

ISTANZA VIA
Presentata al
Ministero della Transizione Ecologica
e al Ministero della Cultura
(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

PROGETTO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 25,30 MWp – 22,2 MVA
Località "Tenuta Boccea" - Comune di Roma

Relazione Geologica e Geotecnica
21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (BOCCEA PV) S.r.l.
Viale SHAKESPERE, 71 – 00144 Roma
P.IVA e C.F. 16376271009 – REA RM - 1653227

PROGETTISTA:

ING. MATTEO BERTONERI
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Massa Carrara al n. 669

IL GEOLOGO:

DOTT.SSA GEOL. CONCETTA PEREZ
Iscritta all'Ordine Regionale e Nazionale dei Geologi al n. 2733 sez. A

| Data | Rev. | Tipo revisione | Redatto | Verificato | Approvato |
|---------|------|-----------------|---------|------------|----------------|
| 03/2022 | 0 | Prima emissione | C.P. | M.R. | F. Battafarano |

| | | | |
|---|---|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 2 of 46 |

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 1.1 DATI GENERALI DEL PROGETTO | 5 |
| 2. STATO DI FATTO | 6 |
| 2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO | 6 |
| 2.1.1 Inquadramento catastale impianto | 7 |
| 3. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELL'IMPIANTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE..... | 8 |
| 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE | 10 |
| 4.1 LITOLOGIE PRESENTI NELL'AREA DI PROGETTO | 14 |
| 5. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI | 17 |
| 6. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE..... | 21 |
| 7. CARTA DEI DISSESTI E PERICOLOSITÀ IDRAULICA- REGIME VINCOLISTICO E DI FATTIBILITÀ..... | 23 |
| 8. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA..... | 25 |
| 8.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO | 25 |
| 9. CONSIDERAZIONI IDRO-GEOMORFOLOGICHE E REGIME VINCOLISTICO RILEVATE SULLE AREE ATTRAVERSATE DALLE OPERE DI CONNESSIONE – LINEA AT | 27 |
| 10. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE | 29 |
| 11. INDAGINI GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO AI FINI DALL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO | 31 |
| 11.1 PREMESSA | 31 |
| 11.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE..... | 32 |
| 11.3 METODOLOGIA SISMICA ADOPERATA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA | 34 |
| 11.4 ELABORATI SISMICI..... | 36 |
| 11.5 CARATTERISTICHE SIMO-STRATIGRAFICHE LOCALI | 39 |
| 11.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO | 40 |
| 11.7 CONSIDERAZIONI GEOSISMICHE CONCLUSIVE..... | 42 |
| 12. INDAGINE GEOELETTRICA ED ELETTROSTRATIGRAFIA DI SINTESI | 44 |
| 13. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE | 45 |

- ALLEGATO 1: PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE MEDIE
- ALLEGATO 2: INDAGINE GEOFISICA MASW

| | | | |
|---|---|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 3 of 46 |

1. PREMESSA

La presente relazione espone i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e geosismico sulla base dei risultati delle indagini effettuate in situ a supporto del progetto per la realizzazione di un impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte energetica rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico denominato "BOCCEA PV", di potenza pari a 25,30 MWp in corrente alternata da installarsi in un terreno di circa 45,40 ettari complessivi e una superficie recintata dedicata all'impianto di 35,00 ha, sito in località "Serra Valle Galeria" nel territorio Comunale di Roma e relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale.

L'iniziativa progettuale mira a contribuire al soddisfacimento delle esigenze di Energia Verde e allo Sviluppo Sostenibile in quanto risponde pienamente ai requisiti di rinnovabilità, inesauribilità, assenza di emissioni inquinanti ed è riconosciuta, insieme ad altre fonti di energia rinnovabile, come preferibile ad altre forme, nella produzione di energia elettrica. È importante sottolineare come la posa in opera di un sistema fotovoltaico non determini cambiamenti irreversibili del territorio inoltre, a parere della scrivente, il sito in oggetto ha delle caratteristiche, sia morfologiche che di esposizione, che lo possono far considerare parecchio idoneo per la destinazione d'uso al quale è chiamato.

L'area prescelta risulta ideale per la realizzazione di un impianto fotovoltaico grazie alle seguenti caratteristiche:

- Rispetto agli strumenti di tutela territoriale, in quanto l'intervento risulta sostanzialmente coerente con le previsioni urbanistiche, ambientali e paesaggistiche, sia pure condizionato all'ottenimento delle relative autorizzazioni;
- L'area di progetto identificata è libera da ostacoli e ciò permette all'impianto di beneficiare appieno dell'irraggiamento solare e di condizioni ottimali per la semplicità di installazione;
- Il sito è raggiungibile dalla viabilità già esistente, permettendo una semplificazione logistico-organizzativa dell'accessibilità durante la fase di cantiere, e della viabilità definitiva prevista per la gestione dell'impianto;
- Il sito risulta vicino alla cabina primaria, condizione che comporta una favorevole modalità di connessione alla RTN.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali su strutture metalliche in acciaio zincato mobili sospese (tracker) di tipo mono-assiale ancorate a terra mediante opere infrastrutturali e di fondazione che il progettista riterrà più idonee in base alle caratteristiche geomeccaniche e sismiche del sottosuolo indagato, esposte di seguito in questa relazione.

La distanza tra l'interasse di ciascun tracker è pari a 10,5 metri e i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento.

Catastalmente l'area ricade nelle particelle, come riportato negli elaborati grafici del progetto, censite presso il Catasto terreni del Comune di Roma: Foglio n° 172 particelle n° 10,13,14,242. L'installazione interesserà una superficie totale netta di circa 35,00 ettari a destinazione urbanistica agricola "zona E".

Le aree scelte per l'installazione del Progetto Fotovoltaico sono interamente contenute all'interno di aree di proprietà privata *Inquadramento Catastale Impianto* su cui TEP Renewables (BOCCEA PV) S.r.l. ha acquisito il diritto di superficie per un periodo di 30 anni.

Lo studio è stato commissionato alla sottoscritta Geologo Dr.ssa Concetta Pérez (O.R.G.S. n°2733 sez. A) dalla Soc. TEP RENEWABLES (BOCCEA PV) S.r.l., la quale è una società di scopo del Gruppo TEP RENEWABLES Ltd con sede legale in Gran Bretagna, ha uffici operativi in Italia, Cipro e USA, e sarà finalizzato alla ricostruzione

| | | | |
|---|---|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 4 of 46 |

dei rapporti stratigrafici tra le singole unità litotecniche costituenti il suolo di fondazione e alla loro caratterizzazione geotecnica e sismica secondo la nuova normativa vigente.

Scopo del presente lavoro è quello di individuare ed analizzare, l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e geosismico, dei terreni interessati dall'installazione dell'impianto di generazione elettrica, accertando se nel sito di progetto esistono caratteristiche geologico-tecniche tali da garantire la stabilità dei manufatti da realizzare.

A tutela della stabilità delle aree e del buon regime delle acque e per caratterizzare al meglio i terreni di fondazione, la scrivente ha effettuato dei rilevamenti nell'area in studio e in un suo ampio intorno supportato dai dati provenienti dalla campagna di indagini geognostiche di tipo geofisico, geoelettrico e geo-meccanico effettuate in situ, *nel dettaglio sono stati effettuati n° 3 prova penetrometrica dinamica media SPT, n° 1 sondaggio geoelettrico verticale (S.E.V.) quadripolare, n° 1 sondaggio con tecnica di sismica attiva "Masw" e n. 3 sondaggi con tecnica sismica passiva a stazione singola "HVSr", eseguita con Tromografo elettronico digitale TROMINO® ENGINEERING*, al fine di caratterizzare la stratigrafia del sottosuolo, *ricostruire il modello geologico stratigrafico del volume di terreno interessato dalle fondazioni delle opere soprastanti da realizzare e individuare Discontinuità anomale all'interno della successione litostratigrafica sottostante*, misurare la frequenza di risonanza dei suoli senza limiti di profondità, nell'intervallo di interesse geotecnico e strutturale, per valutare la *risposta sismica del sito ed eventuali effetti di amplificazione sismica, stratigrafica e topografica, del moto in superficie e determinare il V_{s_eq}/V_{s30}* per definire la categoria del suolo di fondazione, secondo quanto previsto nel *D.M. 17 Gennaio 2018 relativo alle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Lo studio Geologico-tecnico eseguito ha permesso di potere effettuare:

1. Rilevamento geologico di dettaglio, in scala 1: 25.000, al fine di ricostruire la successione litostratigrafica, la struttura, la giacitura e la natura dei litotipi che costituiscono, la suddetta area;
2. Indagine dell'assetto geomorfologico dell'area in studio al fine di potere accertare eventuali fenomeni di instabilità sia in atto che potenziali;
3. Valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dei litotipi per accertare la eventuale presenza di falda freatiche sotterranea che può comportare, variazioni delle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni e risposte sismiche locali diversificate (es.: variazione di amplificazione sismica);
4. Analisi Geofisiche per identificare i parametri sismici e le frequenze del terreno di fondazione.
5. Considerazioni fisico-meccaniche del substrato per identificare i parametri geo-meccanici del terreno di fondazione.

I dati della stratigrafia locale sono stati desunti dall'osservazione diretta, su spaccati di terreno, sia naturali che artificiali, presenti in aree prossime a quella in studio e da quanto riportato nella letteratura geologica specifica in comparazione con il modello geo-stratigrafico ottenuto dai sondaggi sismici, geoelettrici e dalle prove penetrometriche SPT effettuate in sito.

Per quanto concerne la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi affioranti ci si è riferiti a valori desunti dalla letteratura geotecnica esistente in comparazione con i risultati ricavati dalle prove penetrometriche dinamiche, effettuate in sito e dall'esperienza della scrivente.

A seguito delle risultanze delle indagini svolte e sulla scorta delle conoscenze acquisite in luogo tramite rilevamento geologico-geomorfologico di superficie è stato possibile fornire al calcolista un quadro completo delle condizioni geologiche, geotecniche e geosismiche del terreno di sedime.

| | | | |
|---|--|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MW_p – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 5 of 46 |

1.1 DATI GENERALI DEL PROGETTO

Nella Tabella 1.1 sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

Tabella 1.1: Dati di progetto

| ITEM | DESCRIZIONE |
|---|--|
| Richiedente | TEP RENEWABLES (BOCCEA PV) S.R.L. |
| Luogo di installazione: | Comune di Roma |
| Denominazione impianto: | BOCCEA PV |
| Dati catastali area di progetto: | Foglio n° 172 particelle n°10,13,14,242. |
| Potenza di picco (MW _p): | 25,30 MW _p |
| Informazioni generali del sito: | Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia ha un profilo piuttosto dolce. |
| Connessione: | Connessione alla sottostazione 150 Kv |
| Tipo strutture di sostegno: | Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker mono-assiale |
| Inclinazione piano dei moduli: | da +55° / - 55° |
| Azimuth di installazione: | 0° |
| Caratterizzazione urbanistico vincolistica: | Il PRG del Comune di Roma colloca l'area di intervento in zona E/area agricola |
| N. Cabine di campo: | n. 11 Cabine distribuite nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico |
| Posizione cabina elettrica di consegna: | n.1 Cabina FV in campo o in prossimità della SE |
| Rete di collegamento: | Alta tensione 150 kV |
| Coordinate sito: | 41°58.4345' N 012°19.2460' E Altitudine media 110 m s.l.m. |

| | | | |
|---|---|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 6 of 46 |

2. STATO DI FATTO

2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area interessata dall'istallazione dell'impianto si colloca, all'interno di una zona orografica caratterizzata da basse colline, incise da fossi profondi e stretti, nel quadrante nord-ovest del territorio comunale di Roma, nel quartiere Boccea a 8 km a Nord-Ovest dal Municipio XIV di Roma e a 15,5 km dal mare, situata altimetricamente a 110 m s.l.m.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico dista circa 5,5 km in linea d'aria dalla strada statale 493 la quale risulta raggiungibile attraverso Via di Santa Maria di Galeria se si proviene da Nord, lato lago di Bracciano, mentre se si proviene da Roma il sito è raggiungibile da Via Boccea. Questa area in oggetto risulta essere adatta allo scopo avendo una buona esposizione ed essendo raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

