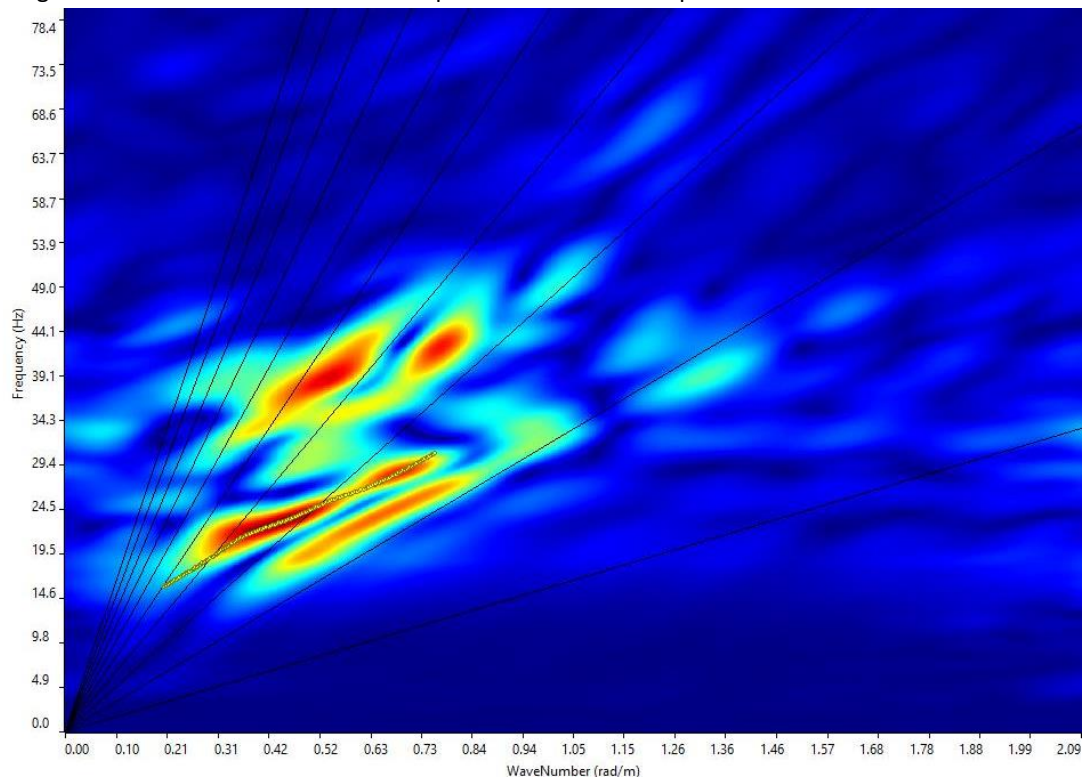


Fig. 7.6 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 28 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.7 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2

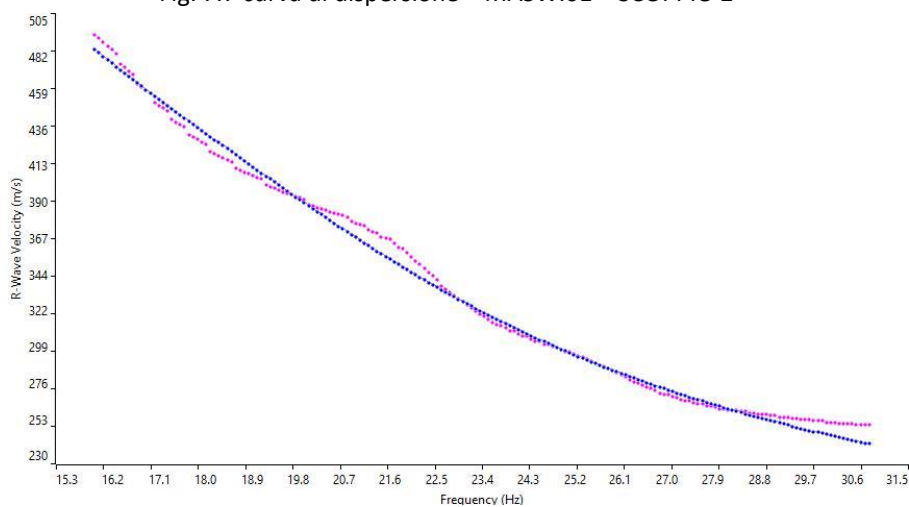
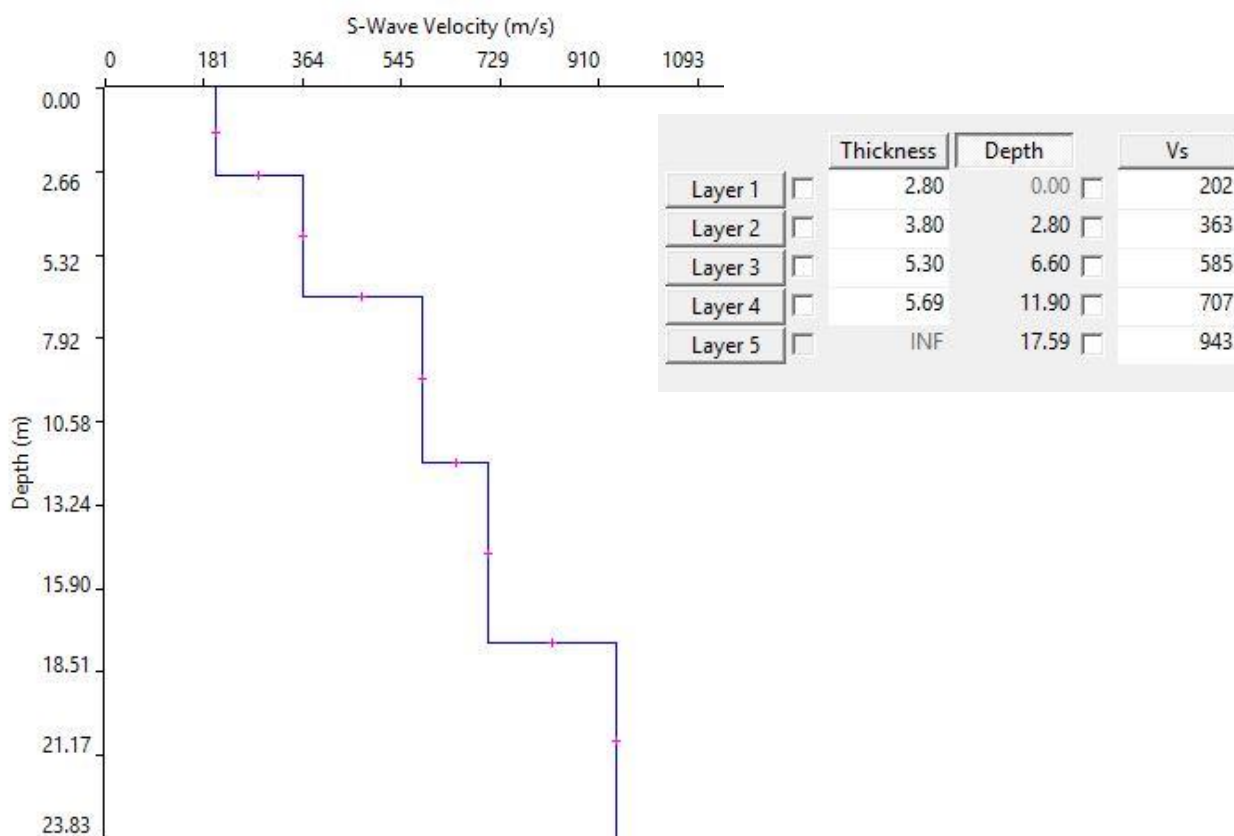


Fig. 7.8 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 29 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.9 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1

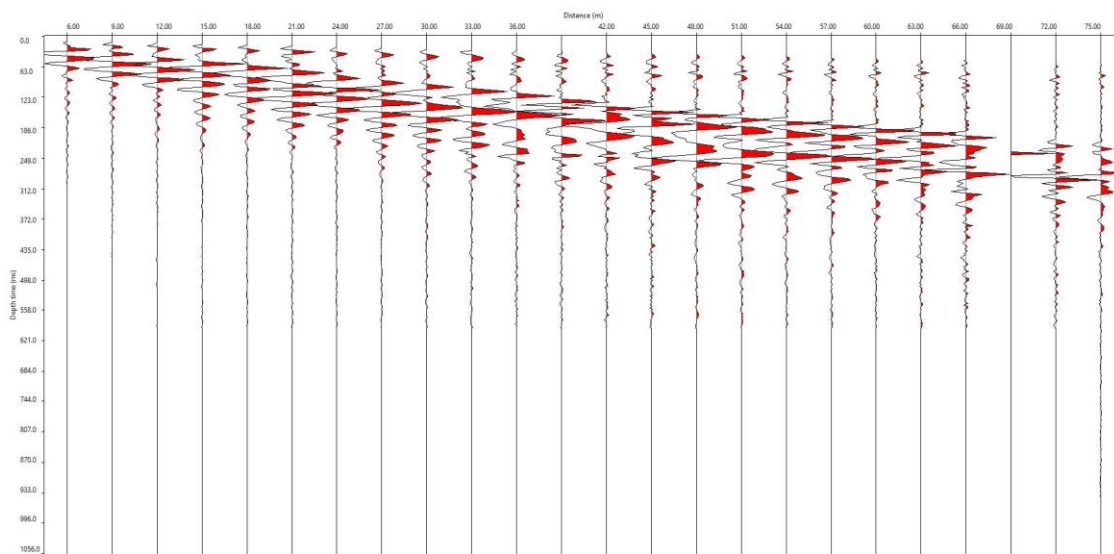
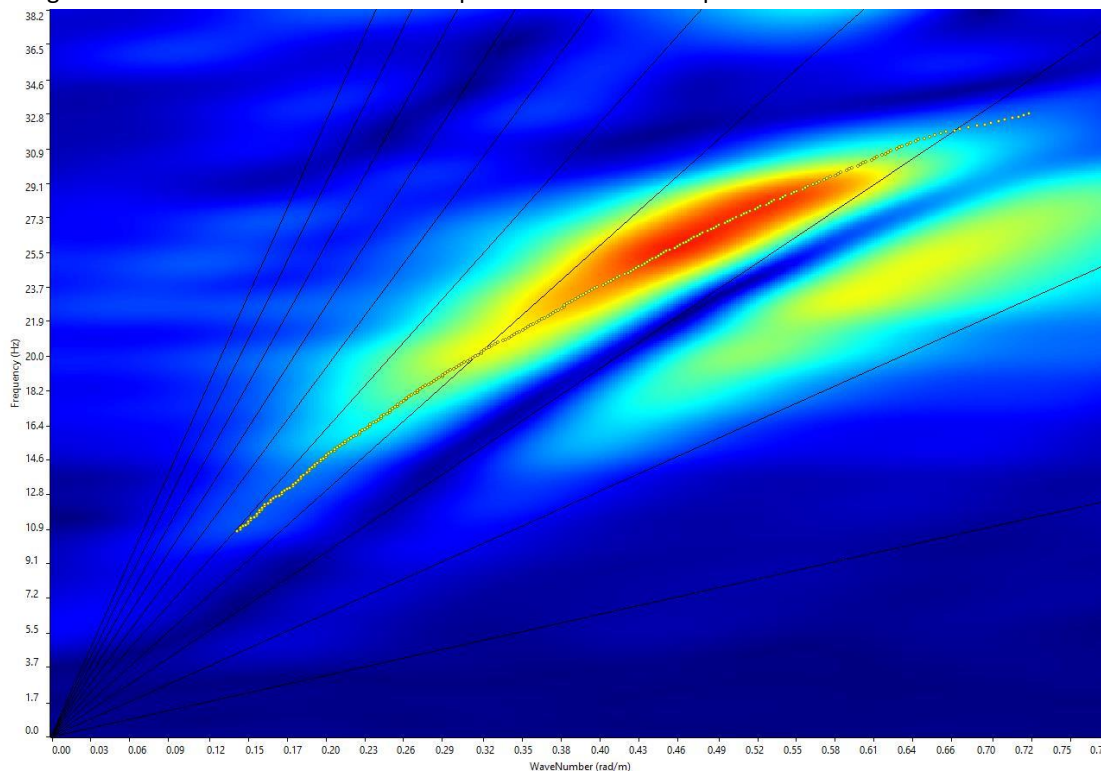


