

**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:  
**DOCSPEC08**

**Relazione geologica**

Descrizione **Relazione geologica**

Nome del file:  
**DOCSPEC08.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

<b>1</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA .....</b>	<b>7</b>
3.1	Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Geomorfológico e Idrogeológico.....	7
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>9</b>
4.1	Successione stratigrafica .....	12
4.2	Inquadramento geomorfológico .....	12
4.3	Caratteri idrogeologici e idrografici .....	14
<b>5</b>	<b>CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE .....</b>	<b>16</b>
5.1	Inquadramento sismico dell'area .....	16
5.2	Caratteristiche desunte dall'indagine sismica del territorio .....	16
5.3	Valutazione dell'azione sismica .....	19
5.4	Individuazione della pericolosità del sito .....	20
5.4.1	Sito in agro di Brindisi.....	21
5.4.2	Sito in agro di Cellino San Marco.....	24
5.5	Strategia di progettazione .....	27
5.5.1	Analisi nel territorio di Brindisi.....	27
5.5.2	Analisi in territorio di Cellino San Marco.....	30
<b>6</b>	<b>PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL VS,eq .....</b>	<b>33</b>
6.1	MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) - Descrizione del metodo e della strumentazione .....	33
6.2	MASW – Acquisizione dei dati .....	33
6.3	MASW – Elaborazione dei dati .....	34
6.4	MASW – Rappresentazione dei risultati.....	34
6.5	MASW – Interpretazione dei risultati .....	34
6.5.1	Risultati sito Brindisi.....	35
6.5.2	Risultati sito Cellino San Marco.....	46
<b>7</b>	<b>PROVE PENETROMETRICHE.....</b>	<b>57</b>
7.1	Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH .....	57
7.2	Penetrometri in uso in Italia .....	58
7.3	Correlazione con N <sub>spt</sub> .....	58
7.4	Valutazione resistenza dinamica alla punta R <sub>qp</sub> .....	59

Codice	Titolo	Pag. 1 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

<b>7.5</b>	<b>Metodologia di elaborazione.....</b>	<b>59</b>
<b>7.6</b>	<b>Valutazioni statistiche e correlazioni .....</b>	<b>59</b>
<b>7.7</b>	<b>Correlazioni geotecniche terreni incoerenti .....</b>	<b>60</b>
<b>7.8</b>	<b>Correlazioni geotecniche terreni coesivi .....</b>	<b>63</b>
<b>7.9</b>	<b>Risultati delle prove DPSH eseguite .....</b>	<b>64</b>
7.9.1	DPSH in agro di Brindisi .....	66
7.9.2	DPSH in agro di Cellino San Marco .....	70
<b>8</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>74</b>

#### INDICE Tabelle

Tab. 5.1	Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno.....	23
Tab. 5.2	Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno.....	26
Tab. 6.1	stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 1.....	35
Tab. 6.2	stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2.....	35
Tab. 6.3	stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1.....	36
Tab. 6.4	stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2.....	36
Tab. 6.5	Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018 .....	37
Tab. 6.6	stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 1.....	46
Tab. 6.7	stima del Vs,30 - MASW 01 – scoppio 2.....	46
Tab. 6.8	stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 1.....	47
Tab. 6.9	stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2.....	47
Tab. 6.10	Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018 .....	48
Tab. 7.1	Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici .....	57
Tab. 7.2	Correlazioni empiriche utilizzate per l’elaborazione dei DPSH .....	65
Tab. 7.3	Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.01.....	67
Tab. 7.4	Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.02.....	69
Tab. 7.5	Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.01.....	71
Tab. 7.6	Stima dei parametri geotecnici desunti dall’elaborazione DPSH.02.....	73

#### INDICE Figure

Fig. 3.1	Inquadramento dell’area su ortofoto .....	7
Fig. 3.2	Stralcio cartografia PAI con ubicazione dell’area di intervento .....	8
Fig. 4.1	Stralcio Foglio 203 della Carta geologica con ubicazione dell’area d’intervento.....	11
Fig. 4.2	Stralcio dell’area di intervento su carta idrogeomorfologica dell’AdB Puglia.....	13
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.....	15
Fig. 5.1	Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 .....	16
Fig. 5.2	Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004 .....	17

Codice	Titolo	Pag. 2 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 5.3 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. 5.4 Parametri di pericolosità sismica dell'area in esame .....	19
Fig. 5.5 Pericolosità dell'area in esame .....	21
Fig. 5.6 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno .....	22
Fig. 5.7 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno .....	23
Fig. 5.8 Pericolosità dell'area in esame .....	24
Fig. 5.9 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno .....	25
Fig. 5.10 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno .....	26
Fig. 5.11 Strategia di progettazione.....	27
Fig. 5.12 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno .....	28
Fig. 5.13 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite .....	29
Fig. 5.14 Strategia di progettazione.....	30
Fig. 5.15 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno .....	31
Fig. 5.16 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite .....	32
Fig. 6.1 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	38
Fig. 6.2 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1....	38
Fig. 6.3 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	39
Fig. 6.4 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1 .....	39
Fig. 6.5 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	40
Fig. 6.6 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2....	40
Fig. 6.7 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	41
Fig. 6.8 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2 .....	41
Fig. 6.9 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	42
Fig. 6.10 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1...42	42
Fig. 6.11 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	43
Fig. 6.12 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1 .....	43
Fig. 6.13 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	44
Fig. 6.14 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2...44	44
Fig. 6.15 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	45
Fig. 6.16 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2 .....	45
Fig. 6.17 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	49
Fig. 6.18 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1...49	49
Fig. 6.19 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1.....	50
Fig. 6.20 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1 .....	50
Fig. 6.21 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	51
Fig. 6.22 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2...51	51
Fig. 6.23 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2.....	52
Fig. 6.24 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2 .....	52
Fig. 6.25 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	53
Fig. 6.26 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1...53	53
Fig. 6.27 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1.....	54

Codice	Titolo	Pag. 3 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.28 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1 .....	54
Fig. 6.29 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	55
Fig. 6.30 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2...55	
Fig. 6.31 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2.....	56
Fig. 6.32 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2 .....	56
Fig. 7.1 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01 .....	66
Fig. 7.2 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02 .....	68
Fig. 7.3 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01 .....	70
Fig. 7.4 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02 .....	72

Codice	Titolo	Pag. 4 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 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. 5 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 2 PREMESSA

Nel presente elaborato vengono riportati i risultati ottenuti dalla campagna di indagine geognostica svolta dalla società Apogeo s.r.l., a supporto del progetto di realizzazione dell'impianto agrivoltaico presso il sito ricadente nel territorio di Brindisi e Cellino San Marco.

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;
- Individuare la presenza di eventuali anomalie stratigrafiche;
- Determinare il valore puntuale del  $V_{s,eq}$  al fine di attribuire al sottosuolo in esame una delle categorie di suolo di fondazione contemplate dalle NTC 2018.

La campagna indagini 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.

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

Codice	Titolo	
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	Pag. 6 di 75

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

L'area compresa in agro di Brindisi ricade a sud del territorio di Brindisi, al confine con Mesagne, San Donaci e Cellino San Marco, a quote variabili tra 70 e 75 m s.l.m. mentre l'area compresa in agro di Cellino San Marco ricade ad ovest del territorio di Cellino San Marco, al confine con San Donaci e Brindisi, a quote variabili tra 63÷70 m s.l.m..

La figura 3.1 mostra in giallo il perimetro dell'area di stretto interesse, in celeste sono delineati i confini territoriali di Mesagne, San Donaci, Cellino San Marco e Brindisi.



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	
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	Pag. 7 di 75



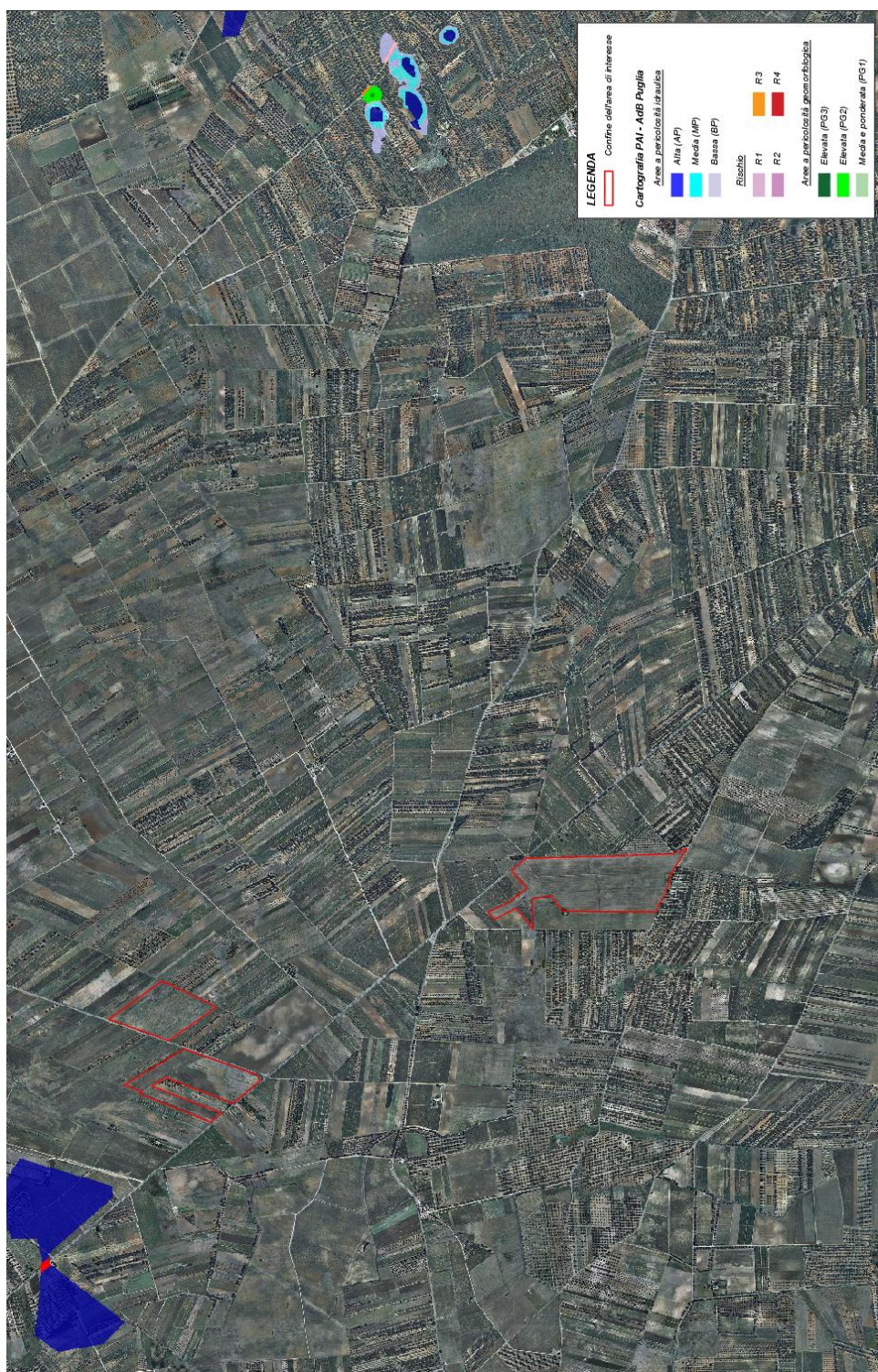


Fig. 3.2 Stralcio cartografia PAI con ubicazione dell'area di intervento

Codice	Titolo	Pag. 8 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

#### 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 tetto-genesi 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-cretacica 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

Codice	Titolo	Pag. 9 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

costituenti la formazione di Gallipoli possono essere sostituite, parzialmente o totalmente, da 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 ( $Q^1 P^3$ ).

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-calambriano, 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.

✓ **Dolomie di Galatina e Calcarea di Altamura (Cretaceo):** da calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, fratturati e con scarso contenuto di microfossili ( $C^{8-6}$ ).

Circa la metà dell'area interessata dal progetto, è caratterizzata in affioramento dall'ammasso calcareo appartenente alla Formazione Dolomie di Galatina con passaggio graduale al Calcarea di Altamura di età del Cretaceo sup. Si presenta di colore grigiastro o grigio-nocciola è costituito da strati e banchi calcarei, a grana prevalentemente fine e a luoghi intensamente fratturati e carsificati. È caratterizzato prevalentemente da calcarea a tessitura fango sostenuta

Codice	Titolo	Pag. 10 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

associabili, pertanto, ad ambienti di sedimentazione protetti e di mare basso riferibile ad un dominio di piattaforma interna di bassa energia. La fratturazione è in genere di tipo concoide mentre le strutture interne più ricorrenti sono laminazioni sottili, facilmente visibili quando la superficie è alterata. La componente scheletrica che caratterizza tale formazione è prevalentemente costituita da foraminiferi bentonici, alghe calcaree, rudiste e frammenti di echinodermi. Tra gli elementi non scheletrici si osservano livelli di breccie a cemento ocreo o rossastro testimonianza di temporanee emersioni. Frequenti sono i livelli ad ostracodi e foraminiferi esclusivamente rappresentati dalla famiglia Ophtalmidiidae. Lo spessore affiorante nel Foglio “Brindisi” è dell’ordine di diverse centinaia di metri, mentre quelli osservati in fase di rilevamento in corrispondenza di cave a cielo aperto sono in media di 50 metri. In affioramento la formazione in esame mostra degli strati generalmente disposti in modo regolare e continuo tuttavia poiché non sono molto evidenti segni di una dinamica né distensiva (faglie) né compressiva (pieghe).

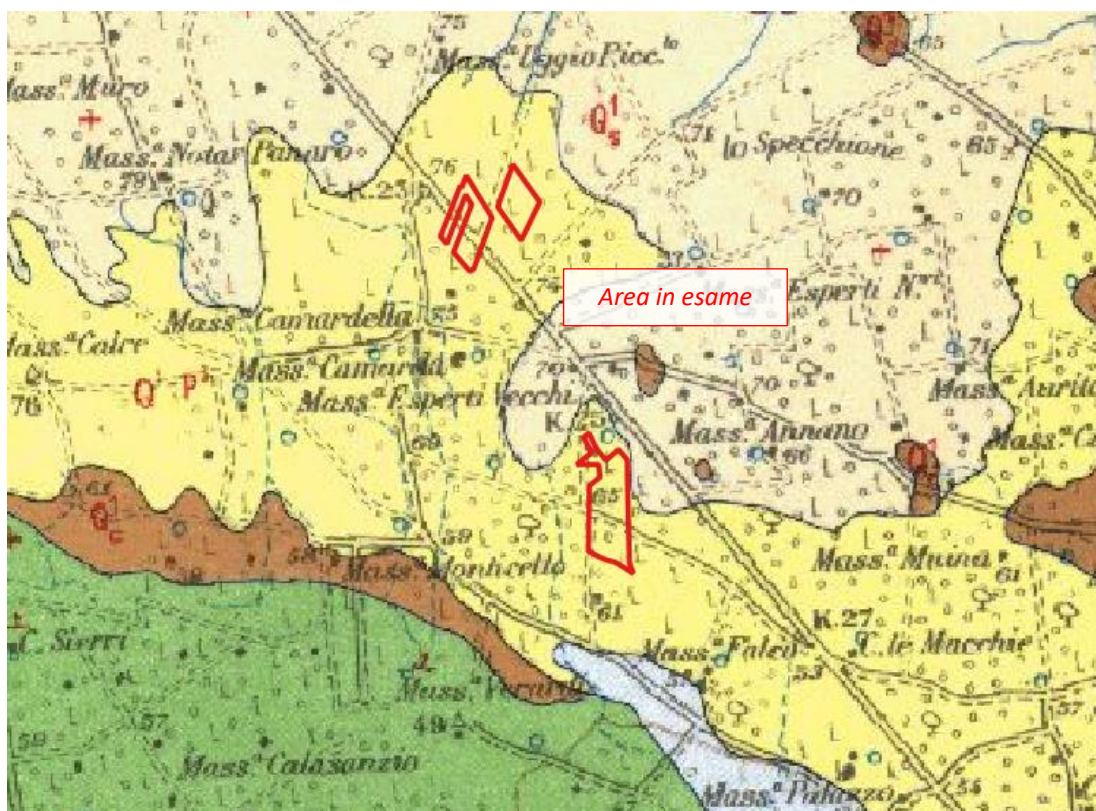
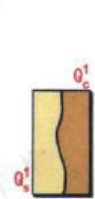
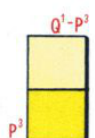


Fig. 4.1 Stralcio Foglio 203 della Carta geologica con ubicazione dell’area d’intervento

Codice	Titolo	Pag. 11 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrastre ( $Q_1^c$ ); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati ( $Q_1^c$ ). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEI-STOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.



( $Q_1^{p-3}$ ) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.



Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, 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. (CENOMANIANO 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 loco è evidente che l'assetto stratigrafico dell'area in esame 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.

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. nella zona più a sud dell'intera area oggetto di esame, 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.

Codice	Titolo	Pag. 12 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

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 a seguire), dalla quale si evince che il sito in agro di Brindisi, che per la sua estensione si trova ad una quota compresa tra 70 e 75 metri circa, è contraddistinto da superfici sub-orizzontali o con blande pendenze verso NE, e dall'attraversamento nella zona a nord di un corso d'acqua episodico ovvero un corso d'acqua che si attiva essenzialmente durante le precipitazioni di forte intensità. Le medesime considerazioni possono essere fatte per l'area in esame in agro di C. San Marco che si trova ad una quota inferiore (63 ÷ 70 m) e presenta un corso d'acqua episodico nella zona a sud.

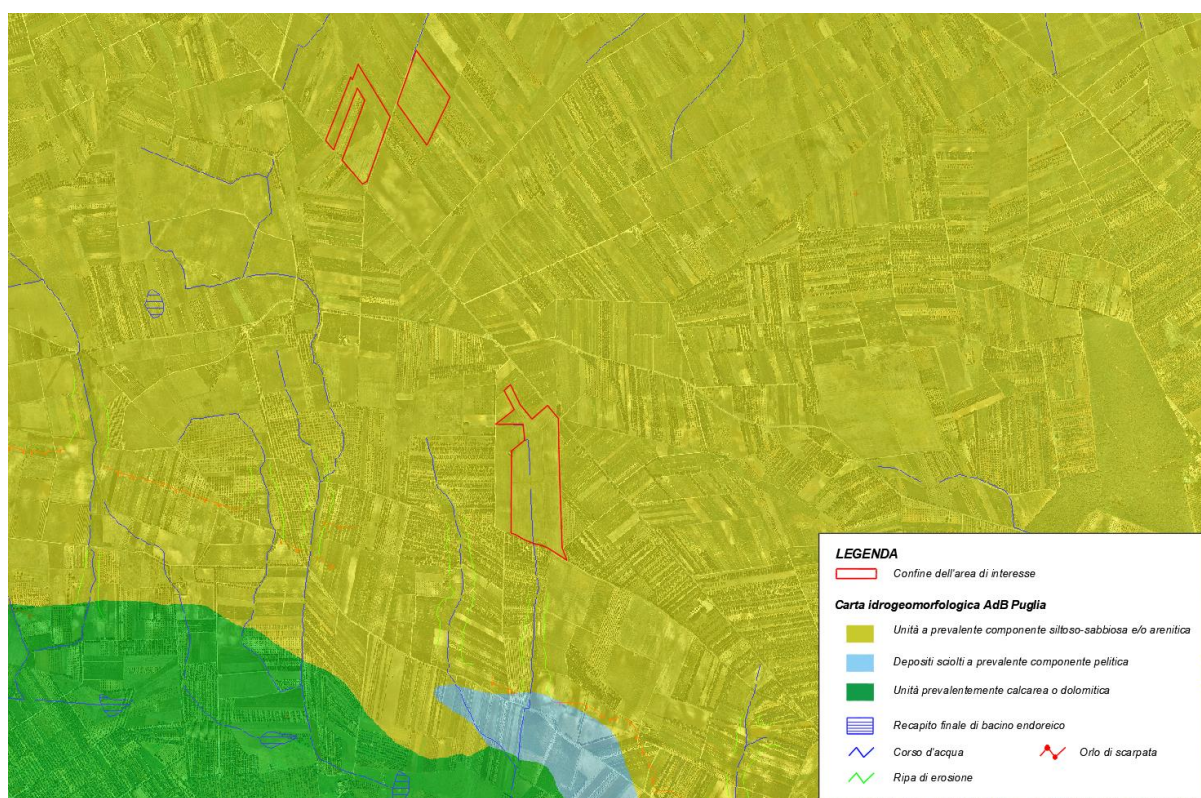


Fig. 4.2 Stralcio dell'area di intervento su carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia

Codice	Titolo	Pag. 13 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 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

Codice	Titolo	Pag. 14 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

ruscellamento superficiale: risulta quindi assente un reticolo idrografico di superficie ed il deflusso delle acque fluviali avviene in occasione di piogge abbondanti, sotto forma di ruscellamento 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.

