



Committente:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968

Titolo del Progetto:

PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"

- Comune di Florinas (SS) -

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

RWE-AVF-RP4a

ID PROGETTO:

RWE - AVF

DISCIPLINA:

P

TIPOLOGIA:

FORMATO:

A4

Elaborato:

RELAZIONE SISMICA

FOGLIO:

SCALA:

-

Nome file:

RWE-AVF-RP4a_Report MASW

A cura di:



www.iatprogetti.it



A cura di:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.
Dott. Ing. Giuseppe Frongia

Gruppo di lavoro:

Ing. Giuseppe Frongia
(coordinatore e responsabile)
Ing. Marianna Barbarino
Ing. Enrica Batzella
Dott. Pian. Terr. Andrea Cappai
Dott. Michele Dessi
Ing. Paolo Desogus
Dott. Pian. Terr. Veronica Fais
Ing. Gianluca Melis
Dott. Ing. Fabrizio Murru
Ing. Andrea Onnis
Dott.ssa Pian. Terr. Eleonora Re
Ing. Elisa Roych
Ing. Marco Utzeri

Dott. Agr. Federico Corona
Ing. Antonio Dedoni
Dott. Geol. Maria Francesca Lobina
Agr. Dott. Nat. Francesco Mascia
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott. Luca Sanna



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	LUGLIO 2023	PRIMA EMISSIONE	IAT	GF	RWE

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 2 di 51	

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	Premessa.....	3
1.2	Riferimenti normativi	3
1.3	Inquadramento topografico e territoriale	4
1.4	Descrizione sommaria del progetto.....	9
2	L'INDAGINE SISMICA.....	10
2.1	Prospezione sismica MASW	10
2.2	Principi teorici.....	16
2.3	Strumentazione utilizzata	17
2.4	Schema operativo acquisizioni.....	18
2.5	Elaborazione dati	19
3	MODELLO SISMICO	21
3.1	Premessa.....	21
3.2	Sismicità storica	22
4	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	26
4.1	Premessa.....	26
4.2	Classificazione sismica	26
4.3	Pericolosità sismica.....	30
4.4	Categoria di sottosuolo	31
4.5	Esito dell'indagine sismica	31
4.6	Risultati della sismica a rifrazione.....	43
4.6.1	Rifrazione MASW 1	43
4.6.2	Rifrazione MASW 2.....	44
4.6.3	Rifrazione MASW 3.....	45
4.6.4	Rifrazione MASW 4.....	46
4.7	Azione sismica	47
4.8	Risposta sismica locale.....	49

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 3 di 51

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

Nell'ambito delle attività a supporto della progettazione un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica nella Provincia di Sassari, in agro del comune di Florinas su iniziativa della RWE Renewables Italia S.r.l.⁽¹⁾, lo scrivente geologo *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA*⁽²⁾ ha ricevuto incarico per l'espletamento dello studio geologico, geotecnico e sismico di supporto.

In questa sede la trattazione è incentrata sulla sismicità locale, la pericolosità sismica e la prevedibile categoria di sottosuolo, sulla base dei risultati di un'indagine all'uopo eseguita mediante sismica a rifrazione di tipo MASW con la quale è stata determinata la velocità di taglio equivalenti (V_{sh}) funzionale allo studio sulla risposta sismica della struttura in progetto ai sensi del paragrafo 3.2 del D.M. 17.01.2018 «*Norme tecniche per le costruzioni*».

Si rimanda agli elaborati specialistici per aspetti geologici ed il modello geotecnico di riferimento.

1.2 Riferimenti normativi

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 «*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni*» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- D.M. 17.01.2018 «*Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009 «*Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008*»;
- D.M. 14.01.2008 «*Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 «*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3316 del 02.10.2003 «*Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri*»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*»;

⁽¹⁾ Sede legale in Via Andrea Doria n. 4/G a Roma.

⁽²⁾ Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 4 di 51

- Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988 che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono;
- D.M. LL.PP.11.03.1988 «*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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*» e relativa Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988;
- Legge n. 464 del 04.08.1984 «*Norme per agevolare l'acquisizione da parte del servizio geologico della direzione generale delle miniere del Ministero dell'Industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale*»;
- Legge n. 64 del 02.02.1974 «*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*» che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici».

1.3 Inquadramento topografico e territoriale

Il settore in studio è ubicato nella Sardegna nord-occidentale, Provincia di Sassari, entro le pertinenze comunali di Florinas, circa 3 km a sud-est dell'abitato. Questo comune appartiene alla subregione storica del *Logudoro Turritano* e confina ad est con la regione del *Monte Acuto* ed a sud quella del *Meilogu*.

Gli areali designati per ospitare gli impianti sono raggiungibili dall'abitato di Florinas percorrendo la centrale Via Roma in direzione sud fino alla periferia sud del paese per imboccare al bivio la viabilità interpodereale. Immediatamente fuori dall'abitato, lungo la via Roma è localizzata anche la centrale elettrica di trasformazione, recapito dell'impianto in progetto.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio IGM 459 "Cuglieri" [scala 1:50.000]
- Foglio IGM 460 "Ploaghe" [scala 1:50.000]
- Sezione IGM 514-II "Ossi" [scala 1:25.000]
- Sezione IGM 514-III "Ploaghe" [scala 1:25.000]
- Sezione CTR 459-160 "*Monte Corona'e Teula*" [scala 1:10.000]
- Sezione CTR 459-130 "*Campu Lasari*" [scala 1:10.000]



Figura 1.1 –
Inquadramento geografico
del Comune di Florinas.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 5 di 51	

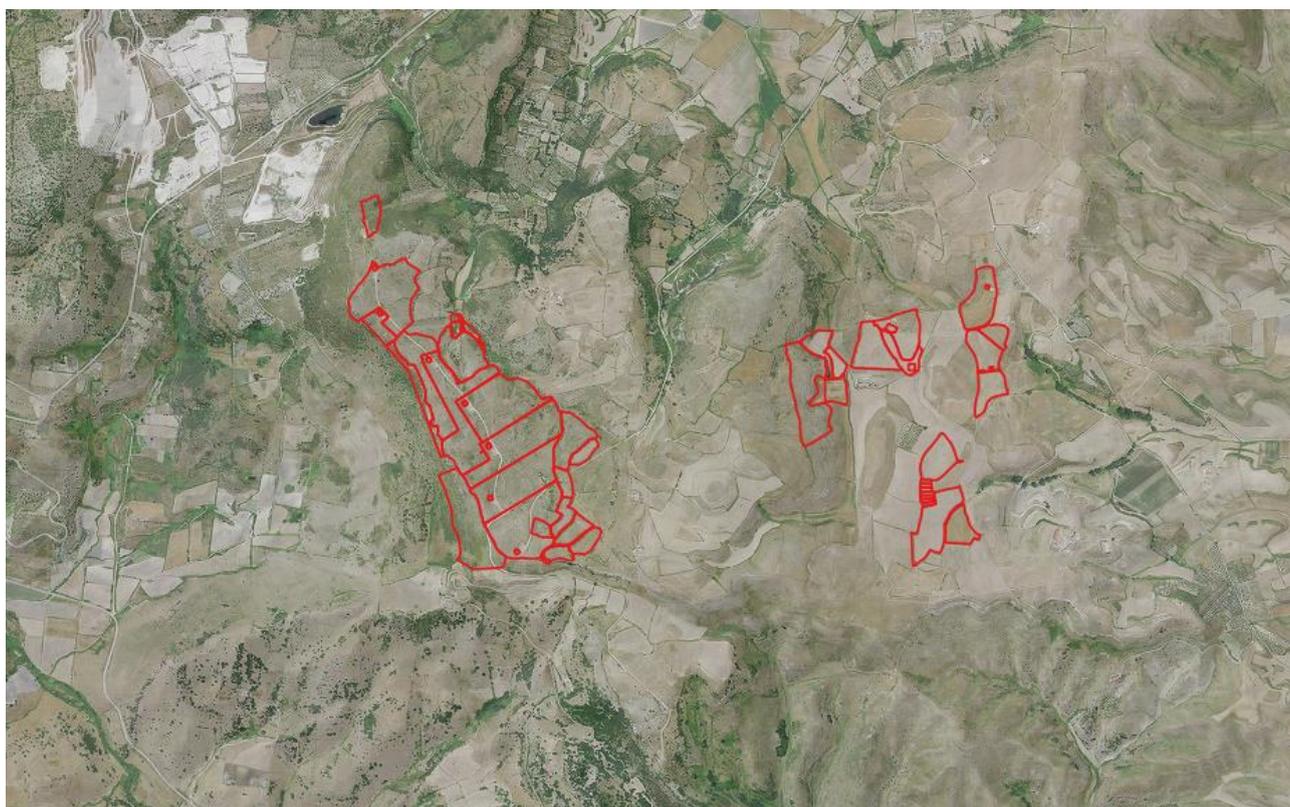


Figura 1.2 – Vista d'insieme degli areali che ospiteranno il parco agrivoltaico.



Figura 1.3 – Panoramica degli areali che ospiteranno il parco agrivoltaico.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 6 di 51

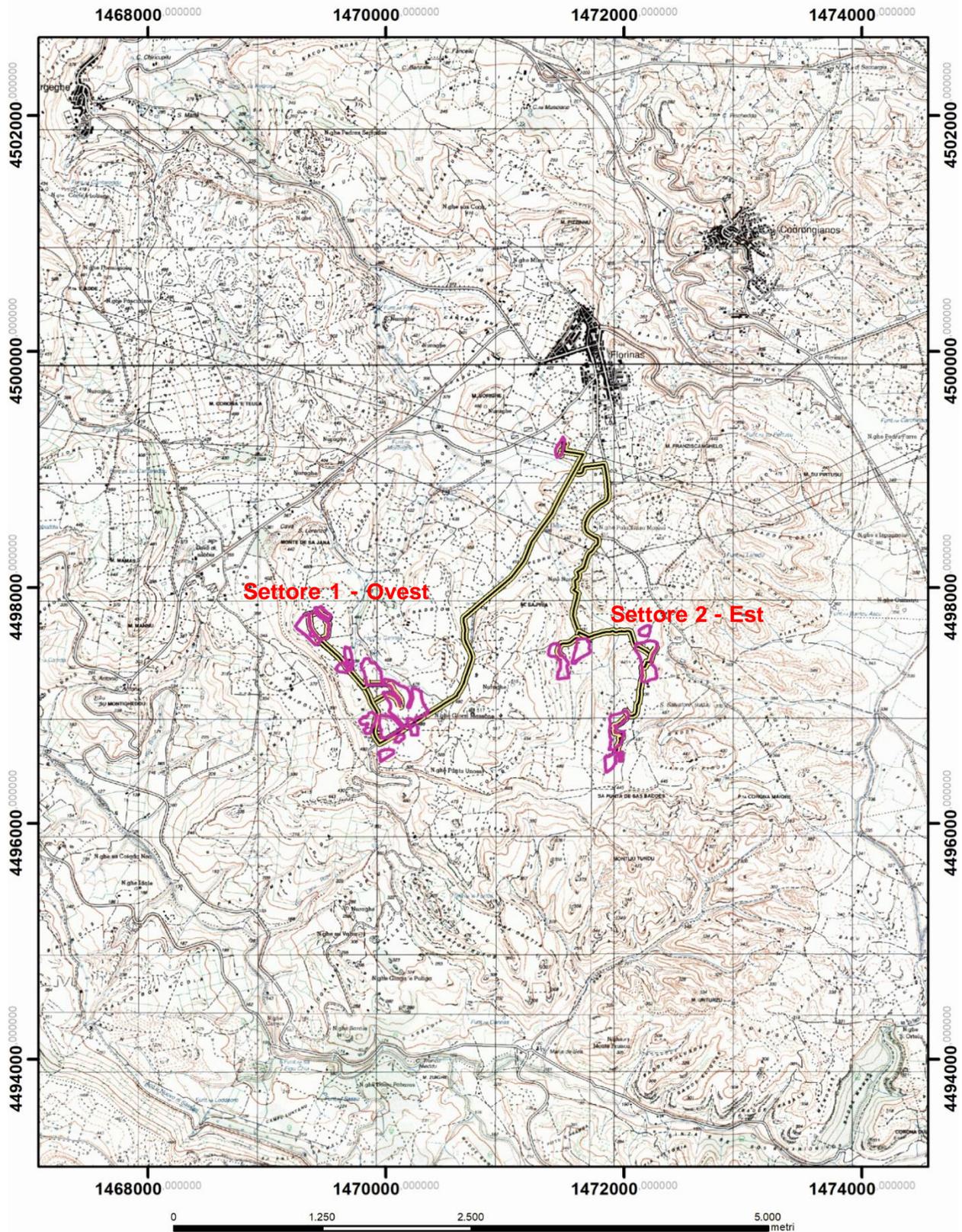


Figura 1.4 - Ubicazione dell'area di pertinenza dell'impianto su stralcio cartografia IGMI (scala 1:50.000).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)	 OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it	PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 7 di 51

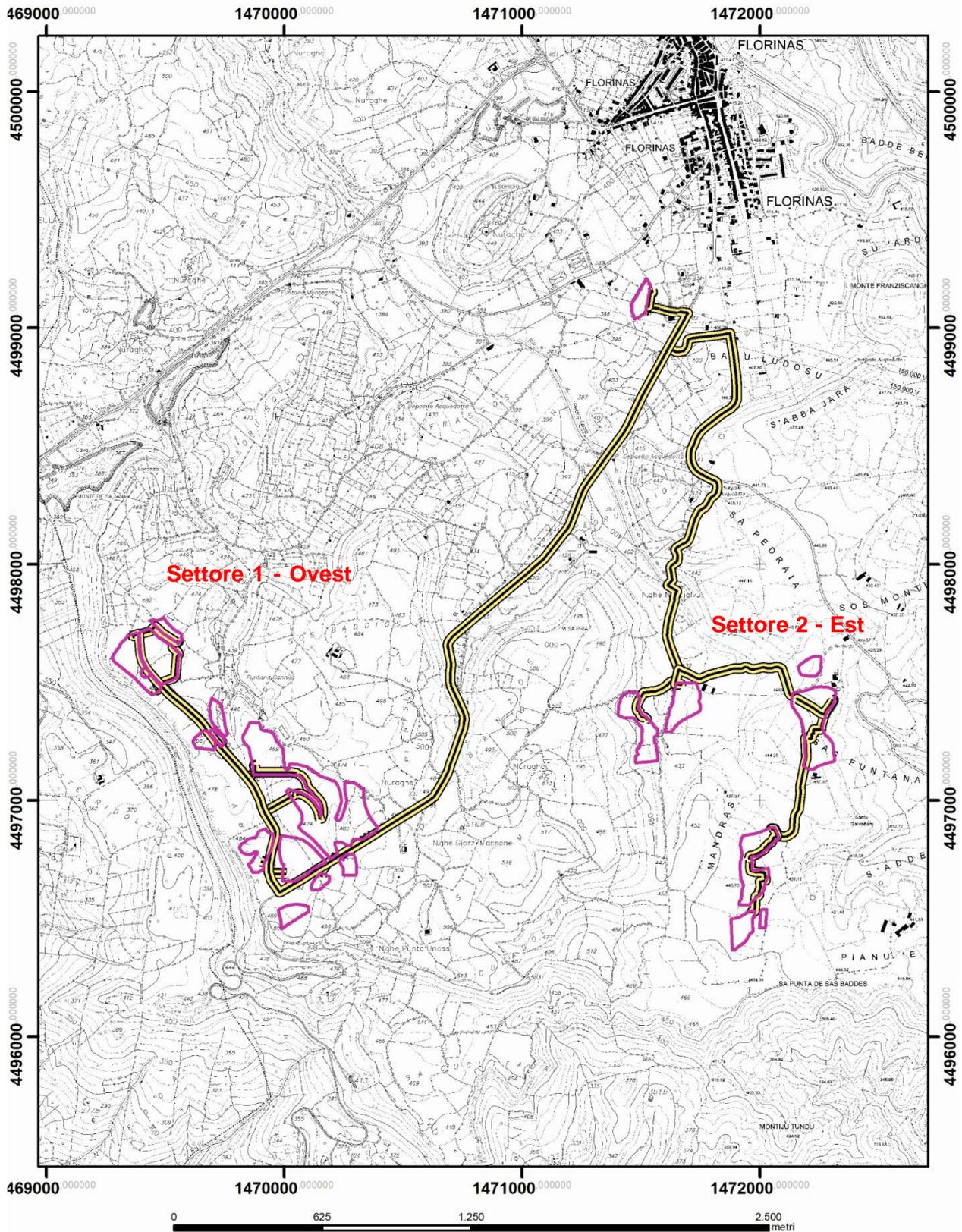


Figura 1.5 – Ubicazione dell'area di pertinenza dell'impianto su stralcio cartografia CTR (scala 1:10.000).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 8 di 51