Fig. 7.10 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 30 di 80 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.11 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1

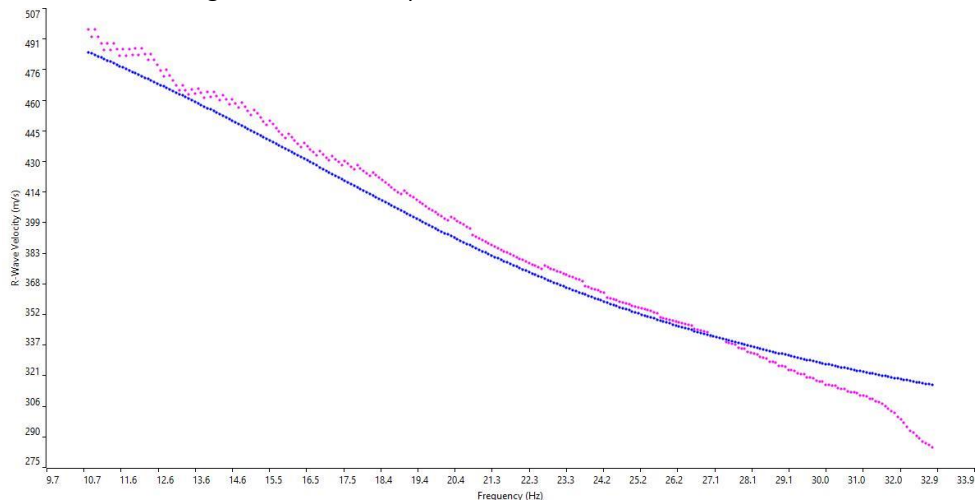
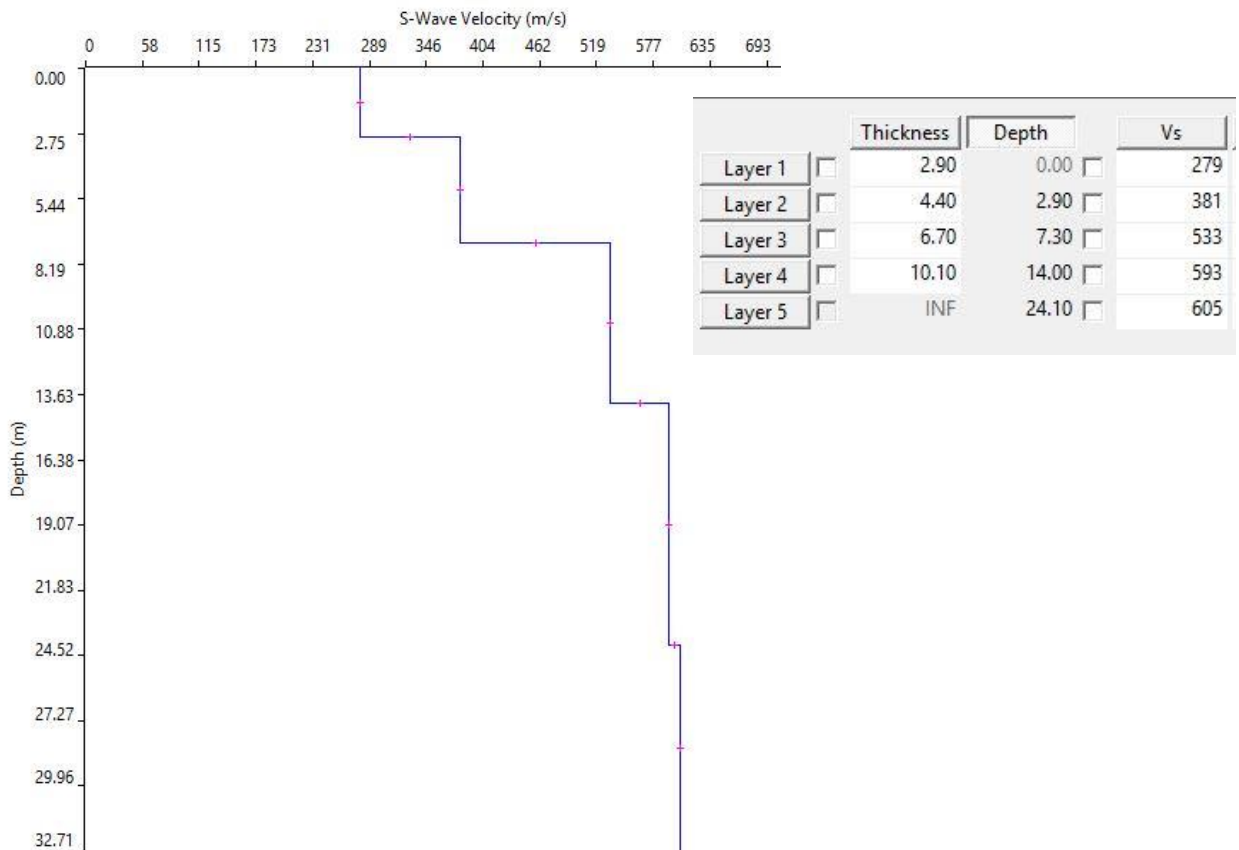


Fig. 7.12 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 31 di 80 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.13 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2

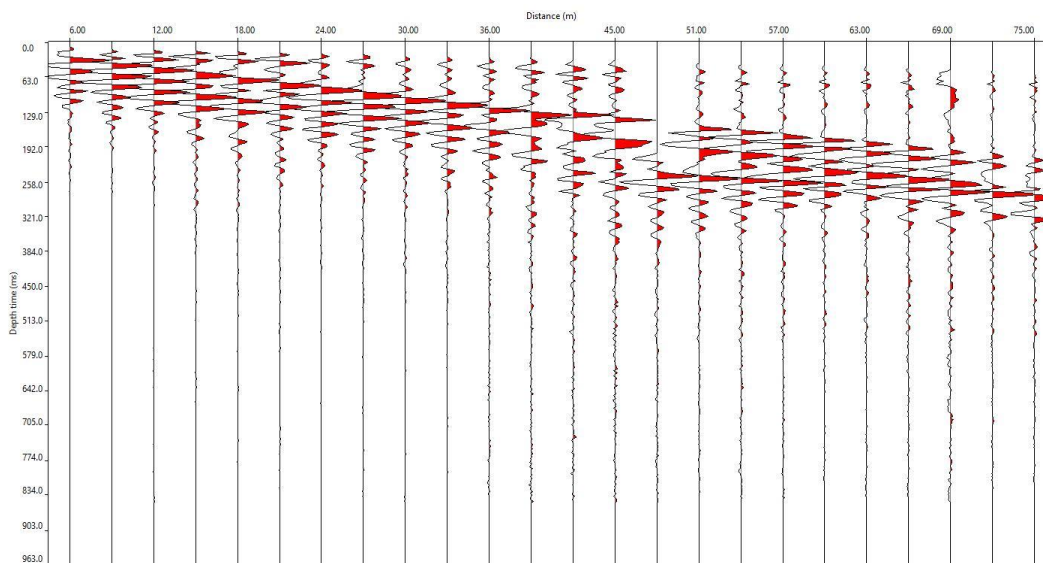
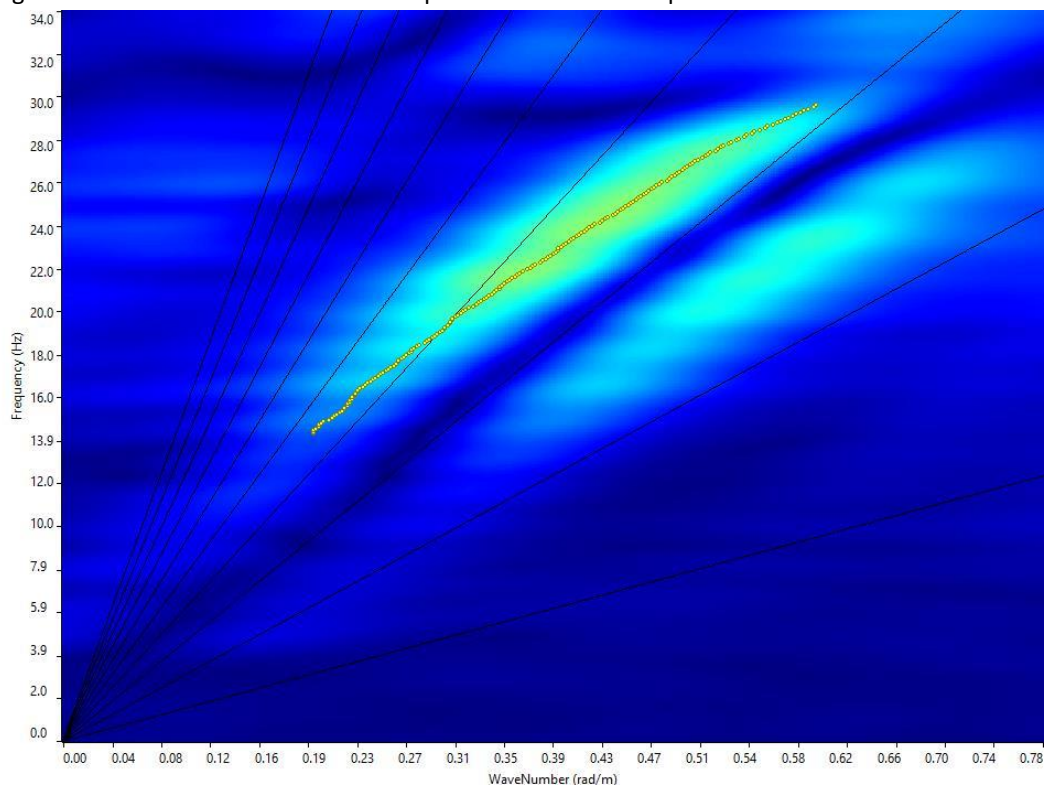


Fig. 7.14 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 32 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.15 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2