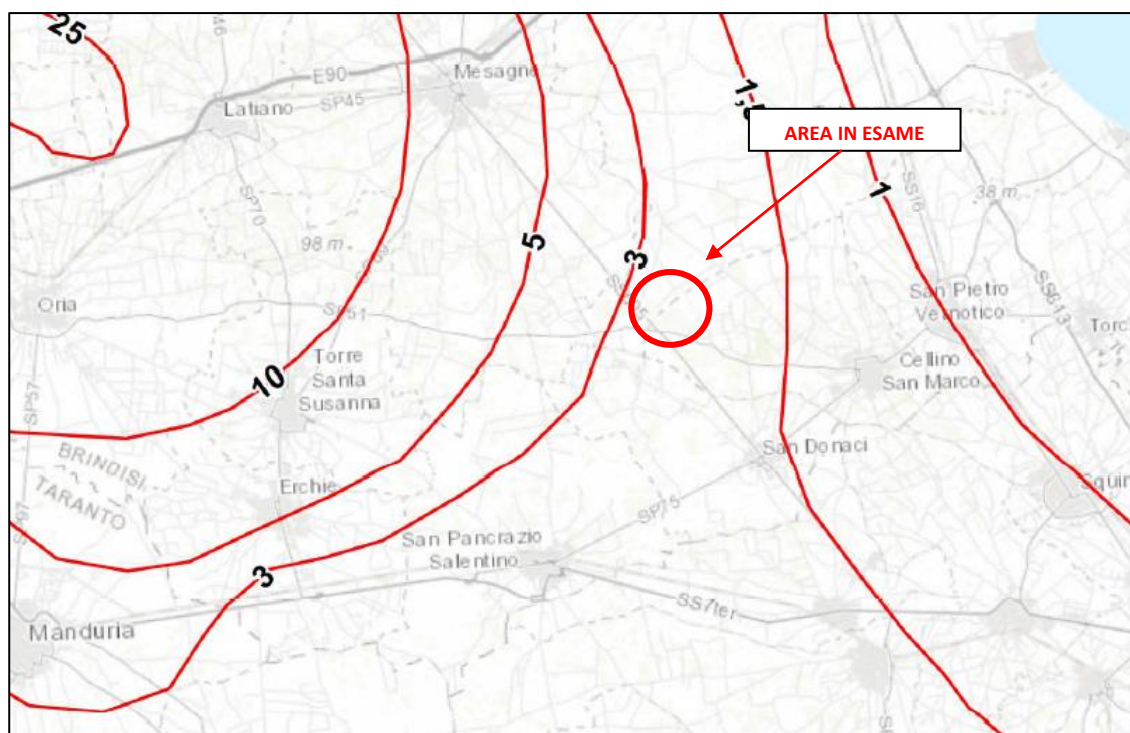


Fig. 4.3 Stralcio Piano di Tutela delle Acque nell'area di intervento: distribuzione media dei carichi Piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia a e del Salento

Codice	Titolo	Pag. 15 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



## 5 CONSIDERAZIONI SISMOLOGICHE

### 5.1 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.

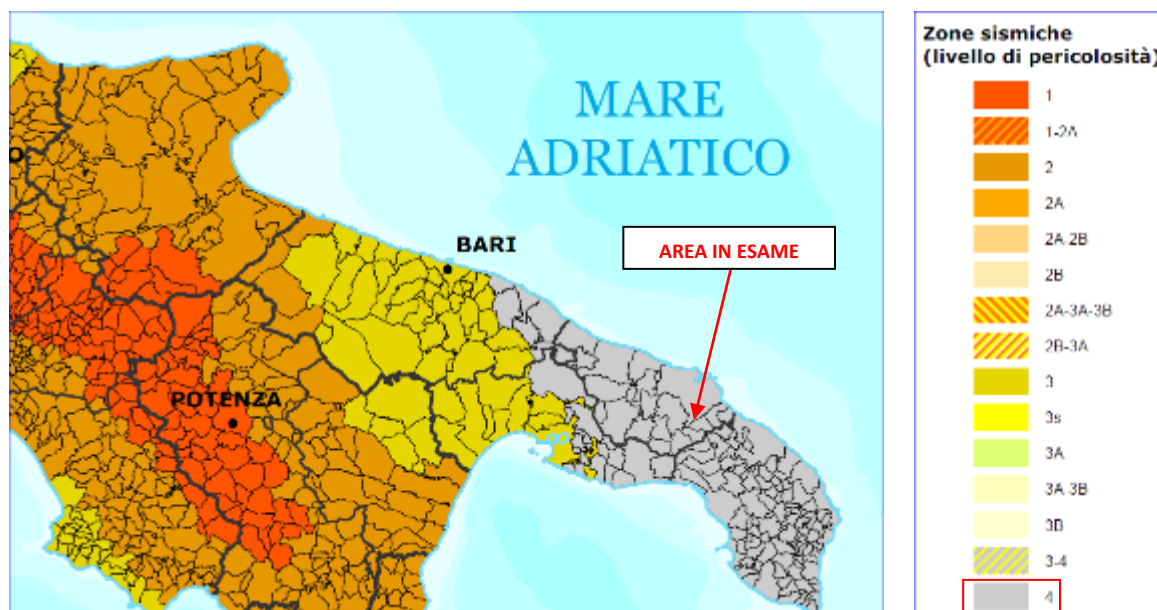


Fig. 5.1 Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003

### 5.2 Caratteristiche desunte dall'indagine sismica del territorio

Basandosi sulle indagini sismiche eseguite, 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  $V_s$ , eq si è ricondotto al calcolo del vecchio  $V_{s,30}$ , cioè fino alla profondità di 30 metri di investigazione. In ogni caso i valori del  $V_s$ , 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  $V_s$ , eq sono risultati compresi tra 379 e 443 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B".

Codice	Titolo	Pag. 16 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

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,  $V_s, eq > 800m/sec$ ).

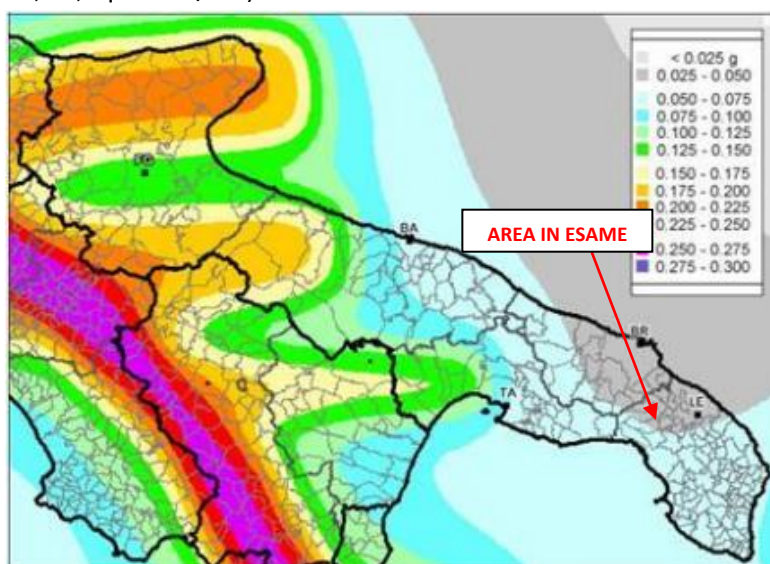


Fig. 5.2 Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)

Codice	Titolo	Pag. 17 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

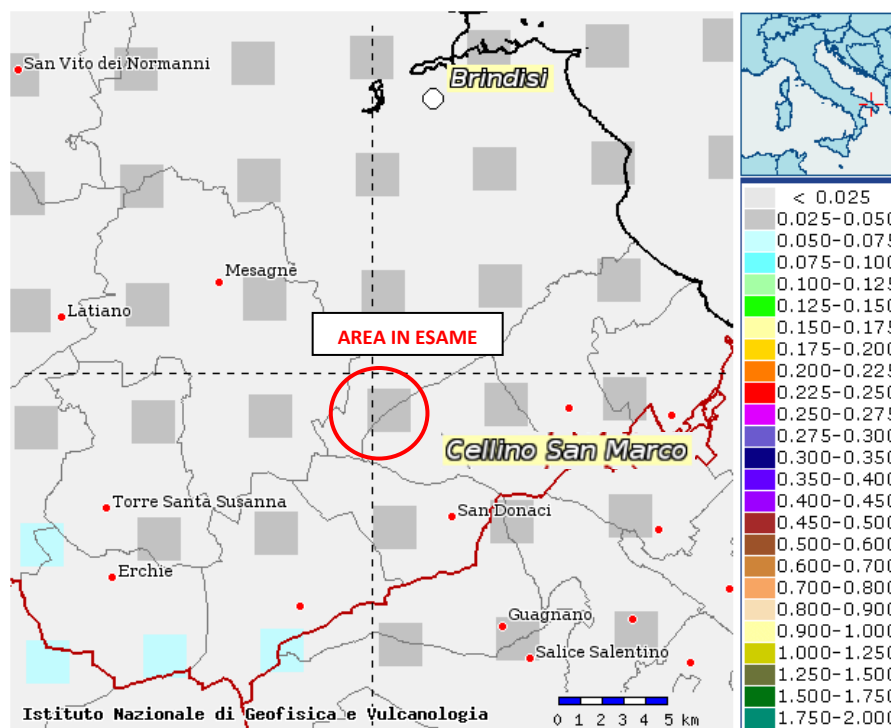


Fig. 5.3 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi

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 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 5.3 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:

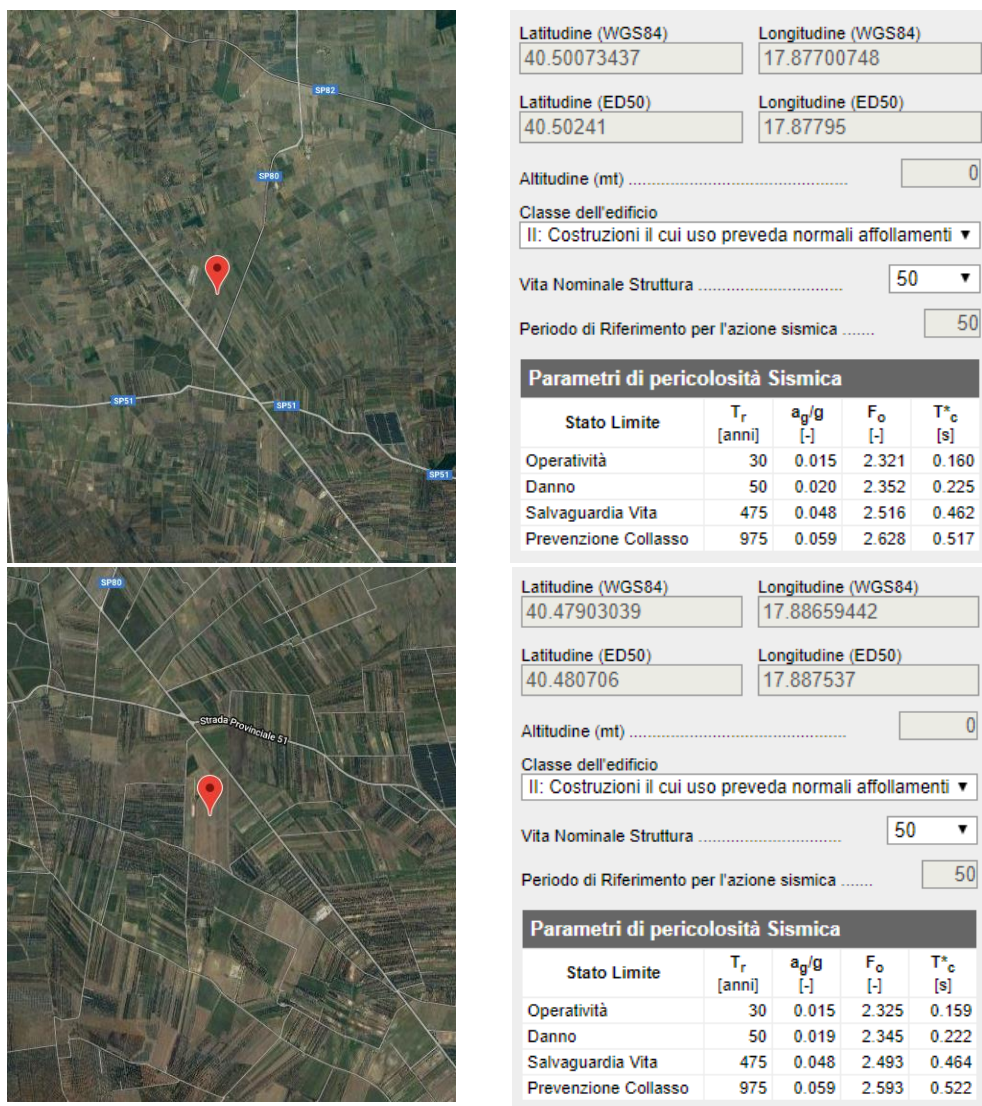


Fig. 5.4 Parametri di pericolosità sismica dell'area in esame

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

Codice	Titolo	Pag. 19 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

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:

- “ $a_g$ ” accelerazione orizzontale massima al terreno;
- “ $F_0$ ” 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.

#### 5.4 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 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  $\lambda=1/T_r$  ( $T_r$  è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

Codice	Titolo	Pag. 20 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 5.4.1 Sito in agro di Brindisi

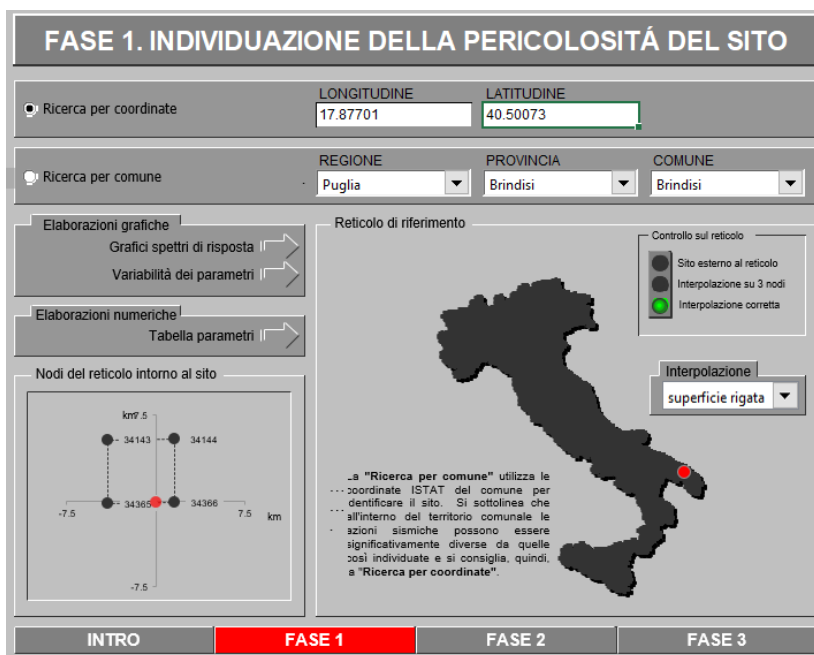


Fig. 5.5 Pericolosità dell'area in esame

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  $T_r$ .

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. 21 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

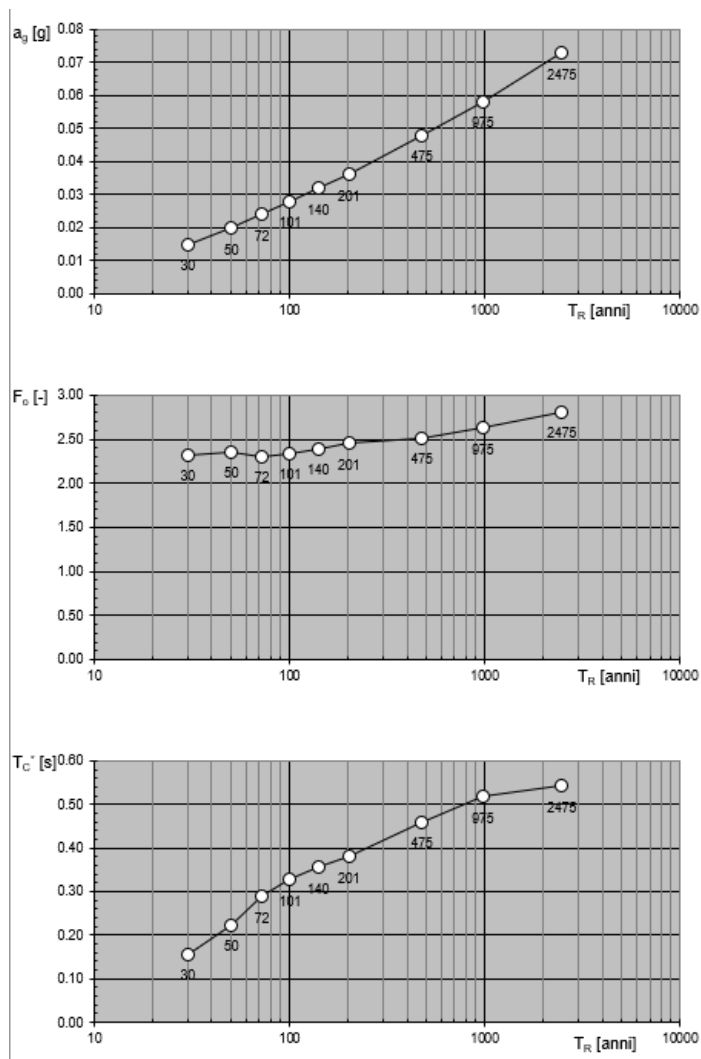


Fig. 5.6 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 22 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

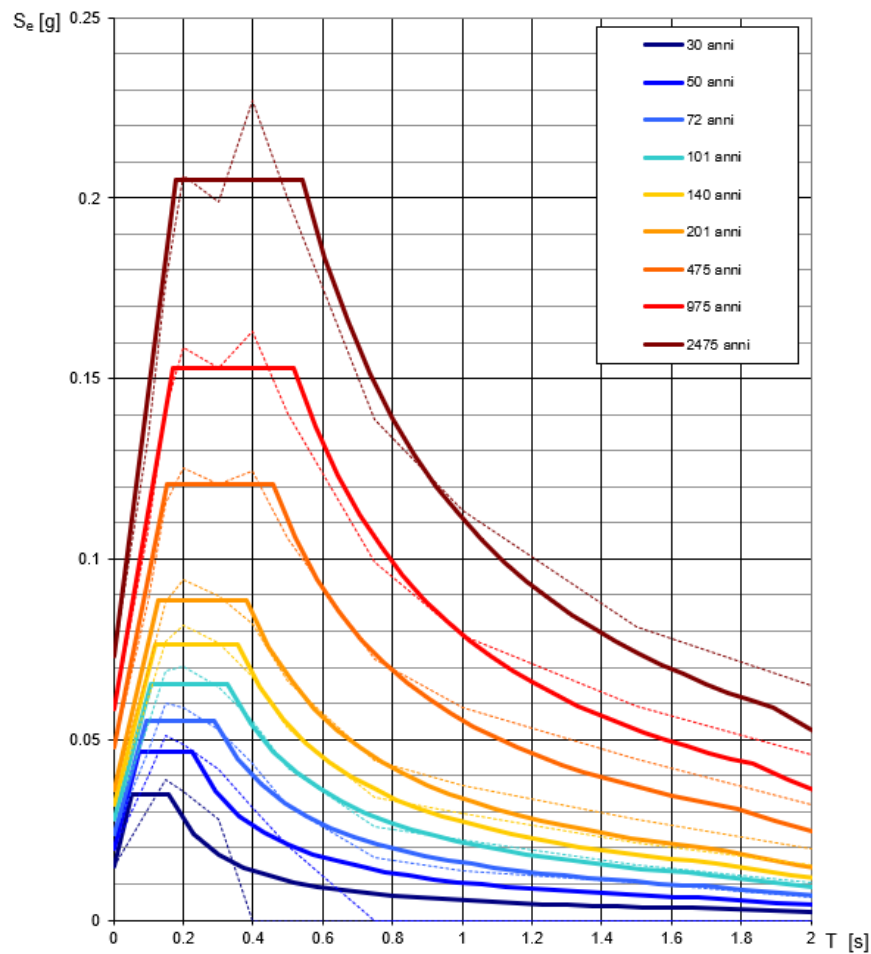


Fig. 5.7 Spettri di risposta elastici per periodo di ritorno

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.015	2.319	0.157
50	0.020	2.354	0.224
72	0.024	2.301	0.288
101	0.028	2.341	0.328
140	0.032	2.393	0.356
201	0.036	2.449	0.381
475	0.048	2.514	0.459
975	0.058	2.625	0.518
2475	0.073	2.810	0.542

Tab. 5.1 Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 23 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



### 5.4.2 Sito in agro di Cellino San Marco

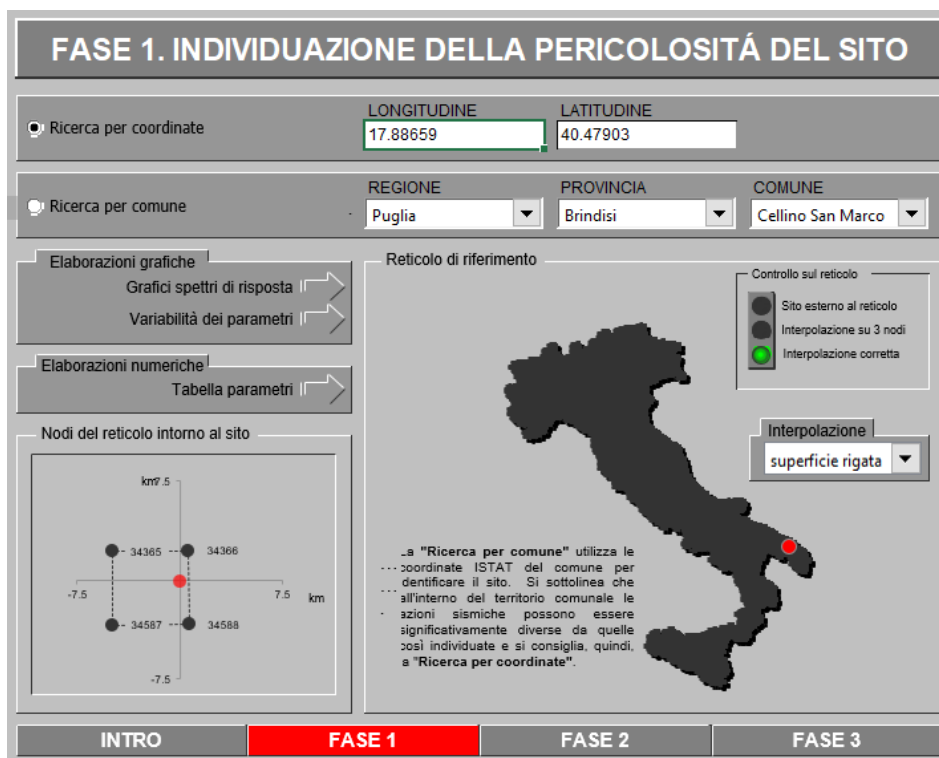
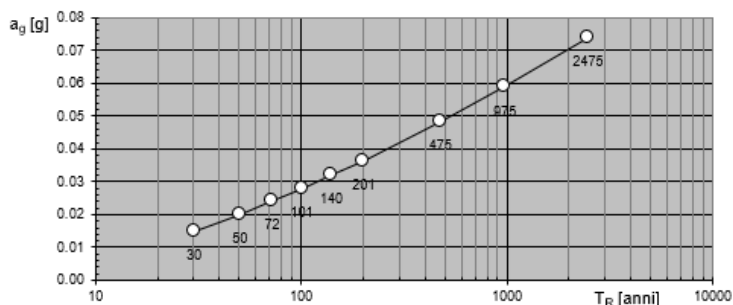


Fig. 5.8 Pericolosità dell'area in esame

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  $T_R$ .