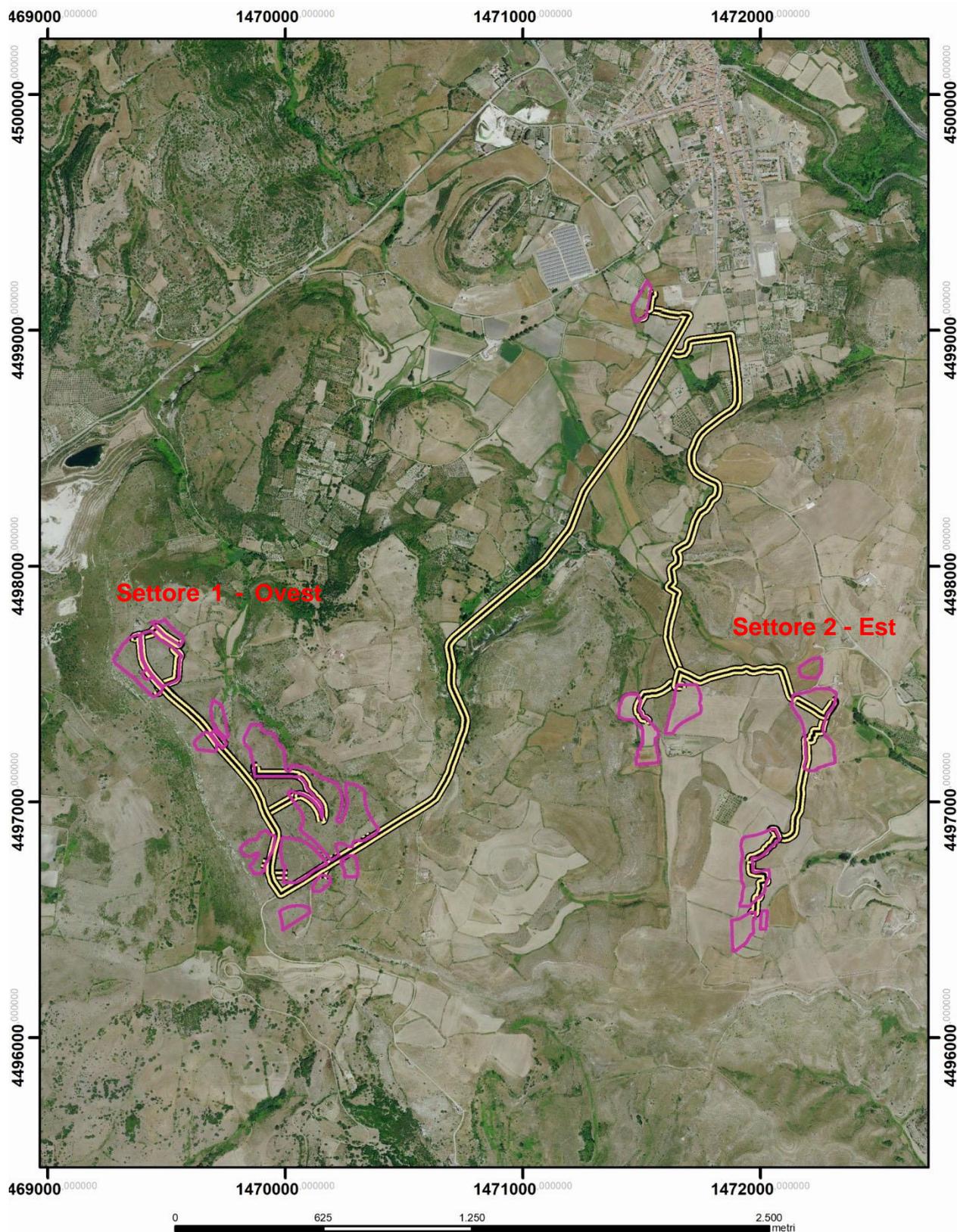


Figura 1.6 - Ubicazione dell'area di pertinenza dell'impianto su stralcio ortofotogrammetrico (scala 1:25.000).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 9 di 51

1.4 Descrizione sommaria del progetto

L'impianto solare in progetto avrà una potenza nominale AC di 21,00 MW, data dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter, e sarà costituita da n. 1002 strutture fisse (n. 226 strutture da 2x13 moduli FV e n. 776 strutture da 2x26 moduli FV) per una potenza lato DC pari a 26,812 MW_P; l'impianto sarà altresì integrato con un sistema di accumulo elettrochimico da 19,75 MW/37,939 MWh.

I lotti che ospiteranno l'impianto saranno distribuiti su due areali, di seguito denominati "Settore 1 Ovest" e "Settore 2 - Est". In quest'ultimo settore i pannelli fotovoltaici verranno collocati nei terreni adiacenti agli aerogeneratori del parco eolico tutt'ora in esercizio e che sarà oggetto di nuovo intervento di manutenzione e sostituzione dei manufatti in elevazione.

In accordo con la citata Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), l'impianto sarà collegato in antenna sulla sezione a 150 kV nella SE RTN di Florinas previo adeguamento dello stallo esistente e già destinato all'impiego da parte del medesimo produttore. L'impianto verrà dunque collegato al sopracitato stallo mediante una SSE Utente 30/150 kV dove avverrà l'elevazione della tensione mediante un trasformatore 30/150 kV. L'elettrodotto MT a 30 kV per il collegamento alla citata SSE Utente costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Il campo solare sarà suddiviso in n. 2 cluster di potenza, ciascuno dei quali invierà l'energia prodotta alle cabine di trasformazione equipaggiate con n. 1 trasformatore elevatore da 1/1,25 MW. All'interno di suddette cabine si eleverà la tensione dal livello BT di 800 V, fornita in uscita dagli inverter, alla tensione MT di 30 kV per il successivo vettoriamento dell'energia alla sopracitata SSE utente.

Per ulteriori specifiche si rimanda agli elaborati tecnici di progetto.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 10 di 51

2 L'INDAGINE SISMICA

2.1 Prospezione sismica MASW

Per la classificazione dei terreni secondo la Nuova Normativa Antisismica (Ordinanza n. 3274) e l'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018), è stata eseguita una prospezione sismica mediante tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves): trattasi di una tecnica non invasiva che, attraverso la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , è in grado di ricostruire una sismostratigrafia atta alla definizione della categoria di suolo, mediante elaborazione delle V_{sh} , ai sensi del D.M. 17.01.2018.

Fermi restando gli obiettivi preposti, l'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- valutazione della configurazione geometrica e della disposizione più consona dello stendimento,
- acquisizione dei dati in campo,
- elaborazione ed interpretazione dei dati.

Il principio teorico su cui si fondano le indagini sismiche "a rifrazione" è quello che consente di ottenere informazioni di tipo geotecnico sul comportamento fisico-meccanico dei corpi geologici investigati, attraverso la determinazione dei relativi parametri, ed informazioni di tipo geologico sui caratteri strutturali e stratigrafici del volume indagato. Si tratta di uno dei metodi attualmente più utilizzati per l'esplorazione in profondità del sottosuolo e consiste nel creare delle onde artificiali nel terreno (energizzazione) battendo una piastra poggiata a terra con una mazza.

Sfruttano le proprietà dei terreni di farsi attraversare dalle onde sismiche a diversa velocità; questa dipende da molti fattori, quali la natura mineralogica della roccia, il grado di cementazione e di fatturazione, la porosità, il contenuto in acqua o in gas, etc.

Nel caso specifico sono stati realizzati n. 4 stendimenti di lunghezza 46 m ed allineamento di n. 24 geofoni con interdistanza geofonica 2,00 m, rispettivamente con baricentro nel punto con le seguenti coordinate:

1.	4.497.269 NORD	1.472.513 EST
2.	4.496.685 NORD	1.472.080 EST
3.	4.486.797 NORD	1.469.923 EST
4.	4.495.697 NORD	1.470.703 EST

L'ubicazione delle prospezioni è rappresentata nelle successive immagini fotografiche.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 11 di 51

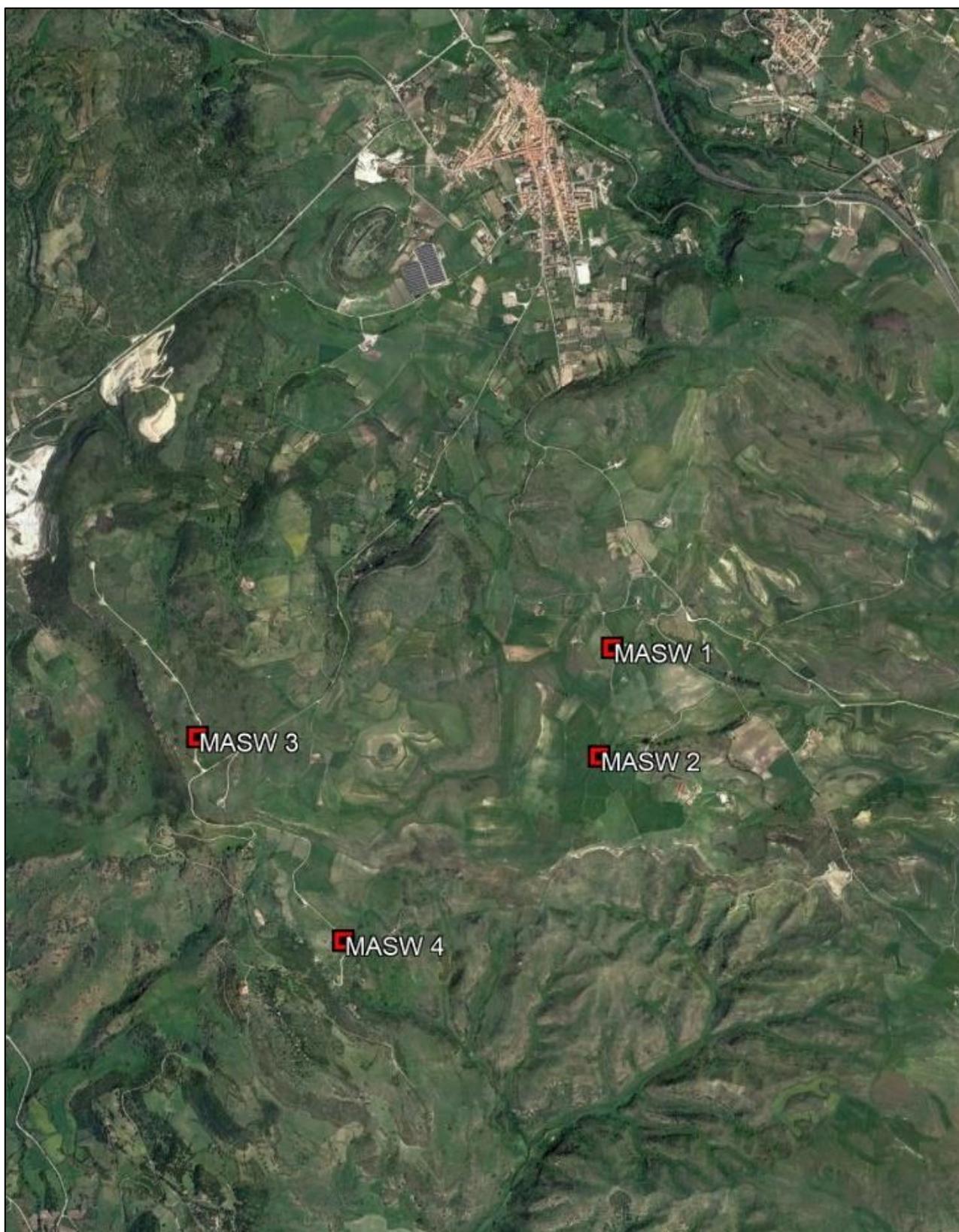


Figura 2.1 – Ubicazione degli stendimenti MASW su immagine satellitare.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 12 di 51	



Figura 2.2 – Disposizione dello stendimento MASW1.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 13 di 51	



Figura 2.3 – Disposizione dello stendimento MASW2.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 14 di 51



Figura 2.4 - Disposizione dello stendimento MASW

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 15 di 51

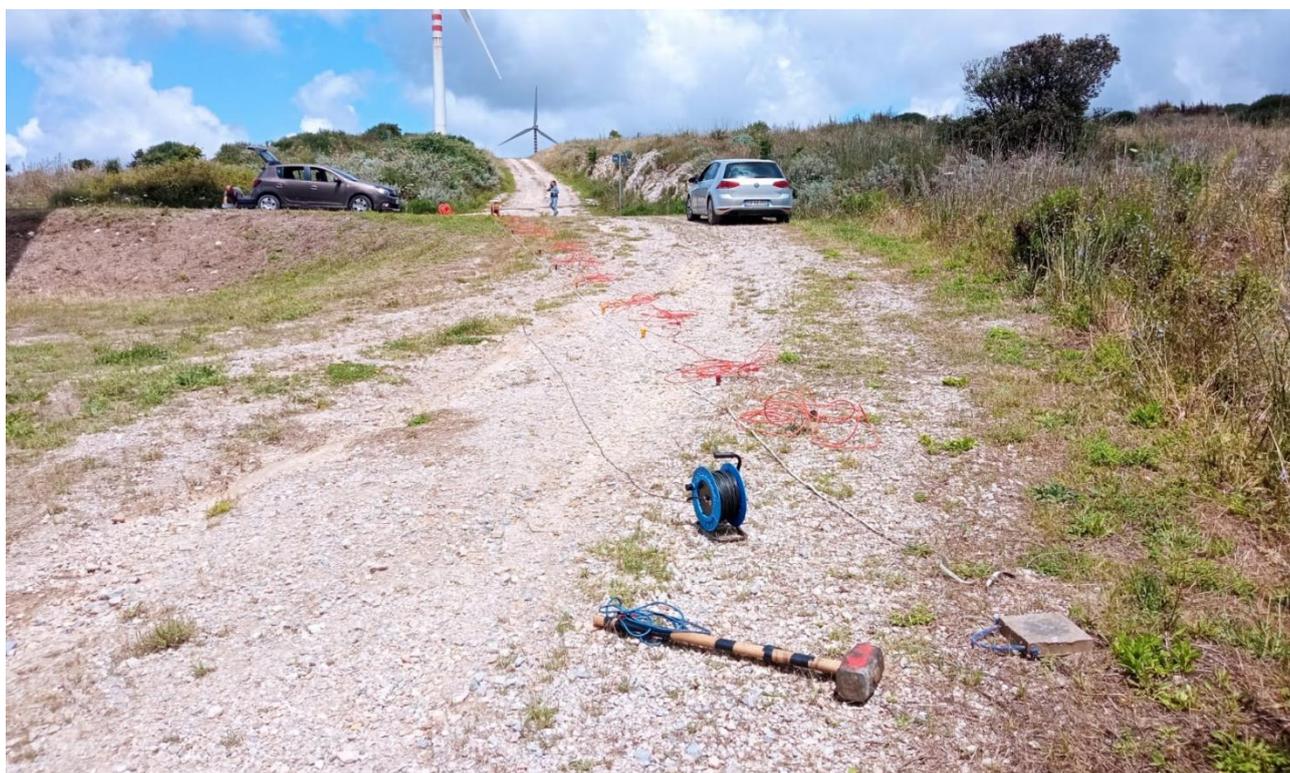


Figura 2.5 - Disposizione dello stendimento MASW1.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 16 di 51

2.2 Principi teorici

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P** Longitudinale onda profonda di compressione
- **S** Trasversale onda profonda di taglio
- **L** Love onda di superficie, composta da onde P e S
- **R** Rayleigh onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (ACHENBACH J.D., 1999, AKI K. & RICHARDS P.G., 1980) o detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano, invece, negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo" (da *Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW* (Multichannel Analysis of Surface Waves – V. Roma 2006).