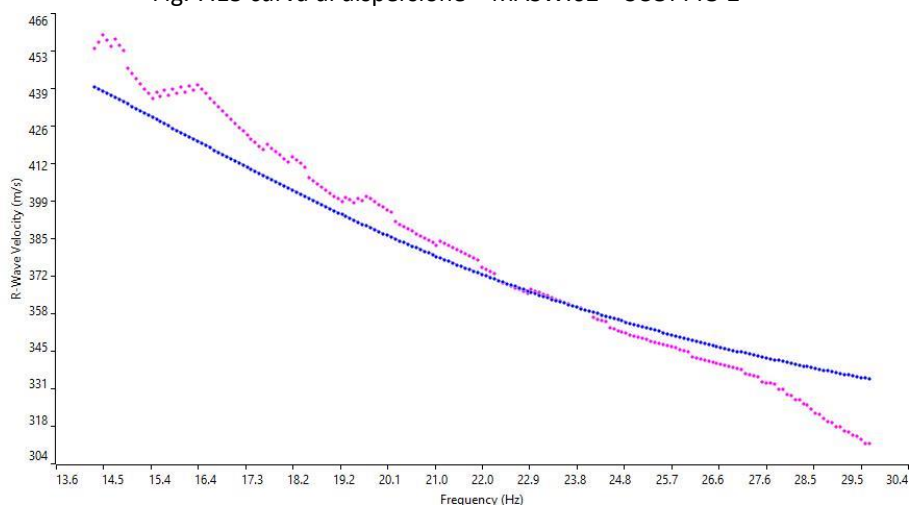
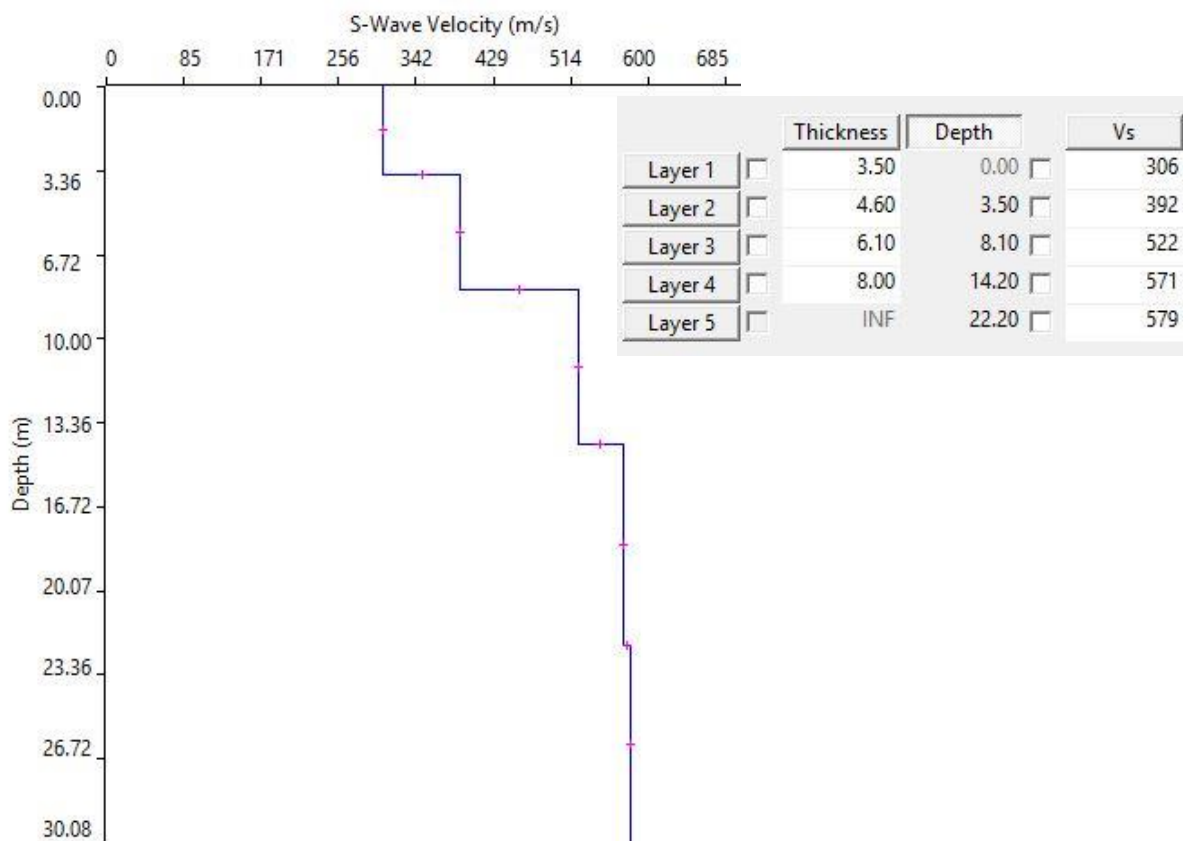


Fig. 7.16 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 33 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

7.1.2 Risultati sito Cellino San Marco

Basandosi sulle indagini sismiche svolte è stato calcolato il valore del $V_{s,eq}$, mediante la metodologia MASW ED è stato possibile individuare il bedrock sismico alla profondità di poco più di 15 metri nel caso MASW.01, quindi l'area a nord; mentre per il caso MASW.02, nella zona a sud, è stato possibile individuare il bedrock sismico ad una profondità compresa tra 20 e 25 metri.

Nelle tabelle seguenti il calcolo dei $V_{s,eq}$.

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------|----------|---------------------|--|----------------------------|---|
| h_1 | STRATO 1 | 2.1 | 193.00 | h_1/V_1 | 0.011 |
| h_2 | STRATO 2 | 3.0 | 308.00 | h_2/V_2 | 0.010 |
| h_3 | STRATO 3 | 4.2 | 531.00 | h_2/V_3 | 0.008 |
| h_4 | STRATO 4 | 5.8 | 515.00 | h_2/V_4 | 0.011 |
| H | | 15.1 | | $\Sigma h_i/V_i$ | 0.040 |

$$V_{s,eq} \text{ (misurata) = } \quad \text{m/s} \quad \mathbf{379}$$

Tab. 7.6 stima del $V_{s,30}$ - MASW 01 – scoppio 1

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------|----------|---------------------|--|----------------------------|---|
| h_1 | STRATO 1 | 1.50 | 168.00 | h_1/V_1 | 0.009 |
| h_2 | STRATO 2 | 2.30 | 279.00 | h_2/V_2 | 0.008 |
| h_3 | STRATO 3 | 3.30 | 397.00 | h_2/V_3 | 0.008 |
| h_4 | STRATO 4 | 8.36 | 648.00 | h_2/V_4 | 0.013 |
| H | | 15.46 | | $\Sigma h_i/V_i$ | 0.038 |

$$V_{s,eq} \text{ (misurata) = } \quad \text{m/s} \quad \mathbf{403}$$

Tab. 7.7 stima del $V_{s,30}$ - MASW 01 – scoppio 2

Dalle elaborazioni MASW.01 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente $V_{s,eq} = 379 \text{ m/s}$ e $V_{s,eq} = 403 \text{ m/s}$, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria "B" (vedi Tab. 6.5).

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 34 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------------|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| h ₁ | STRATO 1 | 1.6 | 273.00 | h ₁ /V ₁ | 0.006 |
| h ₂ | STRATO 2 | 3.0 | 358.00 | h ₂ /V ₂ | 0.008 |
| h ₃ | STRATO 3 | 5.6 | 365.00 | h ₂ /V ₃ | 0.015 |
| h ₄ | STRATO 4 | 10.5 | 477.00 | h ₂ /V ₄ | 0.022 |
| H | | 20.7 | | Σ hi/Vi | 0.052 |

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{401}$$

Tab. 7.8 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1

| Strati | Litotipo | Spessore strato (m) | Velocità onda S misurata in sito (m/s) | Rapporto spessore velocità | Tempi parziali in secondi (onda S misurata) |
|----------------|----------|---------------------|--|--------------------------------|---|
| h ₁ | STRATO 1 | 1.90 | 242.00 | h ₁ /V ₁ | 0.008 |
| h ₂ | STRATO 2 | 3.60 | 378.00 | h ₂ /V ₂ | 0.010 |
| h ₃ | STRATO 3 | 6.90 | 395.00 | h ₂ /V ₃ | 0.017 |
| h ₄ | STRATO 4 | 13.10 | 577.00 | h ₂ /V ₄ | 0.023 |
| H | | 25.50 | | Σ hi/Vi | 0.058 |

$$V_{s,eq} \text{ (misurata)} = \text{ m/s } \quad \mathbf{443}$$

Tab. 7.9 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2

Dalle elaborazioni MASW.02 in andata e ritorno sono stati calcolati rispettivamente **Vs,30= 401 m/s** e **Vs,30= 443 m/s**, da cui ne consegue che il suolo di fondazione rientra nella categoria “**B**” (vedi Tab. 6.5).

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 35 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

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

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

Tab. 7.10 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018

Nelle pagine seguenti sono riportati i grafici rappresentativi delle indagini RE.MI svolte.

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 36 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.17 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1

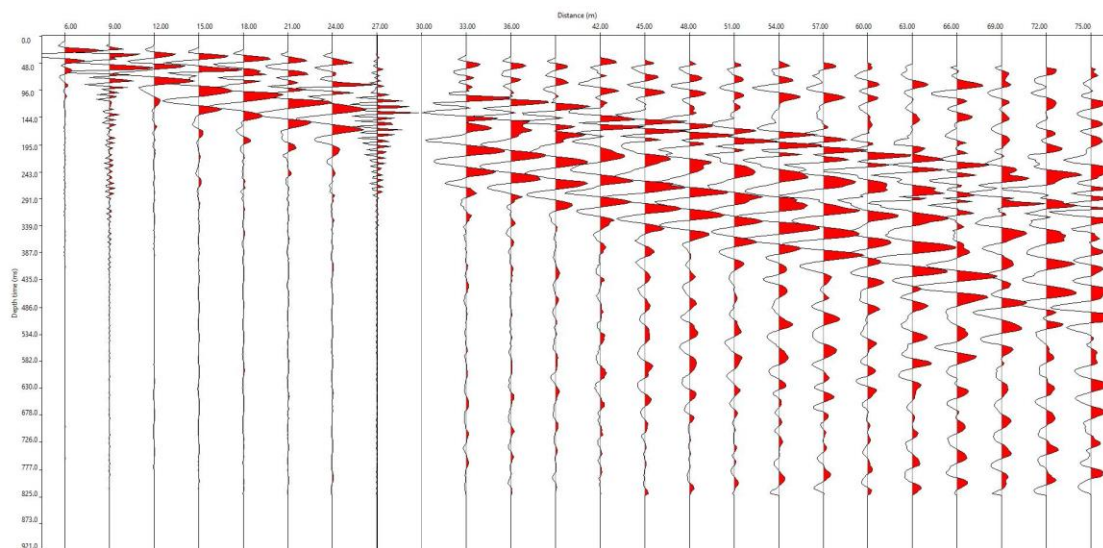
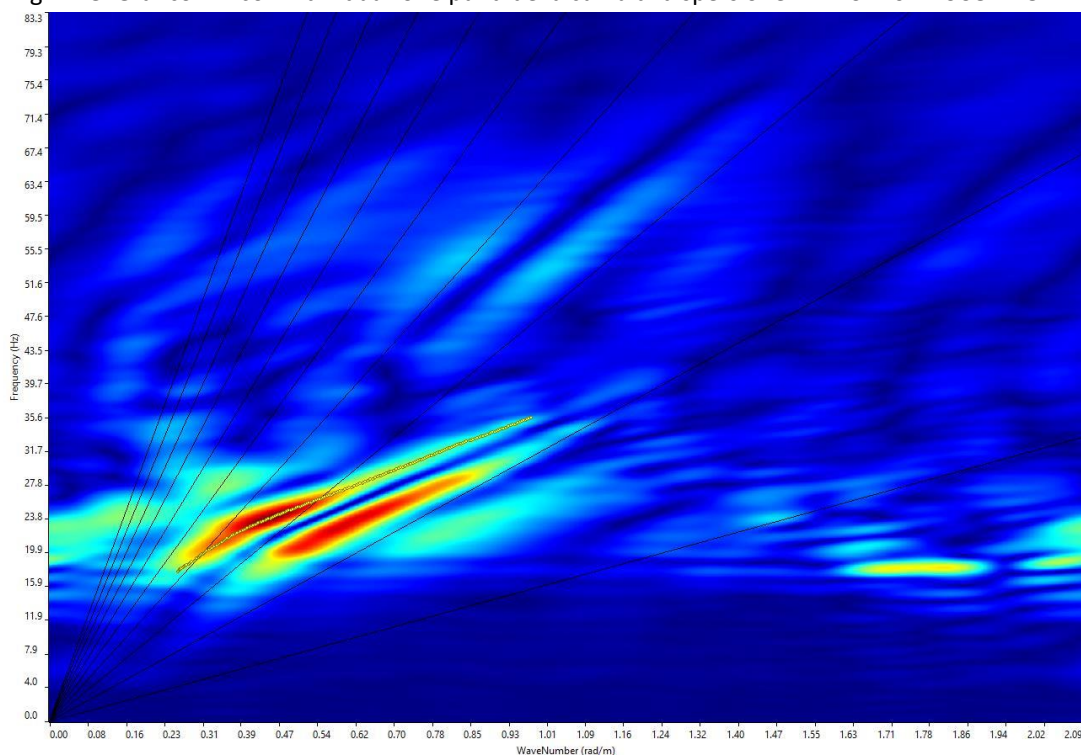


Fig. 7.18 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 37 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.19 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1