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. 24 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

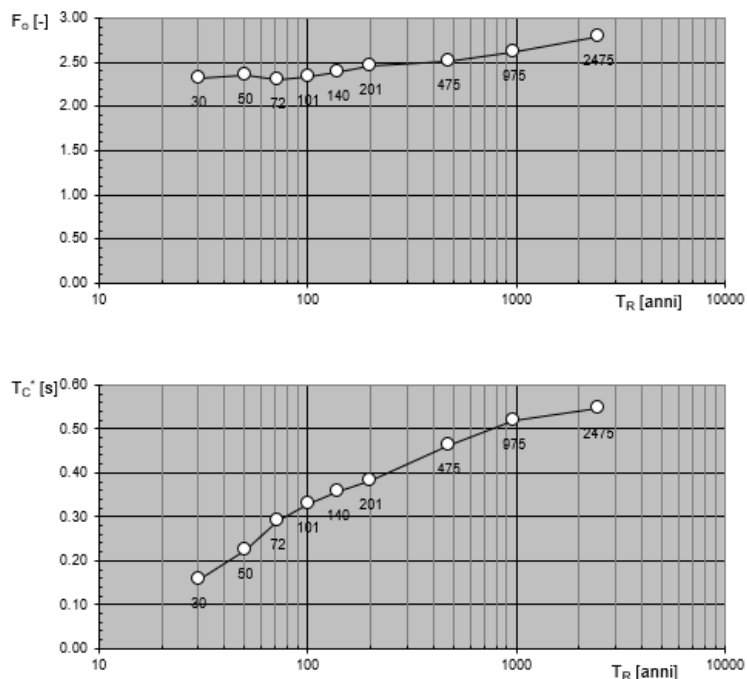


Fig. 5.9 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 25 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

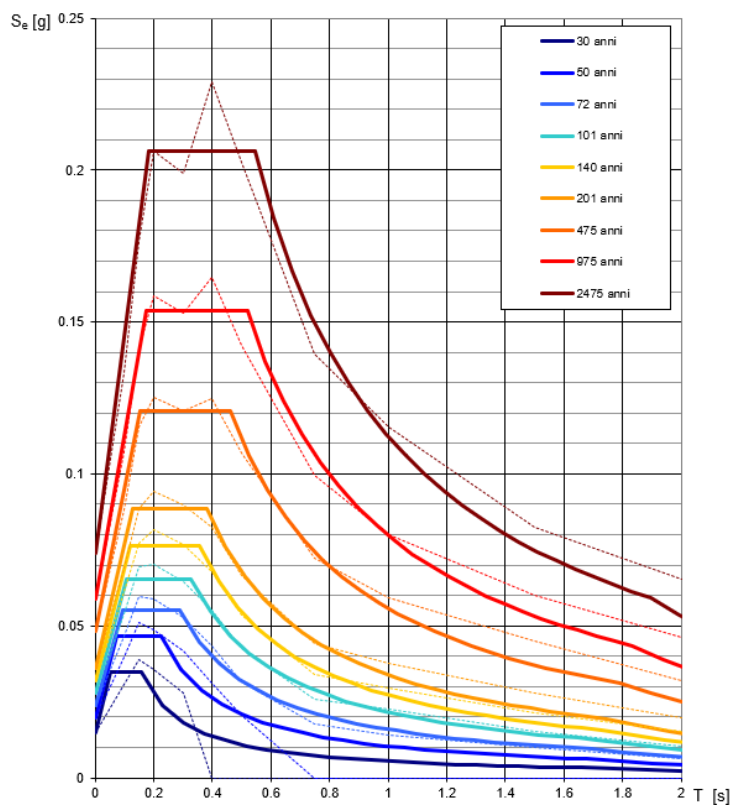


Fig. 5.10 Spettri di risposta elastica per periodo di ritorno

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.015	2.317	0.157
50	0.020	2.351	0.224
72	0.024	2.296	0.290
101	0.028	2.341	0.329
140	0.032	2.392	0.357
201	0.036	2.450	0.382
475	0.048	2.505	0.462
975	0.059	2.614	0.519
2475	0.074	2.791	0.545

Tab. 5.2 Valori dei parametri sismici per i periodi di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 26 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 5.5 Strategia di progettazione

### 5.5.1 Analisi nel territorio di Brindisi

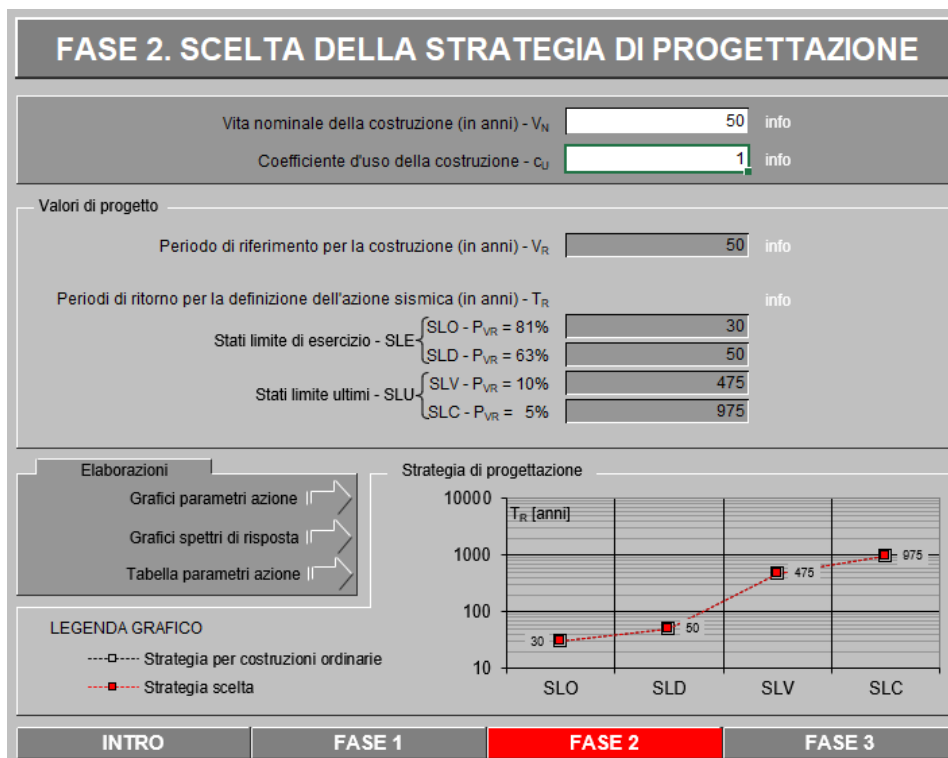


Fig. 5.11 Strategia di progettazione

Nel caso specifico si ha una struttura con vita nominale  $V_N$  pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso II a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione  $C_U=1$ . In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione  $V_R$  che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC 2018. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Codice	Titolo	Pag. 27 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

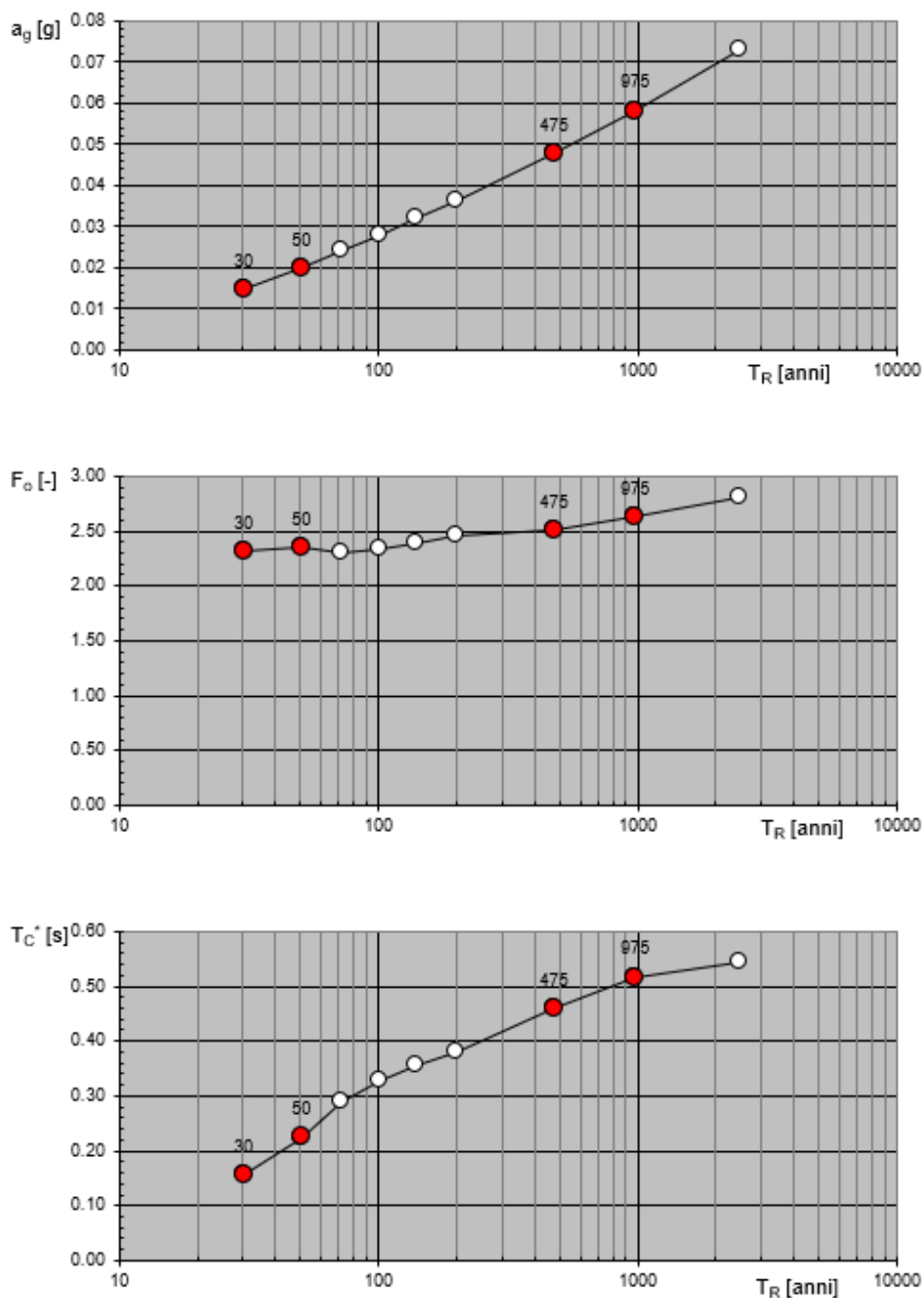


Fig. 5.12 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 28 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

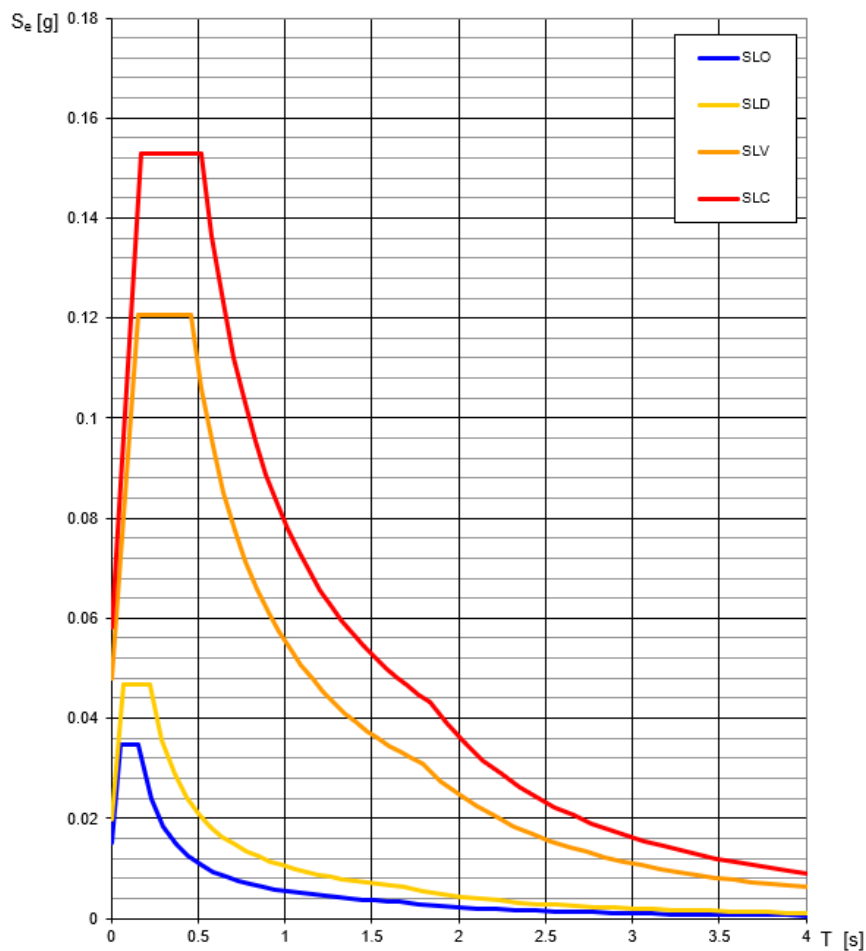


Fig. 5.13 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.015	2.319	0.157
SLD	50	0.020	2.353	0.225
SLV	475	0.048	2.514	0.459
SLC	975	0.058	2.625	0.518

Tab. 5.3 Valori dei parametri sismici per ciascuno Stato Limite

Codice	Titolo	Pag. 29 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 5.5.2 Analisi in territorio di Cellino San Marco

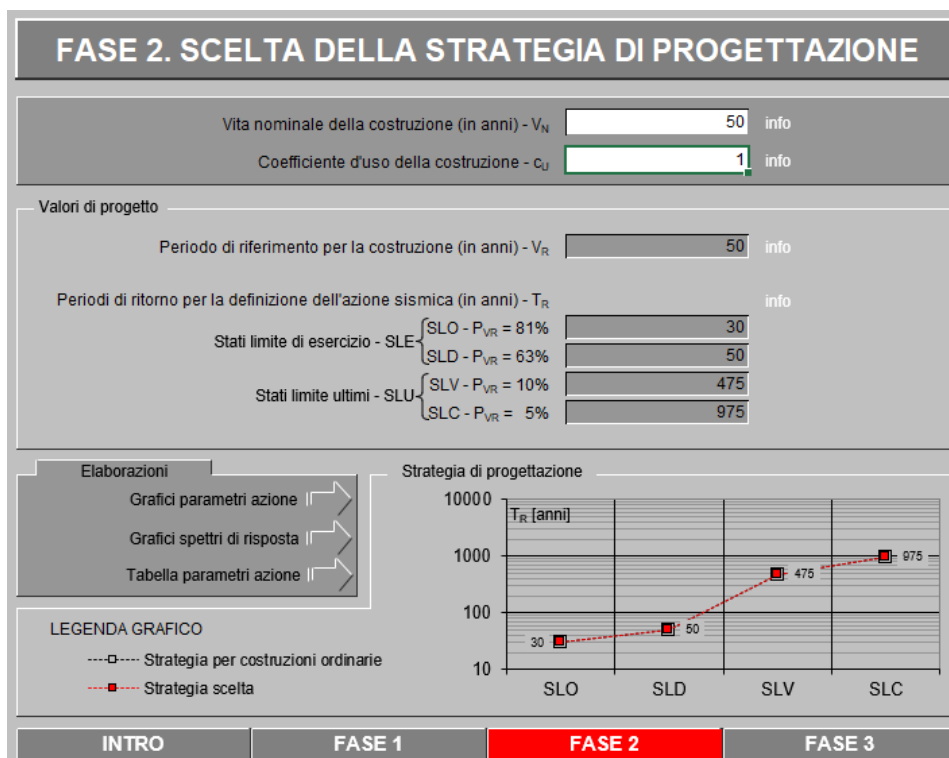


Fig. 5.14 Strategia di progettazione

Nel caso specifico si ha una struttura con vita nominale  $V_n$  pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso II a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione  $C_u=1$ . In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione  $V_r$  che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC 2018. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Codice	Titolo	Pag. 30 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

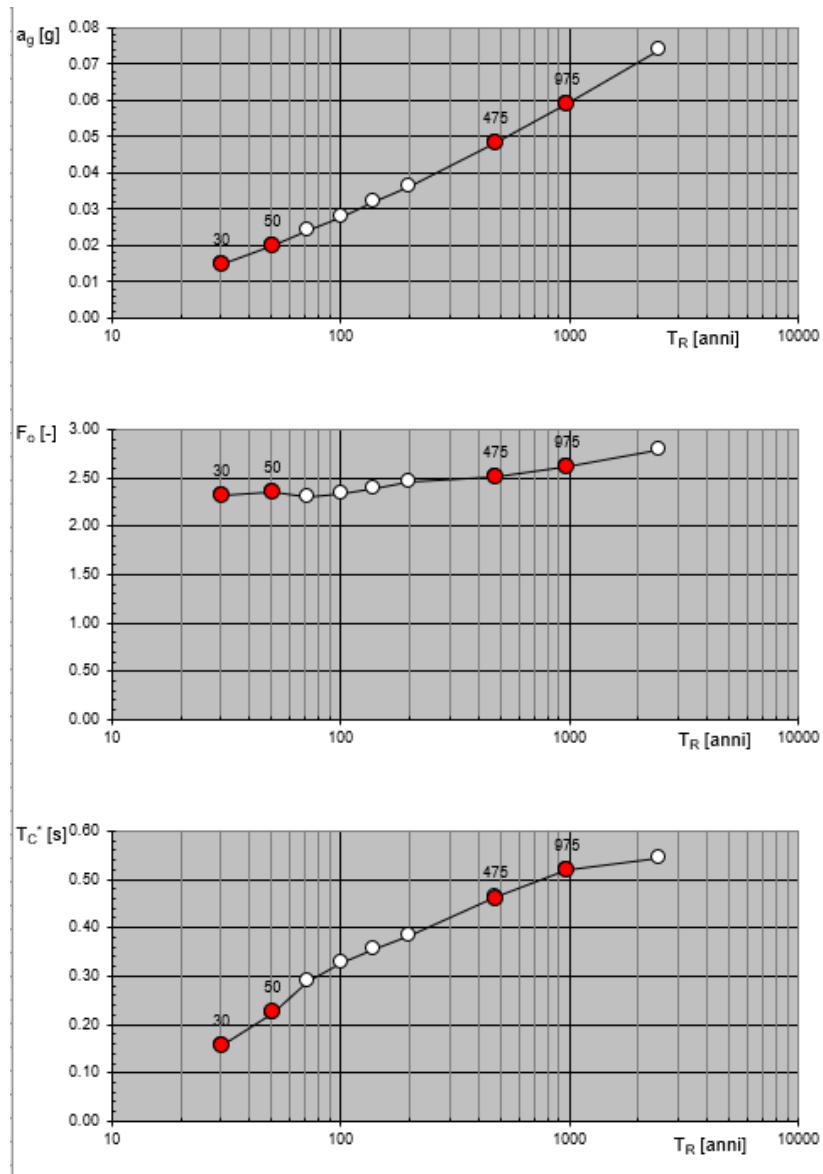


Fig. 5.15 Variabilità parametri sismici con periodo di ritorno

Codice	Titolo	Pag. 31 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



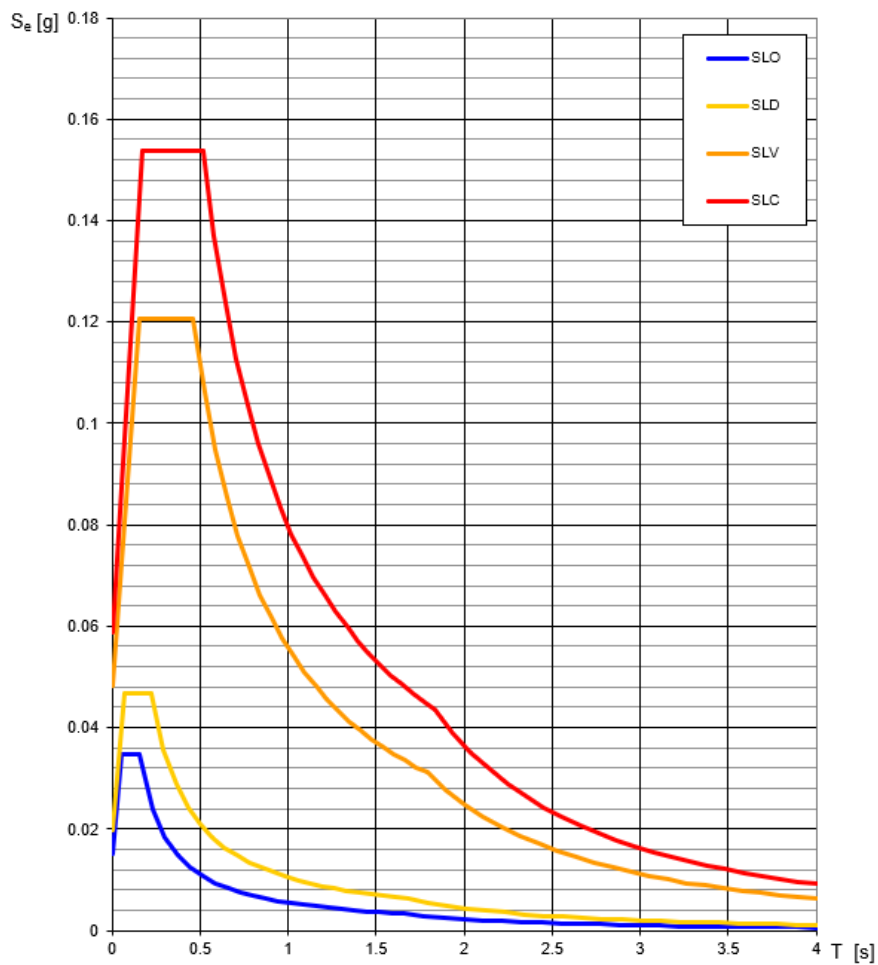


Fig. 5.16 Spettri di risposta elastici su diversi Stati Limite

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.015	2.317	0.157
SLD	50	0.020	2.351	0.225
SLV	475	0.048	2.505	0.462
SLC	975	0.059	2.614	0.519

Tab. 5.4 Valori dei parametri sismici per ciascuno Stato Limite

Codice	Titolo	Pag. 32 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 6 PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL VS,eq

### 6.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) - Descrizione del metodo e della strumentazione

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità a cui stazione il bedrock roccioso o un suolo molto rigido (VS,eq) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione dei due siti, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018 (G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – s.o. n.8), 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 nella **Tavola PAGRVLTELAB10**.