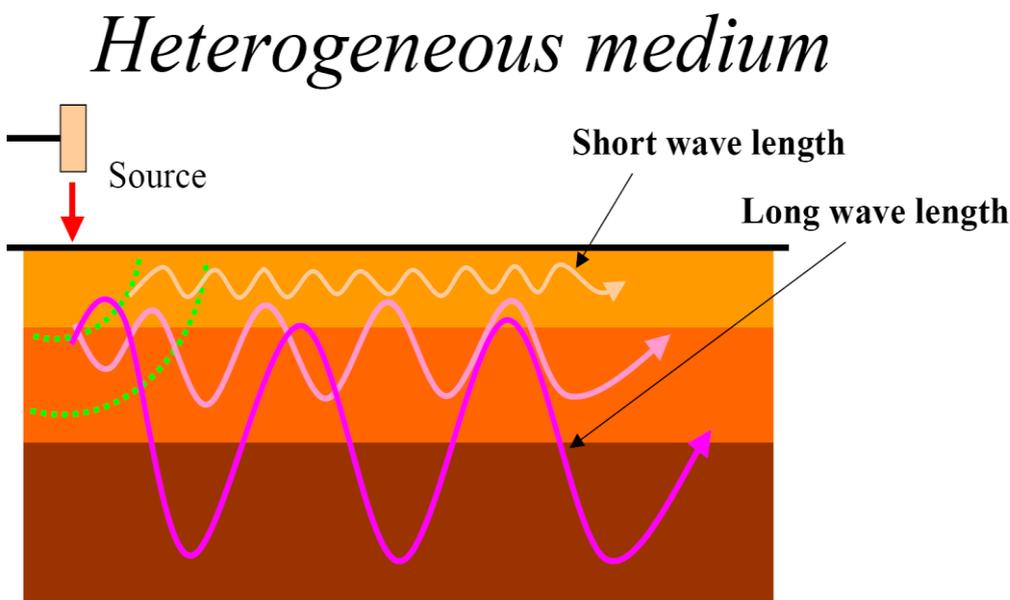


Figura 2.6 - Surface-wave dispersion (da SAGEEP 2003).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 17 di 51

2.3 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione del cantiere in argomento, è stata impiegato un Sismografo DAQLink III (Seismic Source U.S.A.) con convertitore A/D a 24 bit, numero di canali da 3 a 24, ampio range dinamico 144db, output dei dati in SEG-Y, SEG-2 o ASCII, opzione per test dei geofoni ed accelerometri, lunghezza di registrazione fino a 4 mld di campioni, intervalli di campionamento: 0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 ms.

L'intero sistema di acquisizione è conforme alle specifiche ASTM D5777-00 (2006) (Standard Guide for Using the Sismic Refraction Method for Subsurface Investigation); l'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante l'utilizzo di una massa battente (mazza di 10 kg con starter su piattello di battuta). Per la ricezione delle onde longitudinali (P), durante l'indagine sismica, sono stati usati geofoni verticali a lungo periodo (4.5 Hz).



Figura 2.7 - Sismografo DaqLinkIII.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 18 di 51	



Figura 2.8 - Operazioni di acquisizione del segnale sismico.

2.4 Schema operativo acquisizioni

Sulla base delle caratteristiche morfologiche del sito, è stato posizionato lo stendimento sismico, in parte nell'area d'ingombro della struttura.

L'analisi è stata eseguita adottando la seguente configurazione:

- ⇒ Numero geofoni 4 con frequenza propria di risonanza 4,5 Hz
- ⇒ Distanza intergeofonica 2 m per complessivi 46 m di stendimento
- ⇒ Offset di battuta n. 1 battuta disposta a 4,00 m di distanza dal primo geofono

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- ⇒ Tempo di acquisizione 1 s
- ⇒ Frequenza di campionamento 1000 Hz

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 19 di 51

⇒ Periodo di campionamento 1,00 ms.

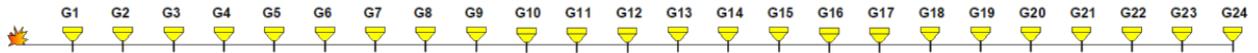


Figura 2.9 - Schema stendimento sismico utilizzato, in questo caso con energizzazione a 4 m dal G1

I dati acquisiti in campagna sono stati elaborati ed è stato possibile ricostruire un modello attendibile V_s /profondità. Il metodo di investigazione MASW è detto "attivo" in quanto la generazione di onde sismiche si effettua artificialmente a mezzo di idonea massa battente, fucile sismico o altro. Il punto di energizzazione è posto lungo l'allineamento dei geofoni ad una certa distanza da un geofono esterno. Con questa procedura si ricostruisce l'assetto sismo-stratigrafico del sottosuolo che si basa sull'analisi delle onde di Rayleigh che si propagano entro un semispazio stratificato.

Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza. Una volta acquisiti i dati son stati riversati direttamente su p.c. per la successiva elaborazione.

2.5 Elaborazione dati

L'elaborazione dei dati è stata fatta una volta definita la curva di dispersione. I dati sono stati processati attraverso il codice SeisImager (Pickwin v. 3.14 WaveEq v. 2.07).

La procedura di elaborazione consiste nell'intervenire e modificare il profilo delle velocità V_s fino al raggiungimento di un buon accordo fra la curva di dispersione rilevata in sito e la curva simulata numericamente. L'analisi dei dati acquisiti avviene attraverso le seguenti fasi:

- ⇒ acquisizione dei sismogrammi,
- ⇒ esportazione del file in formato SEG-2 idoneo all'elaborazione finale,
- ⇒ calcolo dello spettro di velocità,
- ⇒ individuazione del modo fondamentale e degli eventuali superiori,
- ⇒ calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. in alternativa picking della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato modo,
- ⇒ inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità V_s .

Gli spettri di velocità risultano dominati dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

I valori di dispersione appartenenti a disturbi a bassa frequenza e ai modi superiori sono stati esclusi

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 20 di 51

dall'interpretazione del profilo di velocità.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 21 di 51

3 MODELLO SISMICO

3.1 Premessa

Le caratteristiche di sismicità del Blocco Sardo-Corso, che rappresenta un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea formatosi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore, sono da porre in relazione con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano. Nel Miocene superiore, la strutturazione dell'attuale margine orientale dell'Isola si protrae fino a parte del Quaternario: in questo periodo, i principali eventi che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto, l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale.

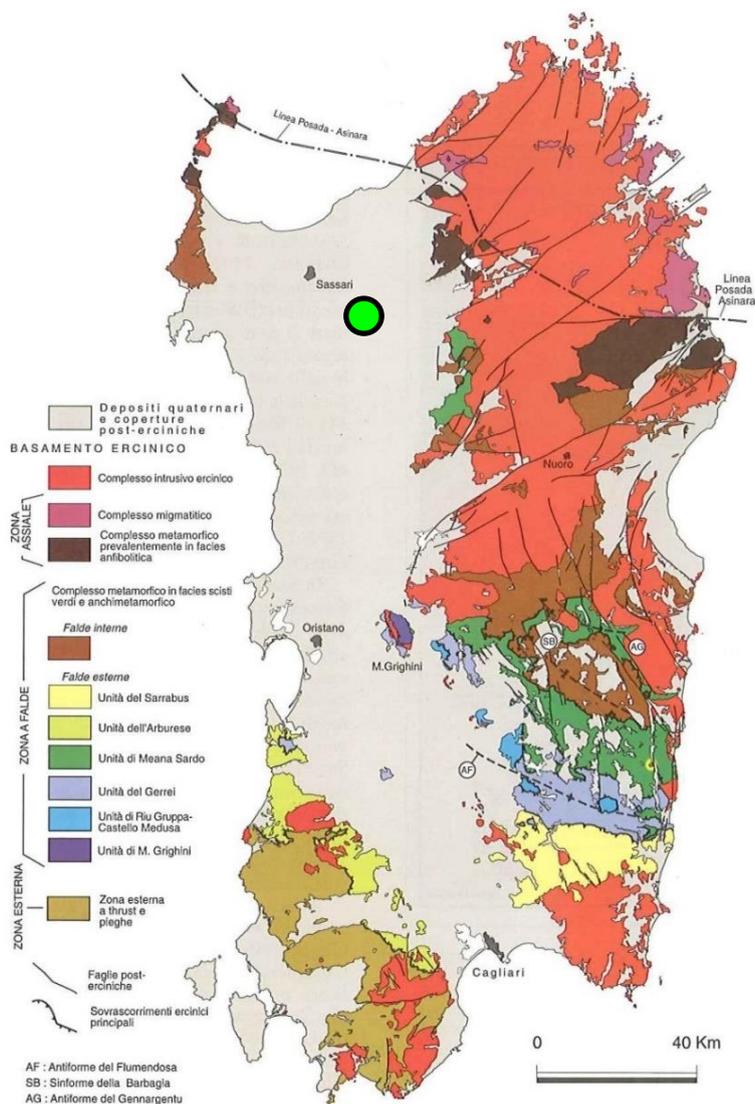


Figura 3.1 – Schema dei principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (da Carmignani et al. 2001).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 22 di 51

3.2 Sismicità storica

Benché sia acclarata la bassa sismicità della Sardegna conseguente alla generale stabilità geologica del blocco sardo-corso (gli ultimi episodi vulcanici dell'isola vengono fatti risalire a circa 90.000 anni fa, nel Pleistocene superiore, con l'emissione di lave e formazione di coni di scorie nel settore dell'*Anglona*), si ha conoscenza di indizi di eventi sismici risalenti a 3.000-4.000 anni fa, testimoniati da importanti danneggiamenti rilevati in alcuni edifici nuragici.

Negli ultimi secoli non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze⁽³⁾. In un recente lavoro, Meletti et al.⁽⁴⁾ (2020) hanno revisionato tutte le informazioni disponibili relative ai terremoti fatti registrare in Sardegna dal 1616, data del primo terremoto di cui si abbia notizia, al 2019. Nelle tabelle di Figura 3.2 e Figura 3.3 sono riportati i parametri analizzati in questa sede relativi a tutti i terremoti di interesse per la Sardegna.

Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15, consultabili dal sito web "DBMI15", per l'Isola non sono registrati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

Alcuni terremoti segnalati (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001), è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 09.11.2010, nella costa NW dell'Isola.

Altri ancora, con epicentro nel settore a mare poco ad ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 ed ipocentro a profondità tra 11 km e 40 km di profondità.

Sono segnalati eventi tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

⁽³⁾ <https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-terremotus-factus-est-1616/>.

⁽⁴⁾ ISSN 1590-2595 "Quaderni di Geofisica – La sismicità Storica dell'isola senza terremoti", Anno 2020, numero 163.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)	RWE	OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 23 di 51

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	Ref	com.	NOm	Ix	Lat	Lon	M
1610	06	04			Sardegna merid.	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1616	06	04	14		Sardegna merid.	MELAL020		10	D	39.131	9.502	4.9
1619	06	24	16		Sardegna merid.	MELAL020	UNK	1	4-5	39.256	9.168	3.9
1771	08	17	13		Sardegna merid.	MELAL020		2	3	39.223	9.121	3.2
1771	08	17	18		Sardegna merid.	MELAL020		7	5	39.213	8.936	4.4
1835	03	06			Sardegna merid.	MELAL020	D	1	3	39.223	9.121	3.2
1838	02	02			Agro sassarese	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1855	06	11			Cagliari	MELAL020	ZD	-	-	-	-	-
1870	06	20	08	22	Ittireddu	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1870	07	04	17	45	Nuorese	MELAL020		4	5	40.477	9.383	4.2
1898	12	15			San Vito	MELAL020	ZZ	-	-	-	-	-
1901	01	18	16	30	Gergei	MELAL020	UNK	7	5	39.699	9.102	4.2
1901	01	18	17		Gergei	MELAL020		1	F	39.654	9.129	3.7
1901	03	22	13		Gergei	MELAL020		1	4-5	39.699	9.102	3.9
1906	04	03	16	20	Sardegna Settentrionale	MELAL020		6	3	41.048	9.599	3.2
1922	07	18	20	30	Nuorese	MELAL020		1	3	40.215	8.803	3.2
1922	07	18	22	30	Nuorese	MELAL020		1	3	40.215	8.803	3.2
1924	01	24	02	22	Sardegna Nord. Occ.	MELAL020	NM	-	-	-	-	-
1948	11	13	09	52	Mar di Sardegna	MELAL020		59	5-6	40.941	8.958	4.7
1948	11	13	12	00	Mar di Sardegna	MELAL020		2	F	40.913	9.302	3.7
1948	11	13	12	48	Mar di Sardegna	MELAL020		1	F	40.903	9.104	3.7
1948	11	13	22	45	Mar di Sardegna	MELAL020		1	3	40.914	8.713	3.2
1948	11	16	21	57	Mar di Sardegna	MELAL020		10	5	40.903	9.104	4.2
1948	11	17	00		Mar di Sardegna	MELAL020		2	3	40.903	9.104	3.2
1948	11	20	01		Mar di Sardegna	MELAL020		2	4-5	40.903	9.104	3.9
1948	11	20	02	07	Mar di Sardegna	MELAL020		1	F	40.929	9.065	3.7
1948	11	20	02	15	Mar di Sardegna	MELAL020		2	4-5	40.903	9.104	3.9
1948	11	20	13	45	Mar di Sardegna	MELAL020		1	4-5	40.903	9.104	3.9
1948	11	20	15	36	Mar di Sardegna	MELAL020		1	5-6	40.929	9.065	4.4
1948	11	21	21	50	Mar di Sardegna	MELAL020		4	5-6	40.948	8.938	4.4

Figura 3.2 – Sismi registrati in Sardegna dal 1610 al 1948 (estratto da Meletti et al., 2020)

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 24 di 51

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	Ref	com.	NOm	Ix	Lat	Lon	M
1948	12	08	04	30	Sassarese	MELAL020		4	3	40.926	9.020	3.2
1948	12	08	13	15	Sassarese	MELAL020		4	3	40.926	9.020	3.2
1948	12	08	13	45	Sassarese	MELAL020		7	5-6	40.931	8.983	4.4
1948	12	08	23	00	Sassarese	MELAL020		3	3	40.944	9.009	3.2
1948	12	29	21	45	Mar di Sardegna	MELAL020		5	5	40.948	8.938	4.2
1949	01	06	17	30	Mar di Sardegna	MELAL020		4	5-6	40.948	8.938	4.4
1960	05	25	22		Calagianus	BSING		1	5	40.933	9.117	3.5
1970	06	18	09	03	Mare di Sardegna	ISC		13	4	40.950	7.420	4.8
1976	07	15	09	18	Medio Tirreno	BSING	NM			41.400	9.800	-
1977	05	29	16	19	Biancareddu	BSING	NM			40.783	8.183	2.7
1977	06	27	19	36	Valverde	BSING	NM			40.583	8.383	3.0
1977	08	28	09	45	Canale di Sardegna	ISC		20	5	38.235	8.187	5.4
2000	04	26	13	28	Tirreno centrale	ISC		-	-	40.929	10.077	4.3
2000	04	26	13	37	Tirreno centrale	ISC		46	5-6	40.955	10.097	4.8
2001	03	03	01	54	Tirreno centrale	ISC		1	3-4	40.884	9.990	4.0
2004	12	12	11	52	Tirreno centrale	ISC		19	3-4	41.015	9.967	4.1
2004	12	18	09	12	Tirreno centrale	ISC		13	4-5	40.958	10.050	4.6
2006	03	24	10	43	Capo Teulada	ISC		2	4-5	38.924	8.931	4.0
2011	07	02	14	43	Mare di Corsica	ISC		-	-	42.004	7.617	4.2
2011	07	07	19	21	Mare di Corsica	ISC		5	4	42.087	7.593	5.1
2012	03	04	03	47	Mare di Corsica	ISC		2	2-3	42.080	7.565	4.4

Figura 3.3 – Sismi registrati in Sardegna dal 1648 al 2012 (estratto da Meletti et al., 2020).

Il database DBMI15 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) non indica alcun evento con epicentro nel Comune di Florinas Seneghe piuttosto che in quelli adiacenti.