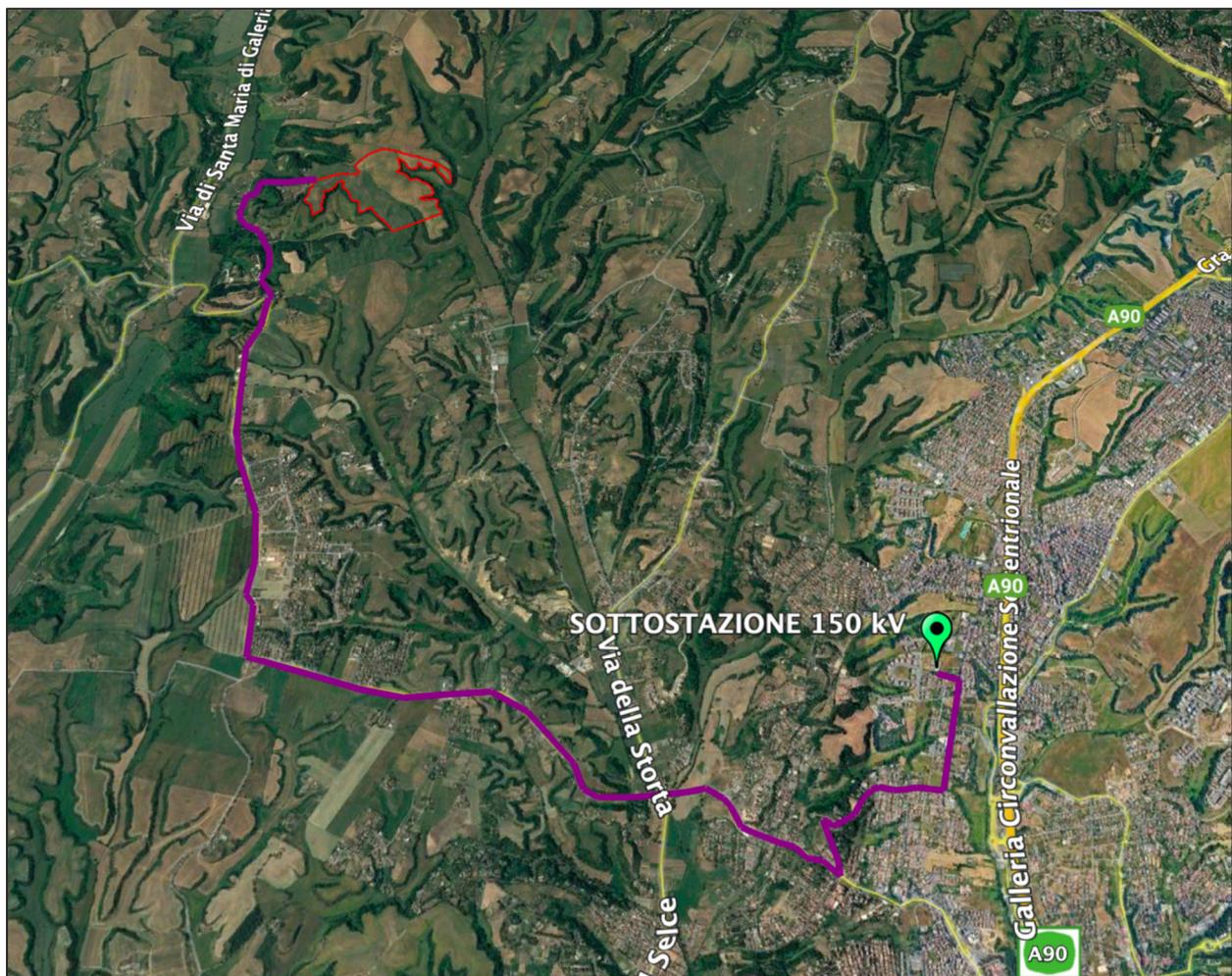


Figura 2.1: Inquadramento territoriale riguardante l'intera area in cui insistono tutte le opere di progetto fino alla Sottostazione 150 KV - Fonte: Google Earth Pro

L'impianto sarà connesso in parallelo alla RTN nel rispetto delle norme CEI. L'ipotesi di connessione al punto attualmente noto più vicino prevede il collegamento dell'impianto ad una sottostazione da 150 kV. La lunghezza della linea di connessione individuata dall'impianto FV è di circa 12,5 km con tracciato

| | | | |
|---|---|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 7 of 46 |

prevalentemente su strada pubblica partendo da: Via Boccioleto poi lungo Via Boccea, segue da via Forno Saraceno fino a Via di Selva Candida (Fig. 2.1). Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

2.1.1 Inquadramento catastale impianto

In riferimento al Catasto Terreni del Comune di Roma, l'impianto occupa le aree di cui al Foglio 172, sulle particelle indicate nella tabella seguente:

Tabella 2.1: Particelle catastali

| FOGLIO | PARTICELLA |
|--------|----------------------------|
| 172 | Particelle n° 10,13,14,242 |

Si riporta di seguito uno stralcio dell'inquadramento catastale Rif. "Inquadramento catastale impianto":

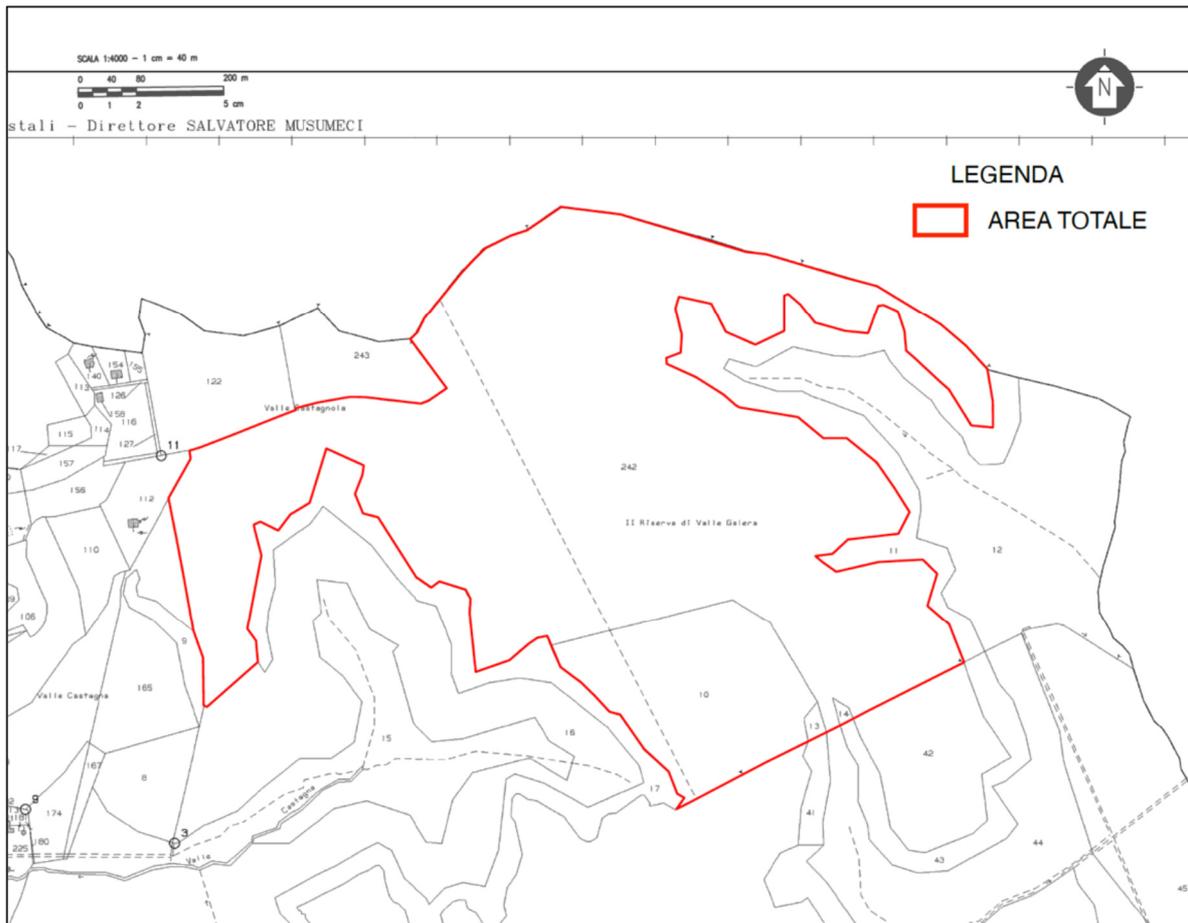


Figura 2.2: Inquadramento catastale impianto – scala originale 1: 10.000

| | | | |
|---|--|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 8 of 46 |

3. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DELL'IMPIANTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE

Dal punto di vista topografico la zona in esame è compresa nella Carta Tecnica Regionale della provincia di Roma nel Foglio n°373 - Cerveteri - Tavola n° 373040 in scala 1: 10.000. L'area in esame è ubicata nel quadrante nord-ovest del territorio comunale di Roma, nel quartiere Boccea a 8 km a Nord-Ovest dal Municipio XIV di Roma e a 15,5 km dal mare, situata altimetricamente a 110 m s.l.m.

L'area utile interessata dall'impianto fotovoltaico risulta essere pari a circa quattro 35 ha, di potenza pari a 25,30 MWp in corrente alternata da installarsi in un terreno di circa 45,40 ettari complessivi, distinta in catasto Terreni del Comune di Roma al Foglio di mappa urbana n° 172 particelle n° 10,13,14,242. L'ipotesi di connessione al punto attualmente noto più vicino prevede il collegamento dell'impianto ad una sottostazione da 150 kV. La lunghezza della linea di connessione individuata dall'impianto FV è di circa 12,5 km con tracciato prevalentemente su strada pubblica partendo da: Via Boccioleto poi lungo Via Boccea, segue da via Forno Saraceno fino a Via di Selva Candida. (Fig. 2.1)

L'area oggetto dell'intervento, presenta le seguenti coordinate geografiche:

Lotto: Lat. 41°58.4345' N

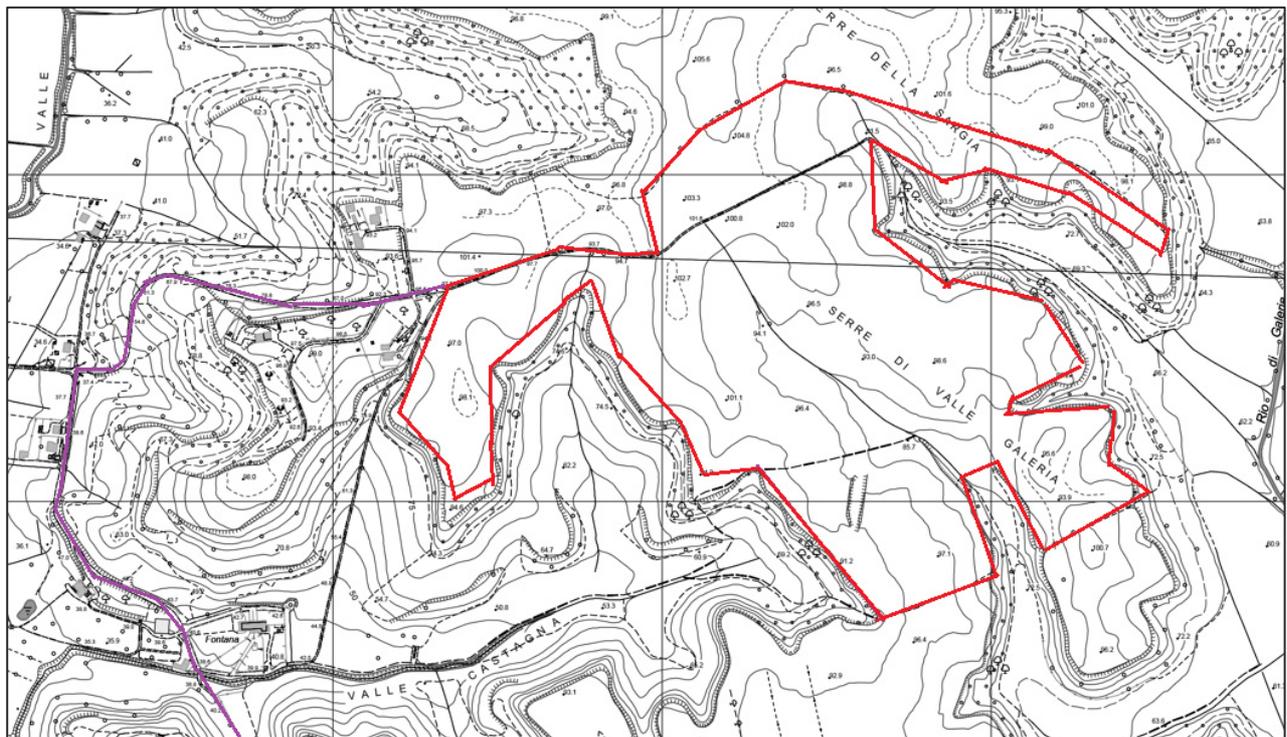
Long 012°19.2460' E

Esaminando la documentazione relativa al sito in oggetto, si evince che il sito:

- risulta classificato, in base al piano regolatore del comune di Roma, *come area agricola (zona E)*. Gli stralci cartografici per individuare il sito in esame sono di seguito riportati.

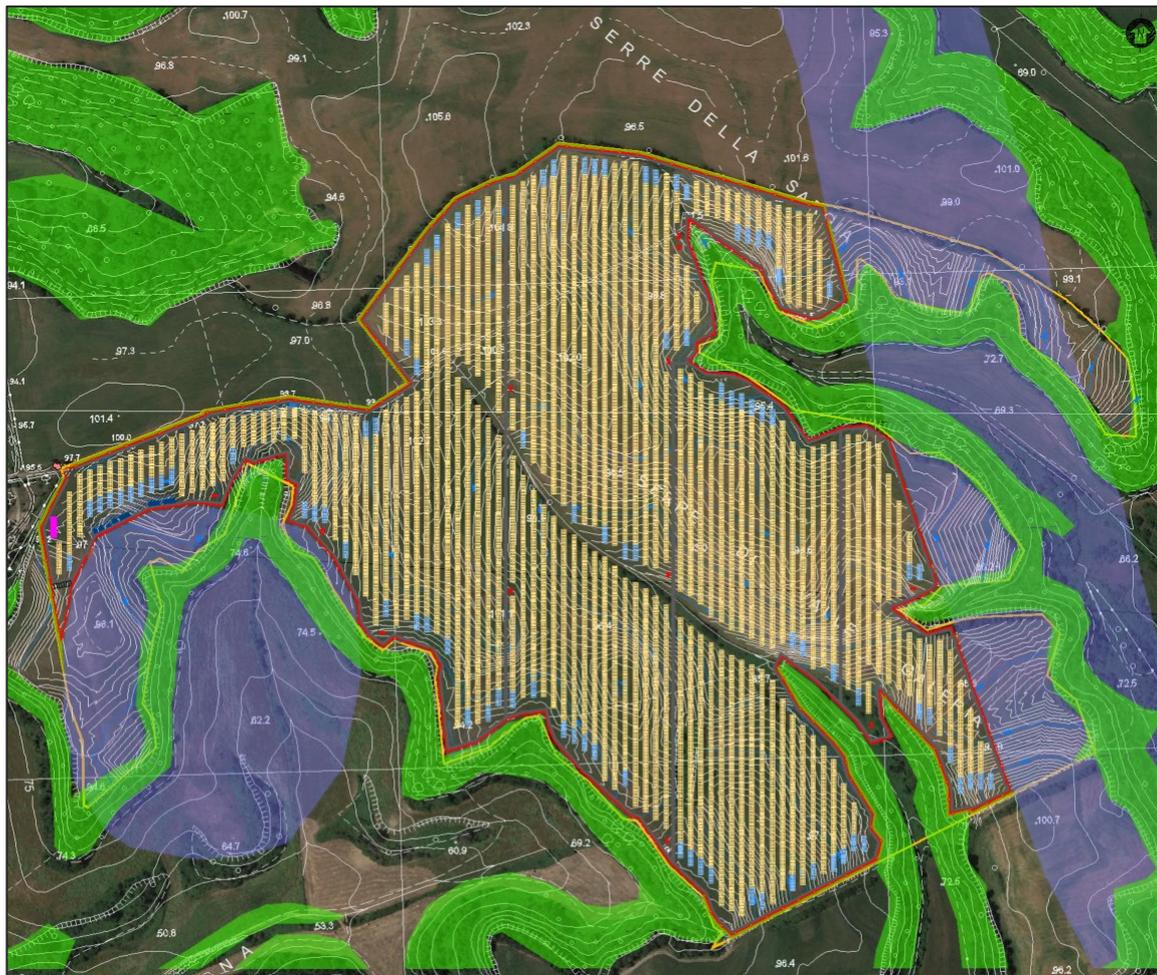
Inquadramento su C.T.R. n° 373040

Scala originale 1:10.000



| | | | |
|---|---|-------|---------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 9 of 46 |

LAYOUT PRELIMINARE DI PROGETTO
IMPIANTO FOTOVOLTAICO "BOCCEA PV"



LEGENDA

ELEMENTI STATO DI FATTO

-  AREA LORDA IMPIANTO
-  CURVE DI LIVELLO PRINCIPALI
-  CURVE DI LIVELLO SECONDARIE
-  ZONE DI INTERESSE ARCHEOLOGICO
(art. 142 comma 1 lett. m) D.Lgs n. 42/2004)
-  TERRITORI COPERTI DA BOSCHI O FORESTE
(art. 142 comma 1 lett. g) D.Lgs n. 42/2004)

ELEMENTI STATO DI PROGETTO

-  TRACKER (14X2 MODULI)
-  TRACKER (26X2 MODULI)
-  ACCESSO AREA IMPIANTO
-  VIABILITA' INTERNA
-  RECINZIONE IN PROGETTO
-  FASCE DI MITIGAZIONE ESTERNA
-  LINEA DI CONNESSIONE MT
-  LINEA DI CONNESSIONE AT
-  CABINA DI CONSEGNA MT
-  CABINA ELETTRICA POWER STATION
-  UFFICIO, MAGAZZINO
-  SPAZI DI MANOVRA UFFICIO, MAGAZZINO
-  PARCHIEGGI

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 10 of 46 |

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

4.1 Assetto geologico – strutturale

L'area romana, da un punto di vista geologico-strutturale generale, è legata all'evoluzione del margine tirrenico che a partire dal Pliocene viene interessato da un progressivo processo di rifting, che porta ad un notevole assottigliamento crostale (tettonica distensiva), a causa di tale processo l'intera area viene sommersa da un mare piuttosto profondo, dal quale emergevano alti strutturali rappresentati dalle isole del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani, in cui si accumulava nel tempo una potente serie di terreni prevalentemente argilloso-marnosi dello spessore di diverse centinaia di metri.

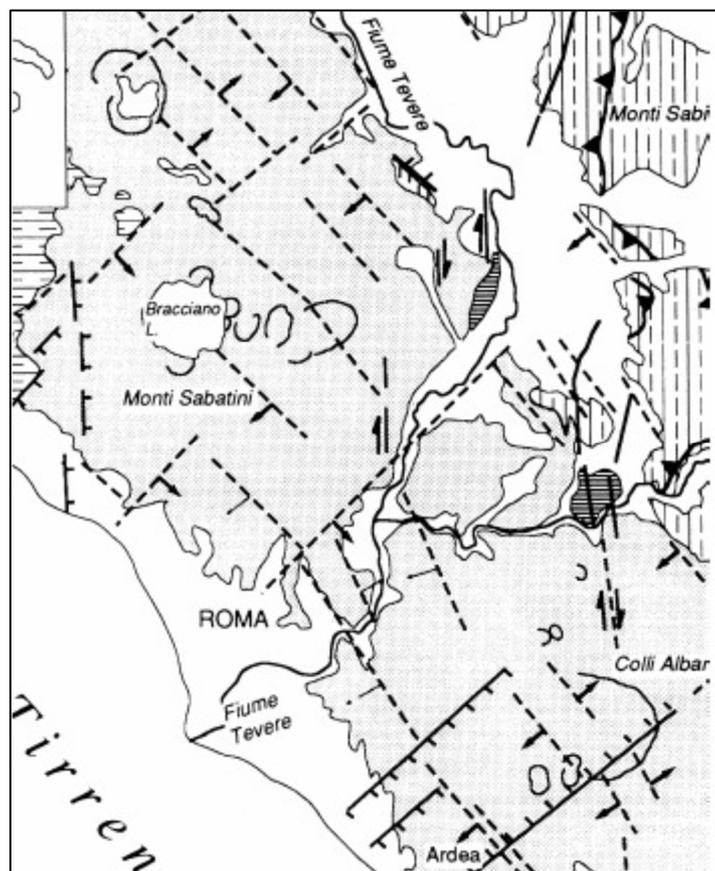


Figura 4.1 – Schema tettonico generale dell'area di Roma

Durante il Pleistocene inferiore, si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici sia dal ripetersi di periodi glaciali e interglaciali che provocarono oscillazioni del livello marino. Tali mutamenti portarono ad una diversificazione dei prodotti di sedimentazione che da depositi prevalentemente argillosi marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbiosi di origine continentale.

Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale formando una serie ritmica di depositi argilloso-marnosi, argilloso-sabbiosi e sabbiosi conosciuta in letteratura con diversi nomi: argille Vaticane, argille azzurre, Unità di Monte Vaticano, sabbie dell'Astiano.

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 11 of 46 |

La sequenza sedimentaria continentale di colmamento prende il nome di Unità del Paleo-tevere 1 e 2 o Formazione di Ponte Galeria (In questa unità sono state inserite anche altre formazioni conosciute in letteratura con i termini Unità di Santa Cecilia, Monte Ciocci e fosso della Crescenza).

A questo periodo seguono nuove glaciazioni e periodi interglaciali, con variazioni del livello del mare e colmamenti delle zone precedentemente incise.

Nel Pleistocene medio (700.000 anni), in corrispondenza delle principali linee tettoniche, ha inizio una intensa attività vulcanica di tipo prevalentemente esplosivo che, si protrae per tutto il Pleistocene superiore.

L'area romana viene interessata, in prevalenza dai prodotti del Distretto vulcanico dei Sabatini, localizzato a Nord-Ovest e da quelli del Distretto vulcanico dei Colli Albani, situato a Sud-Est dell'attuale area urbana.

L'area interessata dall' impianto fotovoltaico è situata, come accennato in premessa, in una area situata nel quadrante Nord- Ovest della città di Roma, e attraversa in prevalenza litotipi di natura vulcanica dell'apparato dei Sabatini.

Nel presente inquadramento si fornisce una breve descrizione dei due distretti vulcanici, l'area in studio rientra nel Distretto Vulcanico Sabatino.