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

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

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

### 6.2 MASW – Acquisizione dei dati

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

1. Predisposizione degli stendimenti, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati di 3 m in linea retta, di lunghezza pari a 69m con scoppi a 6m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono,
2. osservazione del segnale che si propaga tramite onde S nel suolo per 2 secondi a seguito dell'energizzazione;
3. controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
4. i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'X610/S.

Codice	Titolo	Pag. 33 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 6.3 MASW – Elaborazione dei dati

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo.

È importante rilevare che il profilo di ciascun stendimento è stato ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down-hole, è più rappresentativo a larga scala rispetto a quelli ottenibili da un rilievo puntuale.

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

### 6.4 MASW – Rappresentazione dei risultati

Nel seguito sono stati rappresentati, in tre grafici, le elaborazioni dei dati acquisiti con il metodo MASW e il sismogramma medio di tutte le interazioni, degli stendimenti svolti.

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

Nel grafico successivo, invece, è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per "aggiustamenti" successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati.

Il grafico successivo riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

### 6.5 MASW – Interpretazione dei risultati

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

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

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo  
 $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato  
 $N$  = Numero di strati  
 $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

In tale formula appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla profondità di 30m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s, pertanto la profondità del bedrock varia di volta in volta a seconda dell'assetto geologico.

Codice	Titolo	Pag. 34 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 6.5.1 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
<b>H</b>		<b>15.6</b>		$\Sigma h_i/V_i$	0.041

$$V_{s,eq} \text{ (misurata) = } \quad \text{m/s} \quad \mathbf{382}$$

Tab. 6.1 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	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
<b>H</b>		<b>17.59</b>		$\Sigma h_i/V_i$	0.041

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

Tab. 6.2 stima del  $V_{s,30}$  - 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).

Codice	Titolo	Pag. 35 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

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

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

Tab. 6.3 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 <sub>1</sub>	STRATO 1	3.50	306.00	h <sub>1</sub> /V <sub>1</sub>	0.011
h <sub>2</sub>	STRATO 2	4.60	392.00	h <sub>2</sub> /V <sub>2</sub>	0.012
h <sub>3</sub>	STRATO 3	6.10	522.00	h <sub>2</sub> /V <sub>3</sub>	0.012
h <sub>4</sub>	STRATO 4	8.00	571.00	h <sub>2</sub> /V <sub>4</sub>	0.014
h <sub>5</sub>	STRATO 5	7.80	579.00	h <sub>2</sub> /V <sub>5</sub>	0.013
<b>H</b>		<b>30.00</b>		Σ hi/Vi	0.062

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

Tab. 6.4 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2

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).

Codice	Titolo	Pag. 36 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

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

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

Tab. 6.5 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018

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

Codice	Titolo	Pag. 37 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.1 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1

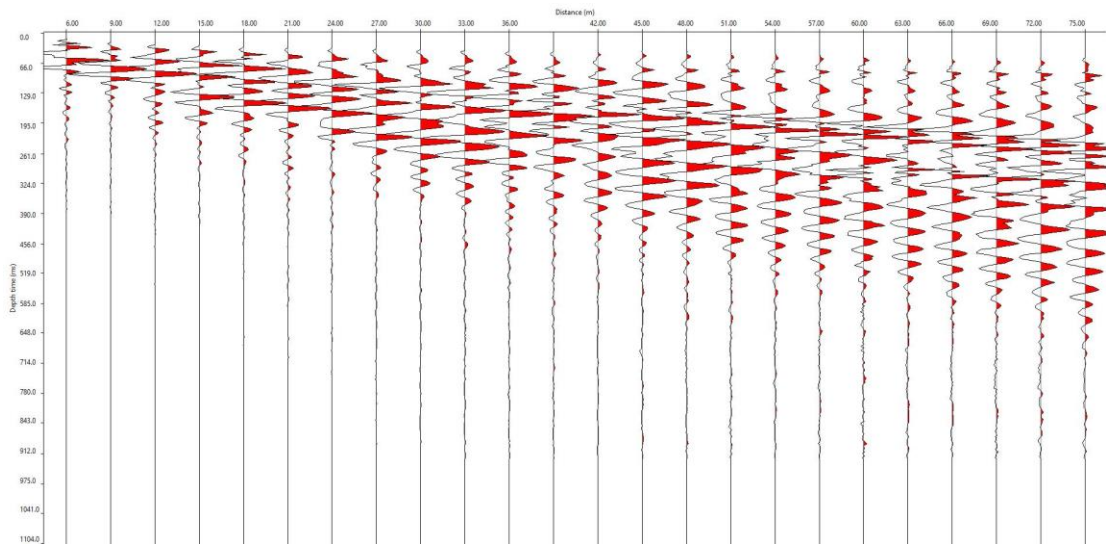
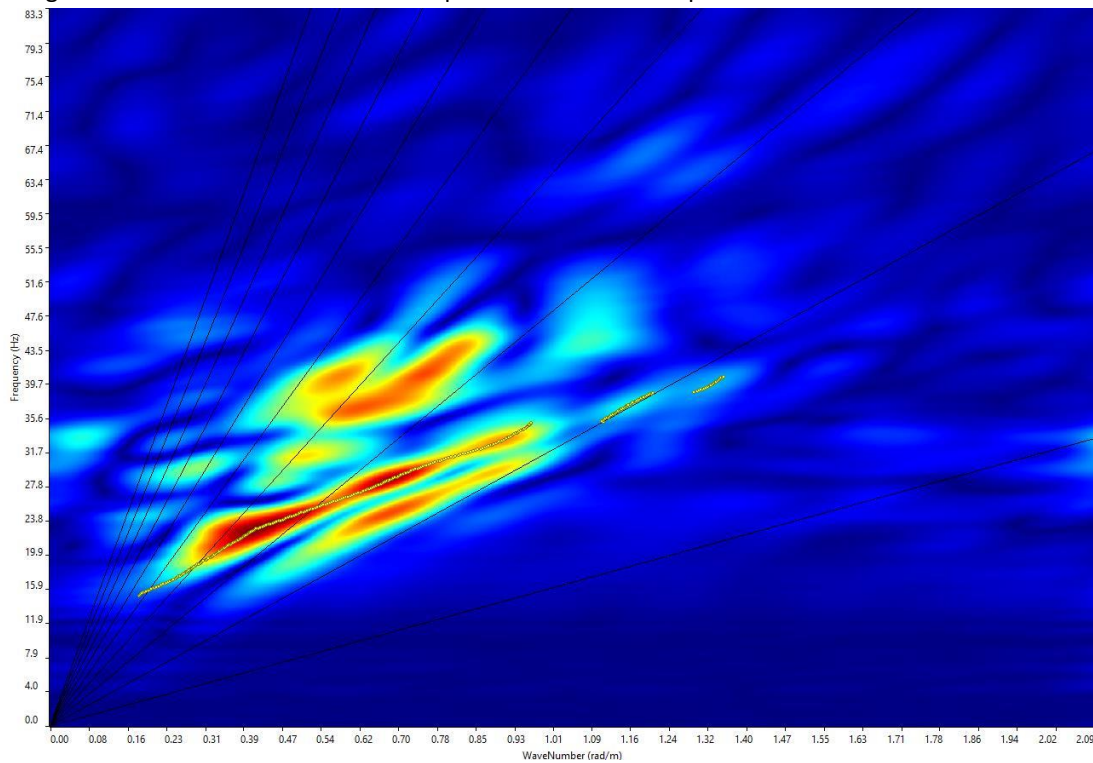


Fig. 6.2 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 38 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.3 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1

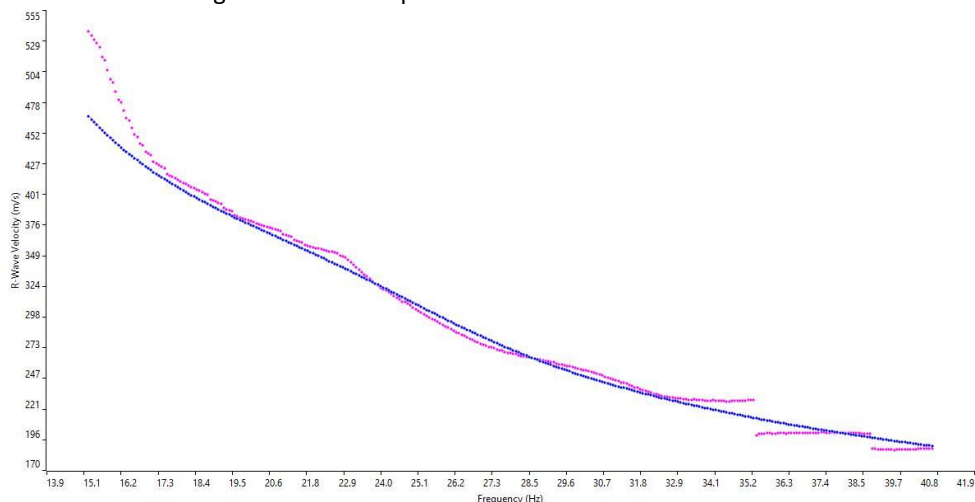
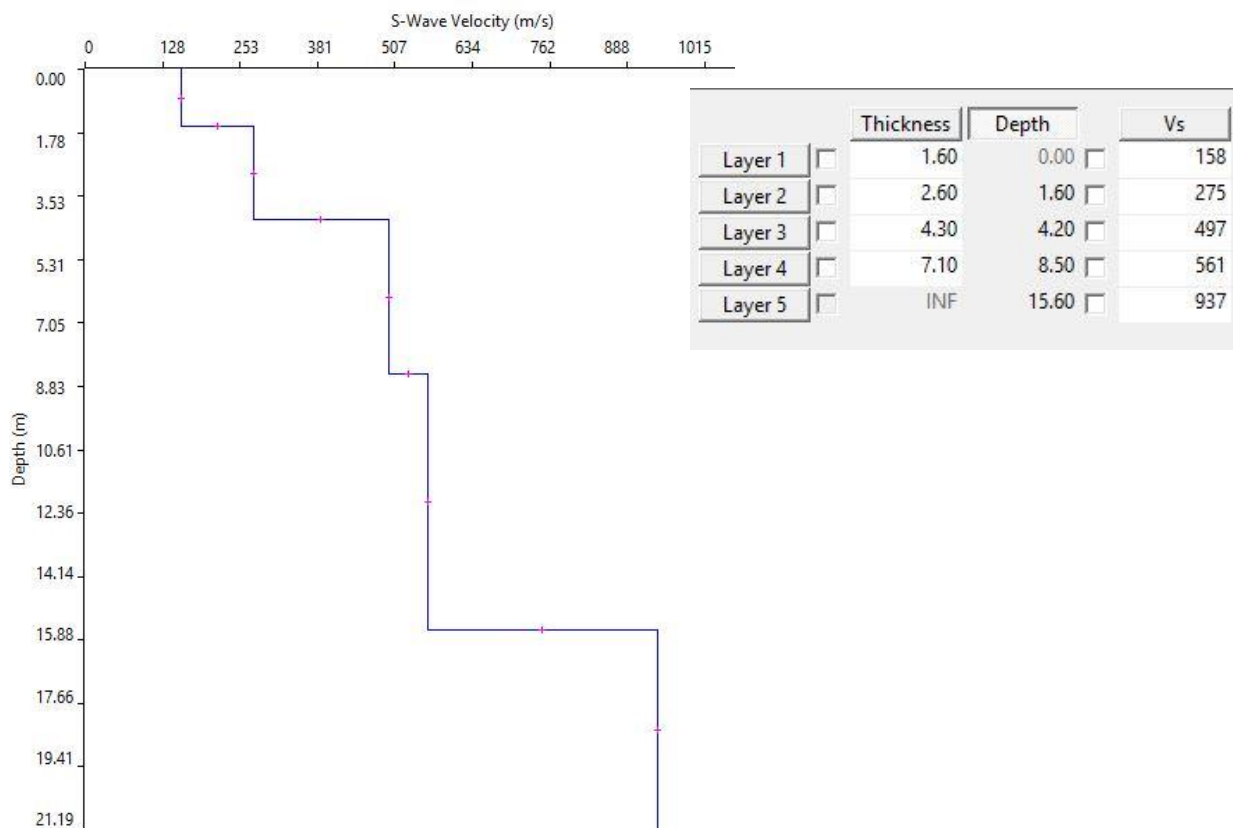


Fig. 6.4 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 39 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



Fig. 6.5 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2

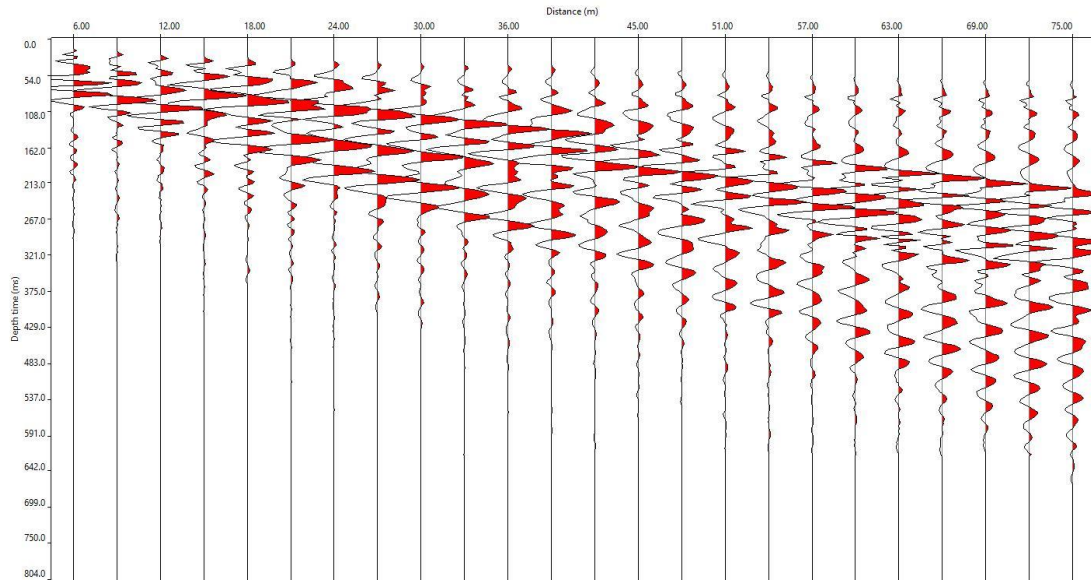
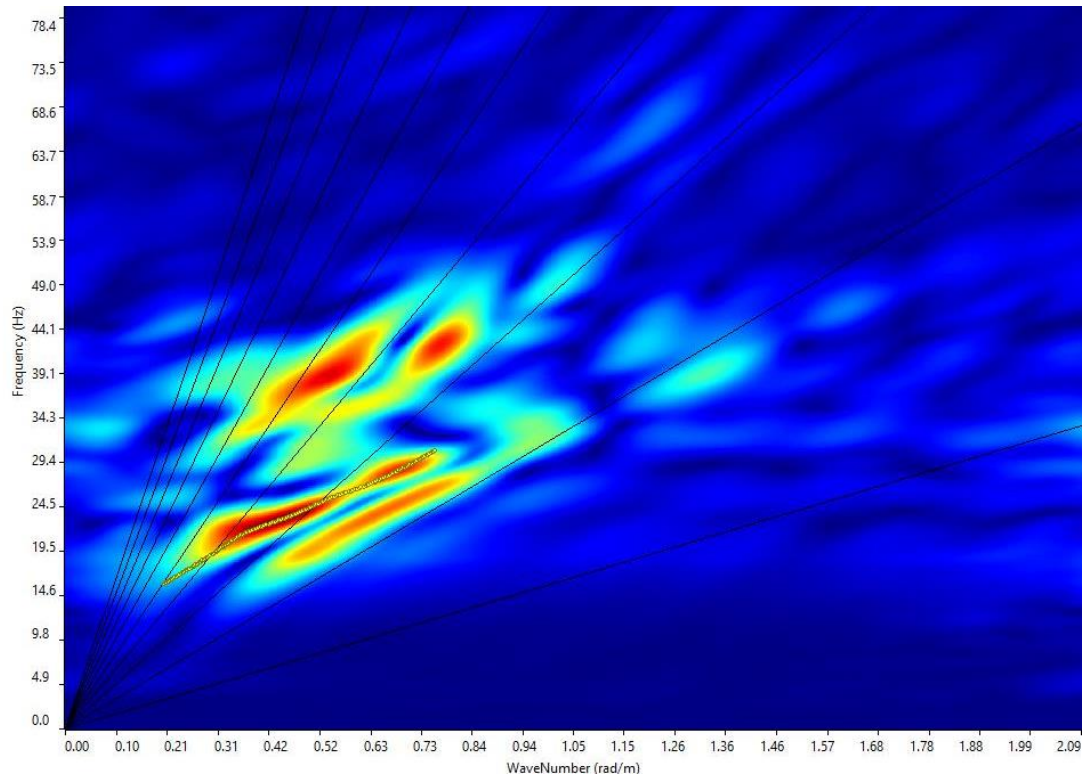


Fig. 6.6 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 40 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.7 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2