Vero è che l'evento del 20.04.2000 con epicentro nel Tirreno centrale è stato avvertito nel Comune di Florinas ed in quelli limitrofi (Figura 3.4) seppur con intensità inferiore a 1 tale da non determinare alcun danno ai manufatti.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)	RWE	OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 25 di 51	

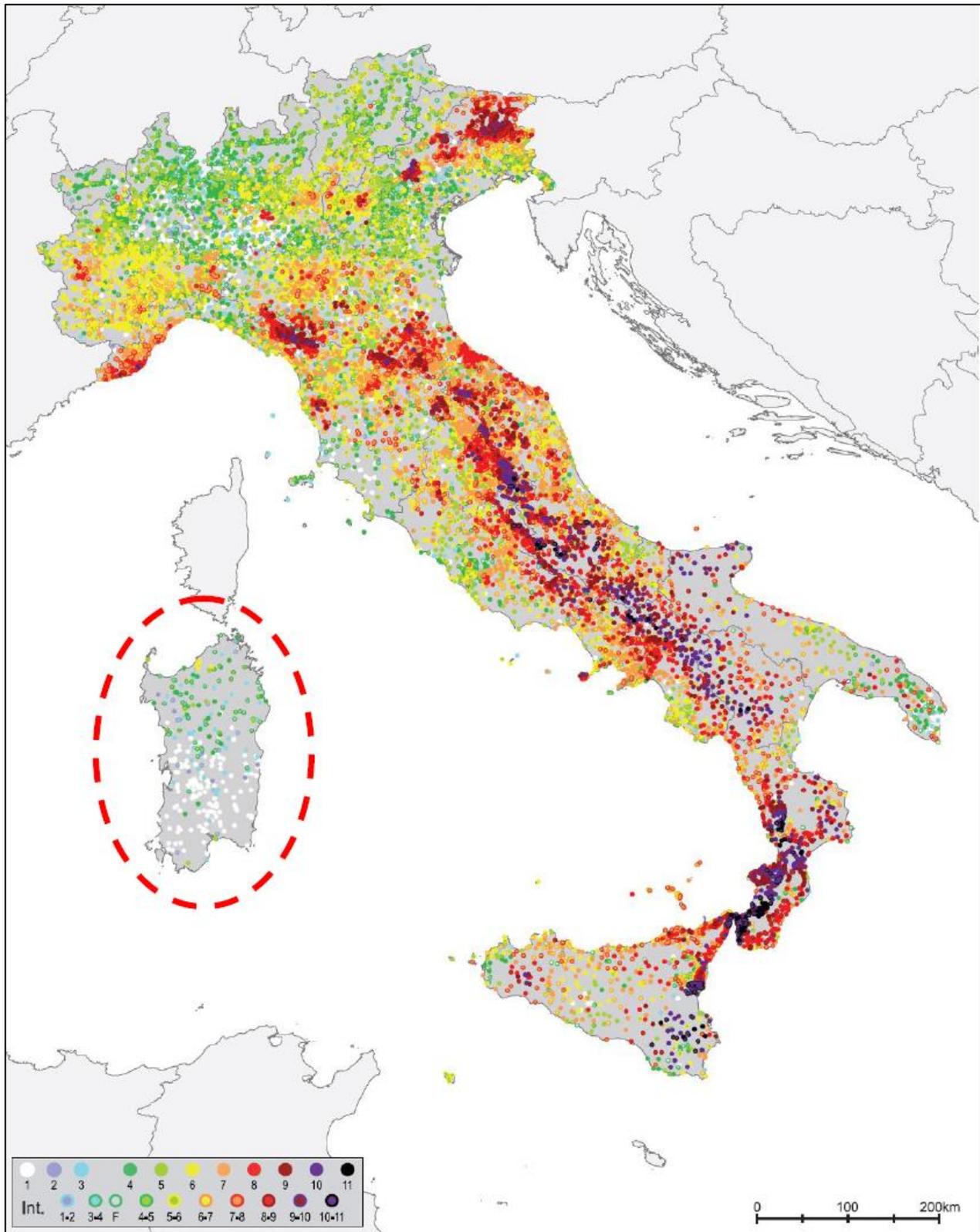


Figura 3.4 – Localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel database DBMI15 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 26 di 51

4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

4.1 Premessa

Gli indicatori di riferimento per la definizione di sismicità di un territorio sono l'accelerazione orizzontale e l'intensità macrosismica: il primo parametro è una grandezza di interesse ingegneristico utilizzata nella progettazione da cui scaturiscono le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica, mentre l'intensità macrosismica descrive il grado di danneggiamento causato da un evento sismico.

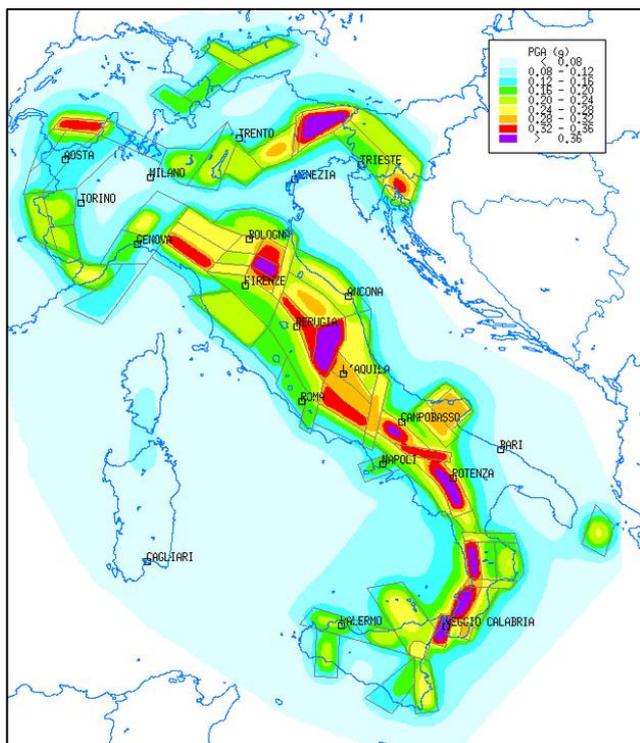


Figura 4.2 – Accelerazione orizzontale di picco con $T = 475$ anni.

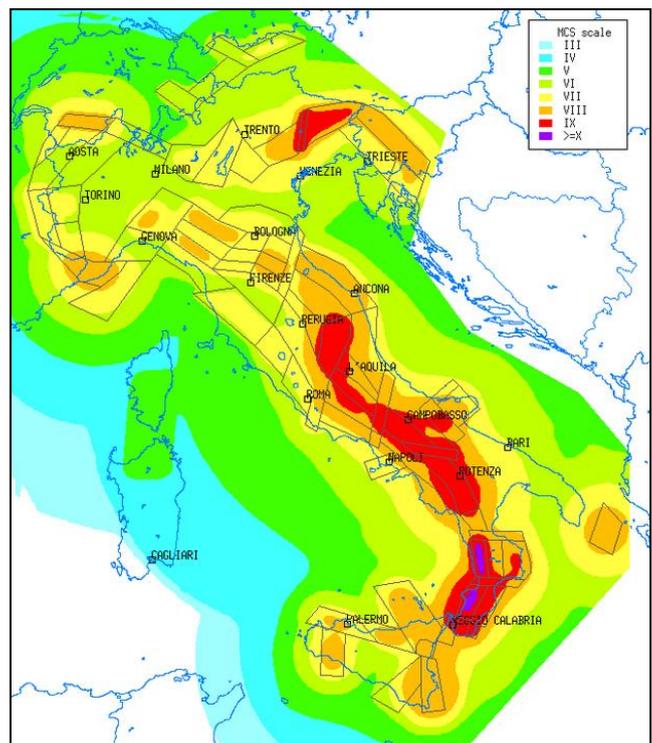


Figura 4.1 – Intensità macrosismica con $T = 475$ anni.

4.2 Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*», entrata in vigore dal 25.10.2005 in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 27 di 51

In relazione alla pericolosità sismica – espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi – il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $Vs30 > 800$ m/s.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} con una tolleranza 0,025g (Tabella 4.1): a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g), che deve essere considerato in sede di progettazione.

Tabella 4.1 - Valori di accelerazione orizzontale massima al suolo.

ZONA	a_{g475}
1	$a_{g475} \geq 0,25g$
2	$0,25g < a_{g475} \leq 0,15g$
3	$0,15g < a_{g475} \leq 0,05g$
4	$a_{g475} < 0,05g$

Allo stato attuale delle conoscenze, attraverso l'applicazione WebGIS, è possibile consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica. Il sito di specifico intervento, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa.

Al parametro **ag** è assegnato un valore di accelerazione al suolo da adottare nella progettazione compreso tra **0,025÷0,05 g** (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 28 di 51

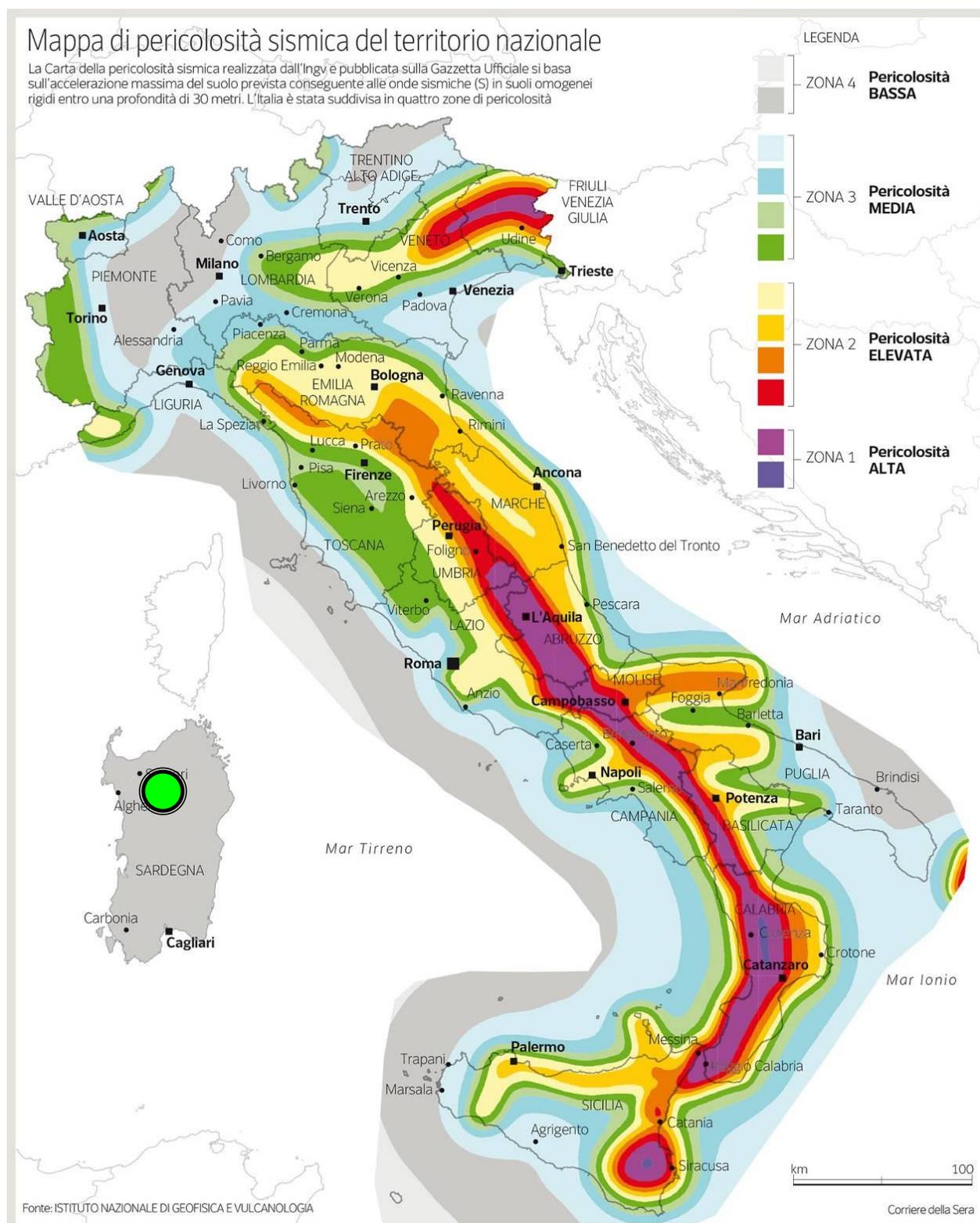


Figura 4.3 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata (INGV 2018).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 29 di 51

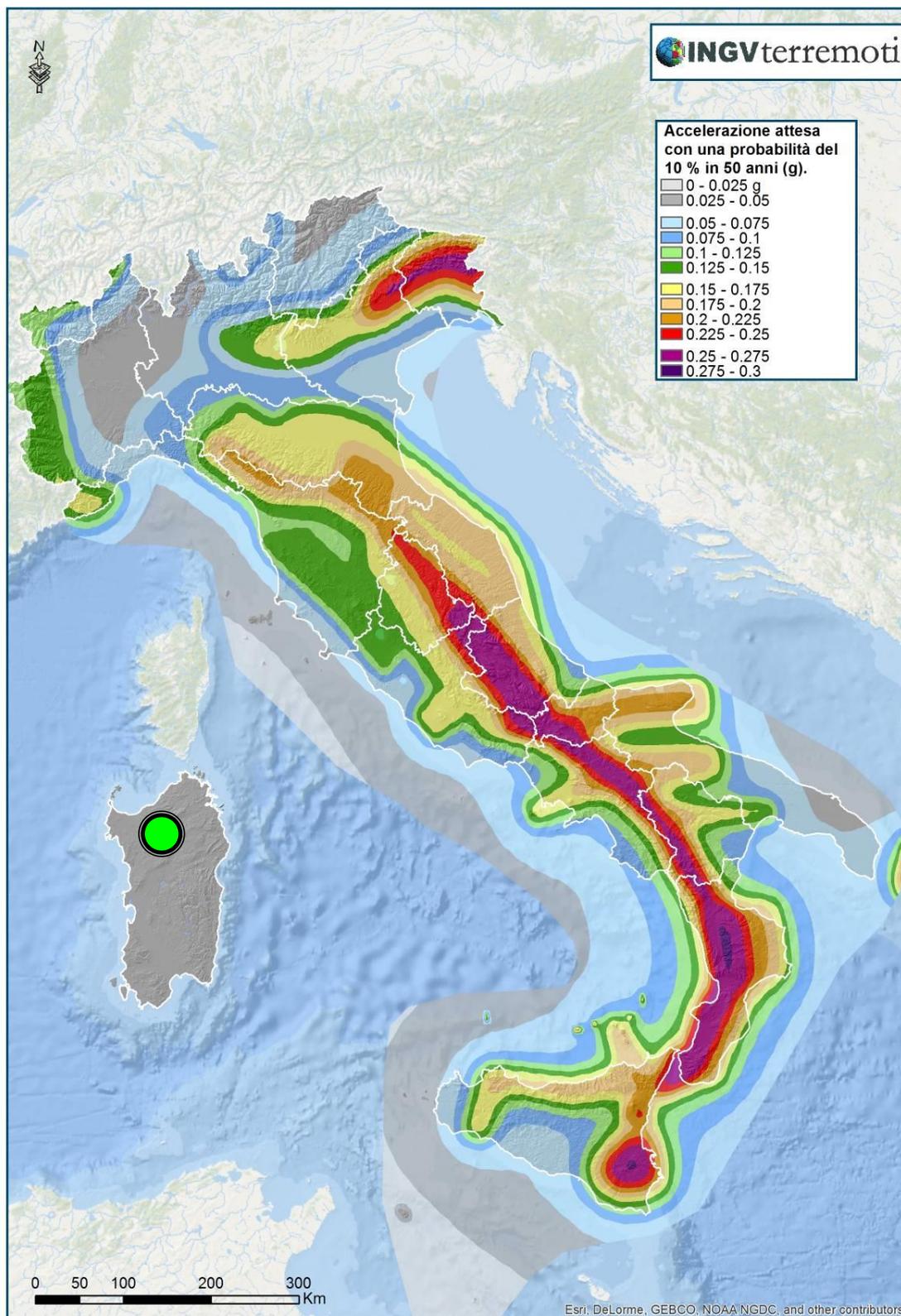


Figura 4.4 – Mappa dell'accelerazione attesa con una probabilità del 10% in 50 anni (INGV 2018).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 30 di 51

4.3 Pericolosità sismica

L'entrata in vigore delle NTC 2008 ha reso obbligatoria, anche per le zone a bassa sismicità come la Sardegna, la stima della pericolosità sismica basata su una griglia, estesa per tutto il territorio nazionale, di 10751 punti, in cui vengono forniti per ogni nodo situato ai vertici di ciascuna maglia elementare, i valori di:

- a_g accelerazione orizzontale massima del 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), per nove periodi di ritorno T_r , in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (**ag**) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l'opera. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (**Tr**) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_0 , T_c^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Solo per alcune aree insulari con bassa sismicità (tra cui la Sardegna), tali valori sono unici e sono quelli indicati nella Tabella 2 dell'Allegato B alle N.T.C. 2008, ancora valide per le N.T.C. del 2018.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**I_{max/pon}**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione.

Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 31 di 51

4.4 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del D.M. del 1701.2018, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (V_s).

Con l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alla configurazione stratigrafica ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{Seq} in m/s) che definiscono l'appartenenza alle seguenti categorie sismiche:

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

4.5 Esito dell'indagine sismica

Per ricostruire la sequenza stratigrafica sulla base delle caratteristiche legate alla velocità delle onde di taglio e quindi addivenire alla classificazione secondo le categorie di suolo previste dalle NTC 2018 e ss.ii., sono stati realizzati n. 4 stendimenti di sismica a rifrazione con metodo MASW.