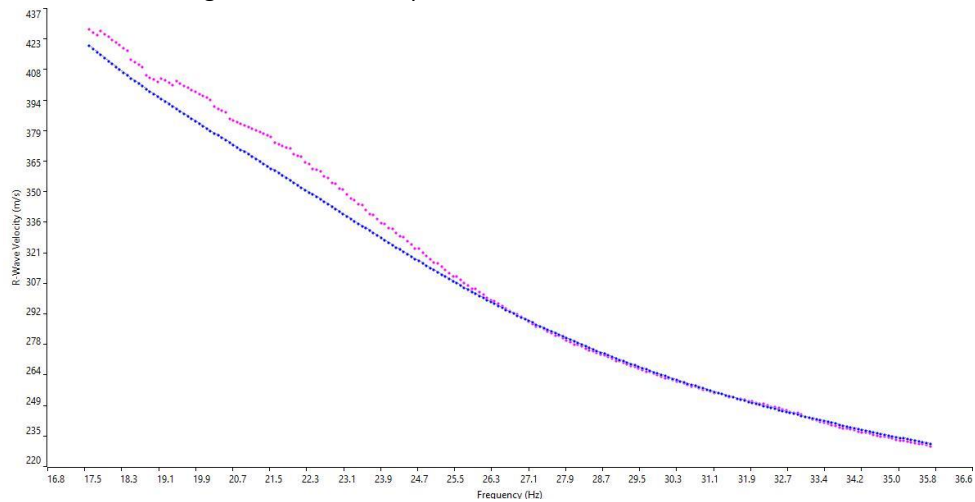
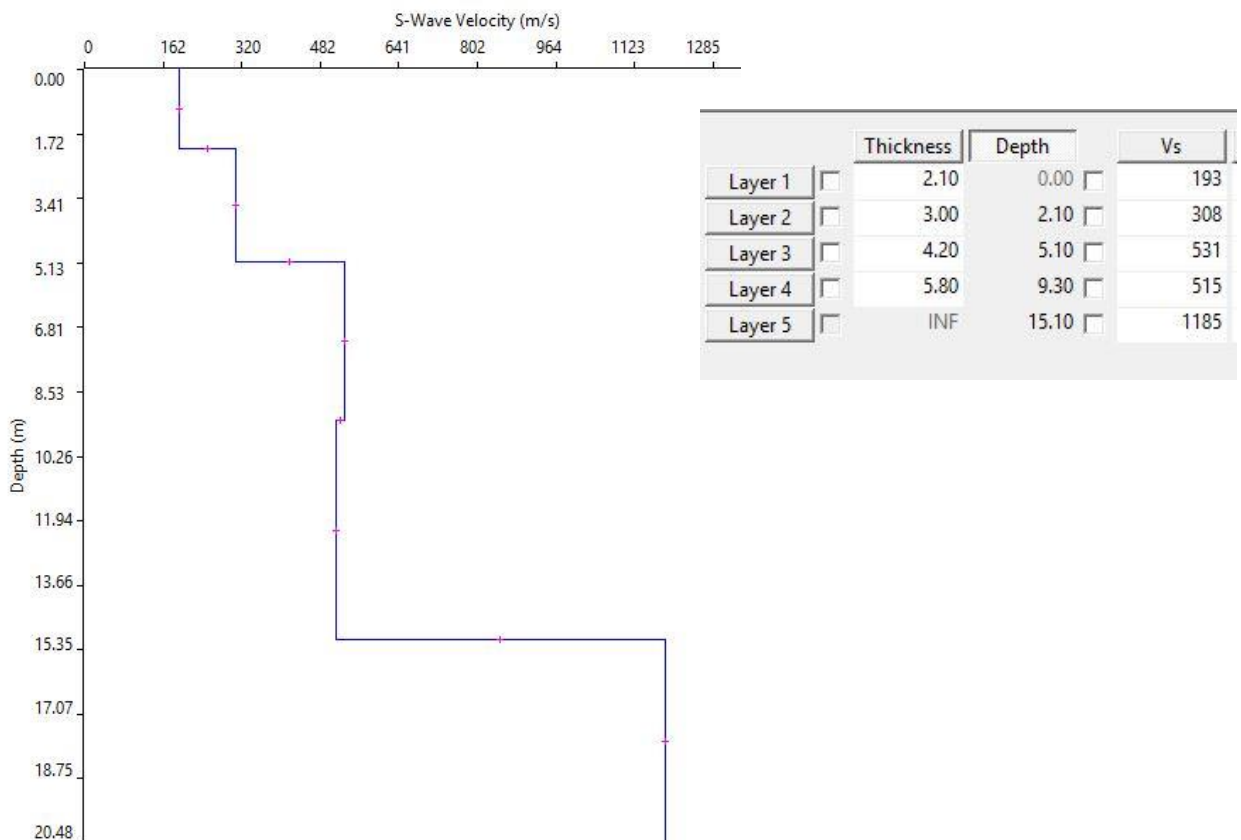


Fig. 7.20 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 38 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.21 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2

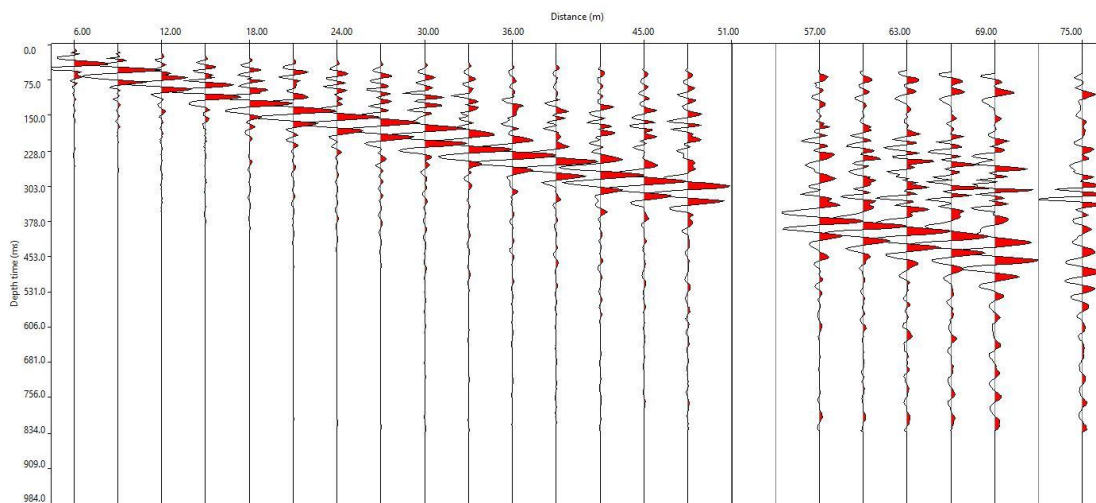
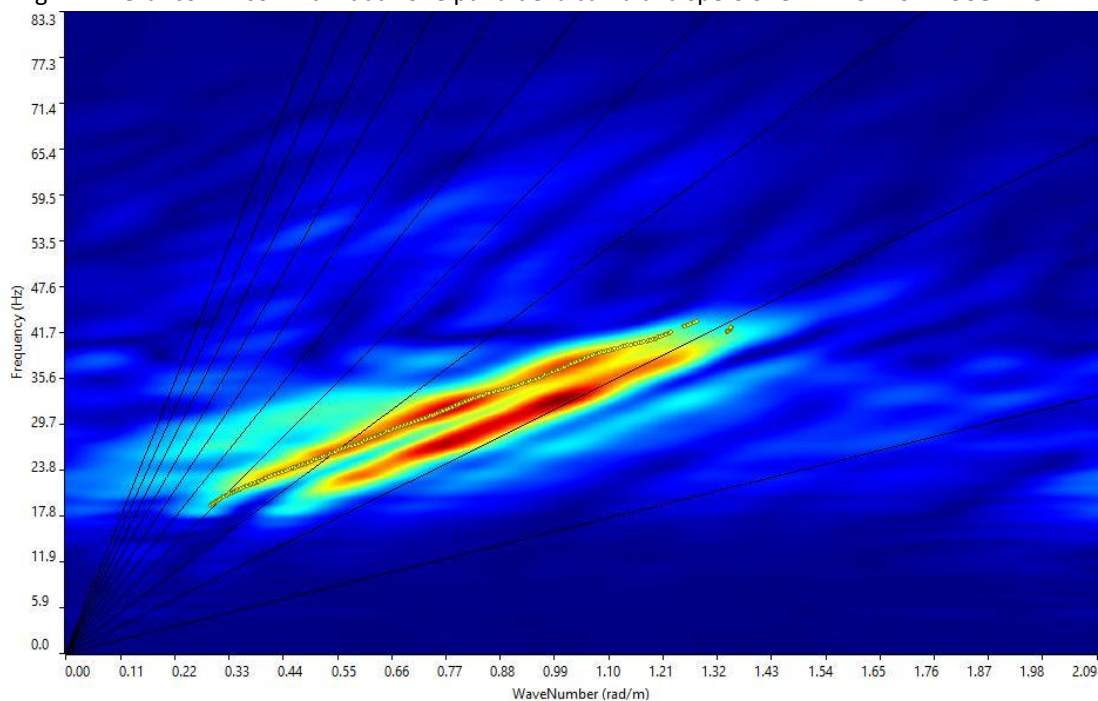


Fig. 7.22 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 39 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.23 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2

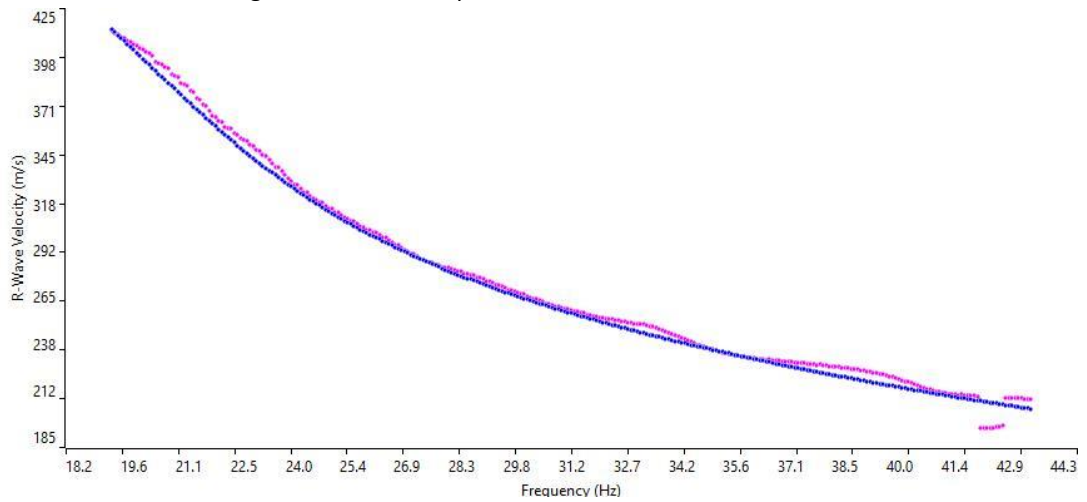
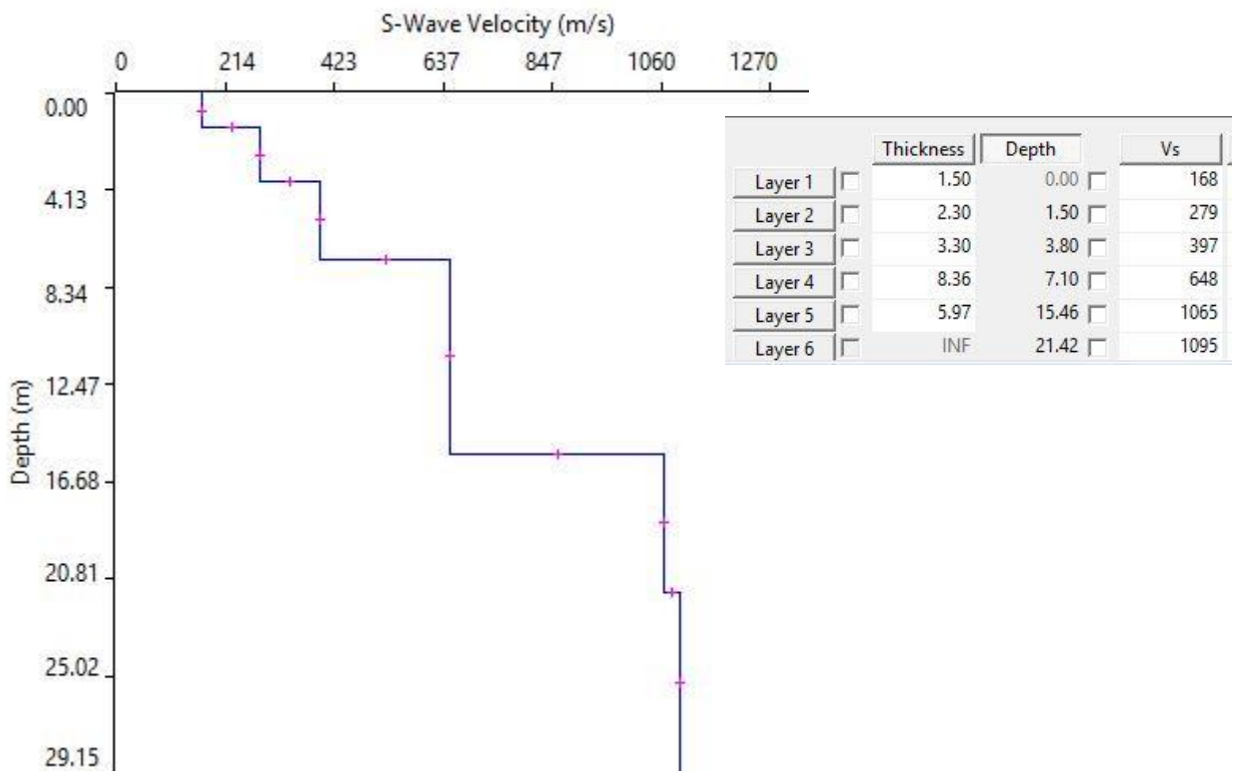