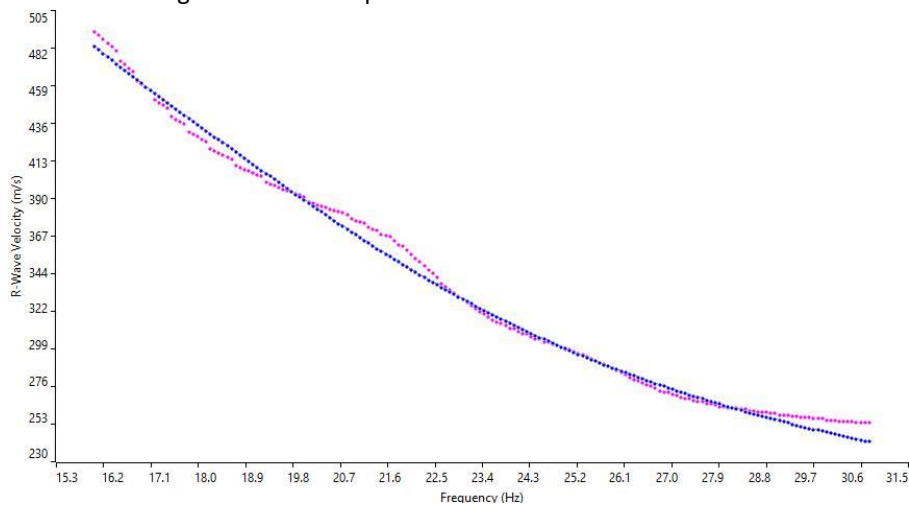
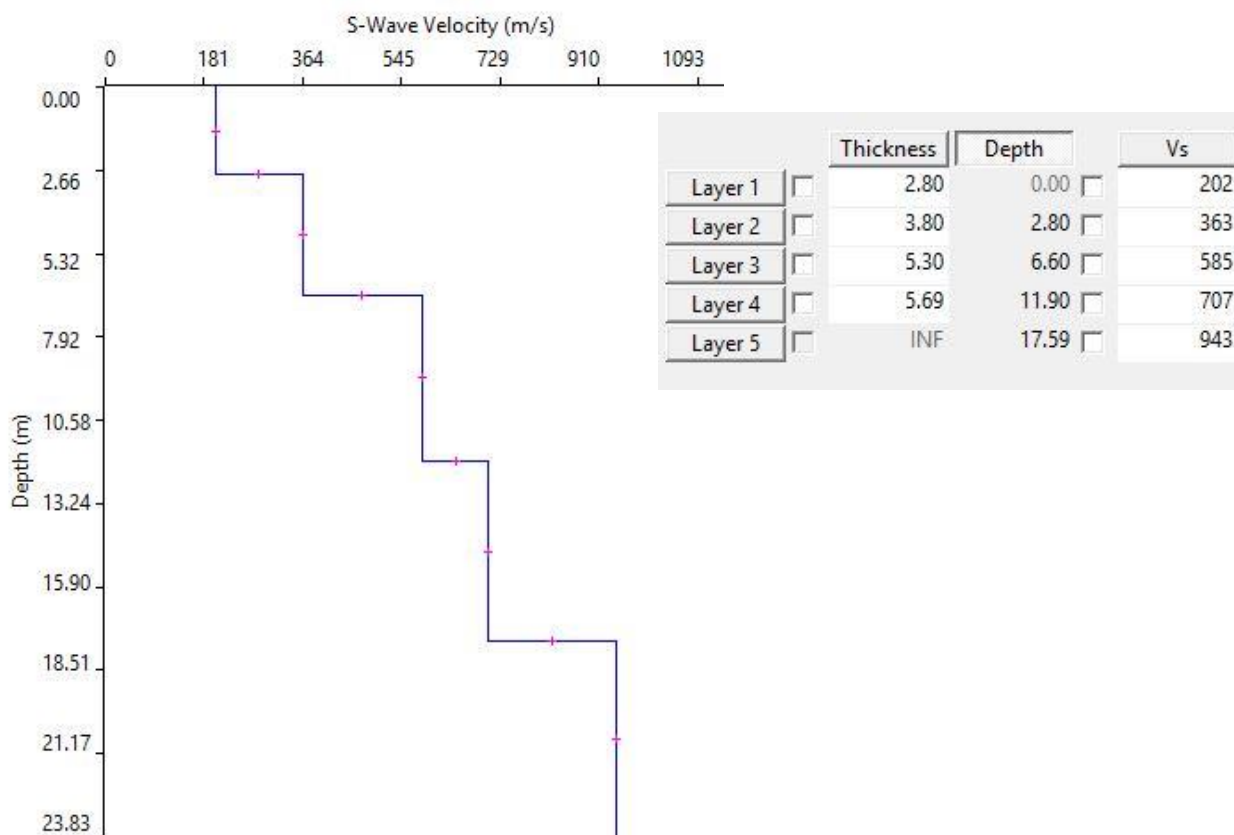


Fig. 6.8 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 41 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.9 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1

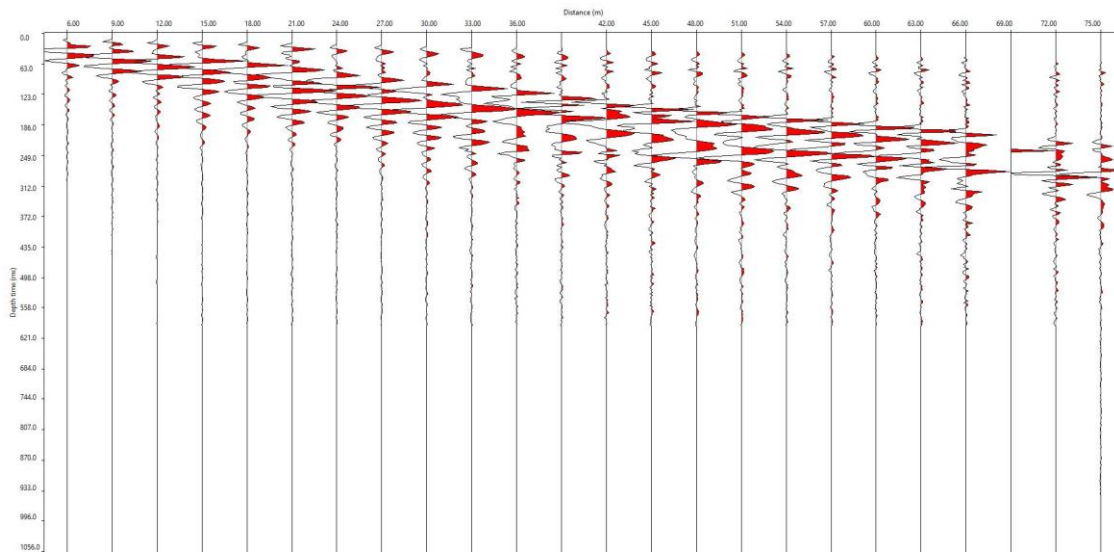
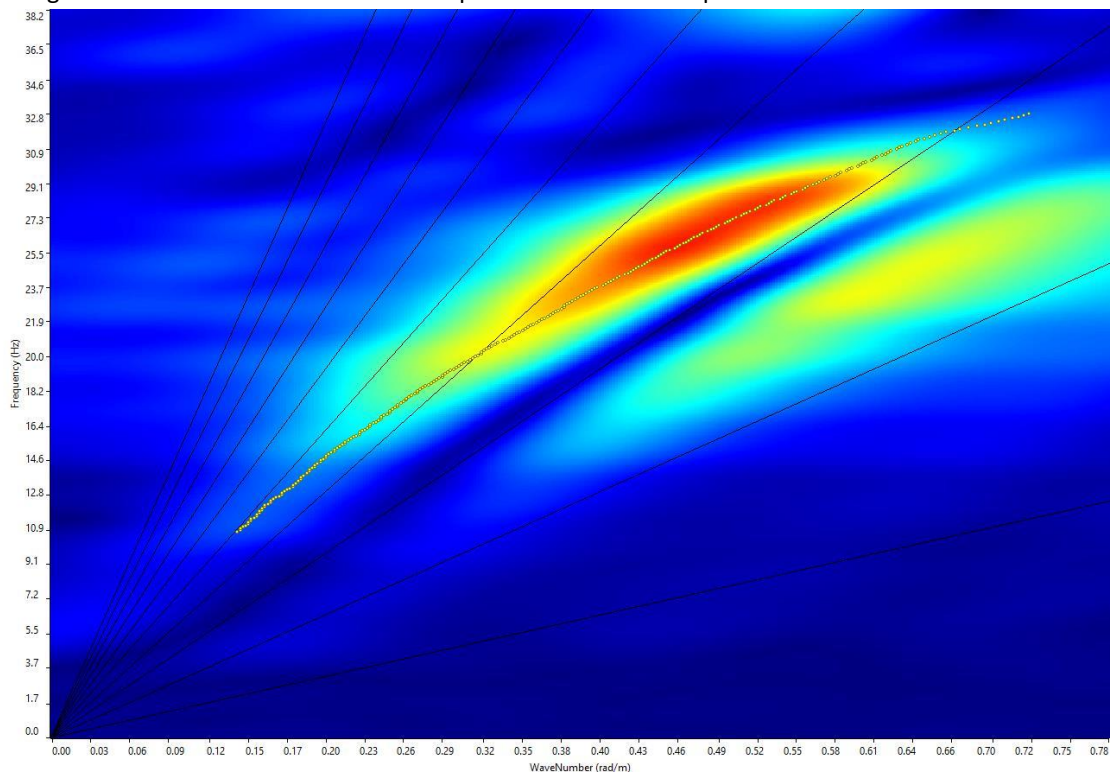


Fig. 6.10 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 42 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.11 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1

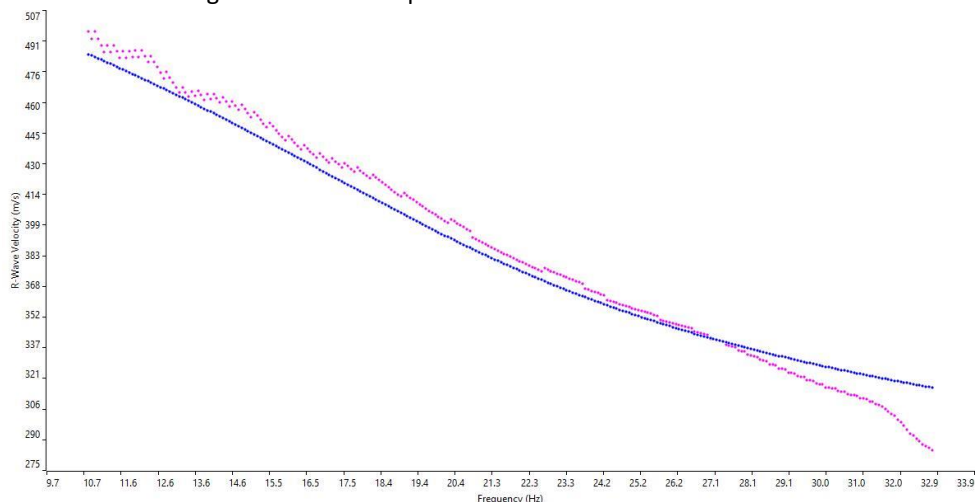
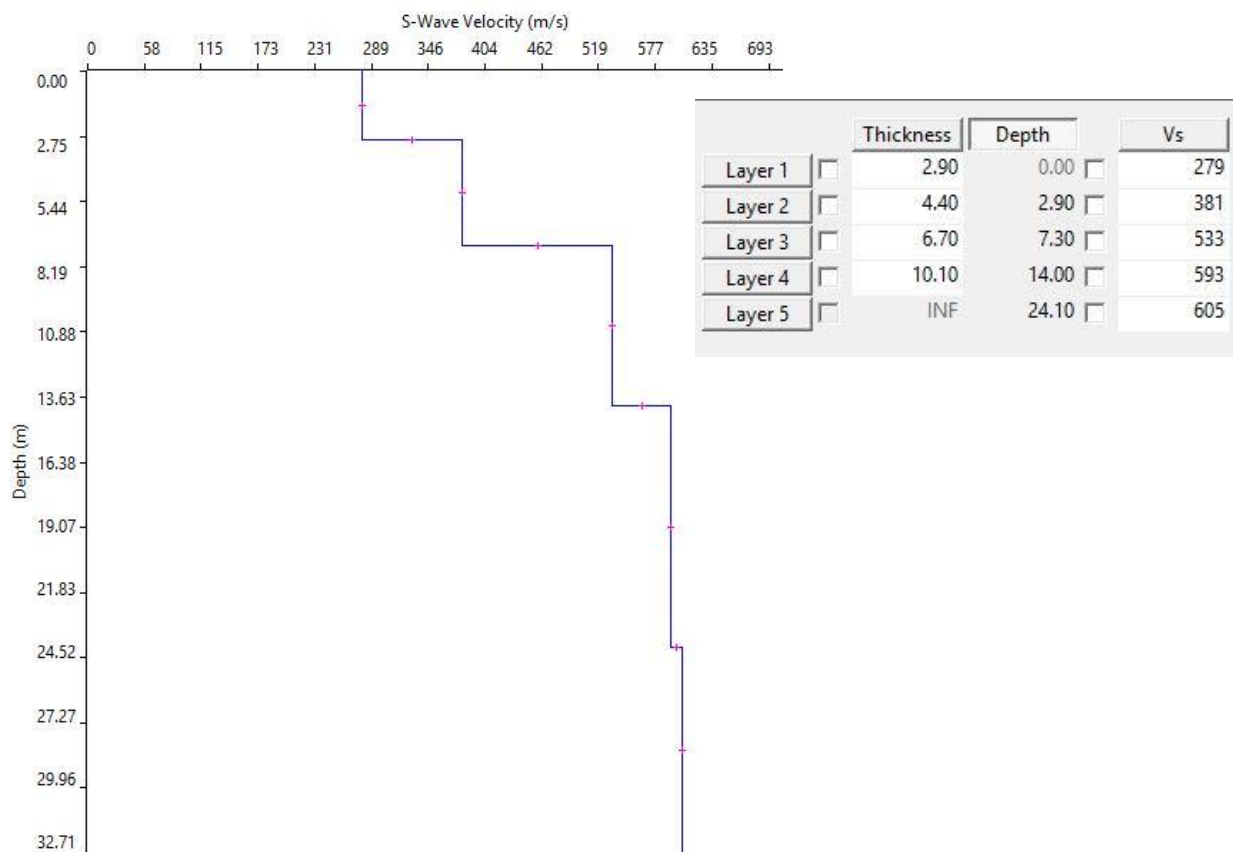


Fig. 6.12 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 43 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.13 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2

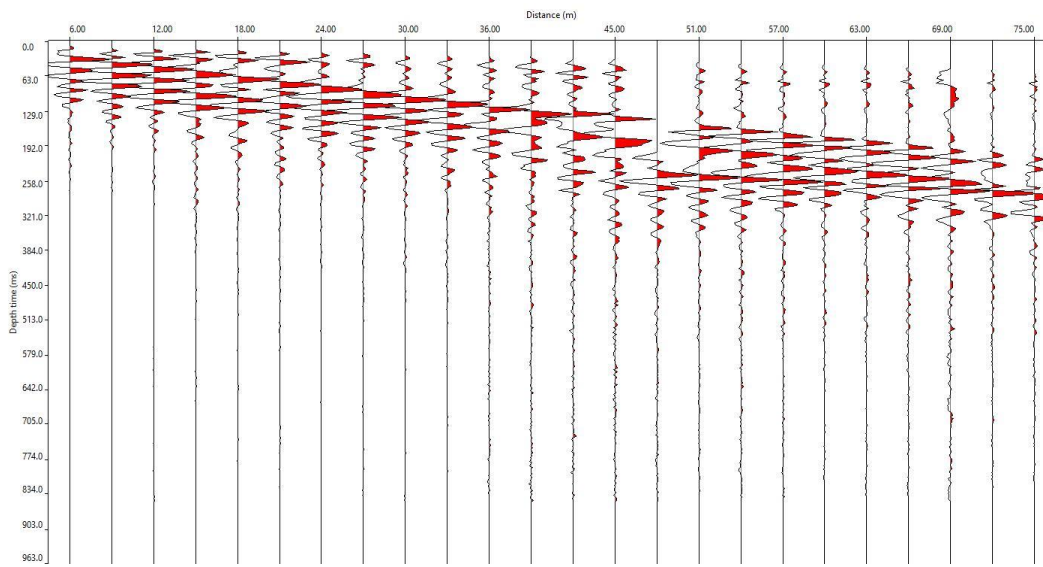
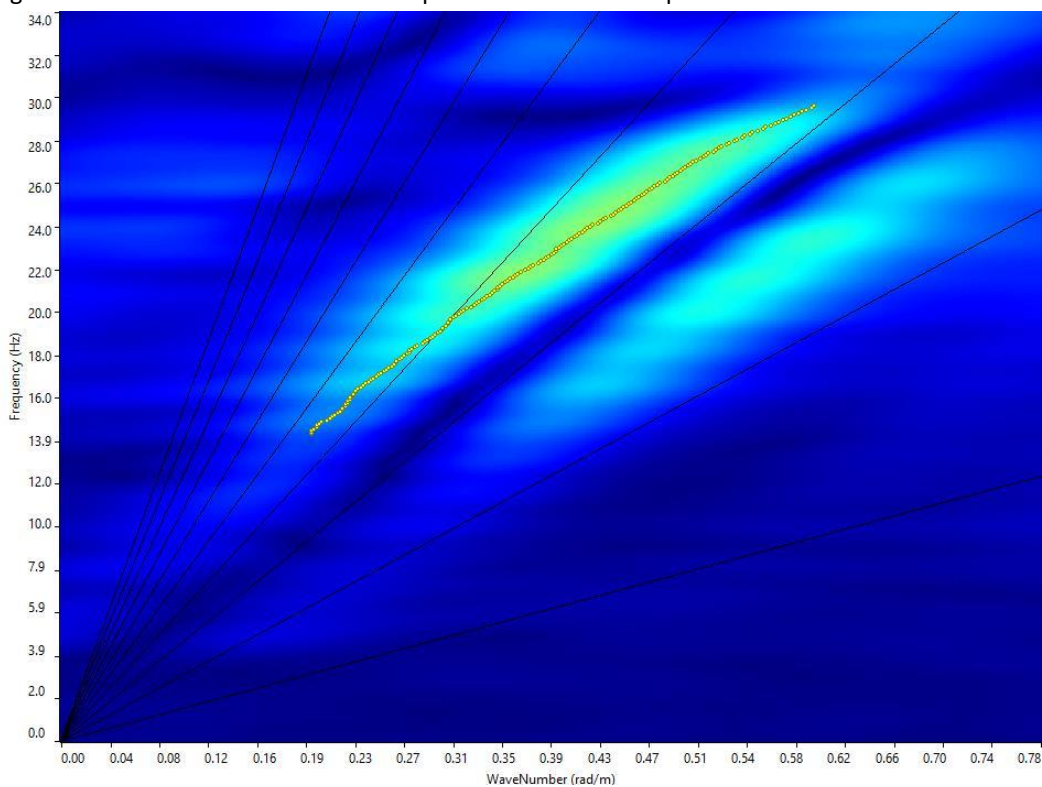


Fig. 6.14 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 44 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.15 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2

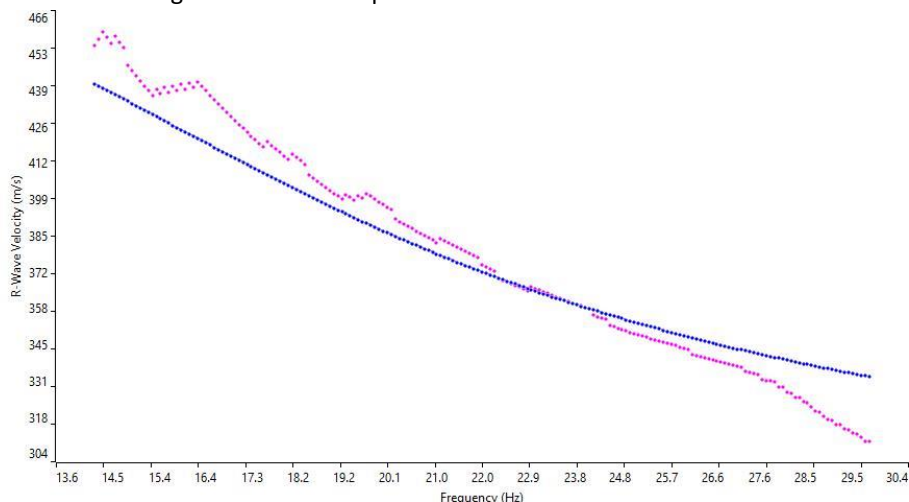
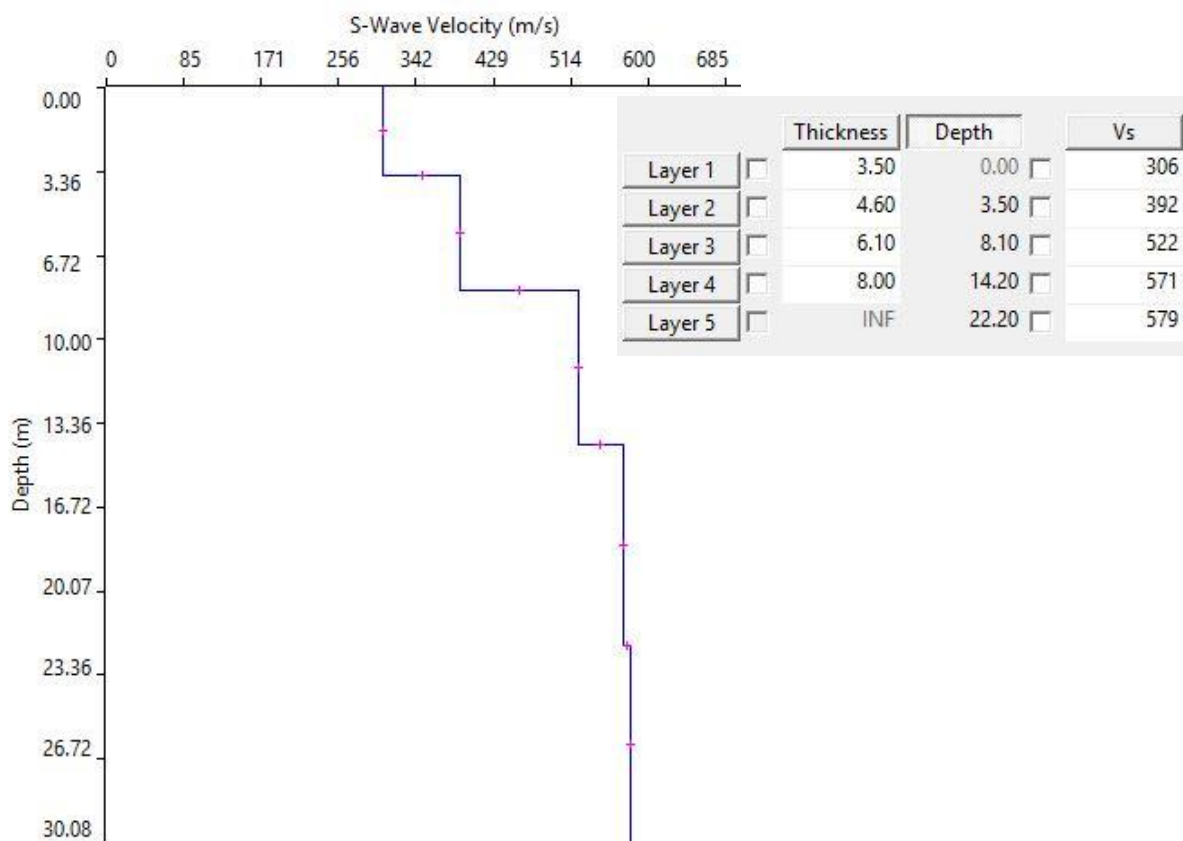