L'analisi è stata condotta utilizzando un modello composto da 9 sismostrati, di seguito rappresentati in tabella con delle indicazioni di massima della stratigrafia riscontrata.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
		PROGETTO DEFINITIVO	PAGINA 32 di 51
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	

MASW 1								
Strati	Profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione	Vs (m/s)	γ (kN/m ³)	R (kPa)	F (Hz)	T (s)
1	1,7	1,7	Basamento alterato	484	20,2	9.762	206	0,014
2	3,8	2,1	Basamento lapideo	540	20,7	11.193	284	0,016
3	6,3	2,5		593	21,2	12.583	371	0,017
4	9,2	2,9	Basamento lapideo massivo	1.080	24,7	26.622	783	0,011
5	12,5	3,3		1.075	24,6	26.468	887	0,012
6	16,2	3,7		1.134	25,0	28.297	1.049	0,013
7	20,4	4,2		970	24,0	23.277	1.019	0,017
8	25	4,6		1089	24,7	26.900	1.252	0,017
9	-	-		1089	24,7	26.900	-	-
MASW 2								
Strati	Profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione	Vs (m/s)	γ (kN/m ³)	R (kPa)	F (Hz)	T (s)
1	1,7	1,7	Basamento lapideo	759	22,6	17.131	323	0,009
2	3,8	2,1	Basamento massivo	839	23,1	19.416	440	0,010
3	6,3	2,5		918	23,7	21.728	574	0,011
4	9,2	2,9		963	24,0	23.068	698	0,012
5	12,5	3,3		962	23,9	23.038	794	0,014
6	16,2	3,7		892	23,5	20.962	825	0,017
7	20,4	4,2		797	22,8	18.209	837	0,021
8	25	4,6		801	22,9	18.324	921	0,023
9	-	-			826	23,1	19.041	-
MASW 3								
Strati	Profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione	Vs (m/s)	γ (kN/m ³)	R (kPa)	F (Hz)	T (s)
1	1,7	1,7	Basamento alterato	425	19,5	8.298	181	0,016
2	3,8	2,1	Basamento massivo	450	19,8	8.912	236	0,019
3	6,3	2,5		887	23,5	20.815	554	0,011
4	9,2	2,9		1.028	24,3	25.030	745	0,011
5	12,5	3,3		1.091	24,7	26.962	900	0,012
6	16,2	3,7		1.066	24,6	26.192	986	0,014
7	20,4	4,2		1.024	24,3	24.908	1075	0,016
8	25	4,6		989	24,1	23.849	1137	0,019
9	-	-		982	24,1	23.638	-	-
MASW 4								
Strati	Profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione	Vs (m/s)	γ (kN/m ³)	R (kPa)	F (Hz)	T (s)
1	1,7	1,7	Basamento alterato	777	22,7	17640	330	0,009
2	3,8	2,1	Basamento lapideo	890	23,5	20903	467	0,009
3	6,3	2,5		935	23,8	22232	584	0,011
4	9,2	2,9		1102	24,8	27302	799	0,011
5	12,5	3,3		996	24,2	24060	822	0,013
6	16,2	3,7		997	24,2	24090	922	0,015
7	20,4	4,2		1174	25,2	29550	1233	0,014
8	25	4,6		1133	24,9	28265	1303	0,016
9	-	-			1133	24,9	28265	-

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 33 di 51	

In tutti gli stendimenti è stata riscontrata la presenza di un substrato rigido con $V_s > 800$ m/s entro i primi 30 m di profondità; pertanto, la velocità della V_s equivalente è stata calcolata utilizzando le V_s misurate al piano di campagna (Tabella 4.2) e a -2,50 da piano di campagna (Tabella 4.3) fino alla profondità del substrato rigido, coerentemente alle prescrizioni delle NTC 2018.

Tabella 4.2 - V_s equivalente misurati da p.c. attuale, ricavate dagli stendimenti MASW.

DENOMINAZIONE	CORRISPONDENZA	V_s EQUIVALENTE	CATEGORIA SUOLO
MASW 1		542 m/s	B
MASW 2		759 m/s	B
MASW 3		438 m/s	B
MASW 4		777 m/s	B

Tabella 4.3 - V_s equivalente misurate da -2,50 m da p.c. attuale ricavate dagli stendimenti MASW.

DENOMINAZIONE	CORRISPONDENZA	V_s EQUIVALENTE	CATEGORIA SUOLO
MASW 1		574 m/s	B
MASW 2		> 800 m/s	A
MASW 3		> 800 m/s	A
MASW 4		> 800 m/s	A

Resta sempre in capo al progettista l'utilizzo della categoria di sottosuolo di riferimento da utilizzare in funzione delle scelte progettuali.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 34 di 51	

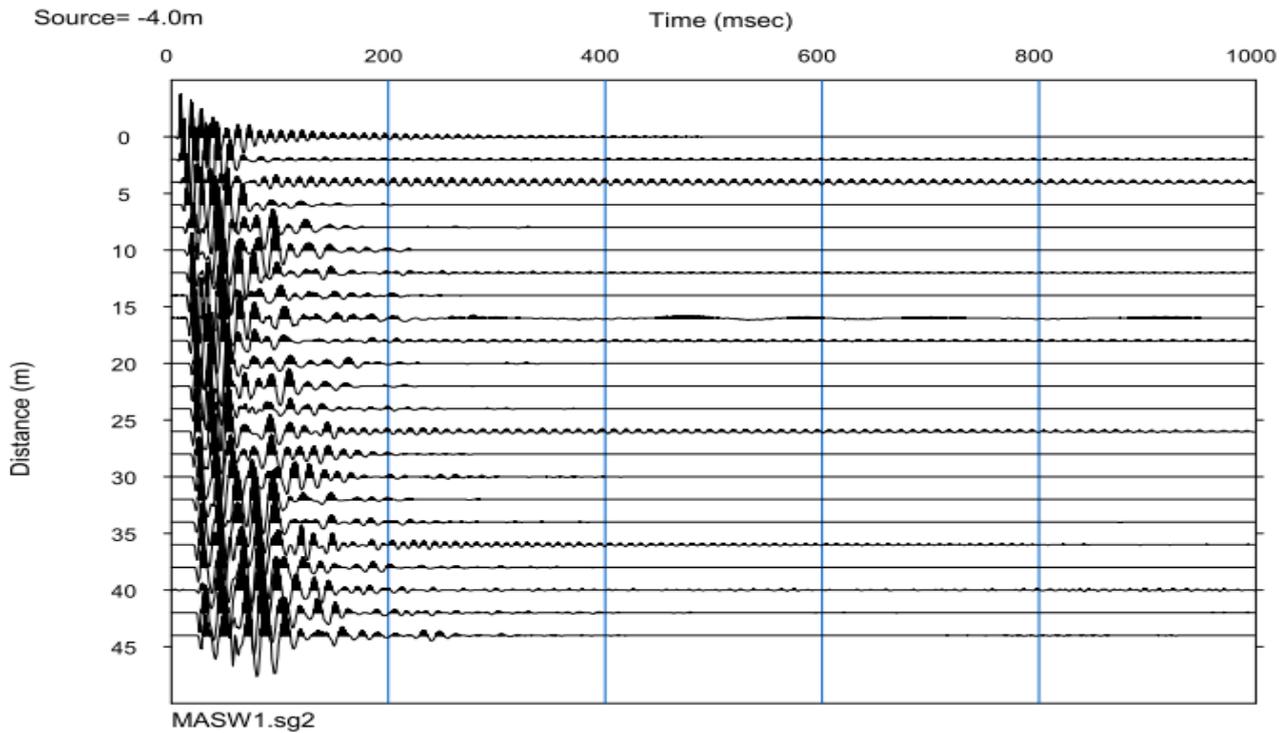


Figura 4.5 - Sismogramma MASW 1.

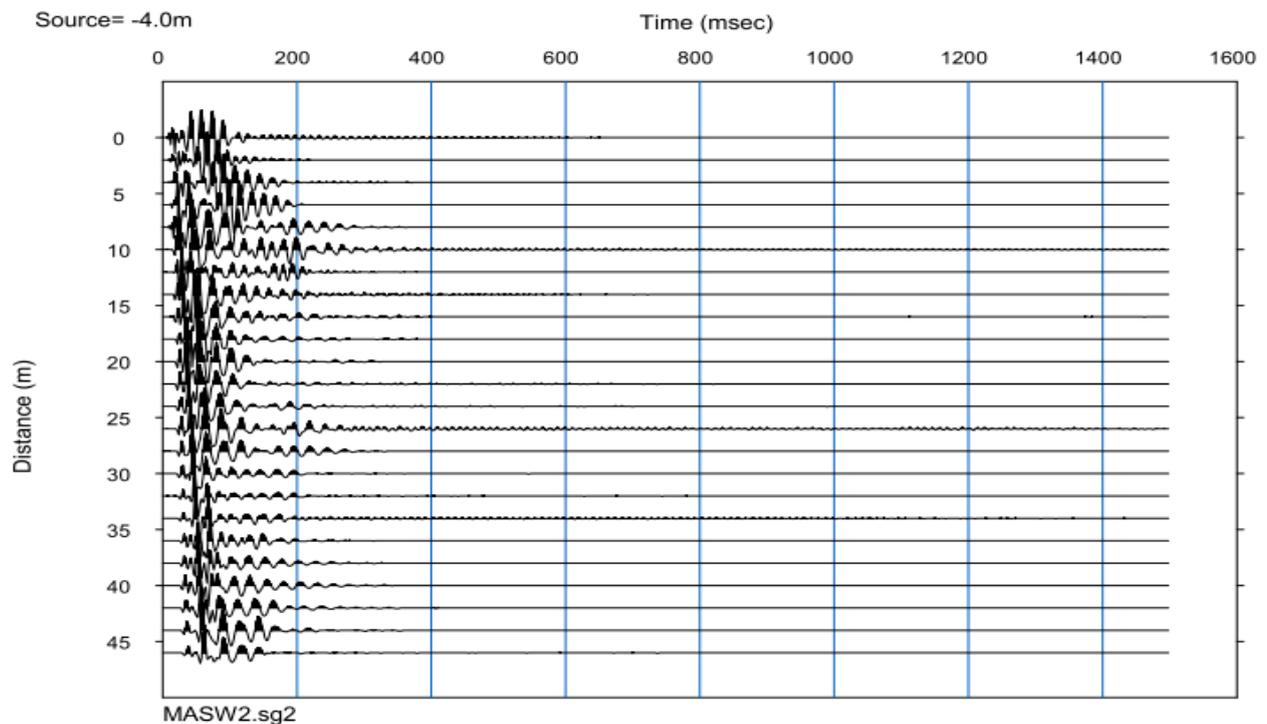


Figura 4.6 - Sismogramma MASW 2.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 35 di 51

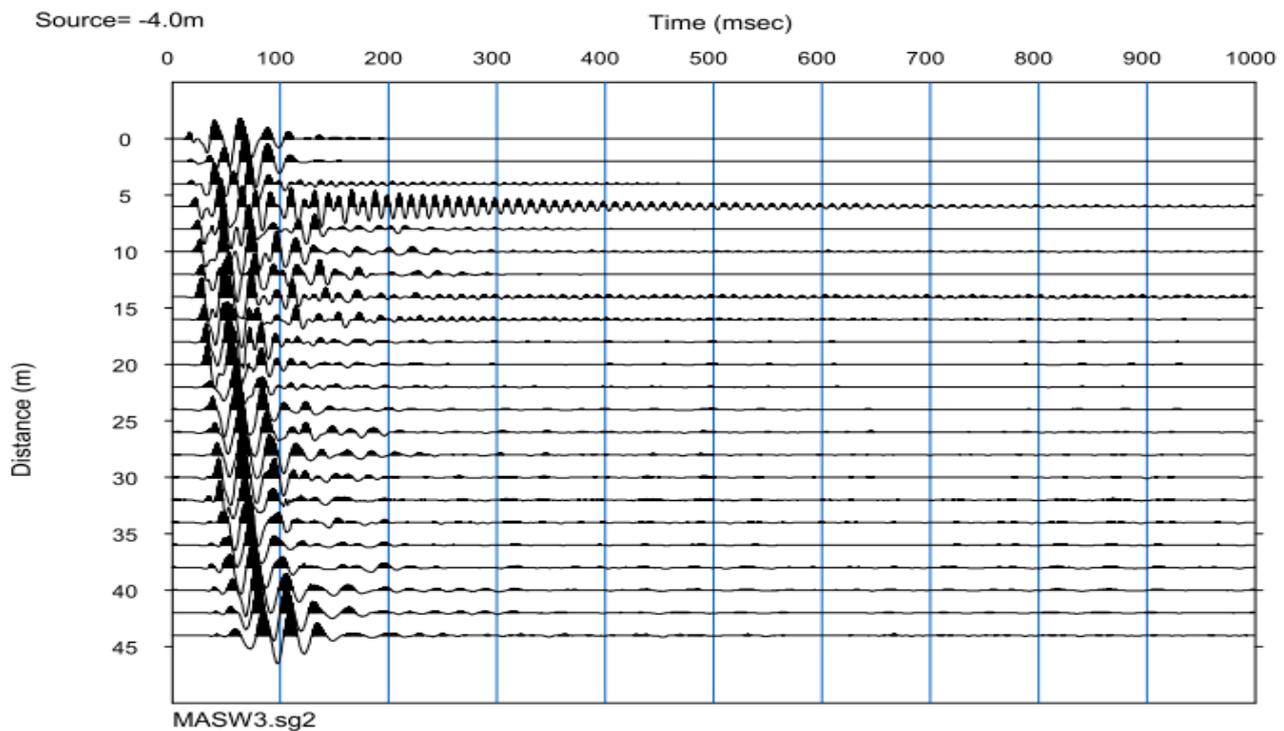


Figura 4.7 - Sismogramma MASW 3.