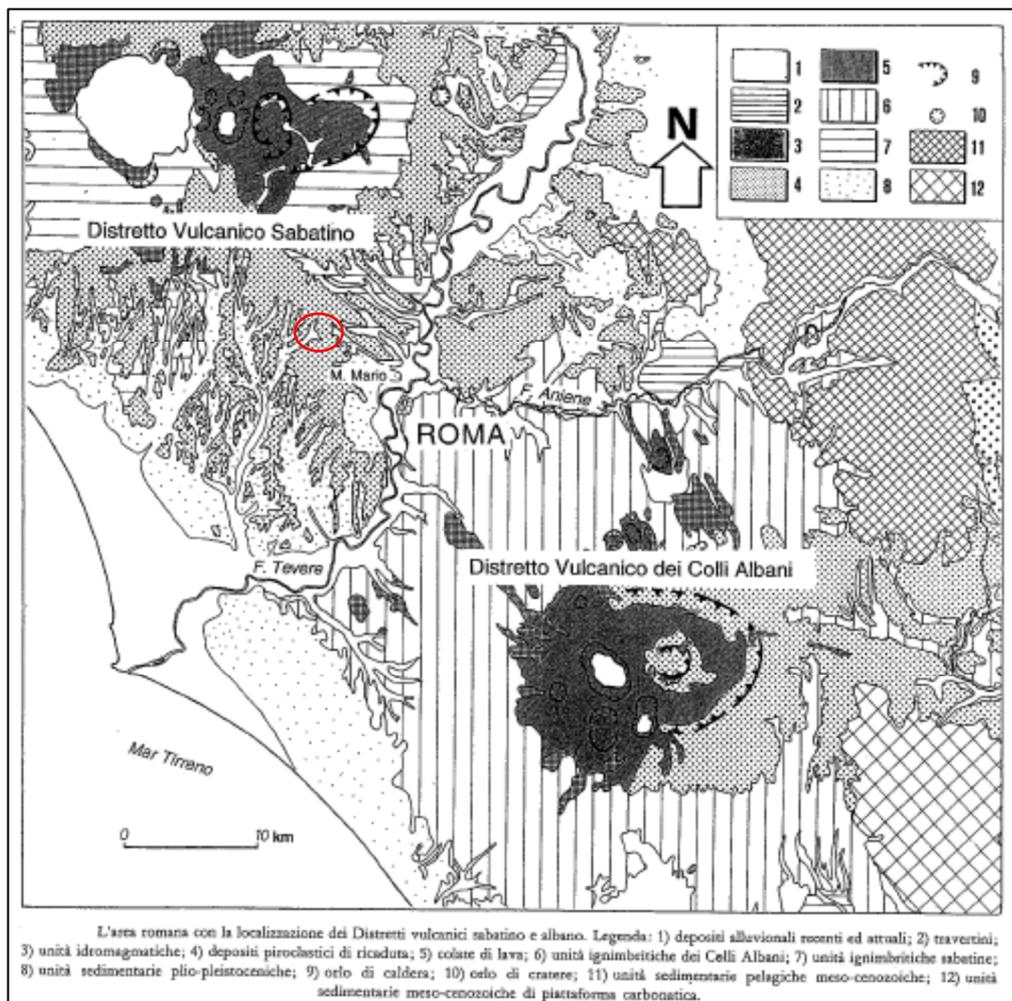


Figura 4.2 - Schema dei Distretti Vulcanici Sabatino e Albano (Funciello, 1995)

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 12 of 46 |

Il Distretto Vulcanico Sabatino (dove rientra l'area in studio) inizia la sua attività più di 0,6 Ma fa, interessando una vasta area pianeggiante largamente occupata da sedimenti marini argilloso-sabbiosi di età Plio-Pleistocenica. L'attività vulcanica, di natura esplosiva fin dalle prime fasi, inizia nel settore orientale, a ridosso dei rilievi del M. Soratte, dove si edifica il primo edificio vulcanico (Monlupo-Castelnuovo di Porto), a cui appartiene la maggioranza dei depositi affioranti nella parte più orientali del Distretto Sabatino. I prodotti emessi, a composizione da trachitica a fonolitica, hanno carattere altamente esplosivo, dovuto all'interazione del magma in risalita con gli acquiferi regionali profondi. Contemporaneamente alla creazione di questo centro eruttivo, l'attività vulcanica inizia anche più ad ovest con la creazione del centro eruttivo Sacrofano (settore orientale) e di quelli di Bracciano (settore occidentale).

Il Sacrofano è il più importante centro eruttivo del Distretto Sabatino sia per il lungo periodo di attività (circa 0,60-0,37 Ma) sia per il volume di materiale eruttato; le colate piroclastiche emesse si sono estese fino a 30-40 km dal punto di emissione e hanno interessato in gran parte l'attuale area a nord della città di Roma.

Intorno a 0,4 Ma fa il centro di Sacrofano ebbe un'attività parossistica con emissioni di ingenti volumi di prodotti di ricaduta ed effusioni laviche secondarie. I prodotti emessi in questa fase (esplosivi ed effusivi) sono caratterizzati da un chimismo sotto-saturo a forte componente potassica; al termine di questa fase parossistica il centro di Sacrofano entra nel suo stadio finale di attività (circa 0,37 Ma) con violenti episodi idro-magmatici che portano al collasso della parte terminale dell'edificio vulcanico (De Rita, 1993).

L'area della città di Roma è posizionata a circa 30 km dalle principali aree di emissione e raccoglie, nel settore nord, le facies distali dei prodotti ignimbratici più voluminosi, legati ai collassi calderici di Sacrofano e Bracciano, e dei prodotti di ricaduta di eruzioni di tipo pliniano e sub-pliniano. La geometria essenzialmente tabulare è quella della piana distale di un plateau ignimbratico, complicata dalla presenza della valle del Tevere che, con la sua incisione, ha favorito la canalizzazione dei flussi piroclastici e dove di conseguenza si trovano gli spessori maggiori delle unità ignimbratiche. (Giordano, 2006)

In Figura 4.3 è riportata la sezione stratigrafica schematica del Distretto vulcanico dei Sabatini (Funciello, 1995)

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 13 of 46 |

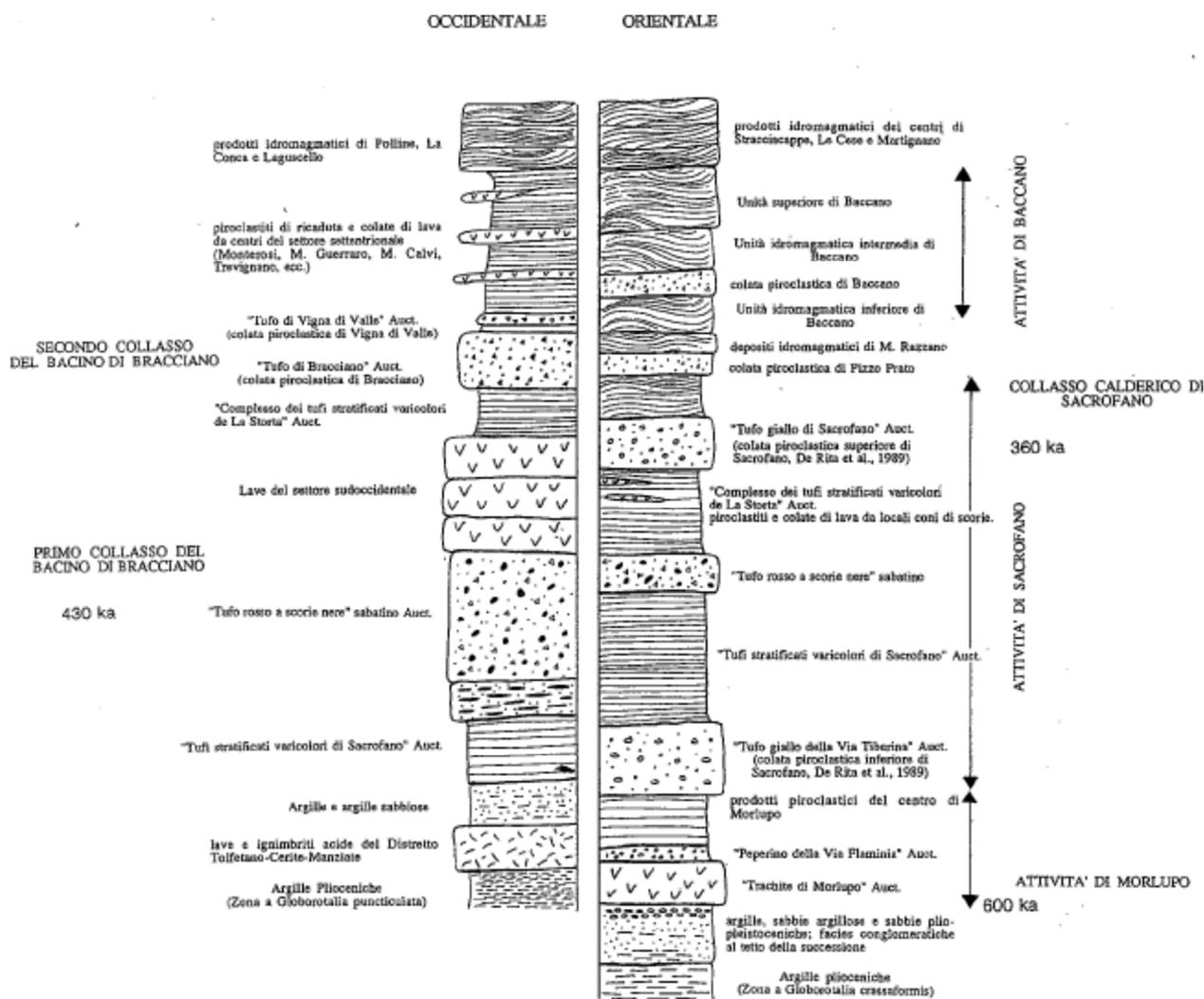


Figura 4.3 - Sezioni stratigrafiche schematiche del Distretto Vulcanico dei Sabatini (Funciello, 1995)

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 14 of 46 |

4.1 LITOLOGIE PRESENTI NELL'AREA DI PROGETTO

In un intorno significativo rispetto all'area interessata dall'impianto fotovoltaico in oggetto è stato eseguito un rilievo geologico di superficie finalizzato alla individuazione dei caratteri litologici, geomorfologici e strutturali dei terreni presenti, supportato dalle indagini geognostiche effettuate nell'area in esame. I dati ricavati dai sondaggi effettuati unitamente ai dati bibliografici esistenti hanno consentito, di redigere una Carta Geologica in scala 1: 25.000 (di seguito riportata) comprendente sia l'area interessata dall'impianto di fotovoltaico sia le aree attraversate dalla linea MT fino alla Sottostazione di Utenza 150 KV, e di definire i rapporti stratigrafico-strutturali intercorrenti tra le diverse formazioni affioranti.

Il rilevamento geologico di superficie, esteso ad un'area di circa 35 ettari, interessata dalle opere dell'impianto, cartografati alla scala 1/10.000, e l'elaborazione dei risultati scaturiti dalle acquisizioni sismiche effettuate sui luoghi ha portato al riconoscimento nell'area studiata delle seguenti unità litostratigrafiche: di seguito si descrivono le caratteristiche litologiche, giaciture, strutturali e mineralogiche delle unità lito-stratigrafiche rilevate, interessate direttamente dalle opere in progetto, descritte dal livello litologico di copertura verso il basso, rappresentati nella colonna litostratigrafica di seguito allegata:

- *Coltre di copertura eluviale/colluviale terrosa*

In superficie è presente, con spessori modesti, una copertura di alterazione di aspetto terroso di origine agraria e/o detritico eluvio-colluviale costituita da coltre superficiale in matrice sabbiosa poco addensata con elevata compressibilità. Lo spessore dello strato di copertura varia dell'ordine di 0,60 a 0,90 m.

- *Formazione dei Tufi stratificati varicolori di La Storta: Età -Pleist. Medio (affioranti nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico)*

Nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico, compreso buona parte dei terreni percorsi dalla linea di connessione fino alla RTN, il sottosuolo è costituito dalla litologia relativa alla Formazione dei Tufi stratificati varicolori di La Storta. Tale litologia è costituita da alternanze di piroclastiti straterellate grigiastre e giallo-arancione prevalentemente fini a cineritiche e pomice da ricaduta e livelli vulcano clastici rimaneggiati, con intercalati episodi limno-palustri; presenza di livelli argillificati di diatomiti. Lo spessore totale dell'unità arriva fino a 12 metri.