Fig. 6.16 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 45 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 6.5.2 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
<b>H</b>		<b>15.1</b>		$\Sigma h_i/V_i$	0.040

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

Tab. 6.6 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
<b>H</b>		<b>15.46</b>		$\Sigma h_i/V_i$	0.038

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

Tab. 6.7 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. 46 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

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

<b>V<sub>S,eq</sub> (misurata) = m/s 401</b>
--

Tab. 6.8 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 <sub>1</sub>	STRATO 1	1.90	242.00	h <sub>1</sub> /V <sub>1</sub>	0.008
h <sub>2</sub>	STRATO 2	3.60	378.00	h <sub>2</sub> /V <sub>2</sub>	0.010
h <sub>3</sub>	STRATO 3	6.90	395.00	h <sub>2</sub> /V <sub>3</sub>	0.017
h <sub>4</sub>	STRATO 4	13.10	577.00	h <sub>2</sub> /V <sub>4</sub>	0.023
<b>H</b>		<b>25.50</b>		Σ hi/Vi	0.058

<b>V<sub>S,eq</sub> (misurata) = m/s 443</b>
--

Tab. 6.9 stima del Vs,30 - MASW 02 – scoppio 2

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

Codice	Titolo	Pag. 47 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



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

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

Tab. 6.10 Categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018

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

Codice	Titolo	Pag. 48 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.17 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 1

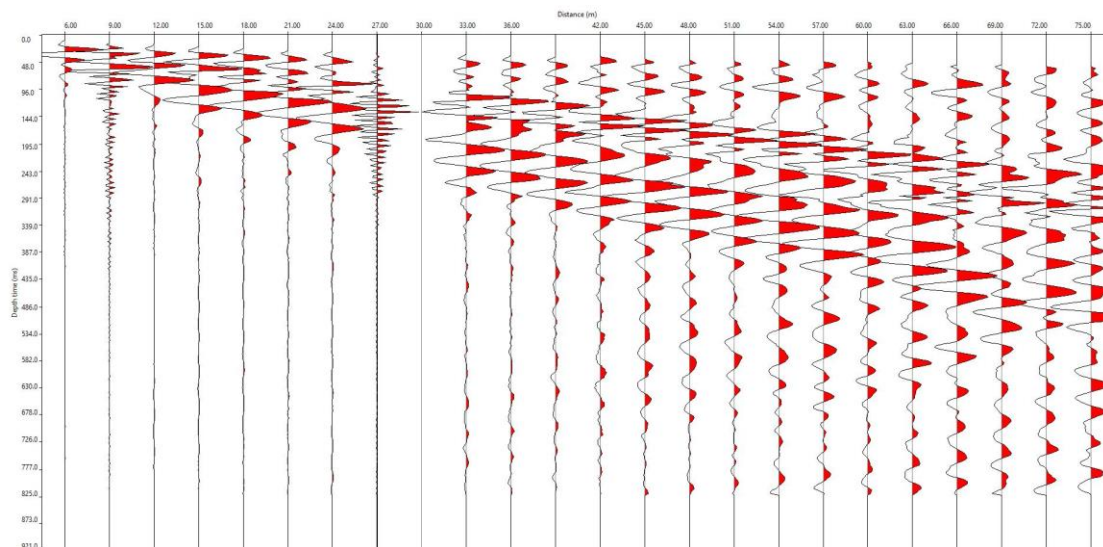
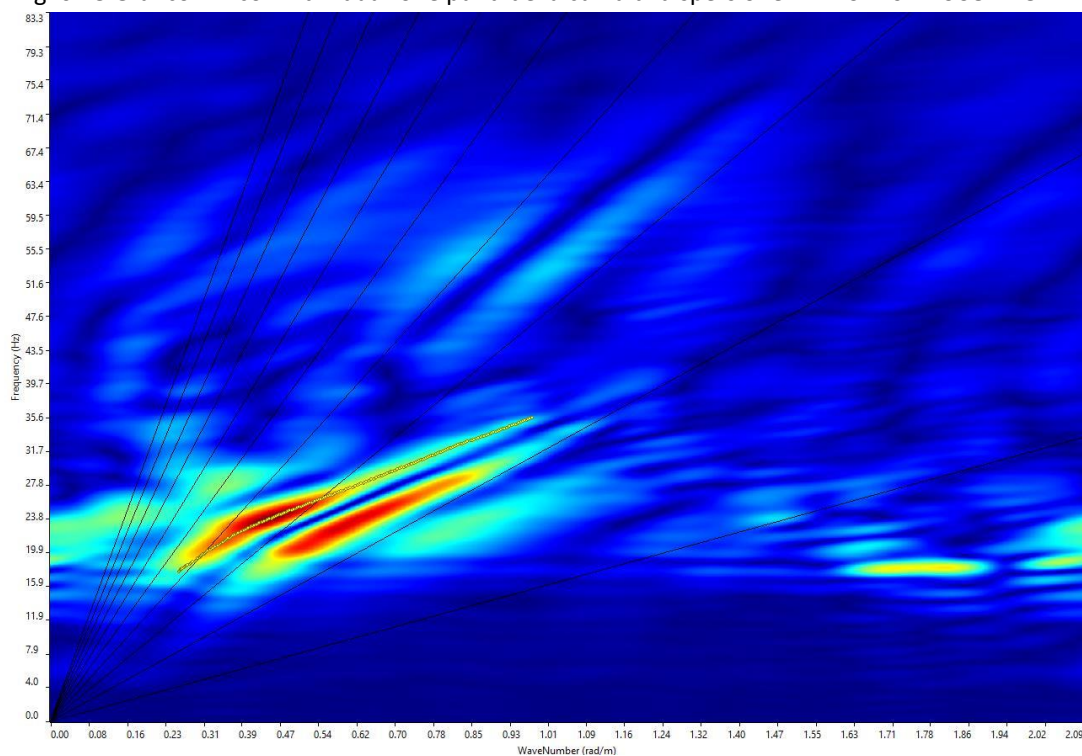


Fig. 6.18 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 49 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.19 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 1

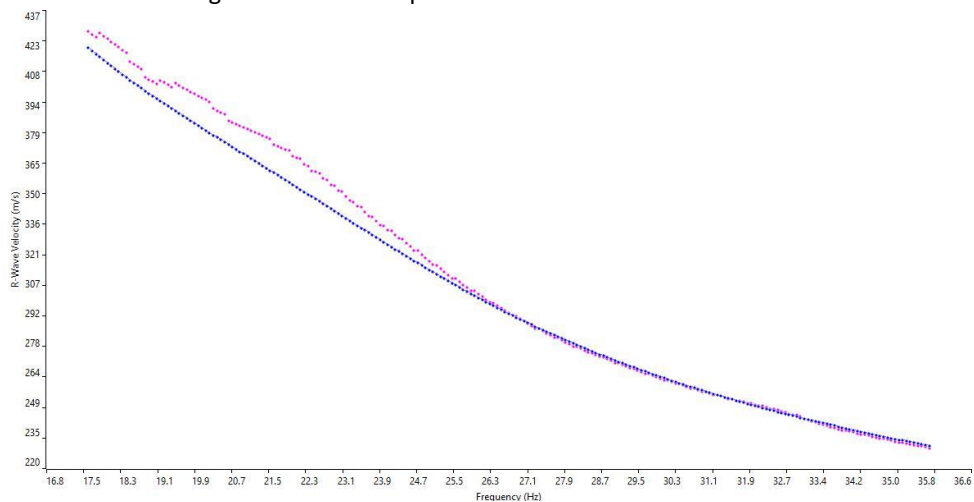
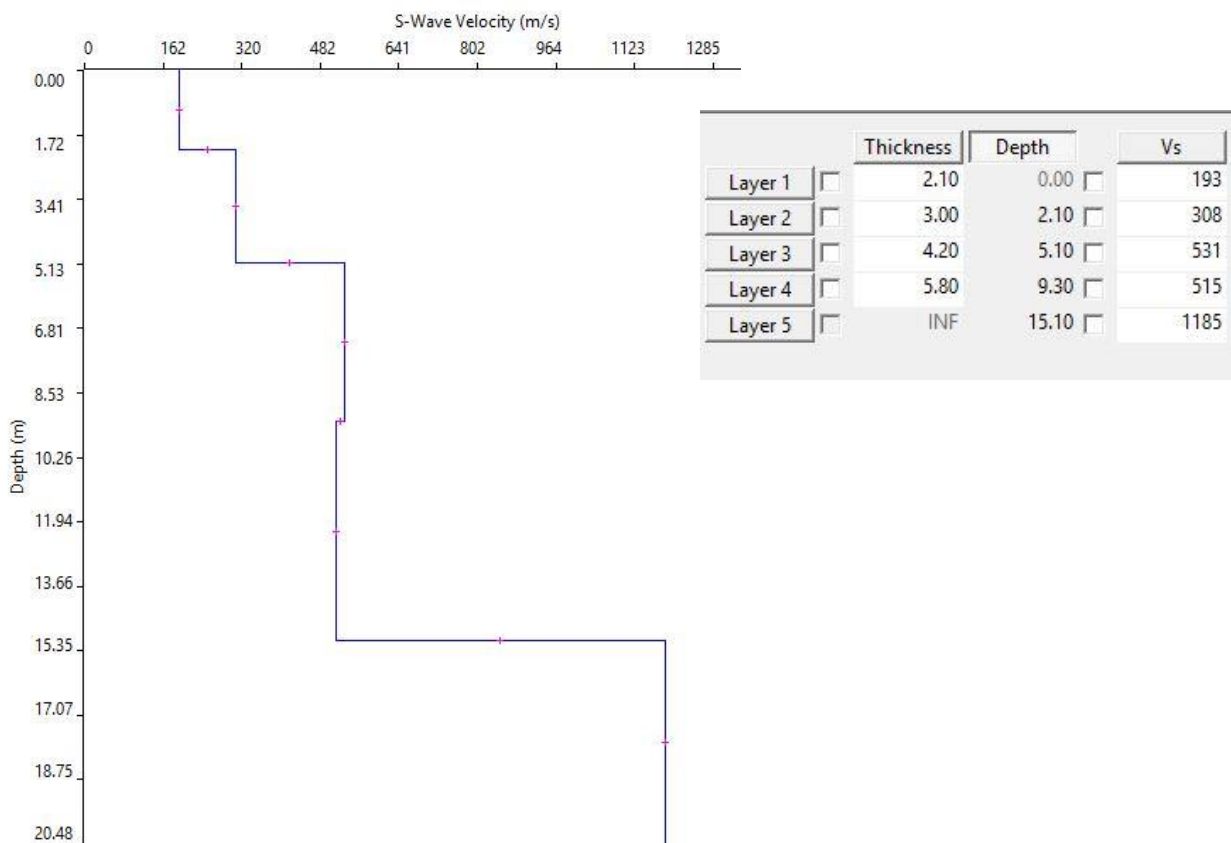


Fig. 6.20 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 50 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.21 Sismogramma medio – MASW.01 – SCOPPIO 2

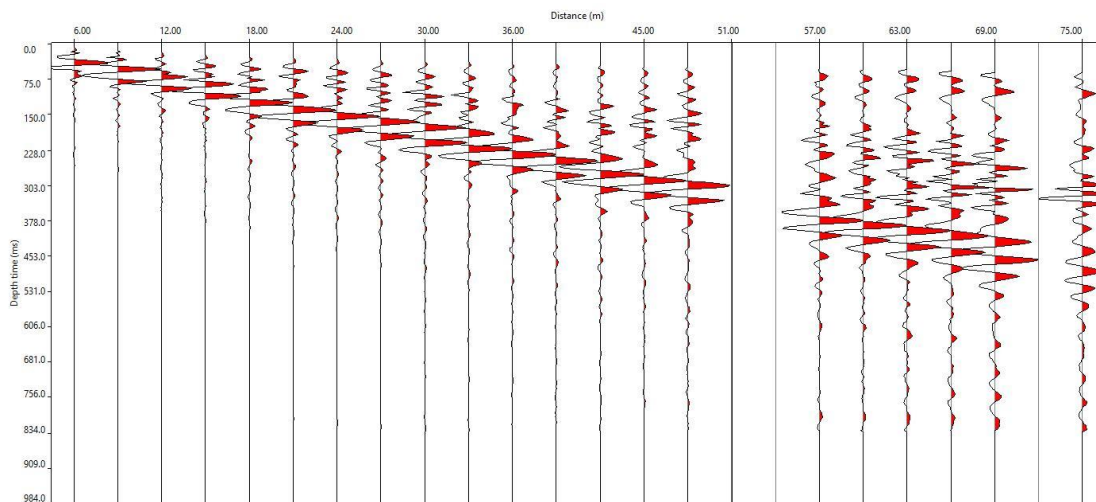
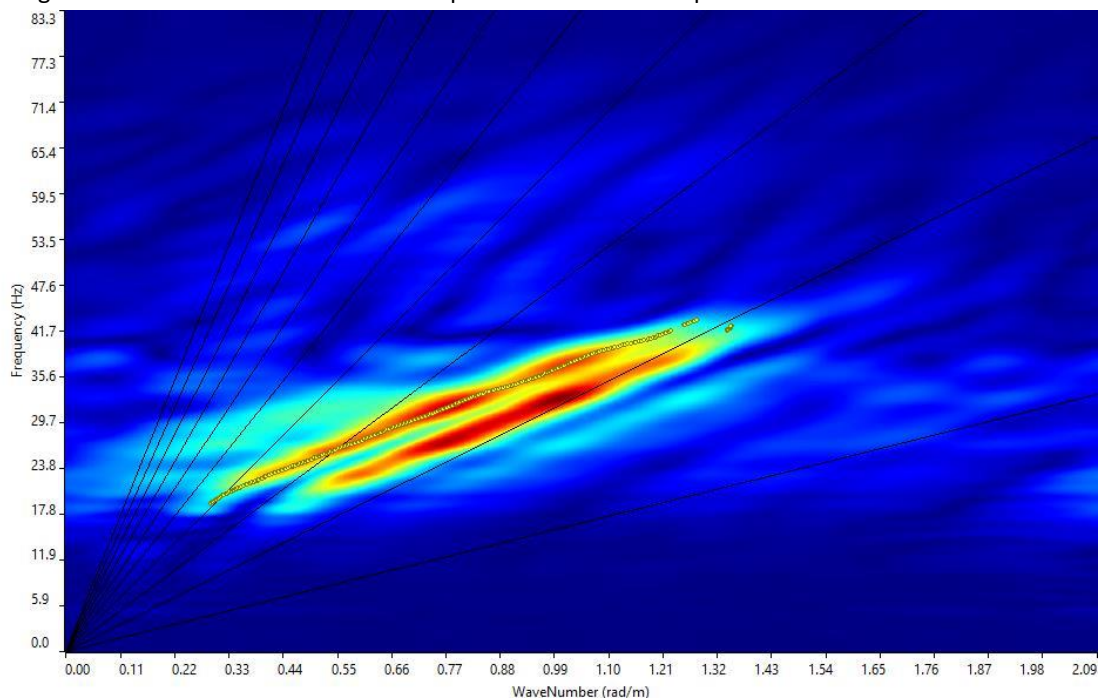


Fig. 6.22 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 51 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.23 curva di dispersione – MASW.01 – SCOPPIO 2

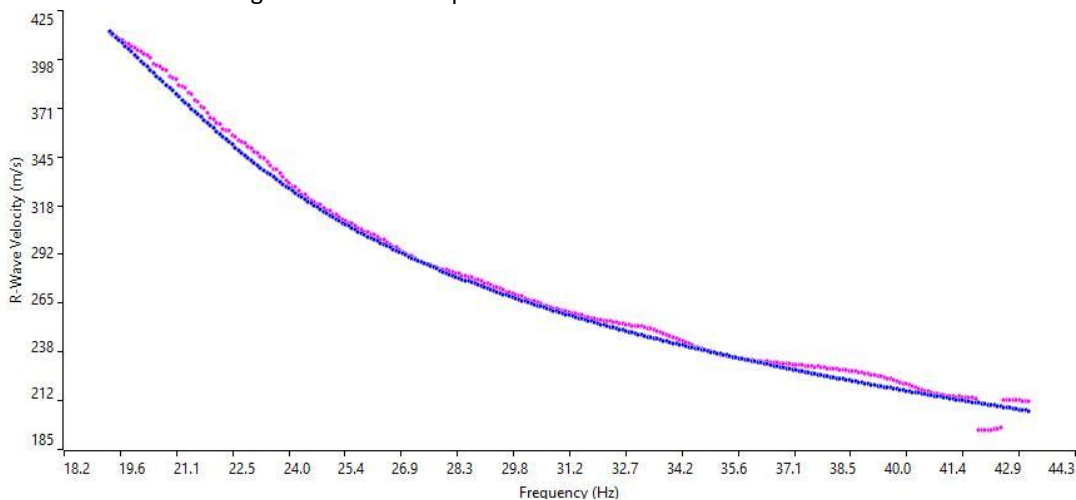
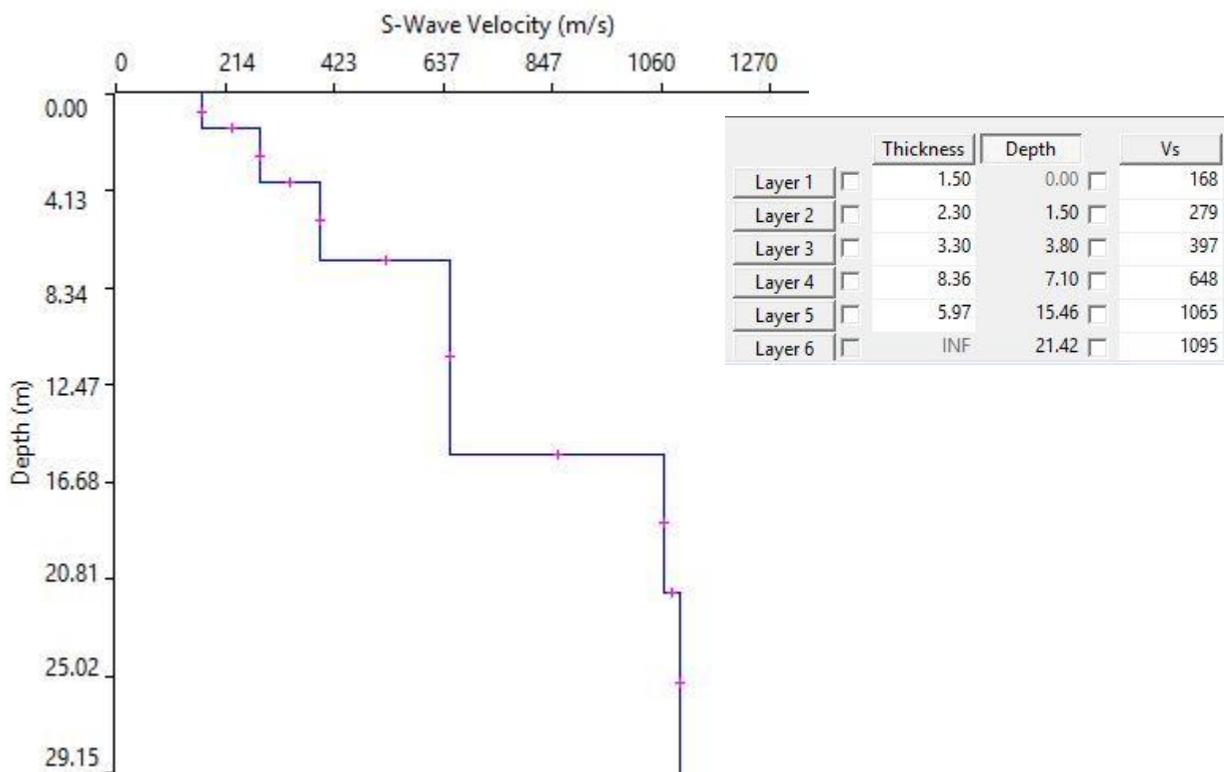


Fig. 6.24 Profilo Vs – MASW.01 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 52 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.25 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 1