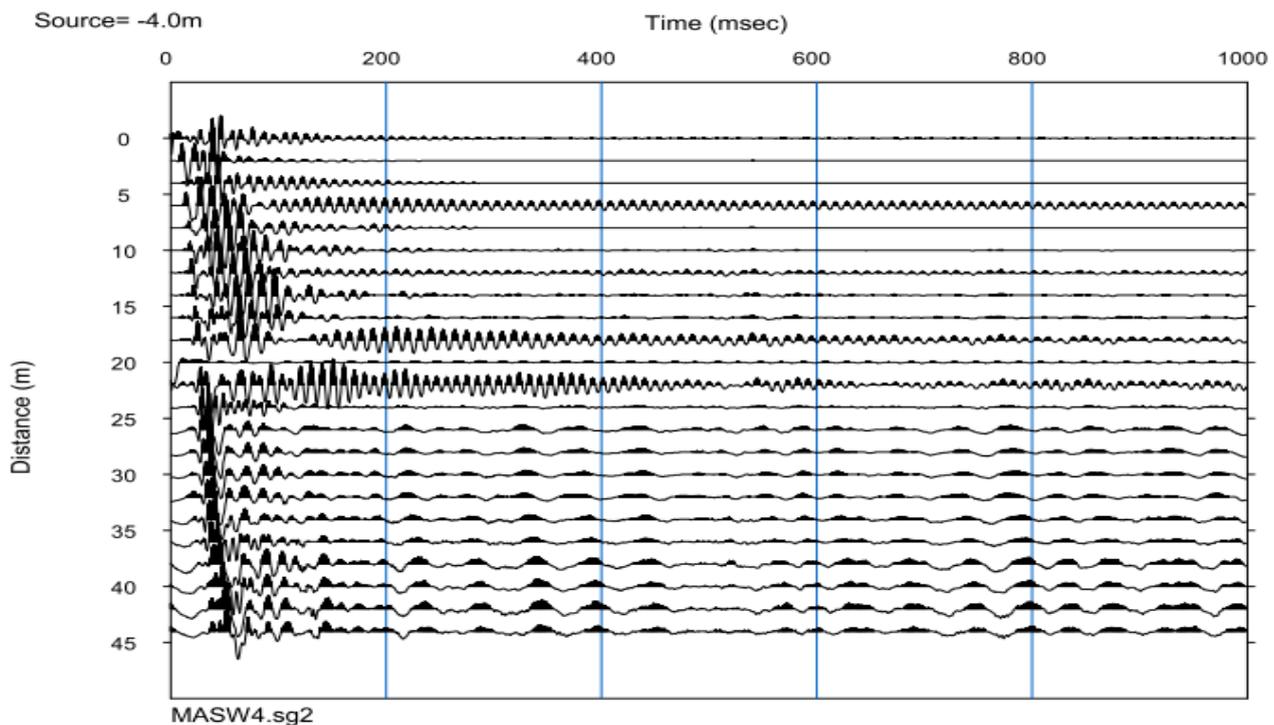


Figura 4.8 – Sismogramma MASW 4

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 36 di 51	

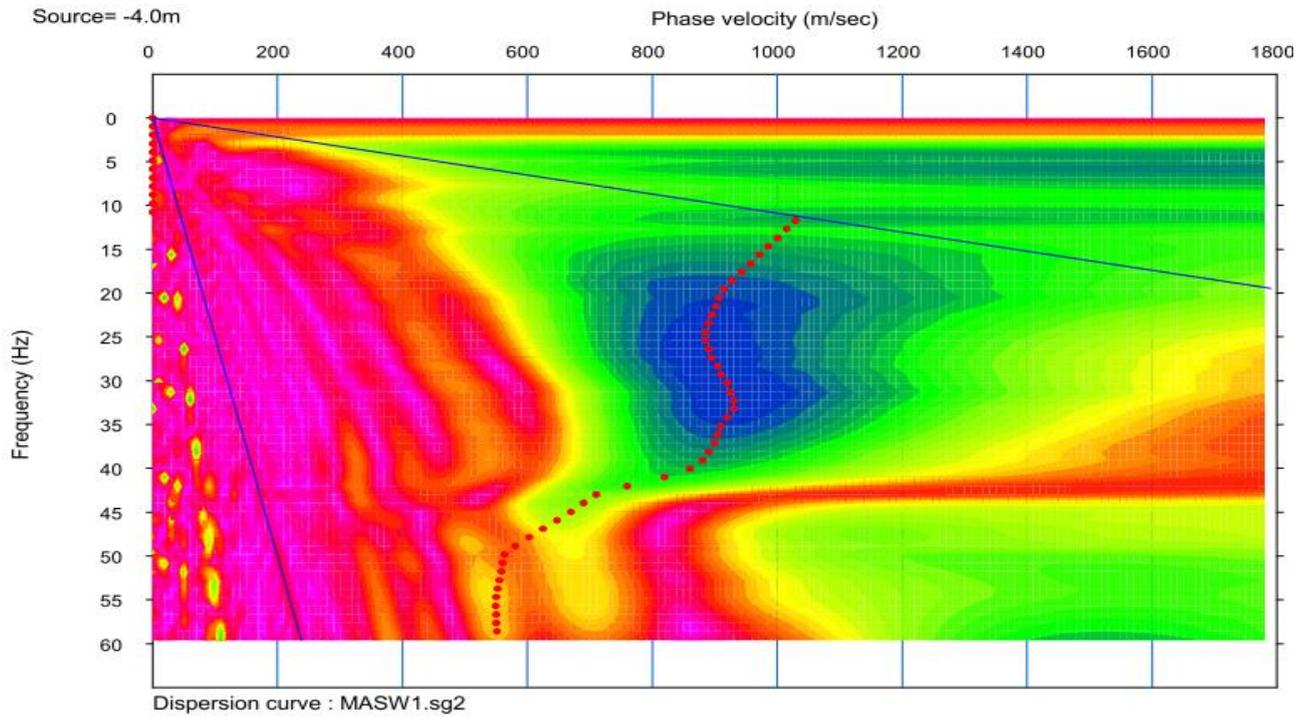


Figura 4.9 - Spettro di dispersione per la MASW 1.

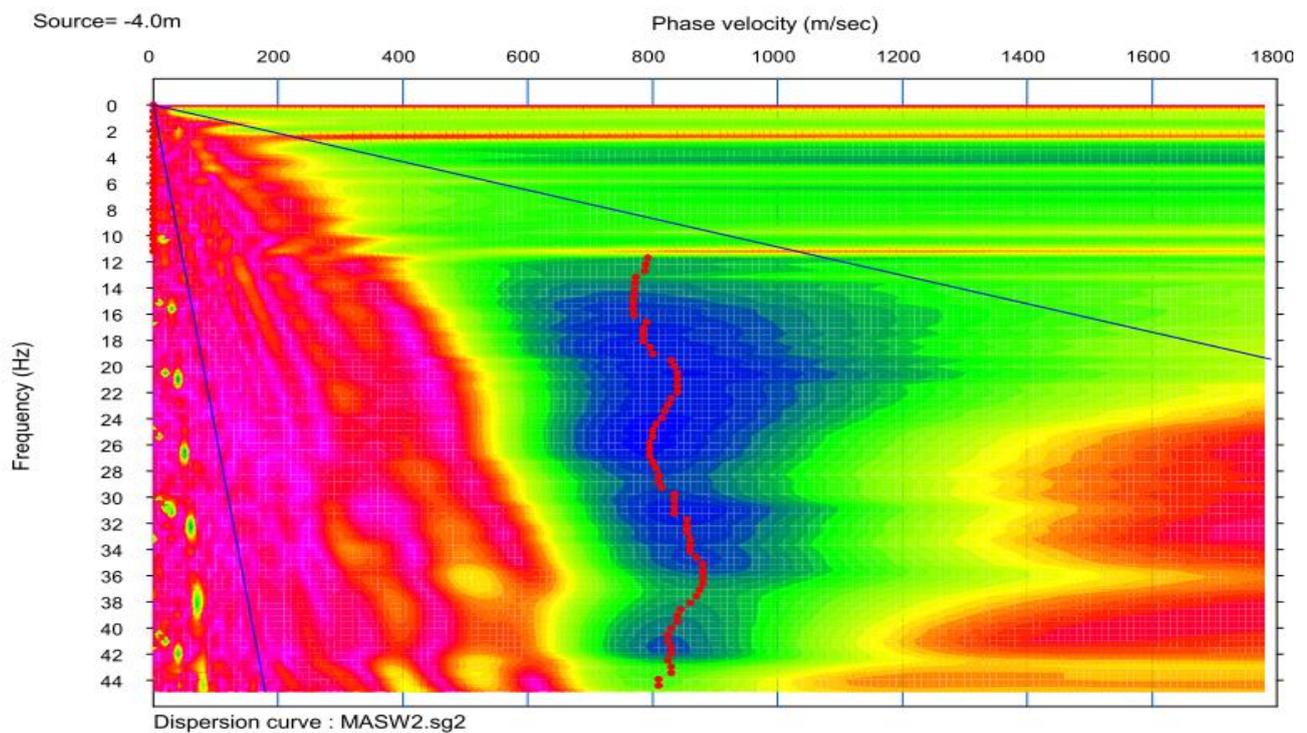


Figura 4.10 - Spettro di dispersione per la MASW 2.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 37 di 51

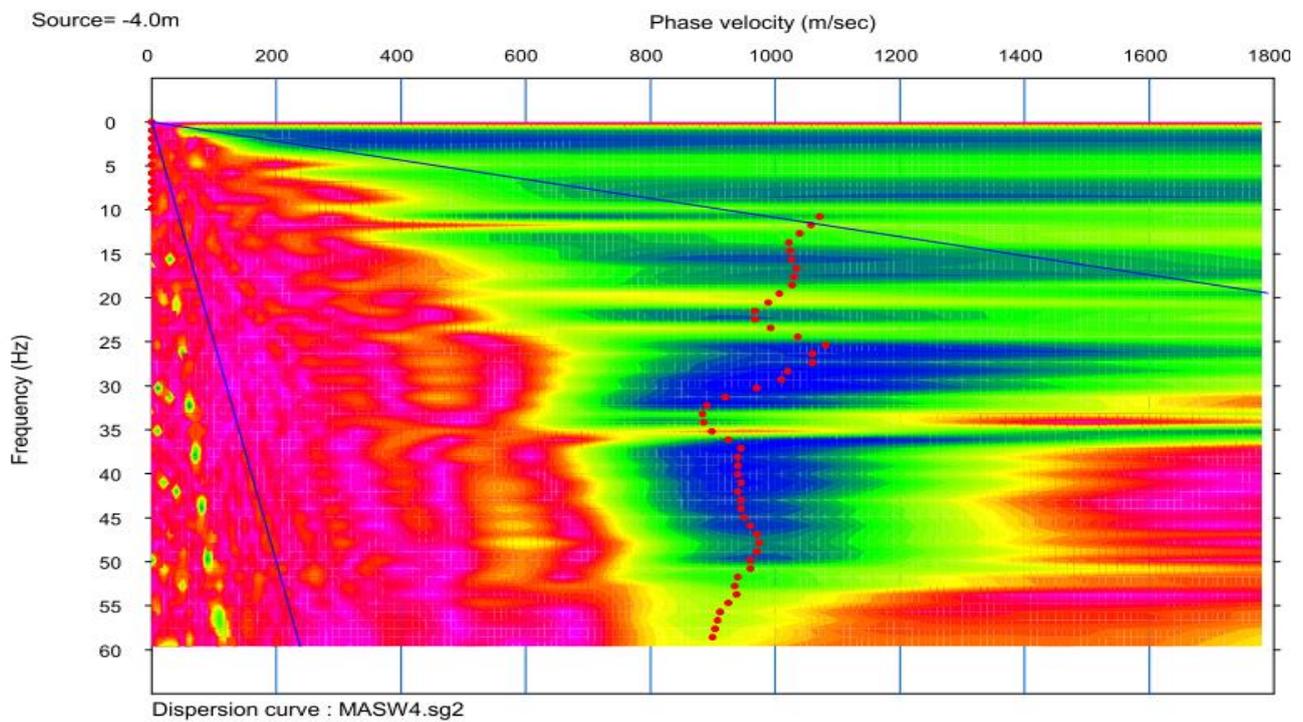


Figura 4.11 - Spettro di dispersione per la MASW 3.

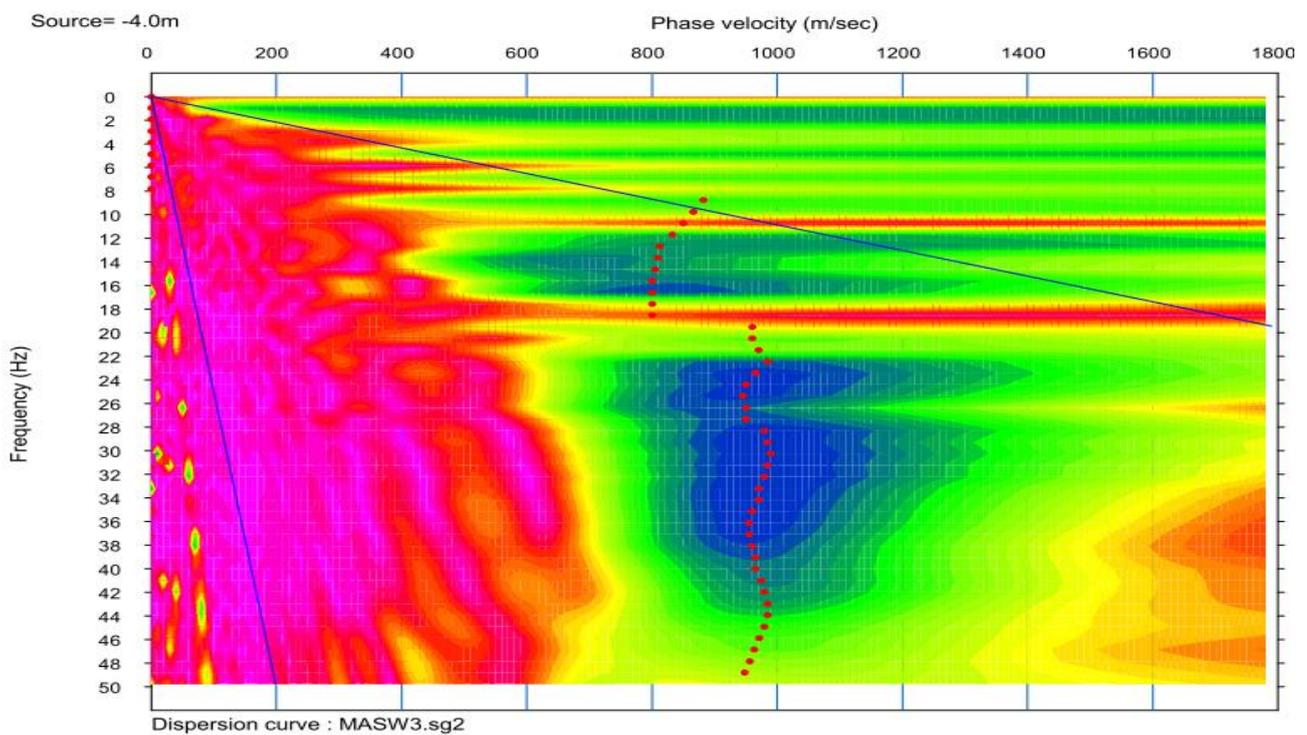


Figura 4.12 - Spettro di dispersione per la MASW 4.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 38 di 51	

Nei successivi profili MASW viene rappresentata la variazione della velocità delle Vs alle diverse profondità d'indagine.

La successione di pallini verdi indica la velocità delle Vs nella distribuzione spettrale, nonché l'effettiva profondità di investigazione raggiunta.

Non sono state riscontrate evidenze di presenza di falda.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		PROGETTO DEFINITIVO TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 39 di 51

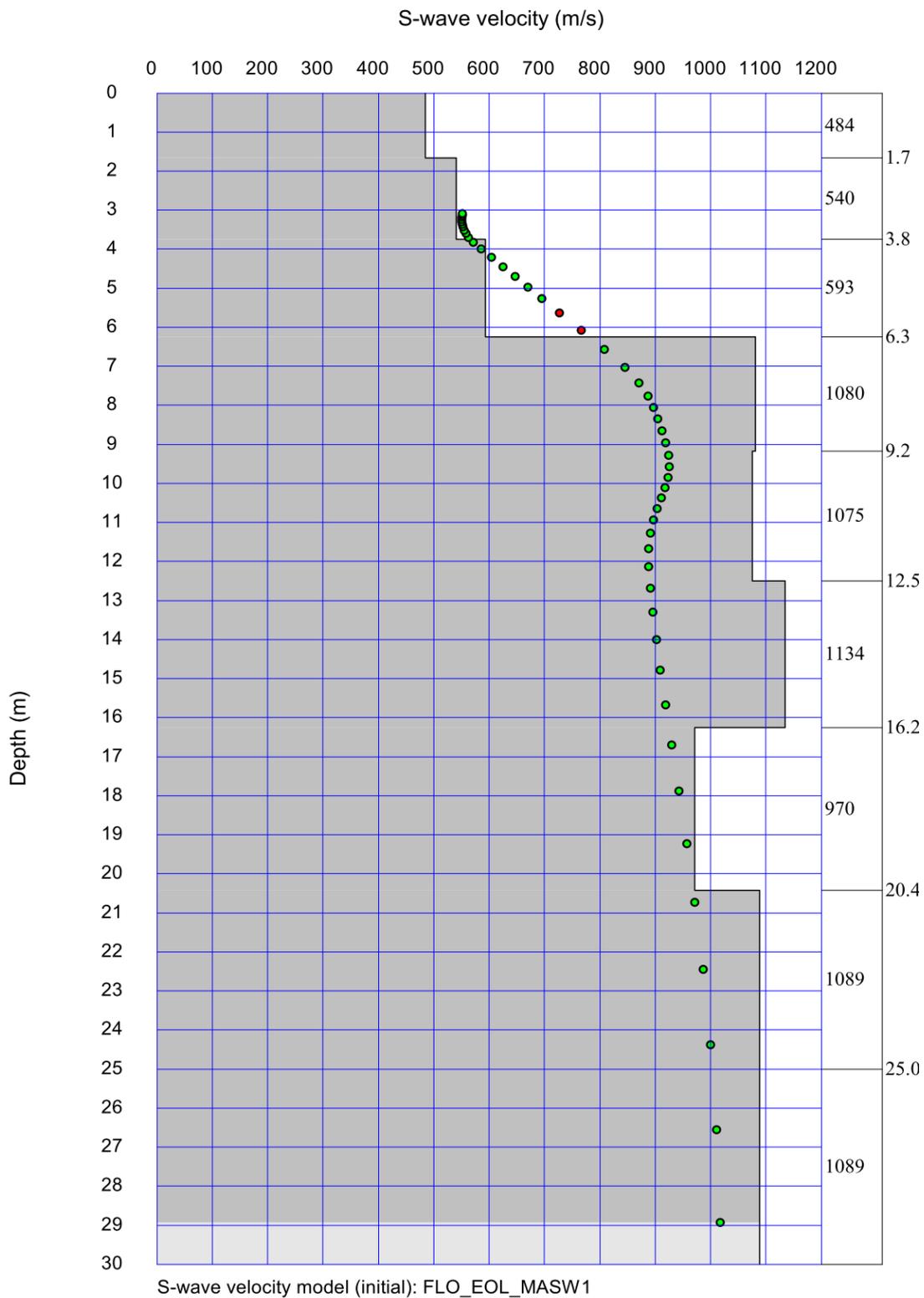


Figura 4.13 – Profilo MASW 1.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 40 di 51