Dai sondaggi effettuati, nell'area interessata dall'impianto, a profondità da 0,90 m a 12 metri dal piano campagna risultano tufi stratificati ben cementati passanti da semi litoidi a litoidi con la profondità.

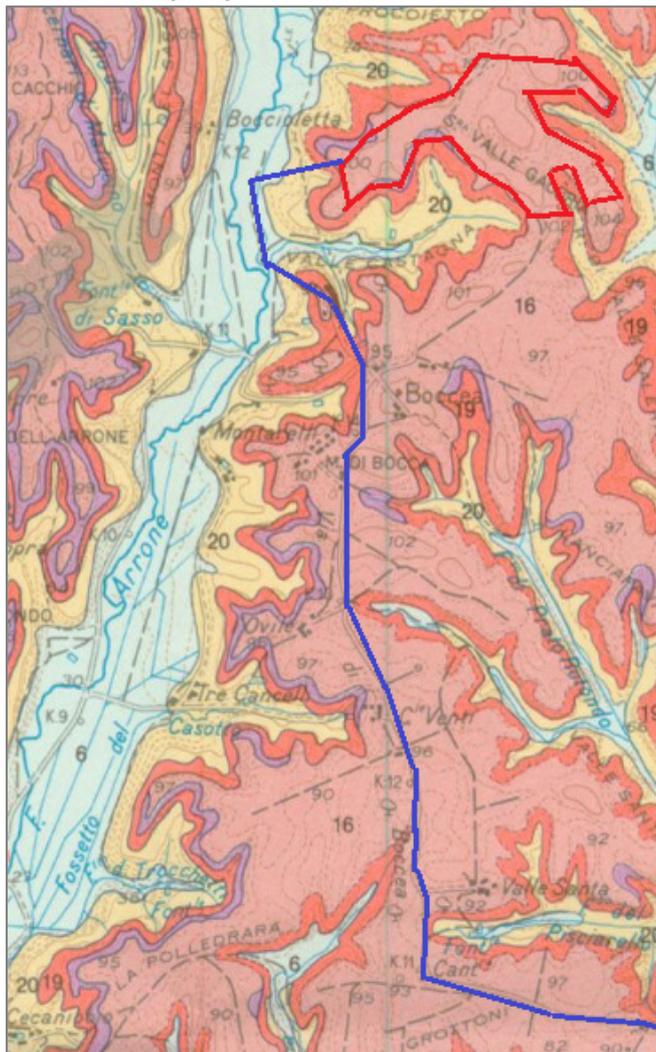
- *Formazione di Ponte Galeria: Pleist. Inf. Medio (affioranti in brevi tratti attraversati dalla linea di connessione)*

Alcuni tratti del percorso della linea di connessione (vedi carta geologica di seguito riportata) attraversa litologie costituite da conglomerati fluviali argille-lacustri formati dal basso verso l'alto dai seguenti litotipi: ghiaie e ghiaie con sabbia, talvolta a laminazione incrociata sterili; argille grigio azzurre consistenti con livelli di materiale organico nerastro associato a frammenti di gusci di gasteropodi dulcicoli (argille ad *Helicella*); ghiaie sabbie ghiaiose e sabbie gialle a luoghi ferrettizzate, con lenti di sabbie avana; argille e argille limose grigio azzurre con livelli di colore verde chiaro, con abbondante fauna a molluschi tra cui *Venerupis senescens* (Argille a *Venerupis*);

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 15 of 46 |

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
FOGLIO 373 - CERVETERI

(da rilevamenti geologici a scala 1:10.000 – carta 1: 50.000 I.G.M.)

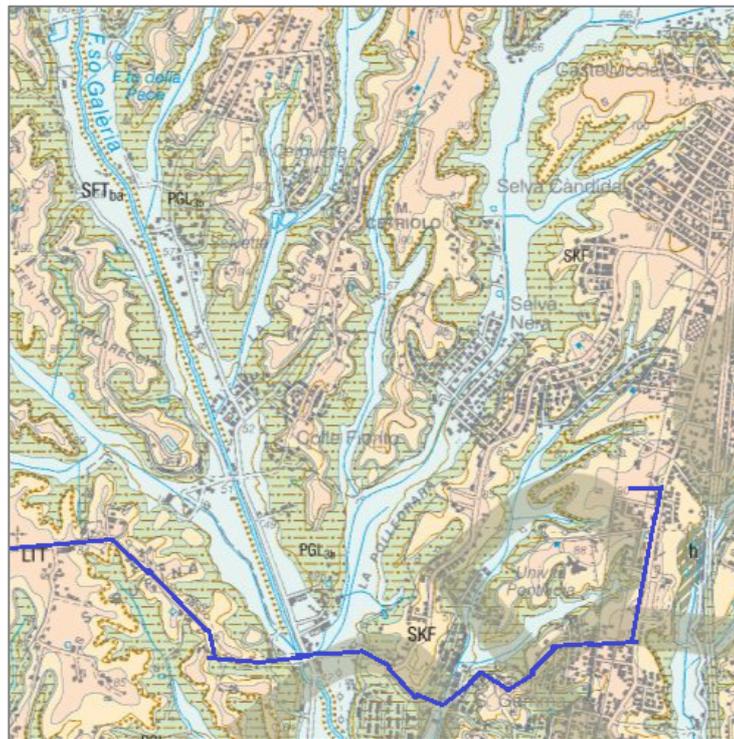


-
- 16 TUFII STRATIFICATI VARICOLORI DI LA STORTA - Piroclastiti stratereiate grigiastre e giallo-aranciate, prevalentemente cineritiche, con intercalati episodi limno-palustri (diatomiti, travertini, ecc.); a luoghi con crostoni travertinosi a tetto.
PLEISTOCENE MEDIO
- 19 TUFII STRATIFICATI VARICOLORI DI SACROFANO - Piroclastiti stratereiate giallastre e grigiastre prevalentemente fini, con livelli di piccole pomice giallastre; intercalati episodi limno-palustri. A tetto si rinviene una limitata serie di sedimenti da lacustri a litorali, affiorante nelle incisioni del Fosso di Galeria e del Fosso del Cecio (Formazione di S. Cosimato).
PLEISTOCENE MEDIO-INFERIORE
- Q^s FORMAZIONE DI PONTE GALERIA - Conglomerati fluviali, argille lacustri a *Helicella ericetorum* (MÜLLER); sabbie gialle con lenti e livelli di ghiaie, a luoghi prevalenti, da litorali a intertidali, ad *Arctica islandica* (LINNÉ) e *Mya truncata* (LINNÉ) con lenti di argille grigie salmastre a *Venerupis senescens* (DODERLEIN) e *Cerastoderma edule* (LINNÉ); nelle aree meridionali, in parte a facies deltizia, si sono rinvenuti resti di mammiferi; sabbie rubefatte di origine eolica ("Sabbie salmonate"); livello di cinerite pisolitica nella parte alta della sequenza.
SICILIANO
- Area interessata dall'impianto fotovoltaico e linea di connessione

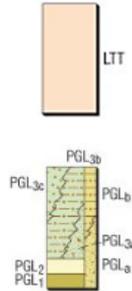
| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 16 of 46 |

**STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
FOGLIO 374 Roma**

(da rilevamenti geologici a scala 1:10.000 – carta 1: 50.000 I.G.M.)



LEGENDA:

- | | |
|---|--|
|  | <p>TUFI STRATIFICATI VARICOLORI DI LA STORTA LIT</p> <p>Successione costituita da alternanze di piroclastiti primarie cineritico-lapillose di scorie grigie o pomici da ricaduta e livelli vulcanoclastici rimaneggiati, con orizzonti pedogenizzati. Spessori fino a 10 m. La provenienza dei depositi è dal Distretto Vulcanico Sabatino. L'età radiometrica di uno dei livelli di pomici da ricaduta è stimata 416 ± 6 ka⁽³⁾. PLEISTOCENE MEDIO p.p.</p> <p>FORMAZIONE DI PONTE GALERIA</p> <p>La formazione è composta da una successione complessa di sedimenti di ambiente da transizionale a continentale affiorante nel quadrante occidentale. PLEISTOCENE MEDIO p.p.-INFERIORE p.p. Membro della Pisana (PGL₃) Nella zona di Ponte Galeria la formazione è costituita da varie litofacies. litofacies sabbiosa (PGL_{3c}). Sabbie e sabbie limose, silicee, locali <i>stone lines</i> composti da ciottoli silicei, con frequenti patine di ossidazione, rubefatte o grigiastre. Ambiente eolico e di piana braided. Spessori compresi tra 10 m nella zona di Casalotti e 4-5 m nell'area compresa tra La Giustiniana e Palmarola. ("Sabbie salmonate" Aucutt. p.p).</p> |
|---|--|

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 17 of 46 |

5. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

I distretti vulcanici laziali presentano caratteristiche morfologiche del tutto particolari legate alla messa in posto di lave, piroclastiti di ricaduta e imponenti colate piroclastiche, connesse ad attività esplosive, che ha originato ampi plateaux debolmente degradanti dalle aree centrali, dove si rinvergono i centri vulcanici principali, verso le zone periferiche. Su questa morfologia di "base" si è esercitata l'azione modellante delle acque defluenti superficiali (soprattutto incanalate) che hanno inciso i rilievi e le ampie superfici strutturali. In corrispondenza dell'ultima fase del periodo glaciale würmiano, circa 0,018 Ma, la forte regressione del livello marino ha determinato una notevole erosione dei terreni fino a quel momento depositi. L'alveo del Fiume Tevere si è approfondito di decine di metri mettendo a nudo il bed-rock pliocenico, lungo il corso della sua valle e in corrispondenza dei propri affluenti. Il successivo innalzamento del livello marino ha determinato il colmamento dei paleoalvei precedentemente incisi con depositi alluvionali.

La pro-gradazione della piana deltizia del Fiume Tevere e l'attuale configurazione morfologica dell'area che interessa gran parte dei tracciati di progetto, sono frutto dell'evoluzione avvenuta negli ultimi 4-5.000 anni, ovvero della stabilizzazione del livello del mare al termine dell'ultimo ciclo glacio-eustatico, degli apporti di sedimenti fluviali del F. Tevere e, in modo decisamente subordinato, dei suoi tributari che convogliano le acque superficiali provenienti dal settore meridionale del Distretto Vulcanico Sabatino.

La struttura geomorfologica dell'area in studio può quindi essere descritta principalmente dai seguenti ambiti fisiografici:

- valli fluviali;
- altipiani di origine vulcanico – clastica.

Il territorio interessato dal progetto in esame, nel suo ampio intorno, è caratterizzato dalla presenza di litotipi vulcanici, piroclastiti stratificati. I numerosi corsi d'acqua minori hanno agito sui terreni vulcanici di natura litoide originando versanti vallivi che possono presentarsi da molto ripidi fino a sub – verticali; nei termini più friabili (tufi stratificati e depositi freato-magmatici) le morfologie sono più dolci e le incisioni fluviali hanno raggiunto i litotipi sedimentari presenti in affioramento sui versanti delle valli fluviali.