Fig. 7.24 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 40 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.25 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1

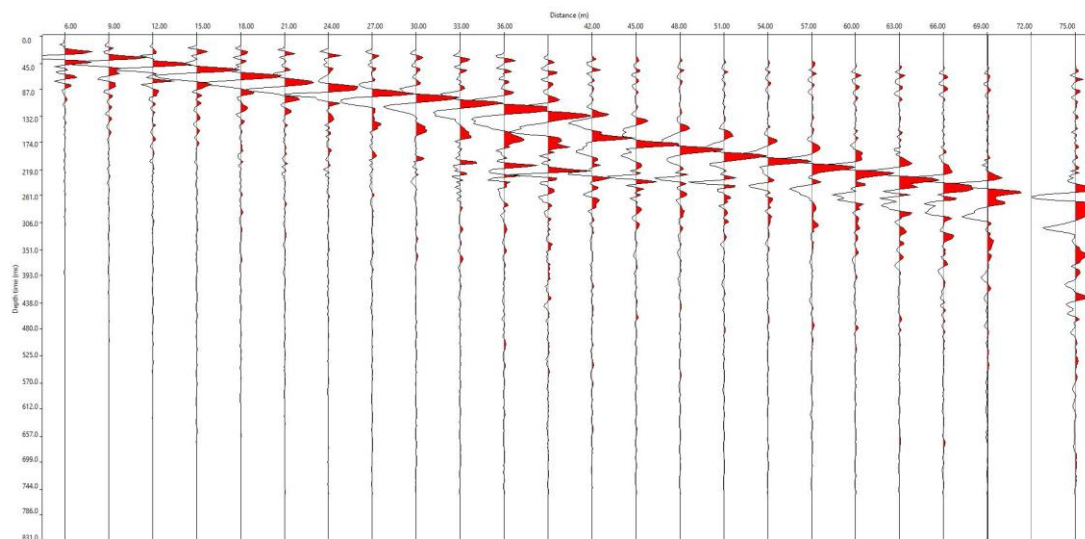
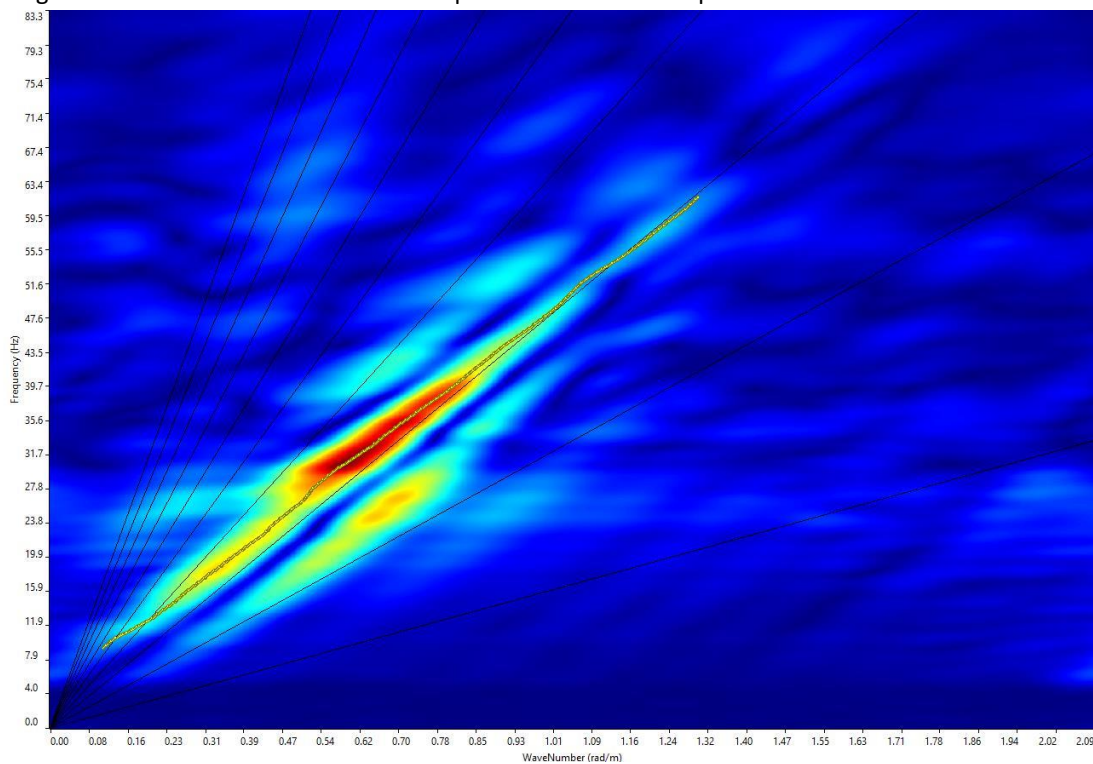


Fig. 7.26 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 41 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.27 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1

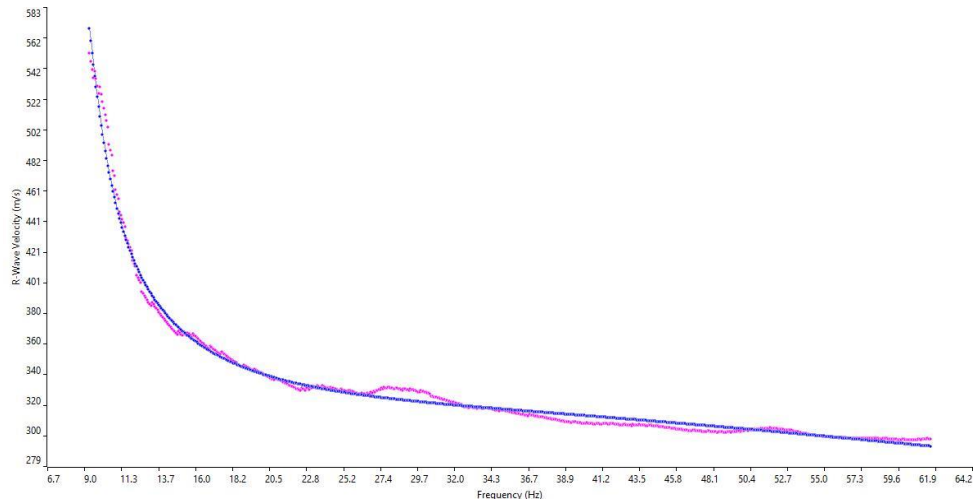
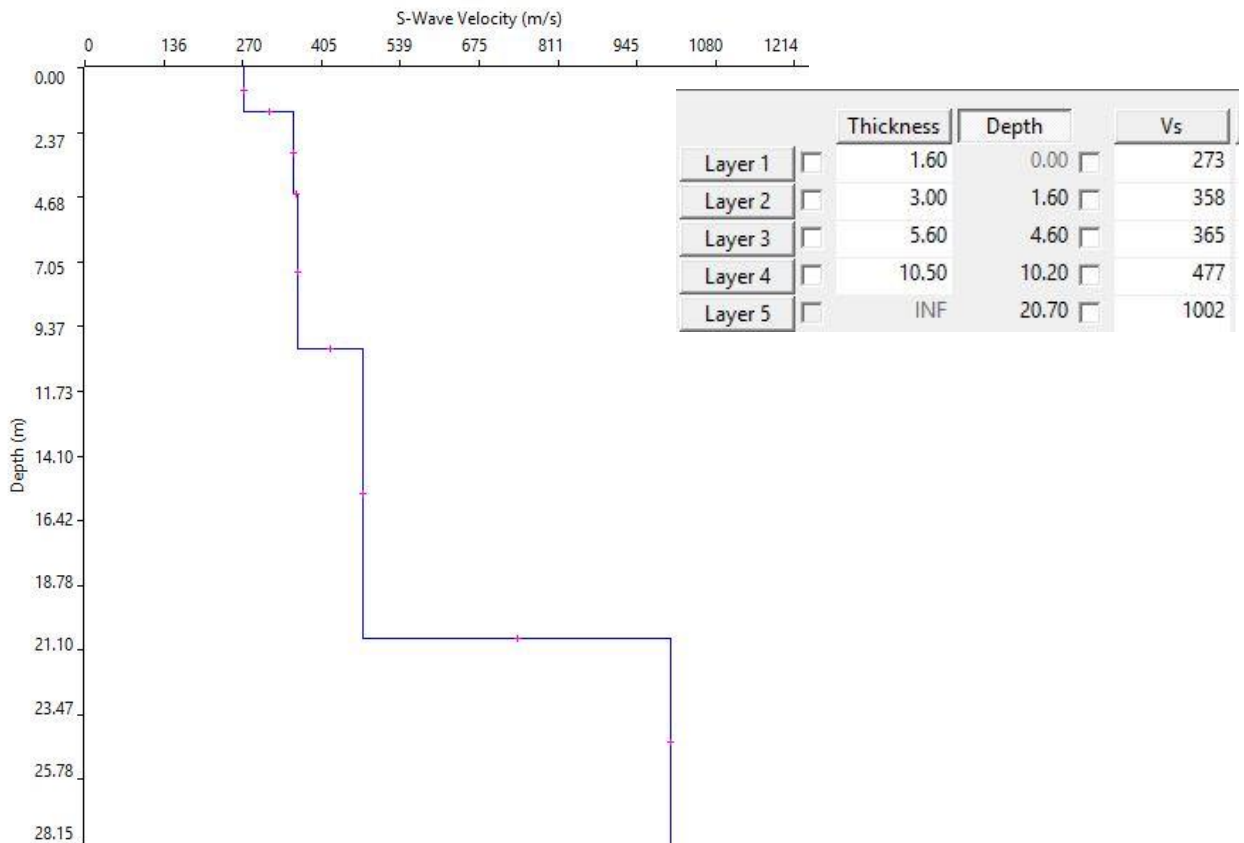


Fig. 7.28 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 42 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.29 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2