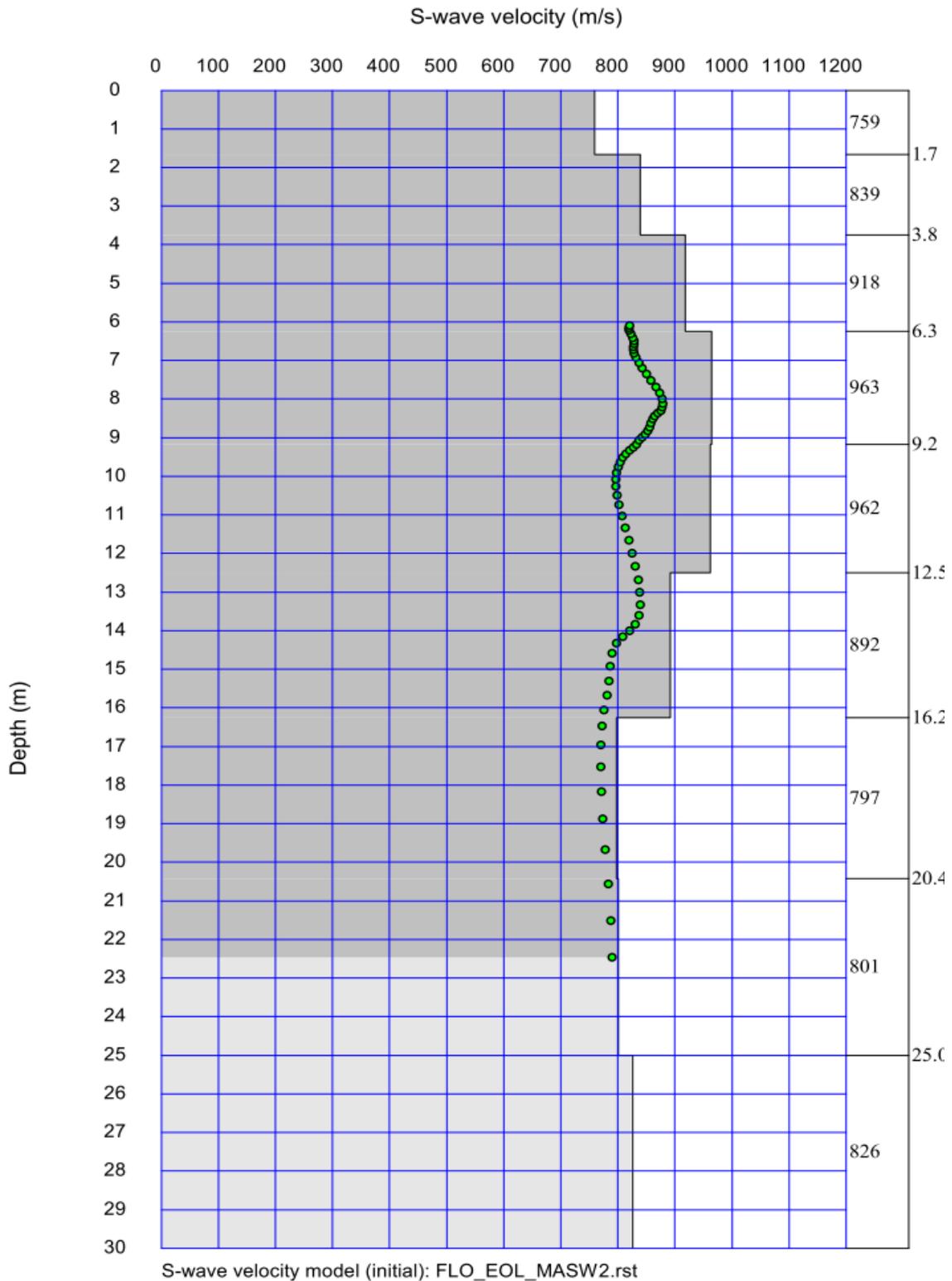


Figura 4.14 – Profilo MASW 2.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 41 di 51

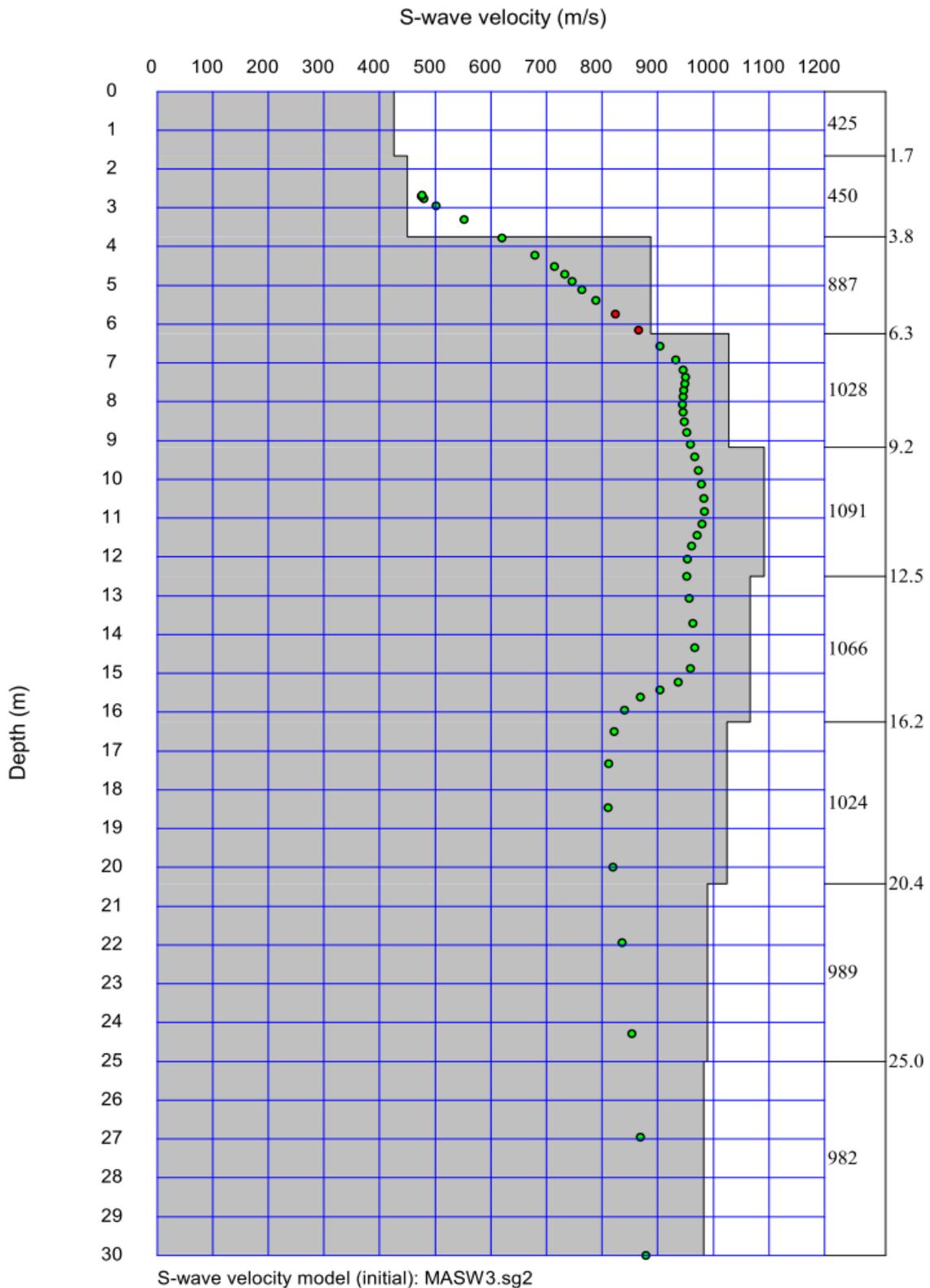


Figura 4.15 – Profilo MASW 3.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 42 di 51

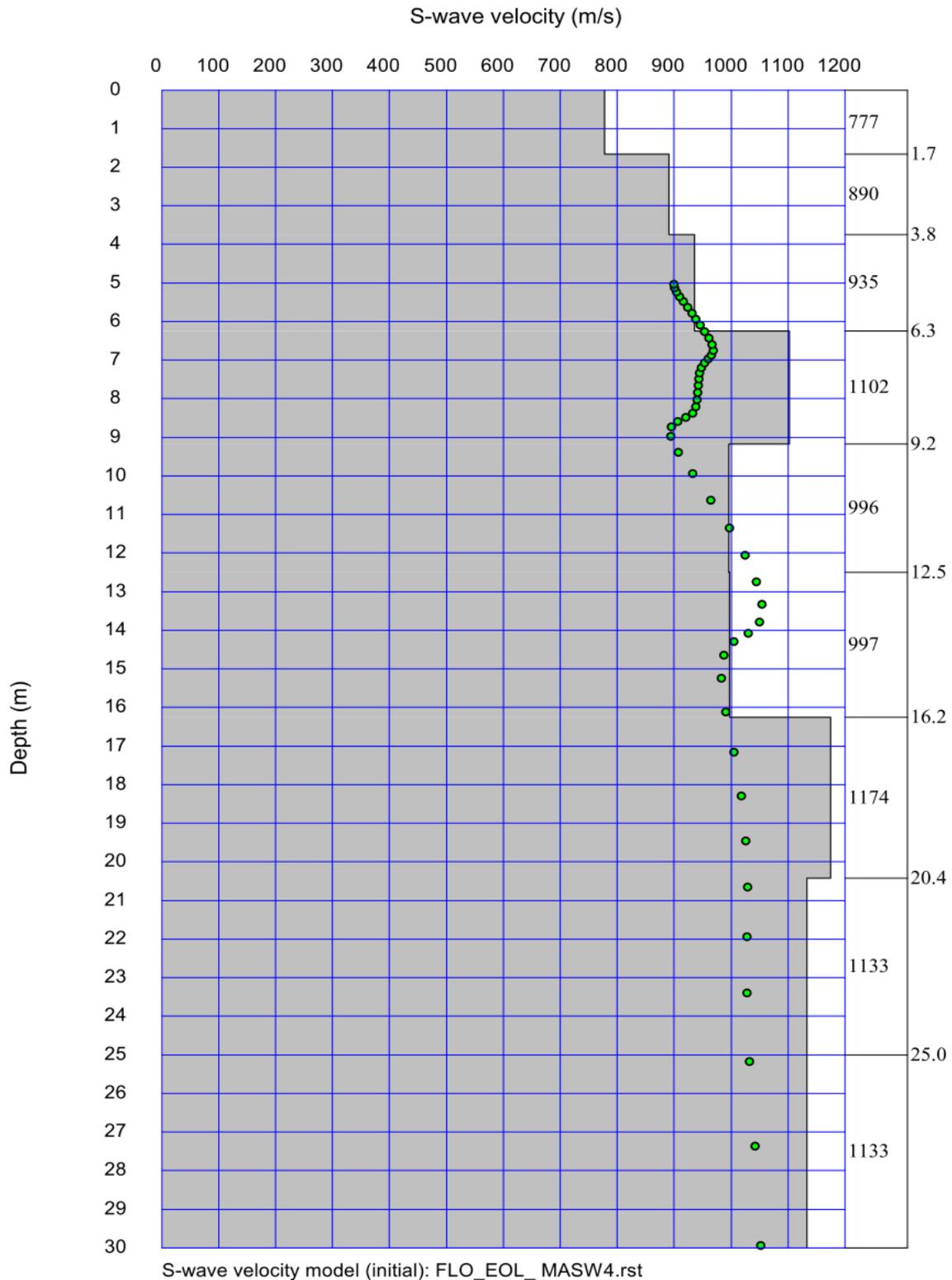


Figura 4.16 – Profilo MASW 4.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 43 di 51

4.6 Risultati della sismica a rifrazione

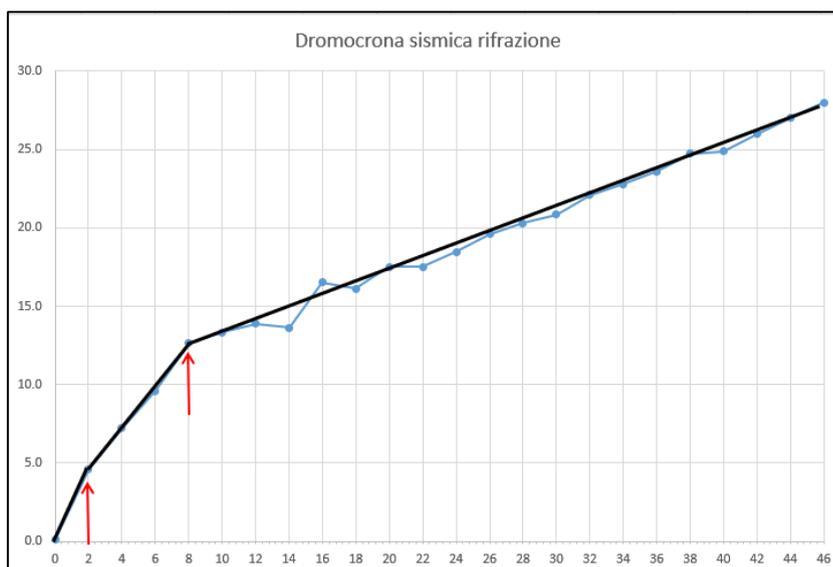
Allo scopo di fornire ulteriori parametri utili per la caratterizzazione stratigrafica è stata eseguita anche una rifrazione semplificata con l'esecuzione di una battuta in corrispondenza del primo geofono: mediante l'analisi dei primi arrivi è stata elaborata una sismostratigrafia delle Vp, con la semplificazione di una stratigrafia piano parallela.

La massima profondità di indagine è stata assunta pari a circa 15 m.

4.6.1 Rifrazione MASW 1

Tipologia substrato interpretato	Velocità Vp (m/s)	Profondità strato (m)
Suolo addensato	435	0,00 – 0,50
Basamento litoide alterato	750	0,50 – 3,40
Basamento litoide massivo	2.479	3,40 e oltre (?)

Geofono (n°)	Distanza (m)	Tempo (ms)
1	0	0,1
2	2	4,6
3	4	7,2
4	6	9,6
5	8	12,6
6	10	13,3
7	12	13,9
8	14	13,6
9	16	16,5
10	18	16,1
11	20	17,5
12	22	17,5
13	24	18,5
14	26	19,6
15	28	20,3
16	30	20,8
17	32	22,1
18	34	22,8
19	36	23,6
20	38	24,7
21	40	24,9
22	42	26,0
23	44	27,0
24	46	28,1

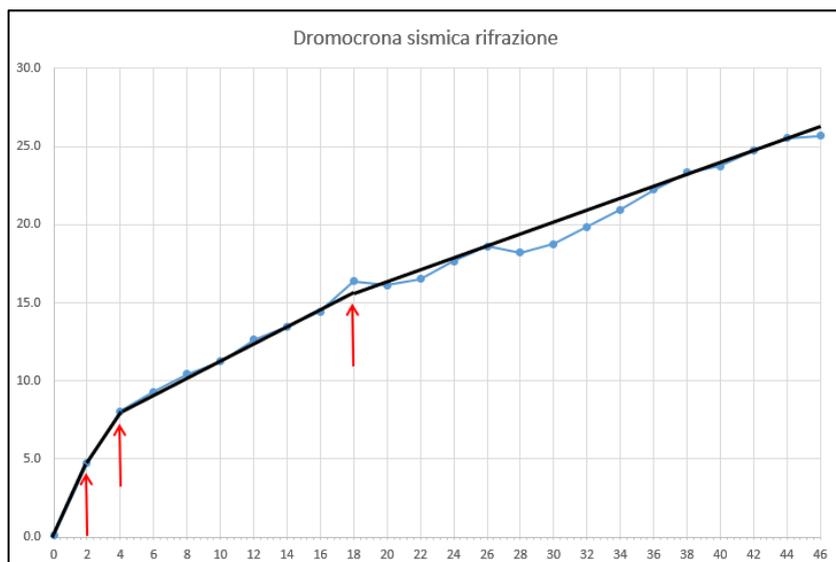


COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 44 di 51

4.6.2 Rifrazione MASW 2

Tipologia substrato interpretato	Velocità Vp (m/s)	Profondità strato (m)
Suolo addensato	426	0,00 – 1,00
Basamento litoide molto alterato	588	1,00 – 3,00
Basamento litoide	1.905	3,00 – 5,80
Basamento litoide massivo	2.597	5,80 e oltre (?)