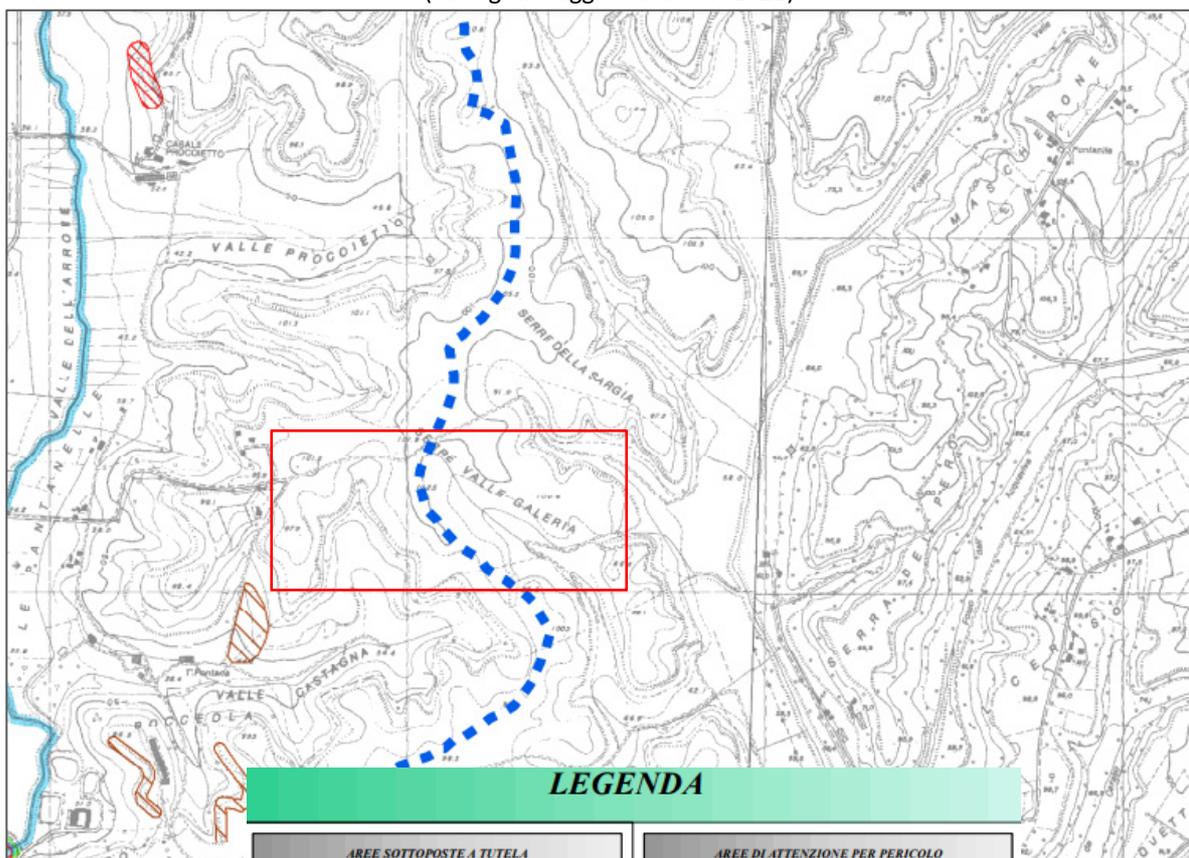
Negli intorni dell'area in esame si ha la presenza di un fitto reticolo idrografico a regime torrentizio e solamente i corsi d'acqua maggiori hanno uno scorrimento perenne.

L'intero settore è caratterizzato dalla presenza di vulcaniti connesse con l'attività del Distretto Vulcanico Sabatino, sovrapposte alle serie sedimentarie sabbio-ghiaiose del Paleo-Tevere ed a quelle sabbio argillose del Plio-Pleistocene che affiorano ai piedi dei rilievi collinari.

Da quanto esposto emerge chiaramente come i caratteri morfologici sono strettamente connessi con le caratteristiche dei terreni affioranti e con le strutture tettoniche e per tale motivo non si hanno nell'area in esame, interessata dall'impianto fotovoltaico, particolari strutture morfologiche né tantomeno fenomeni geomorfologici quali dissesti franosi, erosioni etc., così come confermato dalla consultazione sugli elaborati geomorfologici allegati al P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Lazio, sul sito di riferimento (Vedi: Carta aree di attenzione per pericolo frane e inondazioni - TAV. 2.12 Nord (P.A.I.) in scala 1:10.000, di seguito riportata). Ulteriori controlli effettuati sugli inventari dei fenomeni franosi, Progetto IFFI (ISPRA), visionabile dal sito web dell'ISPRA, non si riscontra la presenza di fenomeni franosi di alcun livello in tutta l'area che interessa l'impianto e i tracciati della linea di connessione alla RTN in progetto, nonché sopralluoghi di verifica direttamente in campo, hanno permesso di escludere la presenza di dissesti rilevanti nell'area di studio.

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 18 of 46 |

Area territoriale del Bacino Idrografico compresa tra il Fiume Arrore e Fosso Galeria
STRALCIO CARTA PER PERICOLO FRANE E INONDAZIONI
TAV. 2.12 Nord-Roma (P.A.I.) in scala 1: 25.000 - C.T.R. n°373040
(cartografia aggiornata nov. 2021)

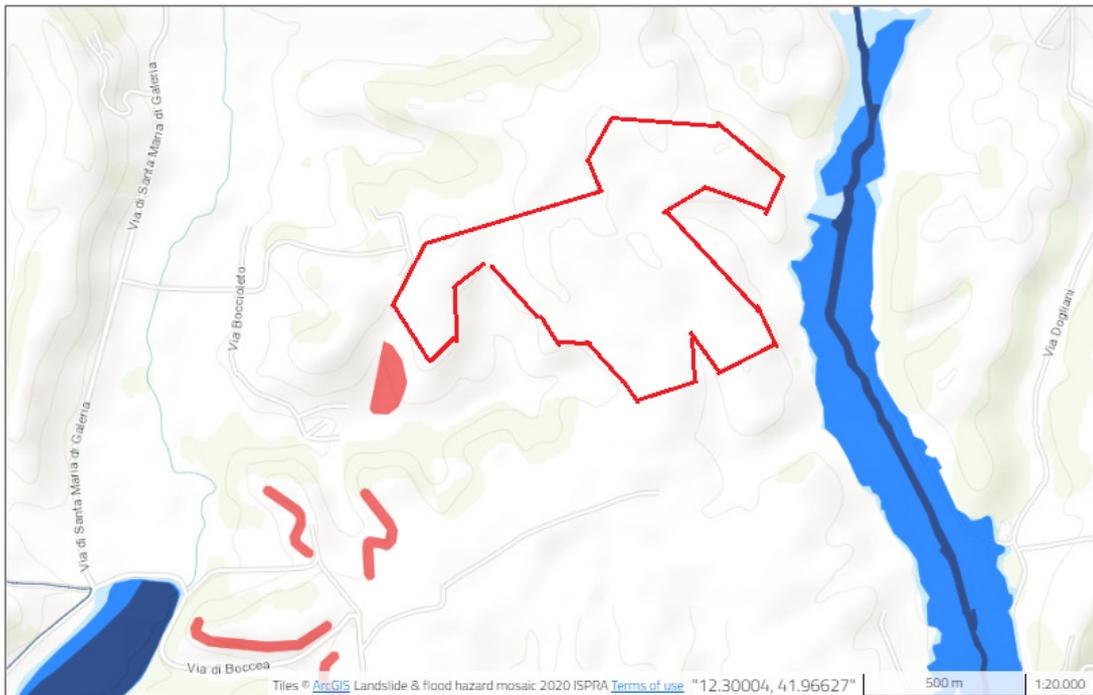


LEGENDA

| | |
|---|--|
| AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO D'INONDAZIONE (artt. 7 - 23 - 24 - 25 - 26) | AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO DI FRANA E D'INONDAZIONE (artt. 9 - 19 - 27) |
|  Aree a Pericolo A1 (c. 2 art. 7 e art. 23)  Aree a Pericolo A2 (c. 2 art. 7 e art. 23 bis)  Aree a Pericolo B1 (c. 2 art. 7 e art. 24)  Aree a Pericolo B2 (c. 2 art. 7 e art. 25)  Aree a Pericolo C (c. 2 art. 7 e art. 26)  Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentire la definizione della pericolosità |  Aree di Attenzione Geomorfologica (artt. 9 e 19)  Aree di Attenzione Idraulica (artt. 9 e 27)  Aree di Attenzione per presenza di cavità naturali o artificiali soggette a crolli  Corsi d'acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27)  Altri corsi d'acqua principali (artt. 9 e 27) |
| AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO DI FRANA (artt. 6 - 16 - 17 - 18) | LIMITI AMMINISTRATIVI |
|  Aree a Pericolo A (c. 2 art. 6 e art. 16)  Aree a Pericolo B (c. 2 art. 6 e art. 17)  Aree a Pericolo C (c. 2 art. 6 e art. 18)  Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentire la definizione della pericolosità |  Limite ex Autorità dei Bacini Regionali  Limiti Comunali  Limite Regionale |

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 19 of 46 |

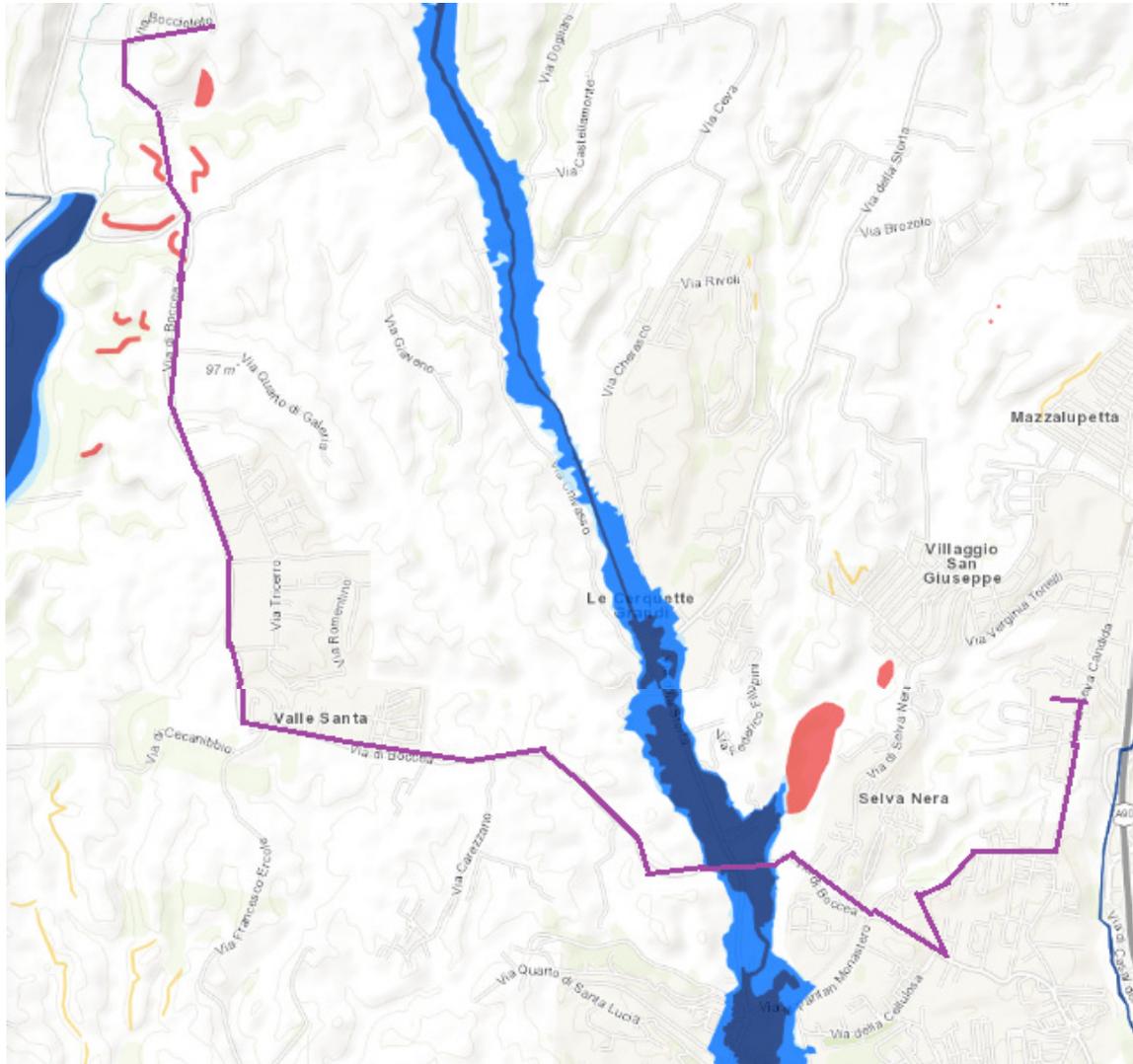
**Progetto IFFI (ISPRA)
Fenomeni franosi e rischio alluvioni**