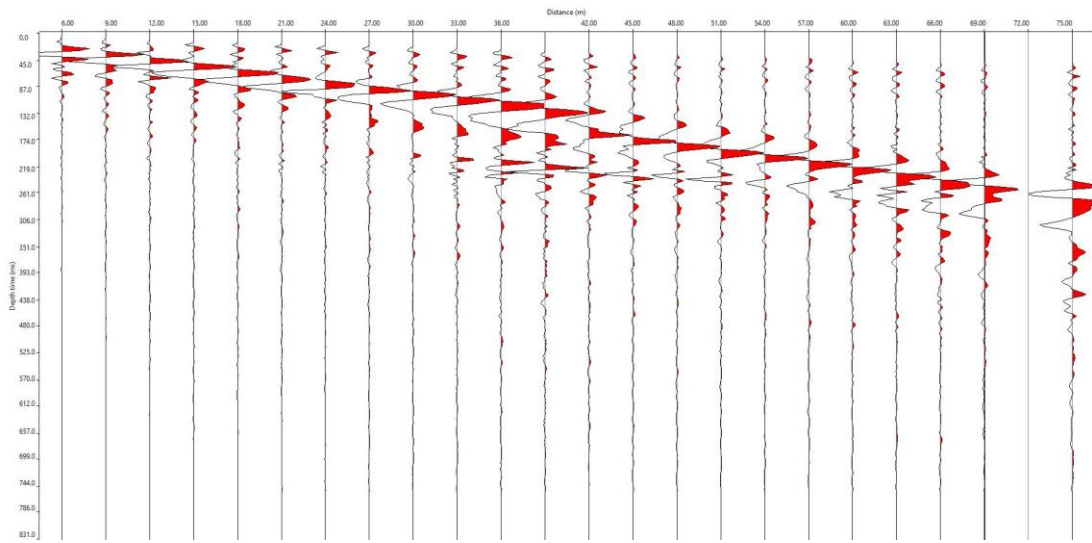
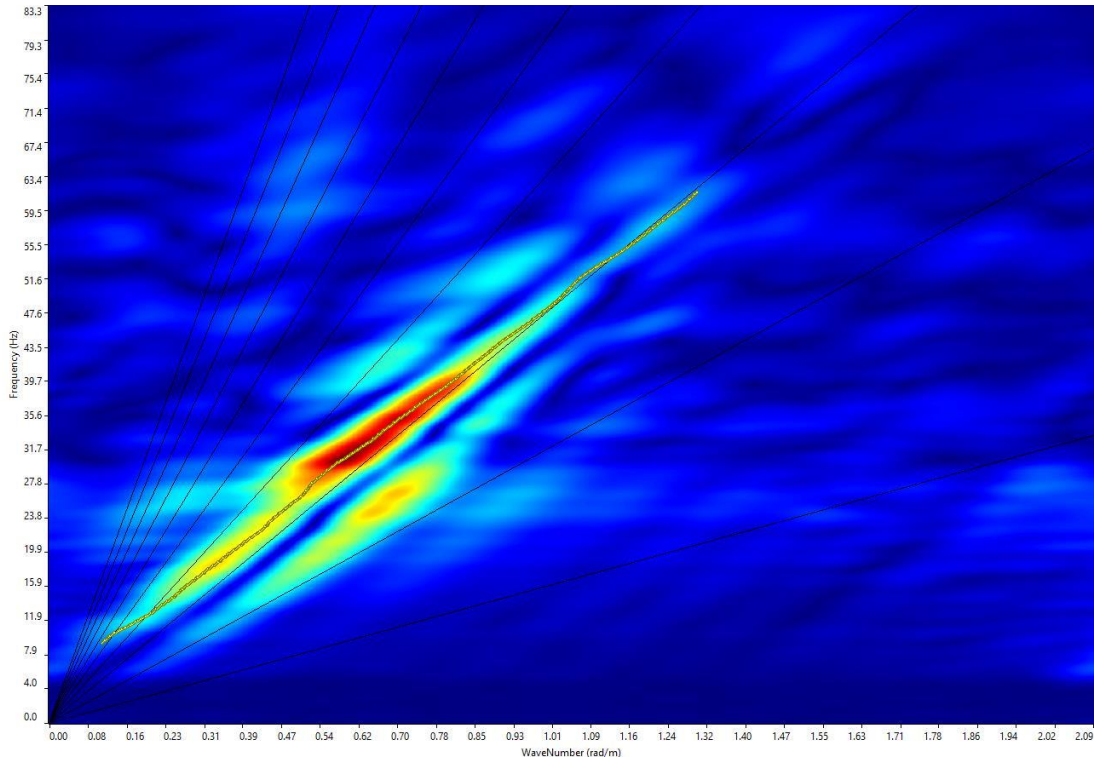


Fig. 6.26 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 53 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.27 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 1

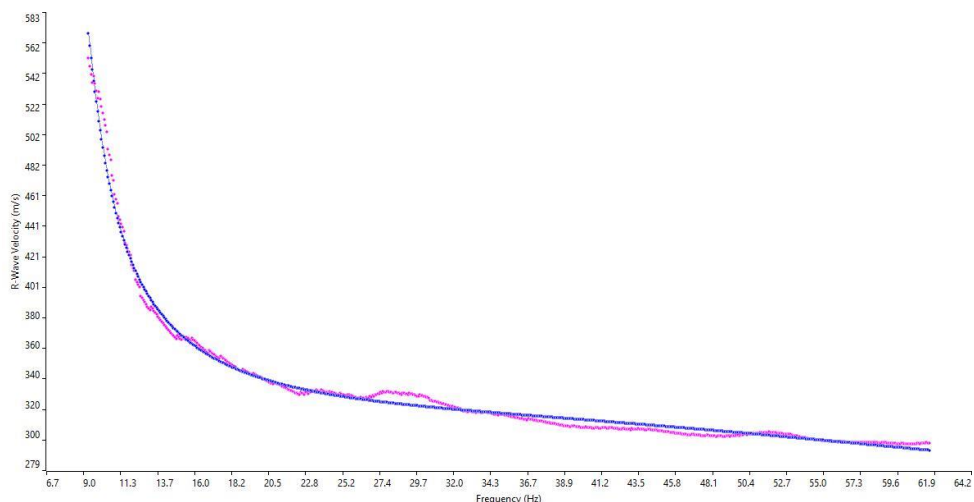
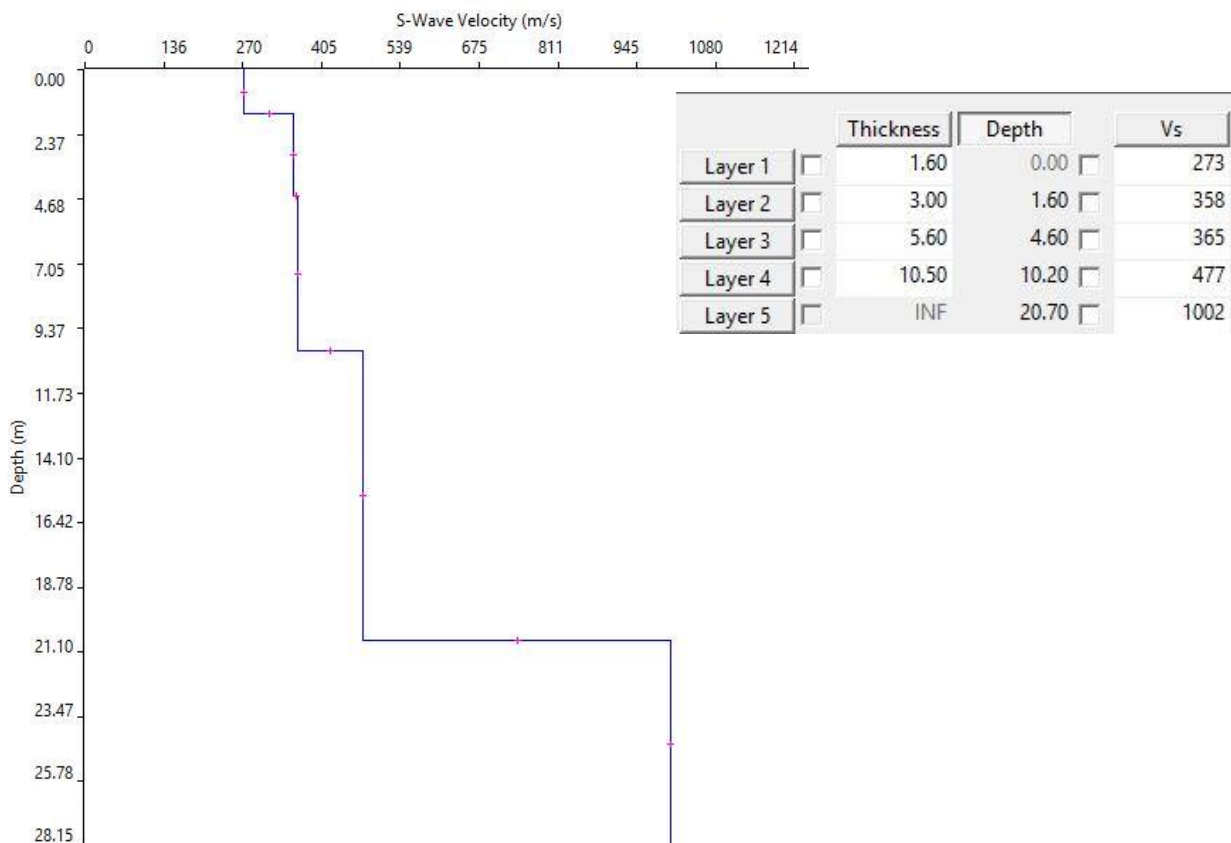


Fig. 6.28 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 1



Codice	Titolo	Pag. 54 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 6.29 Sismogramma medio – MASW.02 – SCOPPIO 2

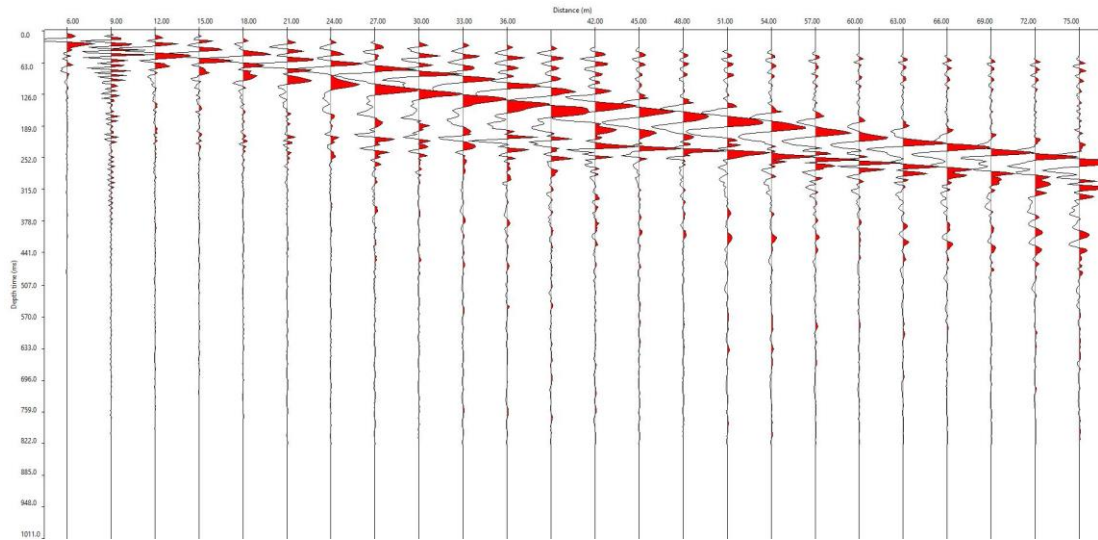
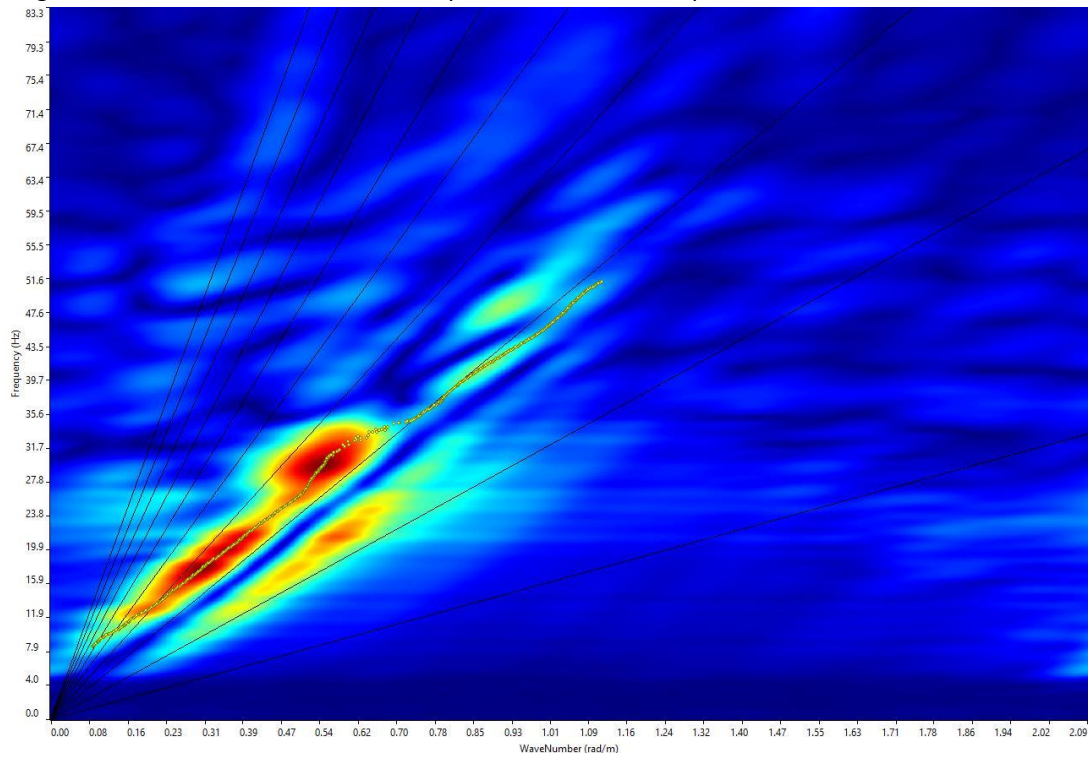


Fig. 6.30 Grafico P-F con individuazione punti della curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 55 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



Fig. 6.31 curva di dispersione – MASW.02 – SCOPPIO 2

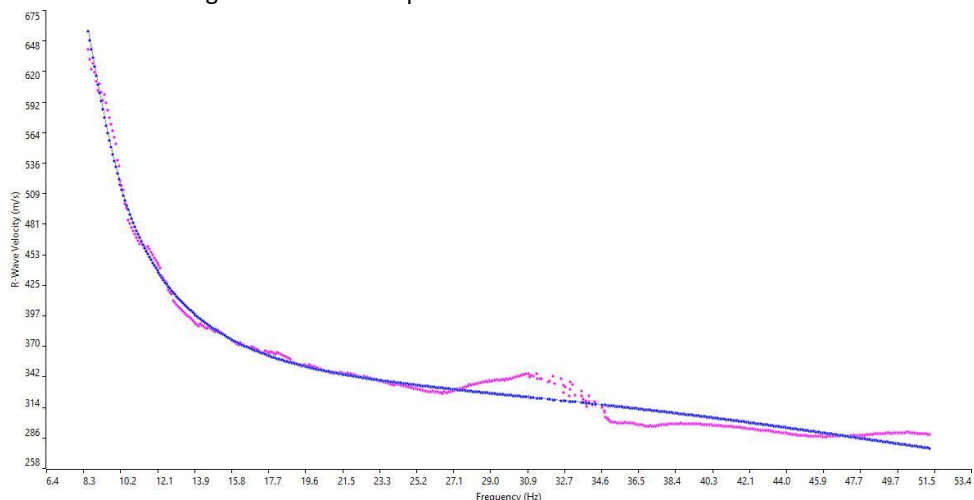
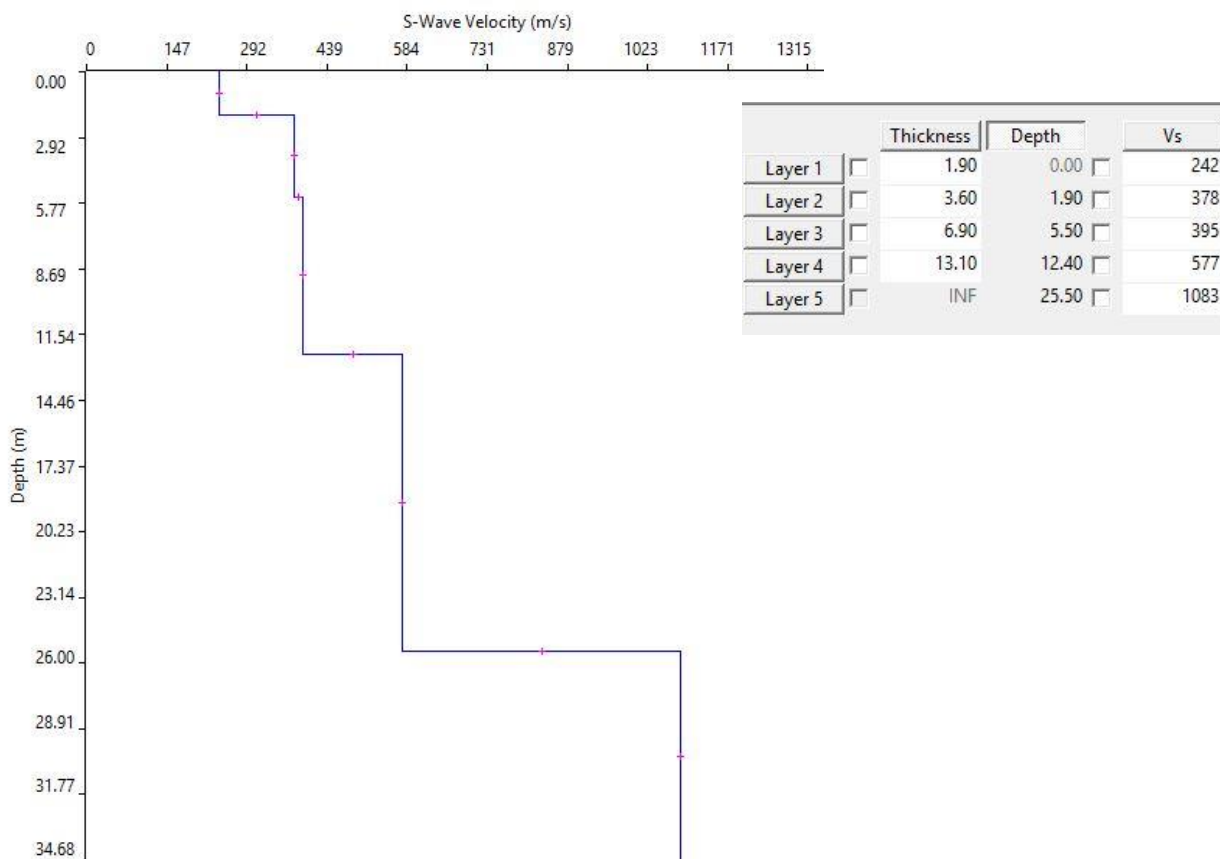


Fig. 6.32 Profilo Vs – MASW.02 – SCOPPIO 2



Codice	Titolo	Pag. 56 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 7 PROVE PENETROMETRICHE

### 7.1 Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) 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  $\alpha$ );
- 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	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. 7.1 Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Codice	Titolo	Pag. 57 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 7.2 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 = 10 cm, punta conica ( $\delta=60-90^\circ$ ), 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 = 10 cm, punta conica ( $\delta= 60-90^\circ$ ), 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.

In questa campagna geognostica è stato utilizzato un penetrometro superpesante "DPSH 63-73 SM della GEO Deep Drill" avente massa battente  $M=63.0$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 90^\circ$ ),  $\phi=50$ mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>.

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

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:

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

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

Codice	Titolo	Pag. 58 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

M = peso massa battente;  
M' = peso aste;  
H = altezza di caduta;  
A = area base punta conica;  
δ = passo di avanzamento.

#### 7.4 Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{qp}$

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 ( $\delta / N$ );  
M = peso massa battente (altezza caduta H);  
P = peso totale aste e sistema battuta.

#### 7.5 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.

#### 7.6 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:

Codice	Titolo	Pag. 59 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

- **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.

## 7.7 Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

#### Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda

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

Codice	Titolo	Pag. 60 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

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 Dr %;
- 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 Dr 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 Dr % 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 Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (Ey)

- 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;

Codice	Titolo	Pag. 61 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

- 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;
- Buismann-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. 62 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 7.8 Correlazioni geotecniche terreni coesivi

### Coazione 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 Coazione 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). Coazione 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  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ );
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt}=6-12$ ).

### Modulo Di Young ( $E_Y$ )

Codice	Titolo	Pag. 63 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15;
- 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 ( $N_{spt}=28$ ).