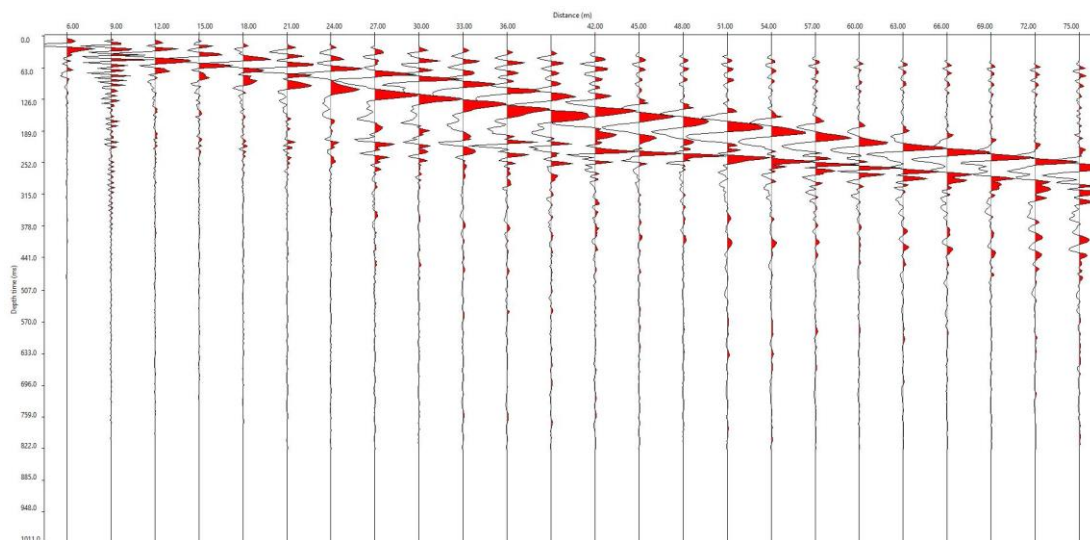
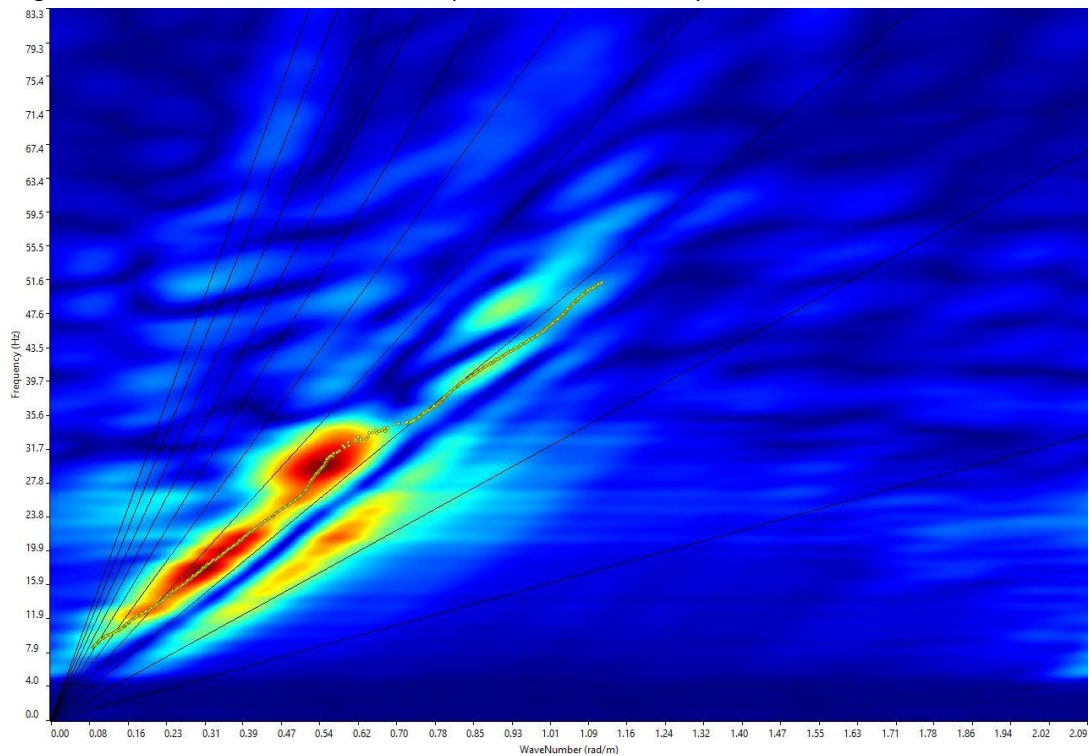


Fig. 7.30 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 43 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.31 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2

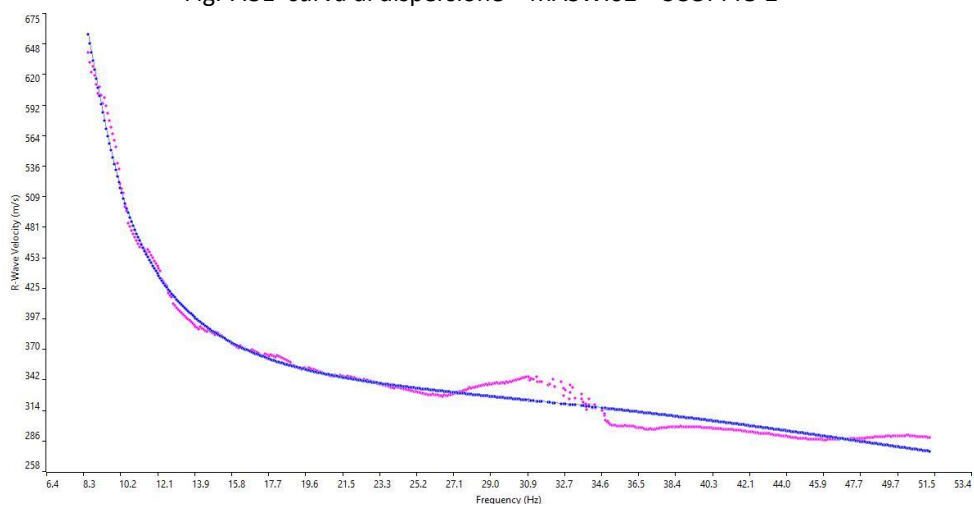
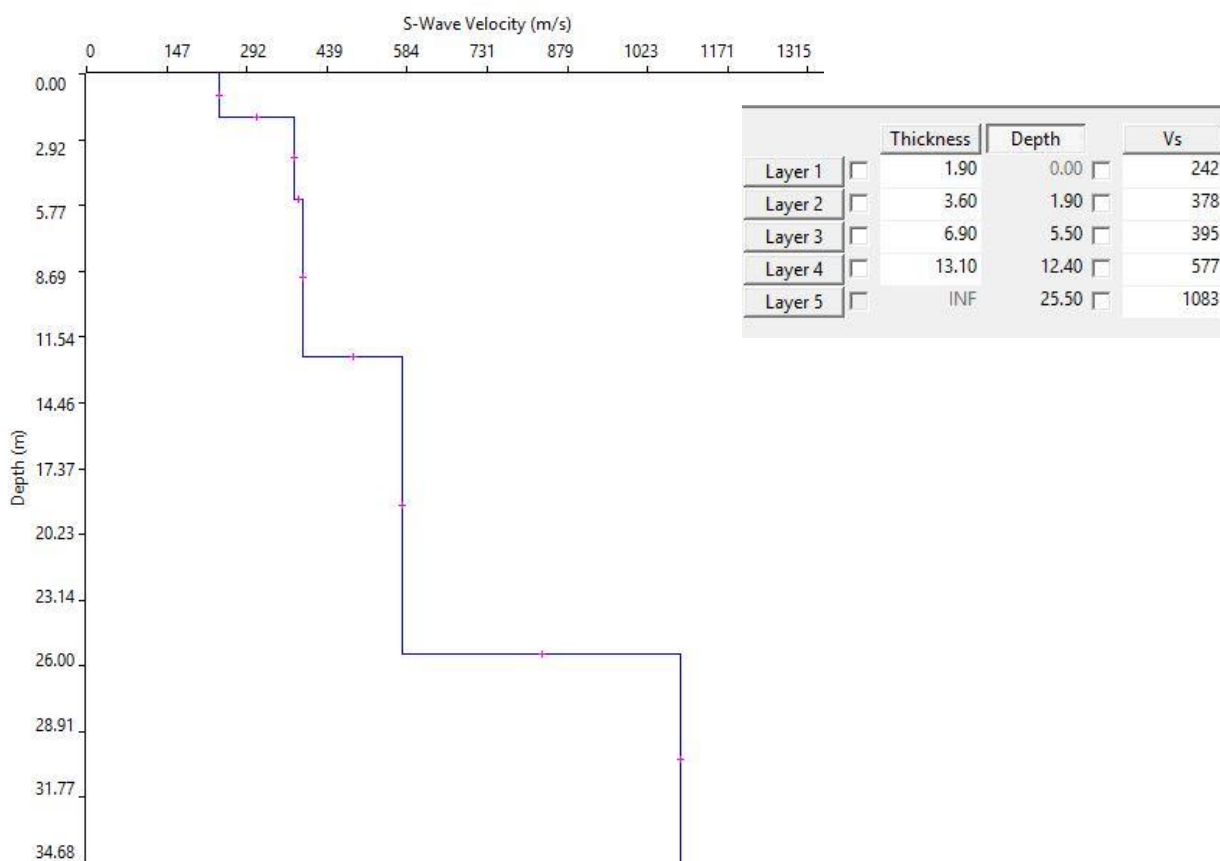


Fig. 7.32 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 44 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

7.2 Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari; 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 individuare con un buon grado di precisione lo spessore delle coltri dal 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, facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Gli 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 α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- 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 | Sigla di riferimento | Peso della massa M (kg) | Profondità max indagine battente (m) |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Leggero | DPL (Light) | M <10 | 8 |
| Medio | DPM (Medium) | 10 < M < 40 | 20-25 |
| Pesante | DPH (Heavy) | 40 < M < 60 | 25 |
| Super pesante (Super Heavy) | DPSH | M > 60 | 25 |

Tab. 7.11 Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

7.2.1 Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più efficaci e vantaggiosi economicamente per ricavare informazioni circa la natura litologica e la condizione geologica del sottosuolo, occorre correlare i risultati delle due prove, quella in foro (Standard Penetration Test) e quella eseguita a partire dalla superficie (Prova Penetrometrica Dinamica); ciò risulta possibile utilizzando la seguente equazione:

| Codice | Titolo | Pag. 45 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

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

dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

dove

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

7.2.2 Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

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_{pd} = 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.

7.2.3 Metodologia di elaborazione

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Tale programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981 permettendo inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione delle prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili e alquanto attendibili ai fini della progettazione. In particolare tale metodologia consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici;
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche;
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

| Codice | Titolo | Pag. 46 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

7.2.4 Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Il programma di calcolo utilizzato, inoltre, permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

- **Media**: Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Media minima**: valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Massimo**: valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Minimo**: valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Scarto quadratico medio**: Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Media deviata**: valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Media scarto** (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Distribuzione normale R.C.:** Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:
$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove N_{spt} è la deviazione standard di N_{spt} ;

- **Distribuzione normale R.N.C.:** Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Nel programma la pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) viene calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

7.2.5 Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Correzione N_{spt} in presenza di falda

| Codice | Titolo | Pag. 47 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

In presenza di falda il valore N_{spt} viene corretto e quindi $N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$, dove N_{spt} è il valore medio nello strato. Si specifica che la correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m. per terreni sopra falda e < 8 m. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq);
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati);
- Sowers 1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m. per terreni in falda) >5 t/mq;
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°;
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977 - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %;
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\phi > 15$ t/mq;
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose;
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq;
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt;
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato;
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato;
- Meyerhof (1957);
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

| Codice | Titolo | Pag. 48 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace;
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici;
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici;
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia;
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia;
- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa;
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati);
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Valida per peso specifico del materiale pari a circa 2,65 t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95).

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I..

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981. Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite;
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson 1983 Qc.

| Codice | Titolo | Pag. 49 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

7.2.6 Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983;
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate;
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*;
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità;
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat;
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu- N_{spt} -grado di plasticità);
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$;
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC;
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità;
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità;
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità;
- Begemann; De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali;
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali;
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi);
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq) -, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$);
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 ;

| Codice | Titolo | Pag. 50 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.
Stato di consistenza
- Classificazione A.G.I. 1977.
Peso di Volume
- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.
Peso di volume saturo
- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$).

7.2.7 Risultati delle prove DPSH eseguite

Le prove DPSH eseguite, hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo fino ad una profondità massima di 10m (DPSH.01) e 1.40m (DPSH.02) nel caso dell'area in esame situata nel territorio di **Brindisi** e una profondità massima di 3.2m (DPSH.01) e 9.40m (DPSH.02) nel caso dell'area in esame situata nel territorio di **Cellino San Marco**, discretizzandolo in una serie di superfici a differente comportamento in funzione del numero di colpi misurati durante le fasi di avanzamento con un passo di 0.20m. I valori ottenuti del numero di colpi e dell'Rpd sono rappresentati in maniera grafica nelle pagine seguenti.

Si segnala che nel corso della prova DPSH.01 effettuata nel comune di Brindisi, è stata rilevata una piccola lente a profondità 3.0m da piano campagna.