Pericolosità e rischio

| Frane | | | | | | | Alluvioni | | | | | | |
|---------------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| | Territorio | Popolazione | Famiglie | Edifici | Imprese | Beni culturali | Territorio | Popolazione | Famiglie | Edifici | Imprese | Beni culturali | |
| Molto Elevata P4 | 0,48 (0%) | 582 (0%) | 297 (0%) | 55 (0%) | 78 (0%) | 6 (0,1%) | Elevata | 84,63 (6,6%) | 41.944 (1,6%) | 17.467 (1,5%) | 6.540 (3,7%) | 4.937 (1,9%) | 140 (2,3%) |
| Elevata P3 | 3,81 (0,3%) | 1.849 (0,1%) | 874 (0,1%) | 145 (0,1%) | 152 (0,1%) | 8 (0,1%) | Media | 117,01 (9,1%) | 96.576 (3,7%) | 40.834 (3,4%) | 11.388 (6,5%) | 9.650 (3,7%) | 177 (2,9%) |
| Media P2 | 0,13 (0%) | 93 (0%) | 43 (0%) | 5 (0%) | 18 (0%) | 4 (0,1%) | Bassa | 195,66 (15,2%) | 389.737 (14,9%) | 172.249 (14,5%) | 27.020 (15,3%) | 32.862 (12,7%) | 488 (7,9%) |
| Moderata P1 | 2,01 (0,2%) | 1.308 (0,1%) | 557 (0%) | 147 (0,1%) | 131 (0,1%) | 6 (0,1%) | | | | | | | |
| Aree Attenzione AA | 0,69 (0,1%) | 21 (0%) | 8 (0%) | 2 (0%) | 1 (0%) | 0 (0%) | | | | | | | |
| P4 + P3 | 4,29 (0,3%) | 2.431 (0,1%) | 1.171 (0,1%) | 200 (0,1%) | 230 (0,1%) | 14 (0,2%) | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 20 of 46 |



| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 21 of 46 |

6. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE

L'elevata variabilità delle caratteristiche idrogeologiche del territorio romano è strettamente connessa con la variabilità delle caratteristiche litologiche e/o giaciture dei terreni presenti. Le argille impermeabili di base rappresentano il letto di ogni circolazione idrica sotterranea in tutta l'area (Relazione geologica PRG, 2008).

Al di sopra del substrato impermeabile poggiano:

- le serie sedimentarie pre-vulcaniche caratterizzate da orizzonti più o meno sabbiosi e ghiaiosi, permeabili, alternati ad argille, su cui sono impostate le serie vulcaniche dei Distretti vulcanici Sabatino e Albano, caratterizzate da alternanze di livelli molto permeabili con orizzonti generalmente impermeabili;
- il sedimentario sin e post-vulcanico da poco permeabile a impermeabile;
- le alluvioni, collegate ai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale, con alternanze lenticolari o stratiformi di orizzonti permeabili; si comportano pertanto come un multi-acquifero con livelli in pressione e livelli freatici;

Le frequenti variazioni di permeabilità, sia in senso orizzontale che in senso verticale, rendono l'assetto idrogeologico del territorio romano abbastanza complesso per la presenza di numerose circolazioni idriche sotterranee, spesso in contatto idraulico tra loro.

Le circolazioni superficiali hanno un andamento fortemente influenzato dalla topografia e dalla morfologia superficiale. L'andamento di quelle profonde, in pressione, è di difficile determinazione in quanto le perforazioni che le raggiungono hanno livelli statici spesso risultanti da una "miscela" tra circolazioni superficiali e profonde.

Tutti i sistemi idrici sotterranei sono condizionati e controllati dalle argille di base, che spesso affiorano a quote elevate, determinando emergenze sorgentizie sospese, e dal reticolo idrografico, che corre a quote assolute basse e si raccorda con il gradiente generale delle circolazioni idriche aventi in esso il ricettore principale con sorgenti lineari a volte di grande importanza.

In base alla suddivisione in bacini idrogeologici del Comune di Roma dallo studio congiunto di Autorità di Bacino del Tevere e dei bacini regionali, dell'Università degli studi Roma tre e secondo quanto riscontrato nel Piano stralcio dell'uso compatibile della risorsa idrica, le aree interessate dagli interventi in destra idrografica del Tevere, rientrano nel bacino idrogeologico dei corsi d'acqua alimentati dai Monti Sabatini (dove rientra l'area in esame)

I Complessi idrogeologici delle vulcaniti e delle piroclastiche sabatine ed albane sono caratterizzati da una permeabilità tale da consentire la presenza di corpi acquiferi, generalmente a falda libera, alimentati dalle precipitazioni zenitali. Il complesso idrogeologico vulcanitico-piroclastico è sede di una circolazione di base che alimenta, di frequente, molti dei corsi d'acqua presenti nell'area romana. La forte eterogeneità dei litotipi di genesi vulcanica e le frequenti eteropie laterali e verticali nella successione vulcanoclastica determinano, localmente, condizioni strutturali favorevoli all'instaurarsi di acquiferi imprigionati.

Questi complessi sono in sostanziale continuità idraulica con il sottostante *Complesso idrogeologico dei depositi pleistocenici* di ambiente continentale, ed essendo costituito da sedimenti diversi (ghiaie, sabbie, limi, localmente anche da argille) seppur riferibili ad un contesto sedimentario sostanzialmente omogeneo, si presenta come un multi-falda, suddiviso verticalmente ad acquiferi sovrapposti, fra i quali quelli maggiormente produttivi trovano sede nei depositi ghiaiosi di base (F. di Ponte Galeria).

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA <i>Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm)</i> | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 22 of 46 |

Idrogeologia di dettaglio

L'area in studio ricade in un settore dominato dal Complesso Vulcanico Sabatino, costituito dall'insieme delle vulcaniti derivate dall'attività dei depositi piroclastici del Distretto Vulcanico Sabatino (cineriti, depositi lapillosi e scoriacei incoerenti interessati da processi di zeo-litizzazione)

Le vulcaniti comprendono colate piroclastiche di facies distale, spesso alterate, e depositi di ricaduta indifferenziati assimilabili a sabbie fini con abbondante matrice limosa e livelli pedogenizzati.

Il complesso idrogeologico affiorante nell'area in esame in base al tipo e al grado di permeabilità che possiede rientra nella classe dei *"Terreni a permeabilità bassa per porosità"*, ed è caratterizzato da eteropie laterali e verticali che producono variazioni locali del coefficiente idraulico. La falda, durante la fase di indagine, non è stata riscontrata, da bibliografia la piezometrica della falda freatica presenta la quota massima di circa 50 m s.l.m.

L'area interessata dall'impianto non presenta corpi idrici superficiali e sotterranei destinati all'emungimento per scopi potabili, a protezione dei rischi di inquinamento del suolo e del sottosuolo, di cui al DPR 236/88 e DL 152/99 e s.m. e i.

Inoltre, si esclude il rischio di inquinamento idrico durante la fase di cantiere. Pertanto, l'impianto di fotovoltaico in progetto non costituisce alcun turbamento all'equilibrio idrogeologico dell'area, sia per quanto riguarda le acque di scorrimento superficiali che per quelle sotterranee.

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 23 of 46 |

7. CARTA DEI DISSESTI E PERICOLOSITÀ IDRAULICA- REGIME VINCOLISTICO E DI FATTIBILITÀ

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dall'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio Laziale.

Con il P.A.I. viene così effettuata la perimetrazione delle aree a pericolosità e a rischio, in particolare, dove la vulnerabilità si connette a gravi pericoli per le persone, le strutture ed infrastrutture ed il patrimonio ambientale e vengono altresì definite le norme di salvaguardia.

Tutto ciò al fine di pervenire ad una puntuale definizione dei livelli di rischio e fornire criteri e indirizzi indispensabili per l'adozione di norme di prevenzione e per la realizzazione di interventi volti a mitigare od eliminare il rischio. Il Piano è suscettibile di aggiornamento a seguito di variazioni succedutesi nel tempo o a nuovi studi che dimostrino un diverso assetto del territorio, così come indicato nelle Norme di Attuazione.

L'area in esame appartenente al territorio comunale di Roma rientra nell'Area territoriale compresa tra il Fiume Arrone e Fosso Galeria.

Dalla consultazione sugli elaborati geomorfologici allegati al P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Lazio, sul sito di riferimento (Vedi: Carta aree di attenzione per pericolo frane e inondazioni - TAV. 2.12 Nord (P.A.I.) in scala 1: 10.000, di seguito riportata, si osserva che l'area interessata dalle opere dell'impianto fotovoltaico non è interessata attualmente da fenomeni geomorfologici quali dissesti franosi, erosioni etc. Ulteriori controlli effettuati sugli inventari dei fenomeni franosi, Progetto IFFI (ISPRA), visionabile dal sito web dell'ISPRA, non si riscontra la presenza di fenomeni franosi di alcun livello in tutta l'area che interessa l'impianto e i tracciati della linea di connessione alla RTN in progetto, nonché sopralluoghi di verifica direttamente in campo, hanno permesso di escludere la presenza di dissesti rilevanti nell'area di studio.

Relativamente alla *Carta della pericolosità e rischio alluvioni*, il sito interessato dall'insediamento dell'impianto di fotovoltaica compresa buona parte dell'intero percorso della linea di connessione alla RTN non è soggetto a pericolosità o rischio alluvioni (vedi Fig. a pag. 19-20).

La Figura 8.1 mostra che le aree in oggetto sono soggette alla fascia di rispetto per le aree archeologiche, rappresentate in giallo, e in verde sono evidenziate le zone boschive. Queste indicazioni non sono ostative all'installazione di impianti fotovoltaici in quanto nella superficie di progetto queste aree sono state escluse mantenendo la distanza necessaria imposta dalla normativa vigente.

L'area in esame è soggetta a Vincolo sismico ai sensi della Legge n. 64 del 2/02/1974; non è sottoposta a vincolo idrogeologico R.D. 3267/32; Oltre a quanto descritto ai punti precedenti, sull'area non gravano altri vincoli previsti da leggi.