Geofono (n°)	Distanza (m)	Tempo (ms)
1	0	0,1
2	2	4,7
3	4	8,1
4	6	9,3
5	8	10,4
6	10	11,3
7	12	12,6
8	14	13,5
9	16	14,4
10	18	16,4
11	20	16,1
12	22	16,5
13	24	17,6
14	26	18,6
15	28	18,2
16	30	18,8
17	32	19,9
18	34	21,0
19	36	22,2
20	38	23,3
21	40	23,8
22	42	24,7
23	44	25,6
24	46	25,7

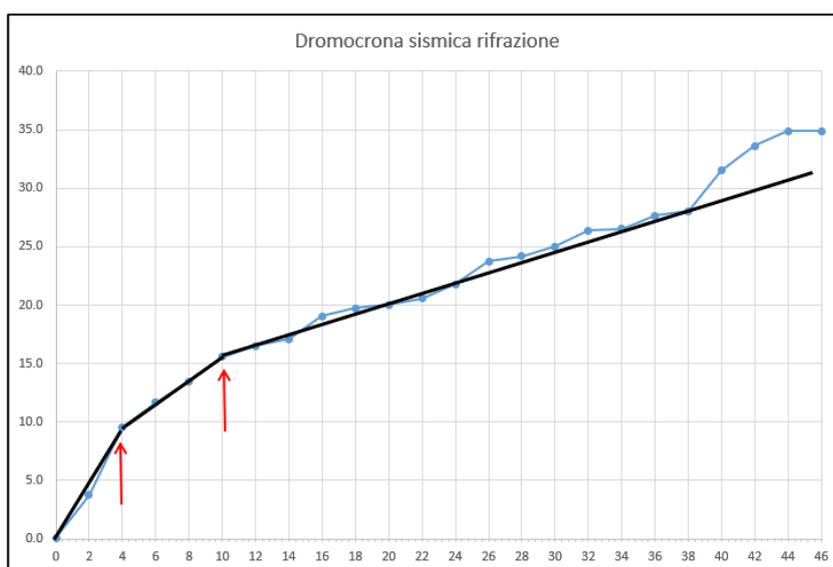


COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 45 di 51

4.6.3 Rifrazione MASW 3

Tipologia substrato interpretato	Velocità Vp (m/s)	Profondità strato (m)
Suolo addensato	417	0,00 – 1,30
Basamento litoide alterato	1.004	1,30 – 4,40
Basamento litoide massivo	2.240	4,40 e oltre (?)

Geofono (n°)	Distanza (m)	Tempo (ms)
1	0	0,1
2	2	3,8
3	4	9,6
4	6	11,7
5	8	13,5
6	10	15,6
7	12	16,5
8	14	17,1
9	16	19,0
10	18	19,7
11	20	20,0
12	22	20,6
13	24	21,8
14	26	23,8
15	28	24,2
16	30	25,0
17	32	26,4
18	34	26,5
19	36	27,6
20	38	28,1
21	40	31,5
22	42	33,6
23	44	34,9
24	46	34,9

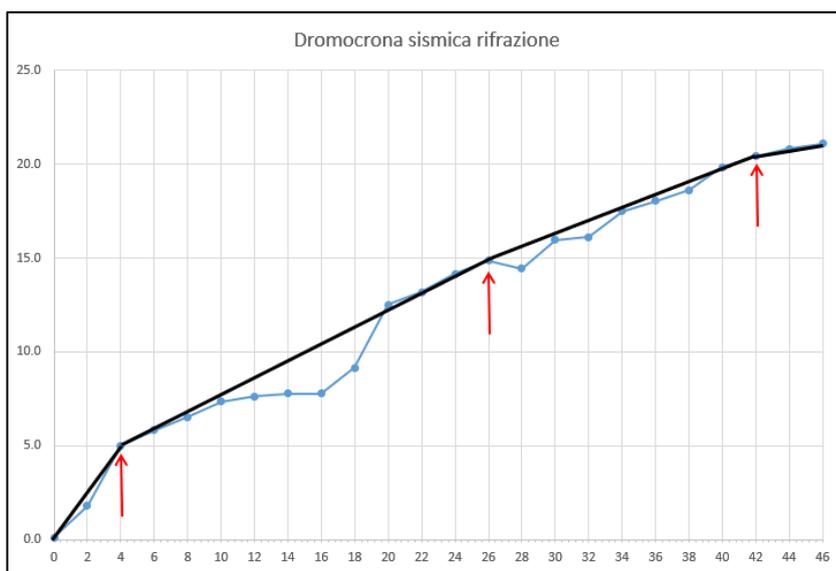


COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 46 di 51

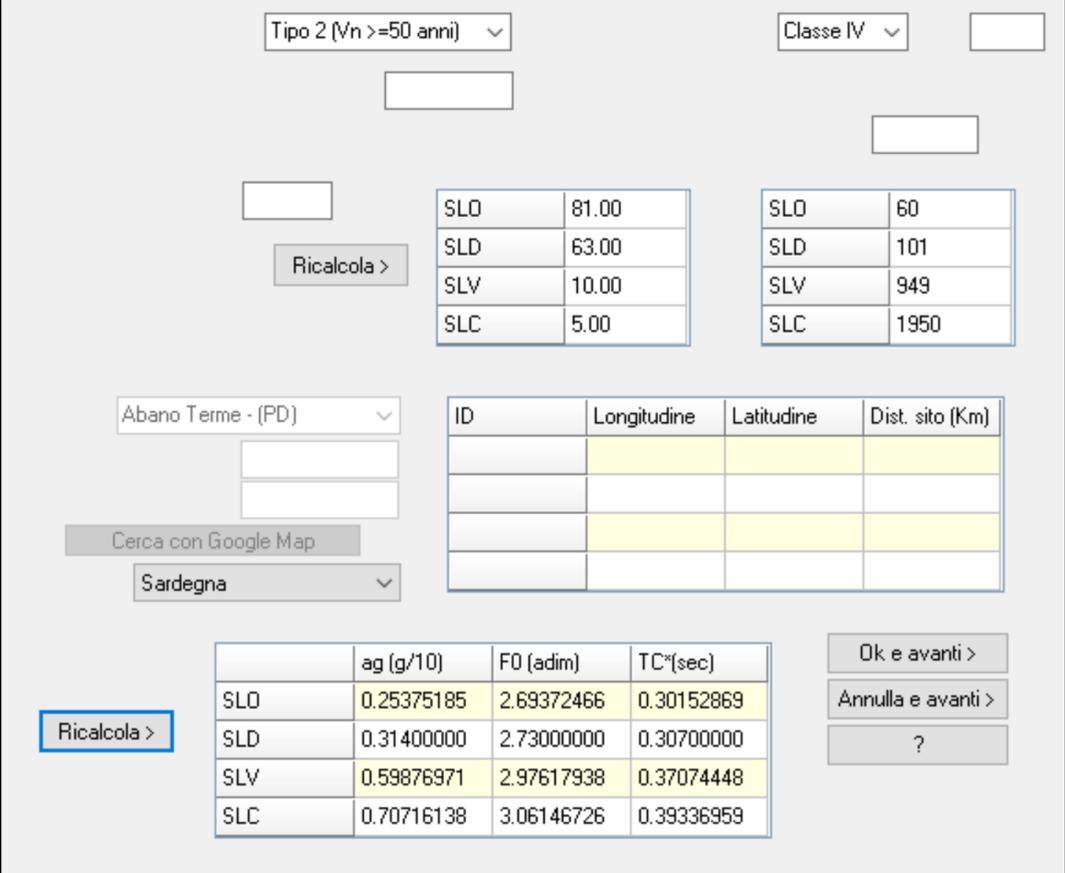
4.6.4 Rifrazione MASW 4

Tipologia substrato interpretato	Velocità Vp (m/s)	Profondità strato (m)
Suolo addensato	800	0,00 – 1,40
Basamento litoide molto alterato	2222	1,40 – 6,10
Basamento litoide	2909	6,10 – 18,10
Basamento litoide massivo	5714	18,10 e oltre (?)

Geofono (n°)	Distanza (m)	Tempo (ms)
1	0	0,1
2	2	1,8
3	4	5,0
4	6	5,8
5	8	6,5
6	10	7,4
7	12	7,6
8	14	7,8
9	16	7,8
10	18	9,2
11	20	12,5
12	22	13,2
13	24	14,2
14	26	14,9
15	28	14,4
16	30	16,0
17	32	16,1
18	34	17,5
19	36	18,1
20	38	18,6
21	40	19,9
22	42	20,4
23	44	20,8
24	46	21,1



COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 48 di 51



SLO	81.00
SLD	63.00
SLV	10.00
SLC	5.00

SLO	60
SLD	101
SLV	949
SLC	1950

ID	Longitudine	Latitudine	Dist. sito (Km)

	ag (g/10)	F0 (adim)	TC*(sec)
SLD	0.25375185	2.69372466	0.30152869
SLD	0.31400000	2.73000000	0.30700000
SLV	0.59876971	2.97617938	0.37074448
SLC	0.70716138	3.06146726	0.39336959

Figura 4.17 – Calcolo dei parametri di pericolosità sismica (immagine catturata da software SpettriWin).

Calcolati i periodi di ritorno per i due stati limite sono definiti, in accordo alle NTC 2008, i valori di accelerazione orizzontale massima (**ag**) attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale validi per il territorio interessato dal progetto. Essendo la sismicità della Sardegna molto bassa, i dati storici e quelli strumentali non evidenziano criticità nella pericolosità sismica di base, motivo per cui (cfr. Allegato B, Tabella 2 delle NTC 2008 di cui si riporta uno stralcio in Figura 4.18) i rispettivi valori sono uniformi per tutta la Sardegna:

- per TR = 101 anni ag = 0,314
- per TR = 949 anni ag = 0,603

Isole	TR=30			TR=50			TR=72			TR=101			TR=140			TR=201			TR=475			TR=975			TR=2475		
	ag	F0	TC	ag	F0	TC	ag	F0	TC	ag	F0	TC	ag	F0	TC	ag	F0	TC	ag	F0	TC	ag	F0	TC	ag	F0	TC
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,331	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,300	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401

Figura 4.18 – Valori dei parametri sismici nel territorio della Sardegna.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 49 di 51	

4.8 Risposta sismica locale

Identificati i valori delle accelerazioni massime attese al suolo rigido ("bedrock"), le NTC 2008 impongono di valutare la loro variazione ("amplificazione") negli strati più superficiali ("risposta sismica locale") attraverso i parametri categoria di sottosuolo e condizione topografica che nel caso sono assunti:

- Categoria di sottosuolo **A** ("ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m")
- Categoria di sottosuolo **B** ("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")
- Condizione topografica **T1** ("Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media < 15°")

da cui si ricavano i seguenti coefficienti:

- Amplificazione stratigrafica $S_S = 1,000$
- Amplificazione topografica $S_T = 1,000$
- Funzione categoria suolo $C_C = 1,000$

Gli spettri di progetto risultanti dall'elaborazione per categoria di sottosuolo "A" e "B" sono restituiti rispettivamente in Figura 4.20 ed in Figura 4.21.

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS"	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 50 di 51

Categoria di sottosuolo (Art. 3.2.2) Categoria topografica (Art. 3.2.2)
Rapporto h/H altezza pendio: Coeff. amplif. topografica St:
Coeff. smorzamento (%) X: => h= 1.000

Parametri spettri orizzontali e Fv

	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLO	1.000	0.101	0.302	1.702	0.579	1.000	1.000
SLD	1.000	0.102	0.307	1.726	0.653	1.000	1.000
SLV	1.000	0.124	0.371	1.840	0.983	1.000	1.000
SLC	1.000	0.131	0.393	1.883	1.099	1.000	1.000

Ricalcola =>

Parametri spettri verticali

Ss	TB	TC	TD
1.000	0.050	0.150	1.000

Tipo comportamento: Non dissipativo Dissipativo
Classe di duttilità: Alta (CD'A') Media (CD'B')

Fattori di comportamento q (par. 7.3 NTC)

	SLD	SLD	SLV	SLC
Direz. X1	1.000	1.500	1.500	1.500
Direz. Y1	1.000	1.500	2.500	1.500
Direz. Z	1.000	1.500	1.500	1.500

Regolarità edificio: In pianta In altezza

Figura 4.19 – **Categoria di sottosuolo A.** Calcolo dei parametri sismici (immagine catturata da software SpettriWin).

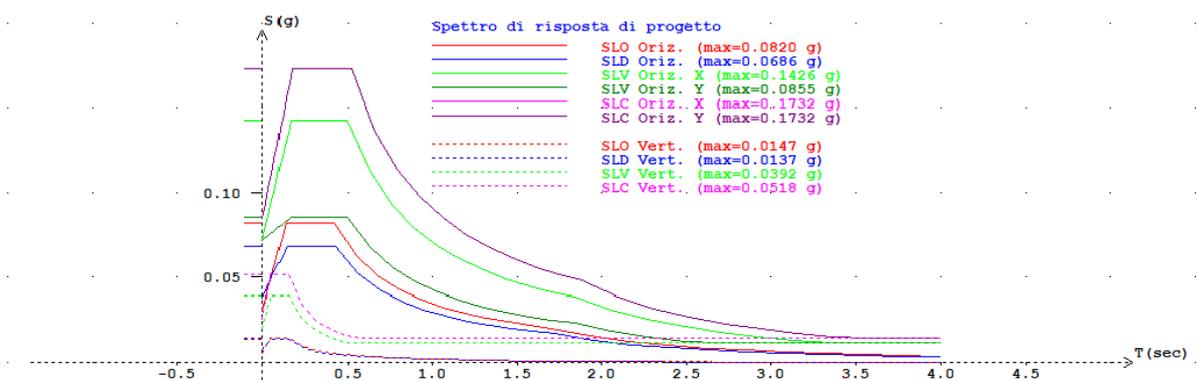


Figura 4.20 – **Categoria di sottosuolo A.** Spettro di risposta di progetto (immagine catturata da software SpettriWin).

COMMITTENTE RWE Renewables Italia S.r.l. Via Andrea Doria, 41/G - Roma (RM)		OGGETTO PARCO AGRIVOLTAICO "FLORINAS" PROGETTO DEFINITIVO	COD. ELABORATO RWE-AVF-RP4a
 www.iatprogetti.it		TITOLO RELAZIONE SISMICA	PAGINA 51 di 51

Categoria di sottosuolo (Art. 3.2.2) Categoria topografica (Art. 3.2.2)

Rapporto h/H altezza pendio: Coeff. amplif. topografica St:

Coeff. smorzamento (%) X: => h= 1.000

Parametri spettri orizzontali e Fv

	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLO	1.200	0.141	0.422	1.702	0.579	1.398	1.200
SLD	1.200	0.143	0.428	1.726	0.653	1.393	1.200
SLV	1.200	0.166	0.497	1.840	0.983	1.341	1.200
SLC	1.200	0.174	0.522	1.883	1.099	1.326	1.200

Parametri spettri verticali

Ss	TB	TC	TD
1.000	0.050	0.150	1.000

Tipo comportamento
 Non dissipativo
 Dissipativo

Classe di duttilità
 Alta (CD'A')
 Media (CD'B')

Fattori di comportamento q (par. 7.3 NTC)

	SLO	SLD	SLV	SLC
Direz. X1	1.000	1.500	1.500	1.500
Direz. Y1	1.000	1.500	2.500	1.500
Direz. Z	1.000	1.500	1.500	1.500

Regolarità edificio
 In pianta
 In altezza

Figura 4.21 – **Categoria di sottosuolo B.** Calcolo dei parametri sismici (immagine catturata da software SpettriWin).

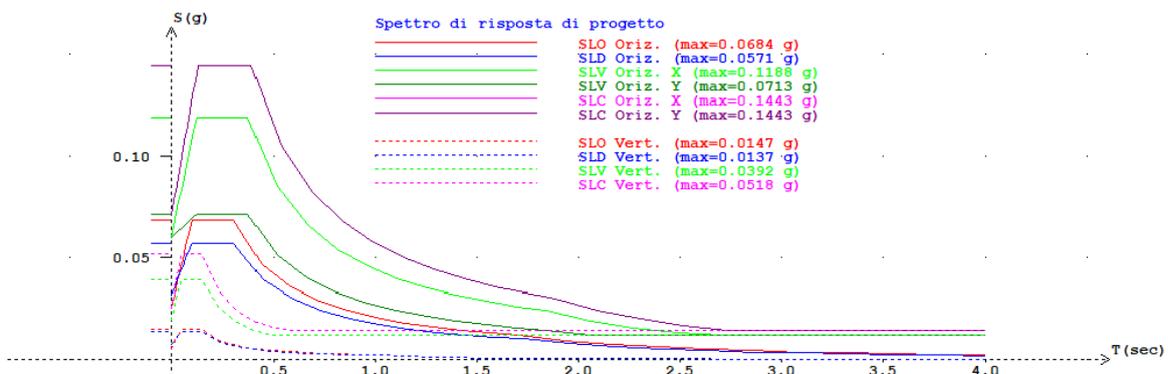


Figura 4.22 – **Categoria di sottosuolo B.** Spettro di risposta di progetto (immagine catturata da software SpettriWin).