## 7.9 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:

<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>CORRELAZIONI</b>
Densità relativa $D_r$ (%)	Meyerhof 1957
Angolo di resistenza al taglio $\varphi^\circ$	De Mello
Modulo di Young $E_y$ (MPa)	Bowles (1982)
Modulo Edometrico $E_{ed}$ (MPa)	Menzenbach e Malcev
Classificazione AGI	Classificazione AGI
Peso unità di volume $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	Meyerhof ed altri
Peso unità di volume saturo $\gamma_s$ ( $kN/m^3$ )	Terzaghi-Peck 1948-1967
Modulo di Poisson $\sigma$	(A.G.I.)
Modulo di deformazione a taglio dinamico $G$ (MPa)	Ohsaki

Codice	Titolo	Pag. 64 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

<b>Modulo di reazione <math>K_0</math></b>	<i>Navfac 1971-1982</i>
<b>Resistenza alla punta <math>Q_c</math> (MPa)</b>	<i>Robertson 1983</i>

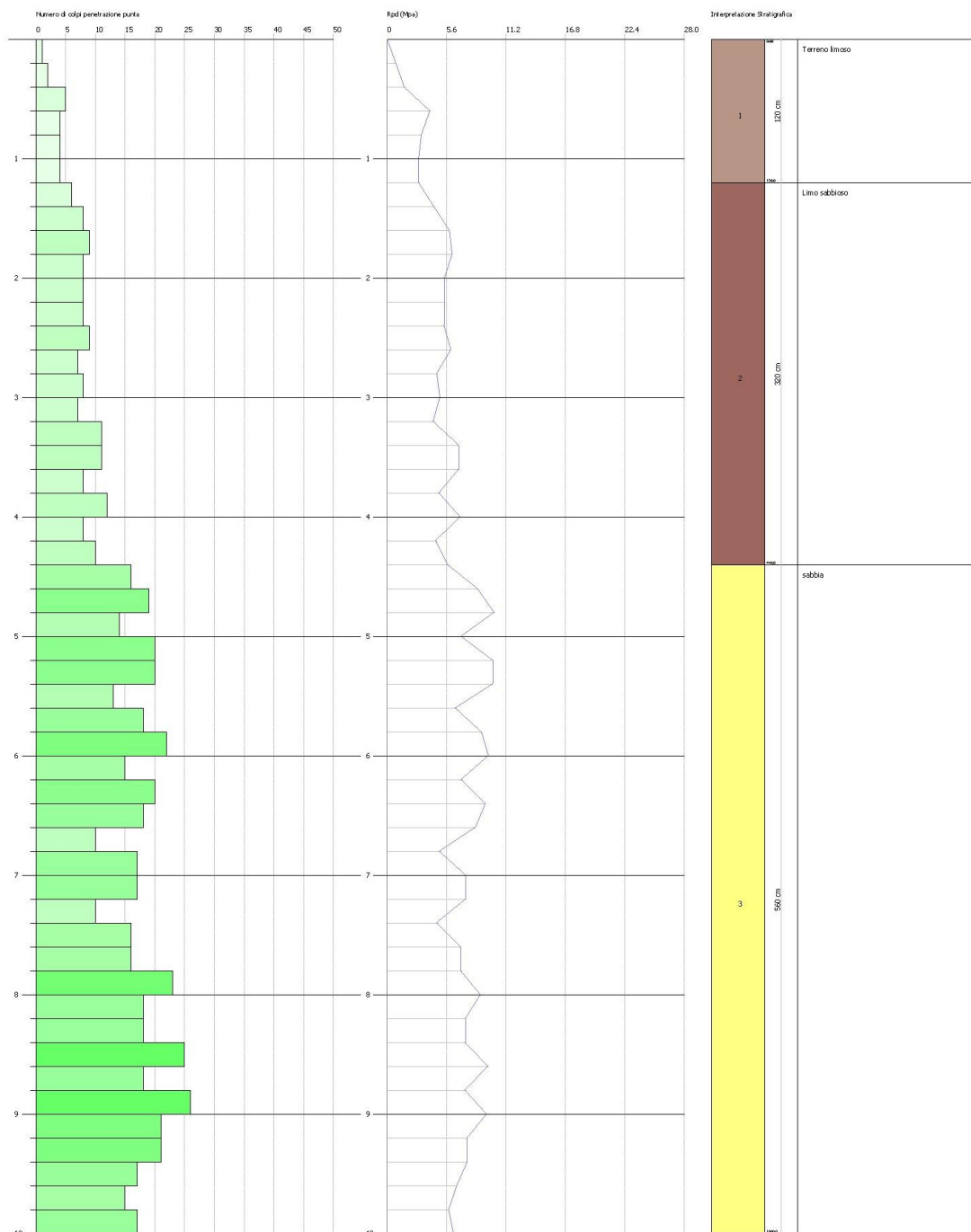
Tab. 7.2 Correlazioni empiriche utilizzate per l'elaborazione dei DPSH

L'ubicazione delle prove penetrometriche eseguite in situ è riportata nella **Tavola PAGRVLTELAB10**.

Codice	Titolo	Pag. <b>65</b> di <b>75</b>
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

### 7.9.1 DPSH in agro di Brindisi

Fig. 7.1 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01



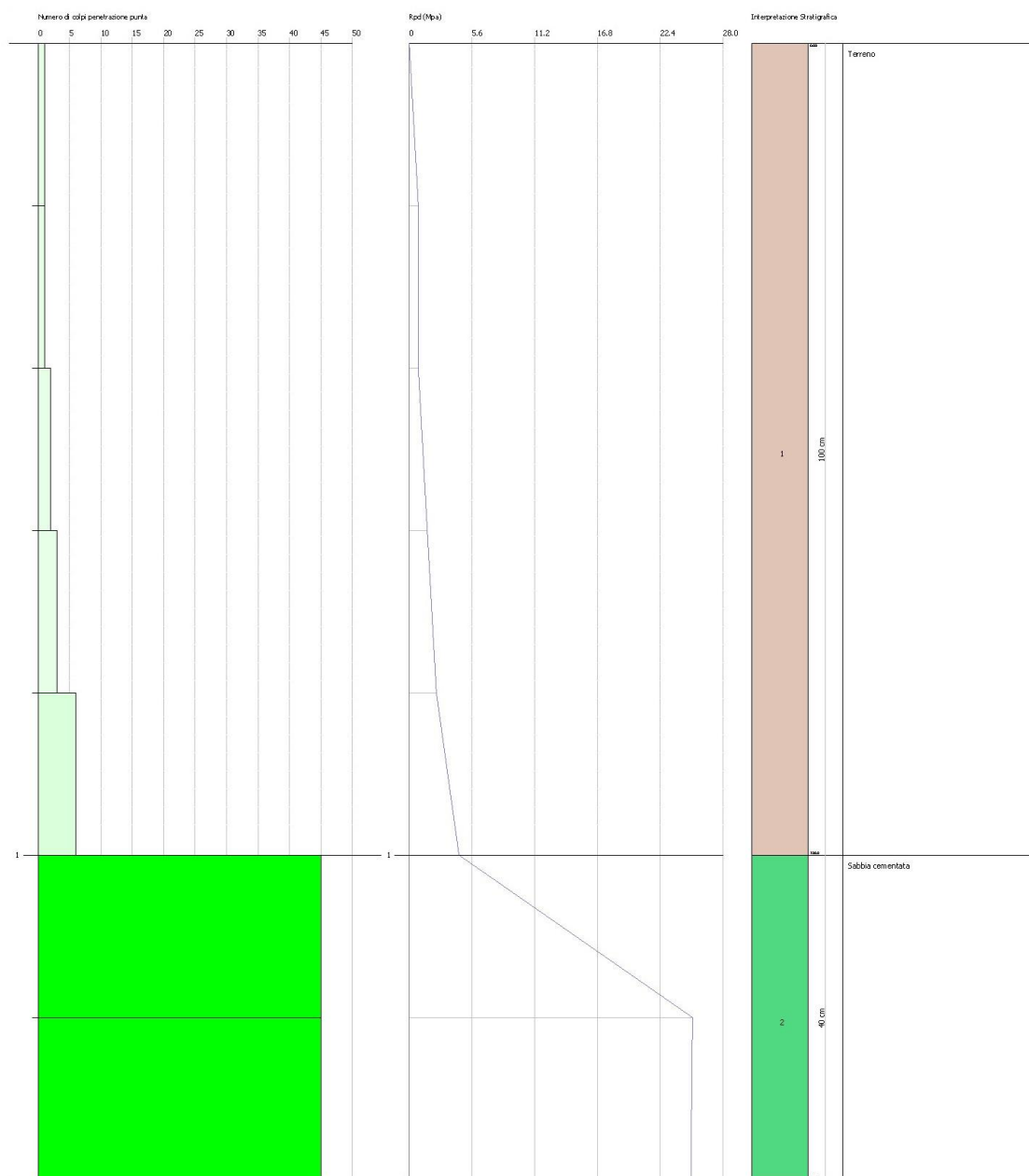
Codice	Titolo	Pag. 66 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

<b>Parametri geotecnici terreni incoerenti</b>	<b>Strato 1</b>	<b>Strato 2</b>	<b>Strato 3</b>
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 $\varphi^\circ$	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 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	17.26	20.01	20.59
Peso unità di volume saturo $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	18.44	21.97	19.81
Modulo di Poisson $\sigma$	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. 7.3 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.01

Codice	Titolo	Pag. 67 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

Fig. 7.2 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02



Codice	Titolo	Pag. 68 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

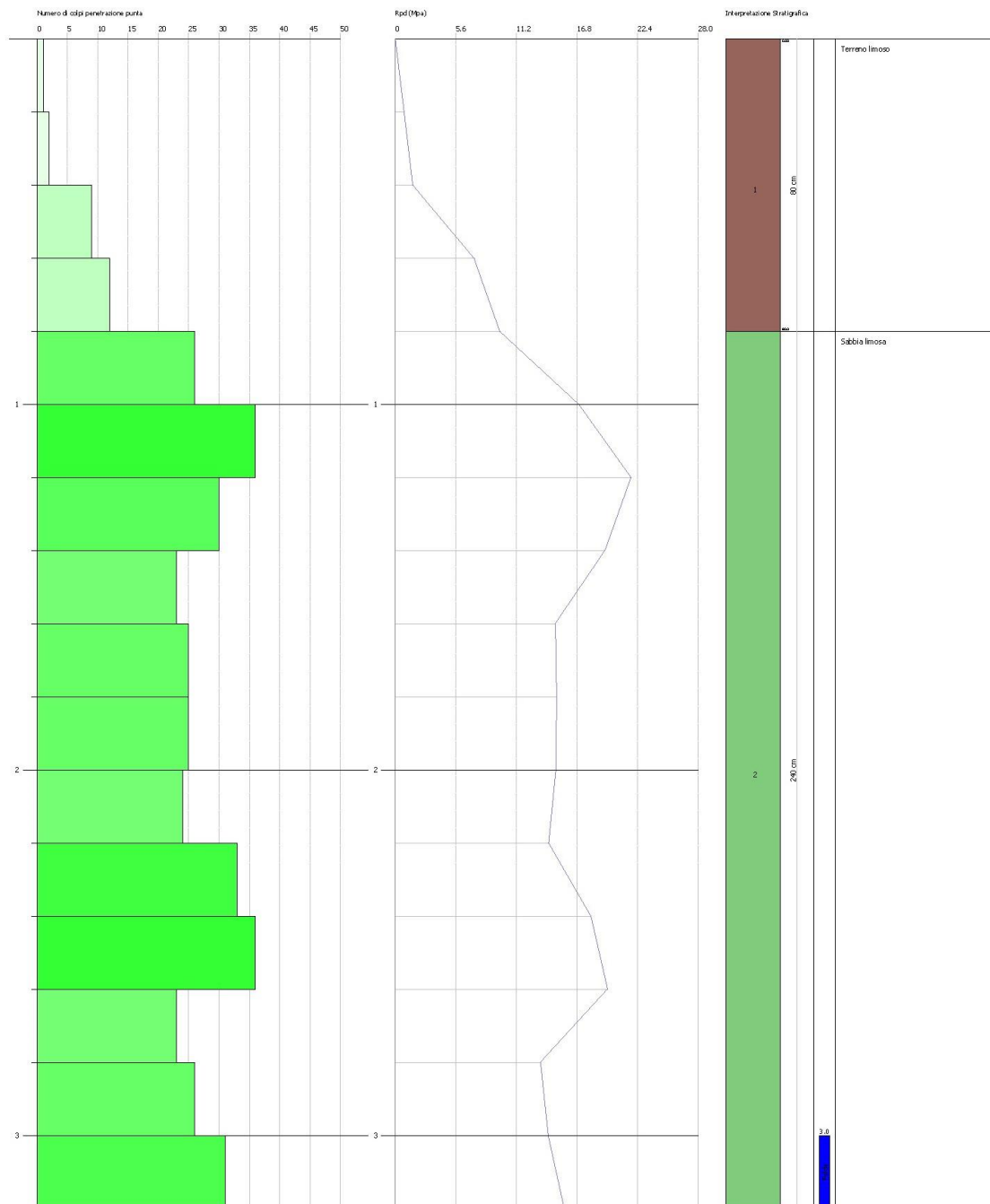
<b>Parametri geotecnici</b>	<b>Strato 1</b>	<b>Strato 2</b>
<i>Denominazione litologica</i>	<i>Terreno vegetale</i>	<i>Sabbia cementata</i>
<i>Profondità (m da p.c.)</i>	<i>0.00÷1.00</i>	<i>1.00÷1.40</i>
Densità relativa $D_r$ (%)	46.88	100
Angolo di resistenza al taglio $\varphi^\circ$	30.58	54.97
Modulo di Young $E_y$ (MPa)	2.41	40.54
Modulo Edometrico $E_{ed}$ (MPa)	4.09	33.33
Classificazione AGI	<i>Poco consistente</i>	<i>Moderatamente addensato</i>
Peso unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.57	23.24
Peso unità di volume saturo $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	18.34	21.48
Modulo di Poisson $\sigma$	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
<i>Resistenza alla punta <math>Q_c</math> (MPa)</i>	<i>0.77</i>	<i>13.27</i>

Tab. 7.4 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.02

Codice	Titolo	Pag. 69 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

**7.9.2 DPSH in agro di Cellino San Marco**

Fig. 7.3 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.01



Codice	Titolo	Pag. 70 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

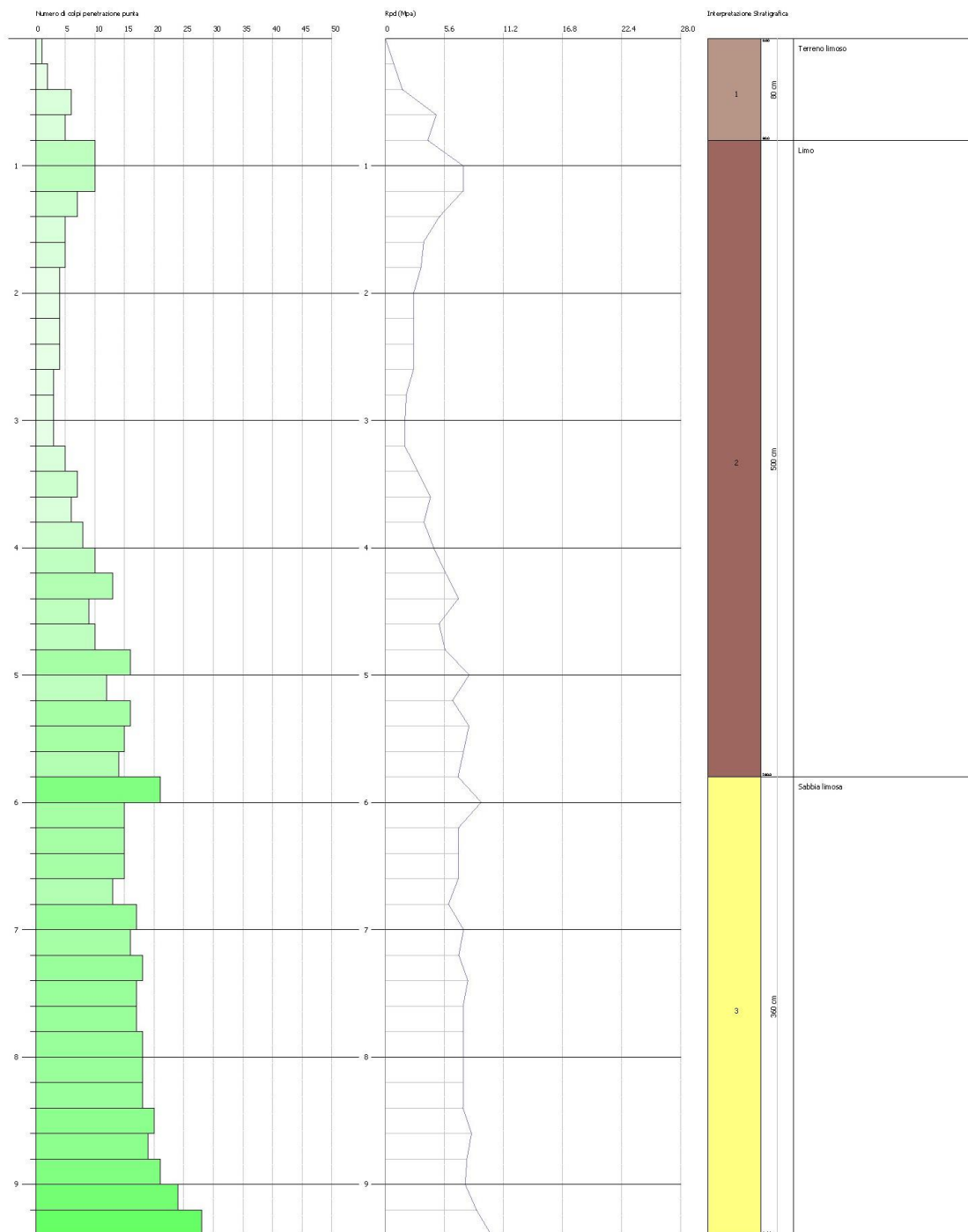
<b>Parametri geotecnici</b>	<b>Strato 1</b>	<b>Strato 2</b>
<i>Denominazione litologica</i>	<i>Terreno vegetale a matrice sabbiosa</i>	<i>Sabbia limosa addensata</i>
<i>Profondità (m da p.c.)</i>	<i>0.00÷0.80</i>	<i>0.80÷3.20</i>
Densità relativa $D_r$ (%)	71.52	100
Angolo di resistenza al taglio $\varphi^\circ$	37.9	50
Modulo di Young $E_y$ (MPa)	8.17	28.13
Modulo Edometrico $E_{ed}$ (MPa)	7.67	22.26
Classificazione AGI	<i>Poco addensato</i>	<i>Moderatamente addensato</i>
Peso unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.67	21.67
Peso unità di volume saturo $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	18.73	20.79
Modulo di Poisson $\sigma$	0.34	0.27
Modulo di deformazione a taglio dinamico $G$ (MPa)	50.39	215.71
Modulo di reazione $K_0$	1.89	7.18
<i>Resistenza alla punta <math>Q_c</math> (MPa)</i>	<i>1.77</i>	<i>8.31</i>

Tab. 7.5 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.01

Codice	Titolo	Pag. 71 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	



Fig. 7.4 Grafico di interpretazione stratigrafica – DPSH.02



Codice	Titolo	Pag. 72 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

<b>Parametri geotecnici terreni incoerenti</b>	<b>Strato 1</b>	<b>Strato 2</b>	<b>Strato 3</b>
<i>Denominazione litologica</i>	<i>Terreno vegetale</i>	<i>Limo sabbioso</i>	<i>Sabbia limosa</i>
<i>Profondità (m da p.c.)</i>	<i>0.00÷0.80</i>	<i>0.80÷5.80</i>	<i>5.80÷9.40</i>
Densità relativa $D_r$ (%)	54.86	63.23	73.82
Angolo di resistenza al taglio $\varphi^\circ$	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	<i>Poco addensato</i>	<i>Moderatamente addensato</i>	<i>Molto addensato</i>
Peso unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	15.20	17.65	20.69
Peso unità di volume saturo $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	18.53	18.93	19.91
Modulo di Poisson $\sigma$	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
<i>Resistenza alla punta <math>Q_c</math> (MPa)</i>	<i>1.03</i>	<i>2.39</i>	<i>5.41</i>

Tab. 7.6 Stima dei parametri geotecnici desunti dall'elaborazione DPSH.02

Codice	Titolo	Pag. 73 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

## 8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area oggetto di studio è discretamente vasta, circa 33 ettari, che si sviluppano nel territorio di Brindisi, al confine con Mesagne, San Donaci e Cellino San Marco, e circa 18 ettari, che si sviluppano nel territorio di Cellino San Marco, al confine con San Donaci e Brindisi; il territorio presenta peculiari connotazioni geologiche e stratigrafiche, già riscontrate nello studio geologico della zona ed evidenziate dalle risultanze delle indagini eseguite in loco, 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.

Dall'elaborazione delle indagini sismiche eseguite mediante metodologia MASW è stato possibile calcolare il valore del  $V_{s,eq}$  e classificare il suolo di fondazione nella categoria "B" così come definita dalle NTC 2018. Si fa presente che:

- per l'area in agro di Brindisi, nella zona a sud, in corrispondenza della prova MASW.01 il bedrock sismico è stato rinvenuto alla profondità di 15.60÷17.59 m; 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  $V_{s,30}$ . In ogni caso i valori del  $V_{s,eq}$  sono risultati compresi tra 382 e 489 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B";
- per l'area in agro di Cellino San Marco, nella zona a nord, in corrispondenza della prova MASW.01 il bedrock sismico è stato rinvenuto alla profondità di poco più di 15 metri; 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. In ogni caso i valori del  $V_{s,eq}$  sono risultati compresi tra 379 e 443 m/s, quindi classificando il suolo nella categoria "B".

Il territorio in esame è da considerarsi praticamente pianeggiante e non presenta alcun fenomeno di instabilità, né caratteri geomorfologici di particolare rilievo. Nelle aree strettamente in esame, si registra la presenza di un corso d'acqua episodico, ma il ruscellamento delle acque avviene esclusivamente lungo le linee di massima pendenza. Inoltre, nell'area di Brindisi, nel corso delle indagini è emersa la presenza di una lente acquifera a profondità di circa 3 m dal p.c. nella zona

Codice	Titolo	Pag. 74 di 75
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	

più a sud dell'intera area oggetto di esame, in prossimità della strada Mesagne - San Donaci e della S.P.80.

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 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	
DOCSPEC08	RELAZIONE GEOLOGICA	Pag. 75 di 75