Data la natura dei terreni presenti nelle zone in esame, sono stati considerati i parametri relativi sia a terreni coesivi che incoerenti. In particolare sono state utilizzate le seguenti correlazioni per la determinazione dei parametri geotecnici:

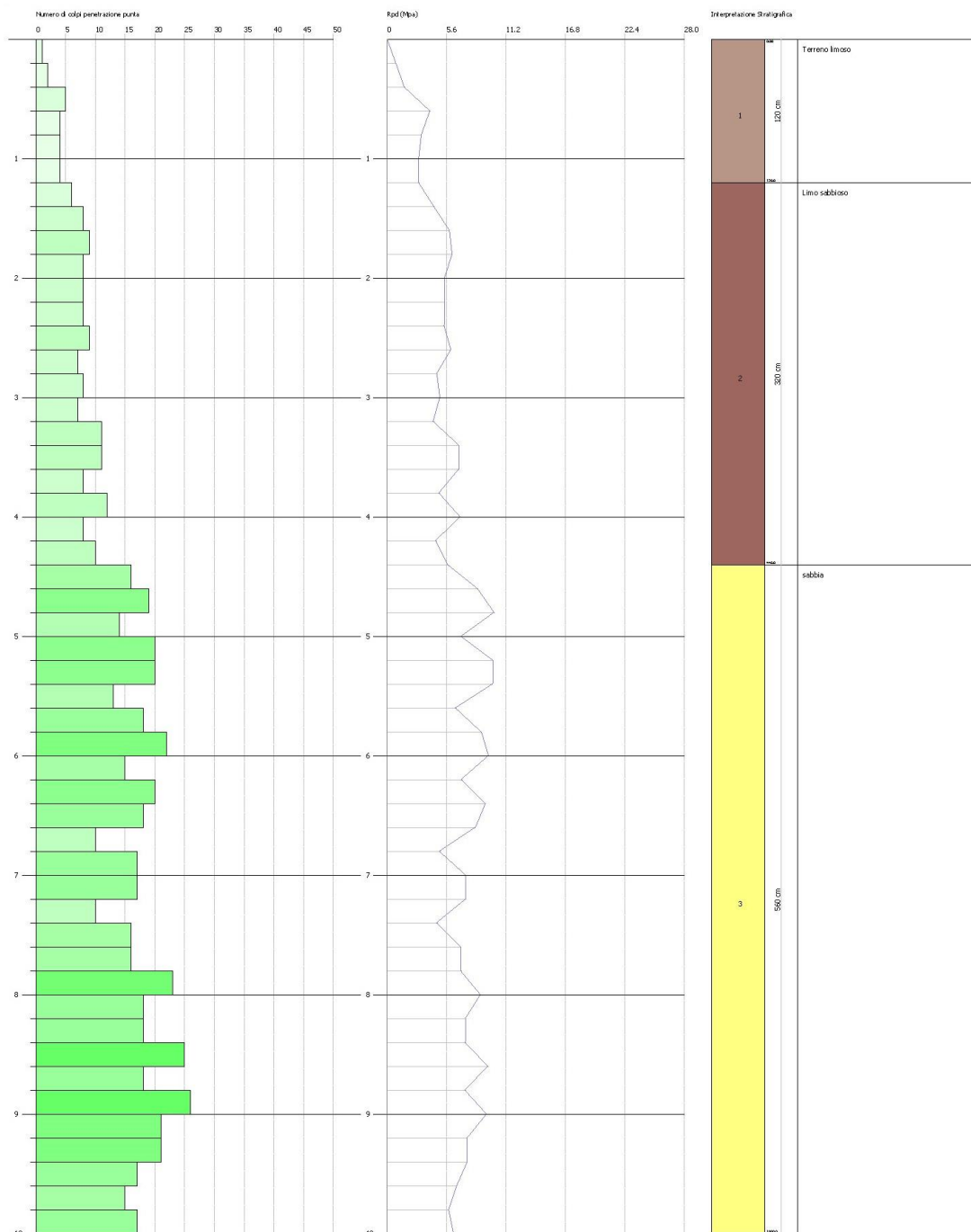
| PARAMETRI GEOTECNICI | CORRELAZIONI |
|---|--------------------------------|
| Densità relativa D_r (%) | <i>Meyerhof 1957</i> |
| Angolo di resistenza al taglio φ° | <i>De Mello</i> |
| Modulo di Young E_y (MPa) | <i>Bowles (1982)</i> |
| Modulo Edometrico E_{ed} (MPa) | <i>Menzenbach e Malcev</i> |
| Classificazione AGI | <i>Classificazione AGI</i> |
| Peso unità di volume γ (kN/m^3) | <i>Meyerhof ed altri</i> |
| Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m^3) | <i>Terzaghi-Peck 1948-1967</i> |
| Modulo di Poisson σ | <i>(A.G.I.)</i> |
| Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa) | <i>Ohsaki</i> |
| Modulo di reazione K_0 | <i>Navfac 1971-1982</i> |
| Resistenza alla punta Q_c (MPa) | <i>Robertson 1983</i> |

Tab. 7.12 Correlazioni empiriche utilizzate per l'elaborazione dei DPSH

| Codice | Titolo | Pag. 51 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

7.2.8 DPH in agro di Brindisi

Fig. 7.33 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPH.01



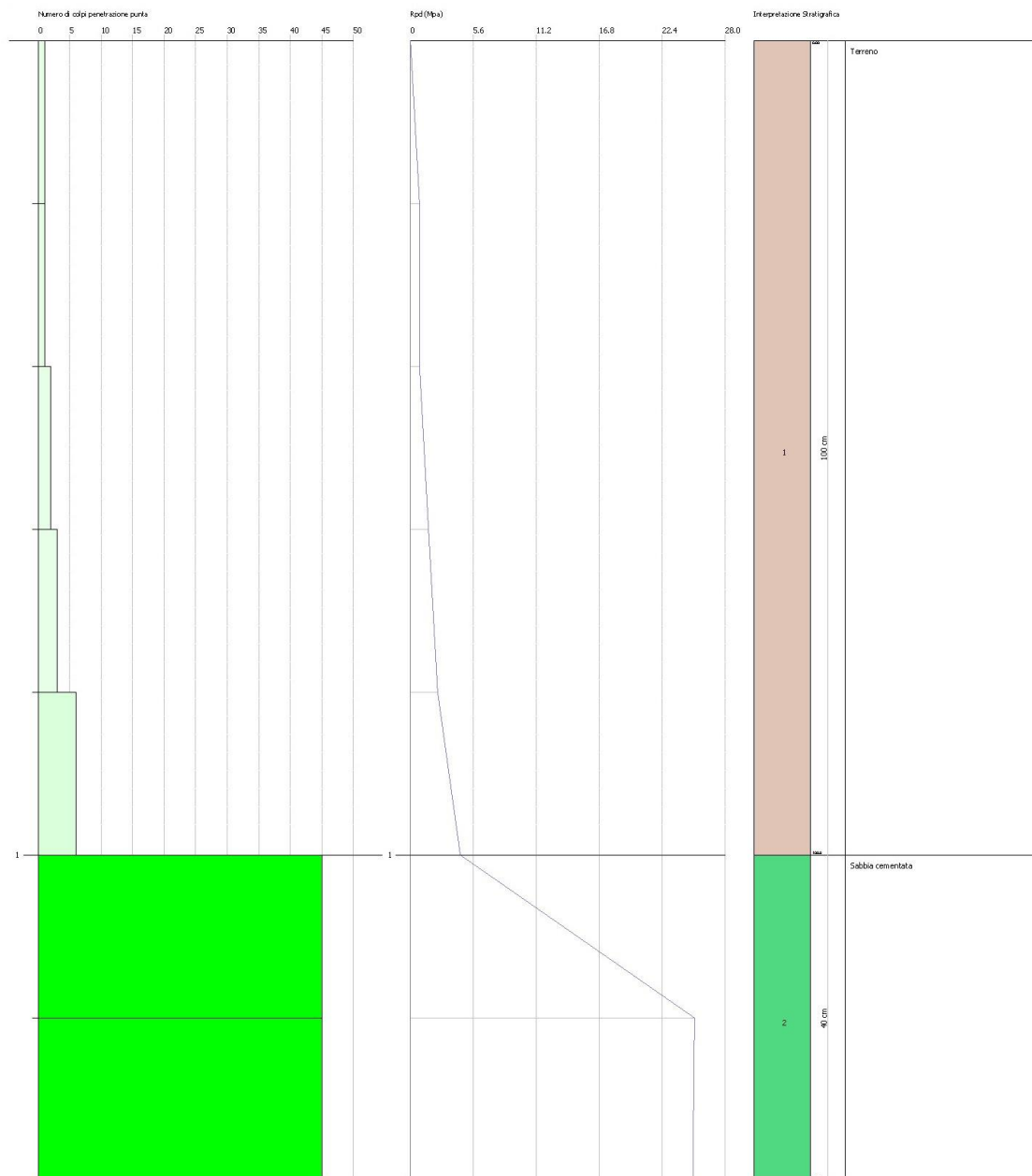
| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 52 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

| Parametri geotecnici terreni incoerenti | Strato 1 | Strato 2 | Strato 3 |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Denominazione litologica | Terreno vegetale | Limo sabbioso | Sabbia compatta |
| Profondità (m da p.c.) | 0.00÷1.20 | 1.20÷4.40 | 4.40÷10.0 |
| Densità relativa D_r (%) | 52.37 | 67.95 | 74.19 |
| Angolo di resistenza al taglio φ° | 32.67 | 39.32 | 42.21 |
| Modulo di Young E_y (MPa) | 3.65 | 12.62 | 20.53 |
| Modulo Edometrico E_{ed} (MPa) | 5.19 | 13.14 | 15.47 |
| Classificazione AGI | Moderatamente consistente | Consistente | Molto addensato |
| Peso unità di volume γ (kN/m ³) | 17.26 | 20.01 | 20.59 |
| Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³) | 18.44 | 21.97 | 19.81 |
| Modulo di Poisson σ | 0.34 | 0.33 | 0.30 |
| Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa) | 28.99 | 70.84 | 140.54 |
| Modulo di reazione K_0 | 0.99 | 2.72 | 5.16 |
| Resistenza alla punta Q_c (MPa) | 0.98 | 2.54 | 5.27 |

Tab. 7.13 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.01

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 53 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.34 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02



| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 54 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

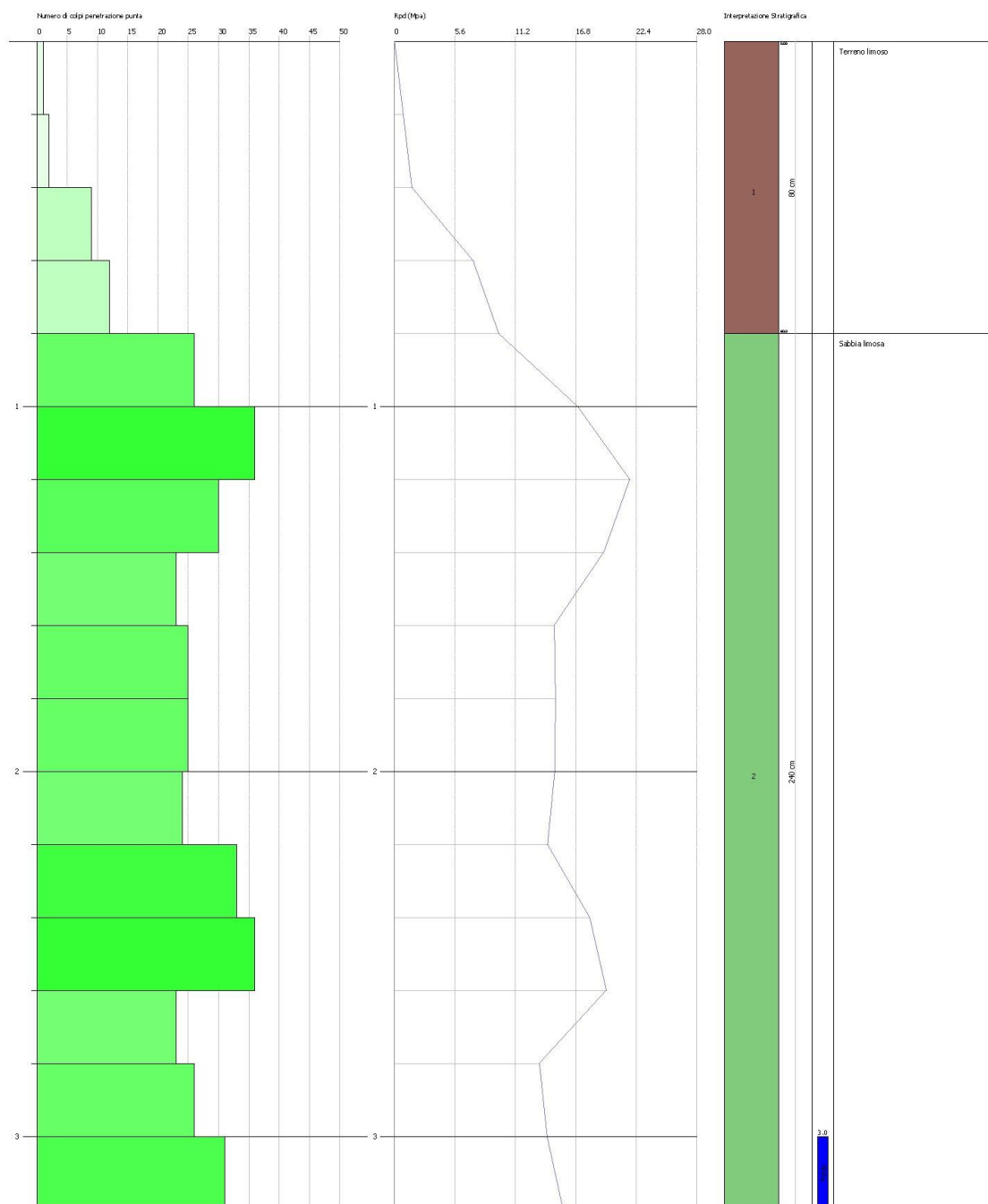
| Parametri geotecnici | Strato 1 | Strato 2 |
|---|------------------|-------------------------|
| Denominazione litologica | Terreno vegetale | Sabbia cementata |
| Profondità (m da p.c.) | 0.00÷1.00 | 1.00÷1.40 |
| Densità relativa D_r (%) | 46.88 | 100 |
| Angolo di resistenza al taglio φ° | 30.58 | 54.97 |
| Modulo di Young E_y (MPa) | 2.41 | 40.54 |
| Modulo Edometrico E_{ed} (MPa) | 4.09 | 33.33 |
| Classificazione AGI | Poco consistente | Moderatamente addensato |
| Peso unità di volume γ (kN/m ³) | 16.57 | 23.24 |
| Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³) | 18.34 | 21.48 |
| Modulo di Poisson σ | 0.35 | 0.32 |
| Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa) | 22.97 | 335.02 |
| Modulo di reazione K_0 | 0.73 | 11.93 |
| Resistenza alla punta Q_c (MPa) | 0.77 | 13.27 |

Tab. 7.14 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.02

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 55 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

7.2.9 DPSH in agro di Cellino San Marco

Fig. 7.35 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01



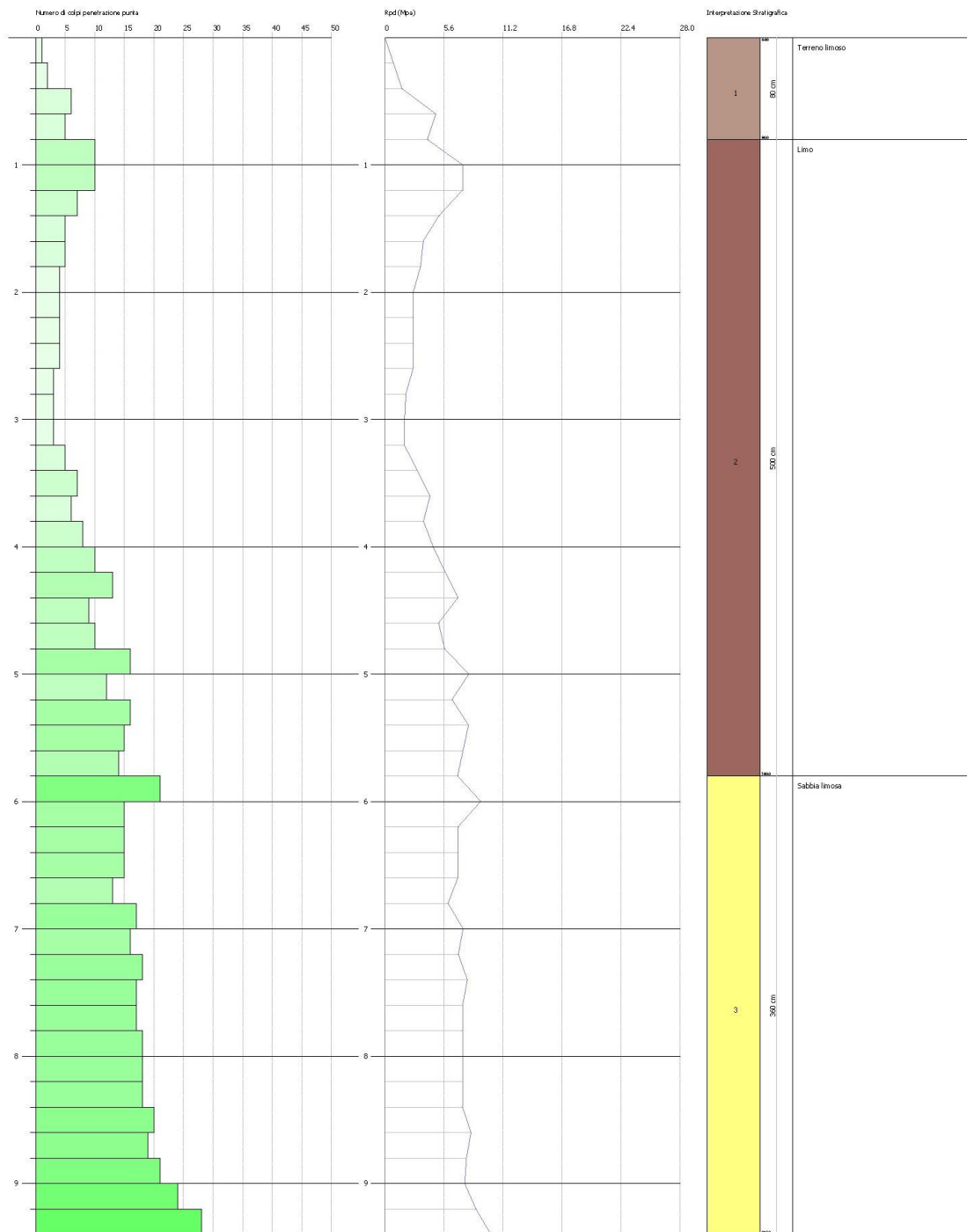
| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 56 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

| Parametri geotecnici | Strato 1 | Strato 2 |
|---|--|--------------------------------|
| <i>Denominazione litologica</i> | <i>Terreno vegetale a matrice sabbiosa</i> | <i>Sabbia limosa addensata</i> |
| <i>Profondità (m da p.c.)</i> | <i>0.00÷0.80</i> | <i>0.80÷3.20</i> |
| <i>Densità relativa Dr (%)</i> | <i>71.52</i> | <i>100</i> |
| <i>Angolo di resistenza al taglio φ°</i> | <i>37.9</i> | <i>50</i> |
| <i>Modulo di Young E_y (MPa)</i> | <i>8.17</i> | <i>28.13</i> |
| <i>Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)</i> | <i>7.67</i> | <i>22.26</i> |
| <i>Classificazione AGI</i> | <i>Poco addensato</i> | <i>Moderatamente addensato</i> |
| <i>Peso unità di volume γ (kN/m³)</i> | <i>16.67</i> | <i>21.67</i> |
| <i>Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m³)</i> | <i>18.73</i> | <i>20.79</i> |
| <i>Modulo di Poisson σ</i> | <i>0.34</i> | <i>0.27</i> |
| <i>Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa)</i> | <i>50.39</i> | <i>215.71</i> |
| <i>Modulo di reazione K_0</i> | <i>1.89</i> | <i>7.18</i> |
| <i>Resistenza alla punta Q_c (MPa)</i> | <i>1.77</i> | <i>8.31</i> |

Tab. 7.15 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.01

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 57 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

Fig. 7.36 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02



| Codice | Titolo | Pag. 58 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

| Parametri geotecnici terreni incoerenti | Strato 1 | Strato 2 | Strato 3 |
|---|------------------|-------------------------|-----------------|
| Denominazione litologica | Terreno vegetale | Limo sabbioso | Sabbia limosa |
| Profondità (m da p.c.) | 0.00÷0.80 | 0.80÷5.80 | 5.80÷9.40 |
| Densità relativa D_r (%) | 54.86 | 63.23 | 73.82 |
| Angolo di resistenza al taglio φ° | 33.22 | 38.39 | 42.14 |
| Modulo di Young E_y (MPa) | 3.93 | 13.34 | 20.87 |
| Modulo Edometrico E_{ed} (MPa) | 6.03 | 9.07 | 15.78 |
| Classificazione AGI | Poco addensato | Moderatamente addensato | Molto addensato |
| Peso unità di volume γ (kN/m ³) | 15.20 | 17.65 | 20.69 |
| Peso unità di volume saturo γ_s (kN/m ³) | 18.53 | 18.93 | 19.91 |
| Modulo di Poisson σ | 0.34 | 0.33 | 0.30 |
| Modulo di deformazione a taglio dinamico G (MPa) | 30.35 | 66.98 | 144.03 |
| Modulo di reazione K_0 | 1.05 | 2.57 | 5.26 |
| Resistenza alla punta Q_c (MPa) | 1.03 | 2.39 | 5.41 |

Tab. 7.16 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.02

| | | |
|-----------|------------------------|---------------|
| Codice | Titolo | Pag. 59 di 60 |
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area oggetto di studio interessa un cavidotto per cui sarà necessario realizzare uno scavo di larghezza pari a 0,60 m, profondo 1,2 m e lungo circa 8 km che si sviluppano nel territorio di Brindisi e al confine di San Donaci e Cellino San Marco, Marco; il territorio presenta peculiari connotazioni geologiche e stratigrafiche, già riscontrate nello studio geologico della zona ed evidenziate dalle risultanze delle indagini analizzate, come di seguito riassunte.

Come si evince dall'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche:

- il terreno di fondazione dell'area situata nel comune di Brindisi è costituito sostanzialmente da un primo strato sciolto formato per lo più da terreno vegetale, ed uno strato sottostante caratterizzato da depositi sabbiosi compatti e molto cementati, appartenenti alla formazione delle Calcareniti del Salento;
- il terreno di fondazione dell'area situata nel comune di Cellino San Marco è costituito sostanzialmente da un primo strato sciolto formato per lo più da terreno vegetale e sabbie limose, ed uno strato sottostante caratterizzato da depositi sabbiosi compatti e cementati, appartenenti alla formazione delle Calcareniti del Salento.
- la parte terminale del cavidotto e la Stazione Utente poggiano su un banco calcarenitico appartenente alla Formazione di Gallipoli mentre due tratti intermedi del cavidotto (precisamente dal km 0.603 al km 1.135 e dal km 1.635 al km 2.083) poggiano su sabbie argillose debolmente cementate.

Il territorio in esame è da considerarsi praticamente pianeggiante e non presenta alcun fenomeno di instabilità, né caratteri geomorfologici di particolare rilievo. Al km 6.263 e al km 7.020, si registrano corsi d'acqua episodici, ma il ruscellamento delle acque avviene esclusivamente lungo le linee di massima pendenza.

Dal punto di vista sismico, il territorio in esame ricade in zona 4 della Classificazione sismica d'Italia (OPCM 3274/2003), pertanto ad essa è associato un livello di pericolosità molto basso.

Gli esiti delle indagini consultate e l'analisi degli elaborati progettuali non evidenziano la presenza di elementi che precludono la possibilità di realizzare le opere in progetto e pertanto si esprime un **parere geologico favorevole**.

| Codice | Titolo | Pag. 60 di 60 |
|-----------|------------------------|---------------|
| DOCSPEC19 | RELAZIONE GEOLOGICA SU | |