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA <i>Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm)</i> | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 24 of 46 |

Geo-portale Regione Lazio

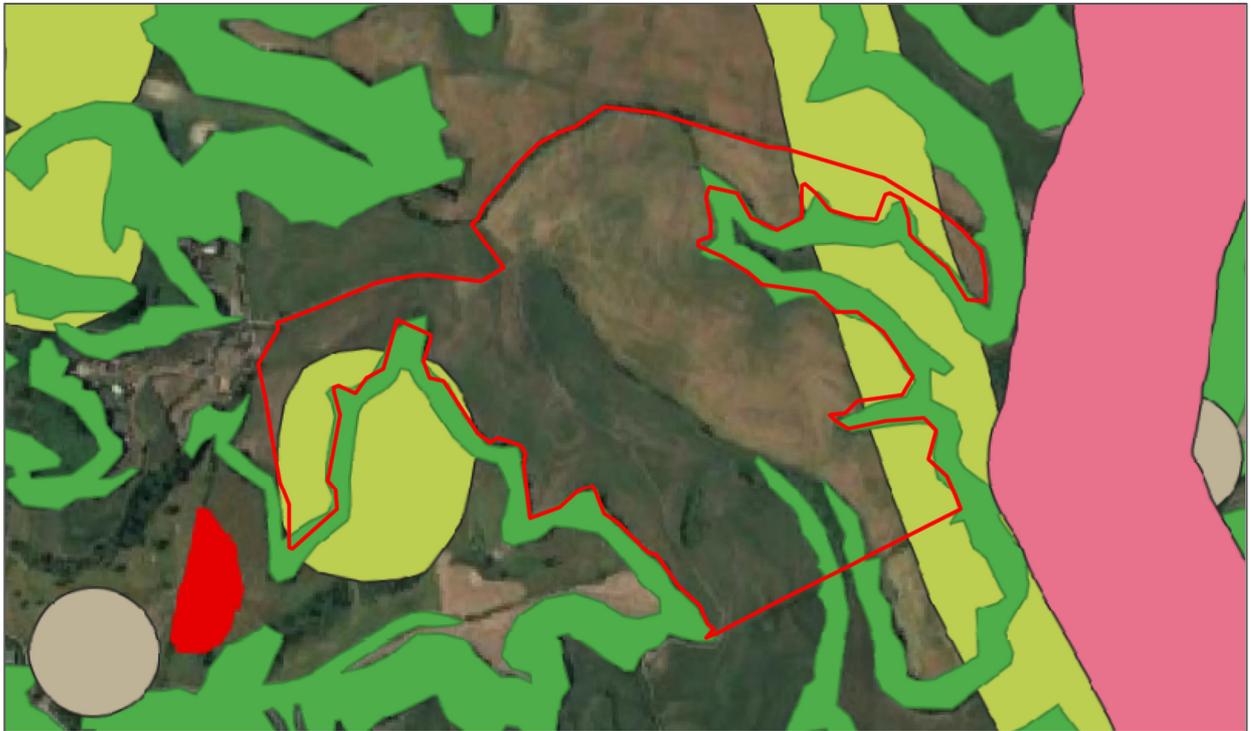


Figura 8.1: Inquadramento vincolistico

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA <i>Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm)</i> | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 25 of 46 |

8. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

La durata dell'area di impianto e dell'impianto stesso dal punto di vista strutturale è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

Nell'area in esame verranno realizzati degli interventi che avranno due differenti linee di obiettivi:

1. mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" preesistenti (ante realizzazione del parco fotovoltaico "Boccea PV");
2. regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco fotovoltaico, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le opere civili presenti nell'area. Le acque defluenti dall'area di impianto verranno raccolte ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto, che consistono principalmente in una risagomatura della superficie topografica e nella realizzazione di una rete di canalette in terra a cielo aperto per l'allontanamento rapido delle acque piovane, ed altre opere accessorie di natura idraulica che verranno realizzate in contropendenza per convogliare l'acqua di prima pioggia da un lato all'altro dell'impianto e convogliate lungo gli impluvi naturali presenti nell'area di progetto.

8.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Il tracciato delle opere di regimazione è stato suggerito a partire dal layout dell'impianto fotovoltaico e dal modello tridimensionale del suolo, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche delle aree di impianto.

Si rileva che l'area interessata dall'installazione dell'impianto fotovoltaico è attraversata da un impluvio naturale che suddivide il terreno in due sottozone, si consiglia di installare le strutture dei moduli fotovoltaici ad una distanza di 5/10 m a destra e a sinistra rispetto al solco naturale, dove e bene fare confluire le acque di prima pioggia e di ruscellamento superficiale provenienti da un lato all'altro dell'impianto tramite la realizzazione di una rete di drenaggio effettuata in leggera contropendenza, costituita da canalette drenanti in terra a cielo aperto scavate nel terreno naturale e rinverdite, con recapito lungo gli impluvi naturali presenti nell'area di progetto. Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione di forma trapezio di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di 26°.

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso e l'allontanamento delle acque meteoriche dall'intera superficie interessata dall'impianto di fotovoltaico.

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 26 of 46 |

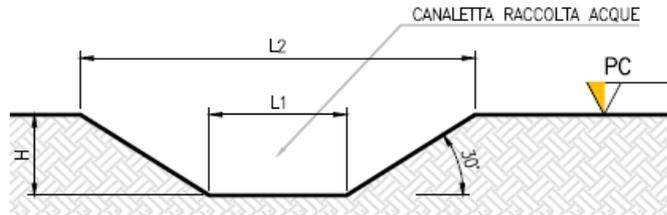
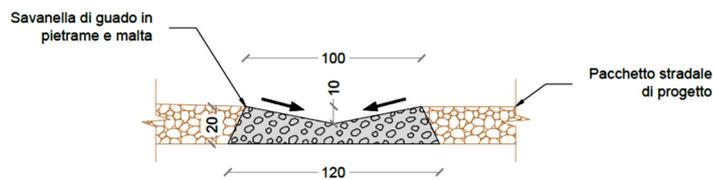


Figura 9.2 - Sezione "Tipo" canaletta di drenaggio realizzata in scavo

Gli scarichi della rete di drenaggio convergeranno ai ricettori esistenti.

In fase esecutiva, qualora ritenute necessarie, potranno realizzarsi opere di protezione stradale del tipo sottoelencato:

- Savanelle di guado in pietrame e malta per un attraversamento "a raso" della viabilità di progetto.



| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA <i>Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm)</i> | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 27 of 46 |

9. CONSIDERAZIONI IDRO-GEOMORFOLOGICHE E REGIME VINCOLISTICO RILEVATE SULLE AREE ATTRAVERSATE DALLE OPERE DI CONNESSIONE – LINEA AT

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica installato a terra della potenza di 23,30 MWp. La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali su strutture mobili sospese (tracker) di tipo mono-assiale ancorate a terra mediante opere infrastrutturali e di fondazione che il progettista riterrà più idonee in base alle caratteristiche geomeccaniche e sismiche del sottosuolo indagato, esposte in questa relazione.

L'impianto sarà connesso in parallelo alla RTN nel rispetto delle norme CEI. L'ipotesi di connessione al punto attualmente noto più vicino prevede il collegamento dell'impianto ad una sottostazione da 150 kV. La lunghezza della linea di connessione individuata dall'impianto FV è di circa 12,5 km con tracciato prevalentemente su strada pubblica partendo da: Via Boccioleto poi lungo Via Boccea, segue da via Forno Saraceno fino a Via di Selva Candida (Fig. 2.1).

L'elettrodotto interrato di alta tensione a 150 kV, uscendo dal perimetro dell'impianto FV si collegherà alla rete elettrica esistente AT.

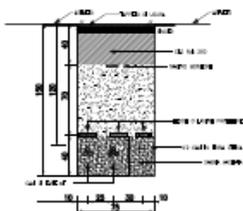
Dalla consultazione sugli elaborati geomorfologici allegati al P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Lazio, sul sito di riferimento (Vedi: Carta aree di attenzione per pericolo frane e inondazioni - TAV. 2.12 Nord (P.A.I.) in scala 1: 10.000, di seguito riportata, si osserva che l'area interessata dalle opere dell'impianto fotovoltaico non è interessata attualmente da fenomeni geomorfologici quali dissesti franosi, erosioni etc. Ulteriori controlli effettuati sugli inventari dei fenomeni franosi, Progetto IFFI (ISPRA), visionabile dal sito web dell'ISPRA, non si riscontra la presenza di fenomeni franosi di alcun livello in tutta l'area che interessa l'impianto e i tracciati della linea di connessione alla RTN in progetto, nonché sopralluoghi di verifica direttamente in campo, hanno permesso di escludere la presenza di dissesti rilevanti nell'area di studio.

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 28 of 46 |

SEZIONE TIPICA VIE CAVO INTERRATO

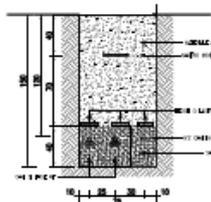
SEZIONE TIPICA VIE CAVO
SU STRADE ASFALTATE *

SEZIONE TIPO "DA"



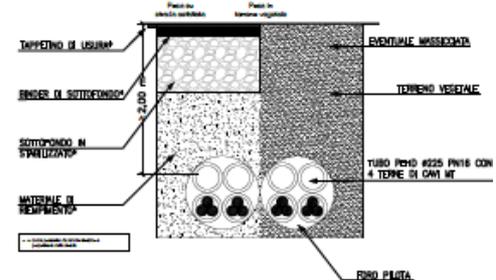
SEZIONE TIPICA VIE CAVO
SU STRADE STERRATE *

SEZIONE TIPO "D"



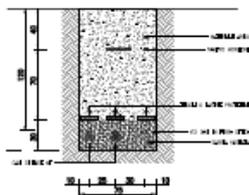
SEZIONE TIPICA PERFORAZIONE
TELEGUIDATA A TRIFOGLIO *

SEZIONE TIPO "TOC"

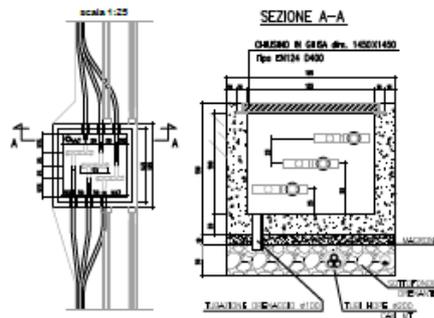


SEZIONE TIPICA VIE CAVO
SU STRADE STERRATE *

SEZIONE TIPO "B"



SEZIONE TIPICA VIE CAVO
POZZETTO SEZIONABILE



(* DISEGNI NON IN SCALA

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 29 of 46 |

10. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

I terreni interessati dalle fondazioni dell'Impianto di fotovoltaico, sono caratterizzati da tufi stratificati varicolori ben cementati. Nella letteratura geotecnica il substrato descritto è ascrivibile al gruppo di rocce coerenti a semicoerenti.

Per la caratterizzazione geotecnica delle *Unità Litotecniche* riscontrate si è fatto ricorso, all'esperienza consolidata dello scrivente su morfologie e litologie analoghe ai terreni in oggetto e per avere preso visione di numerosi fronti di scavo e sezioni presenti nell'area di progetto comparati con i risultati acquisiti dalle prove penetrometriche di tipo dinamico medio (SPT), dalle indagini di sismica passiva/attiva e geoelettrica eseguite nell'area in studio, al fine di definire le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del suolo di fondazione interessato dalle opere di progetto. Dall'elaborazione dei risultati scaturiti dalle indagini geognostiche effettuate sui luoghi è stato possibile ricostruire il profilo litostratigrafico (vedi colonna Litostratigrafica di seguito allegata) e quantificare le caratteristiche geo-meccaniche dei terreni indagati fornendo i seguenti **parametri geotecnici**, riferibili alla coesione, l'angolo di attrito interno ed al peso di volume, che il progettista dovrà tenere conto in sede di scelta di progetto:

- *Per la successione litotecnica rilevata nell'intera area interessata dalle fondazioni dell'impianto fotovoltaico, si possono stimare i seguenti parametri geotecnici riepilogativi, dopo avere asportato l'intera coltre superficiale di copertura alterata influenzata dalle variazioni meteorologiche stagionali che varia nell'intera aria tra 0,60 e 0,90 m:*

Parametri geo-meccanici ricavate da P.D.M.

I dati riportati fanno riferimento ai valori minimi desunti dall'indagine eseguita, ridimensionati in funzione dell'indice di consistenza dei vari strati attraversati.

| Profondità (m) | Modulo di deformazione drenato - E'_{ed} / Kg/cm ² | Angolo di attrito (Φ') | Coesione drenata (c') - Kg/cm ² | Coesione non drenata (c_u) - Kg/cm ² |
|--|---|-------------------------------|--|---|
| 0,20 - 0,90 (coltre di copertura alterata costituita da suolo agrario e materiale di riporto) | 253 | 18° | 0,10 | 0,50 |
| 0,90 - 2,00 (Tufi stratificati ben cementate) | 369 | 28° | 0,00 | ... |

Parametri geofisici

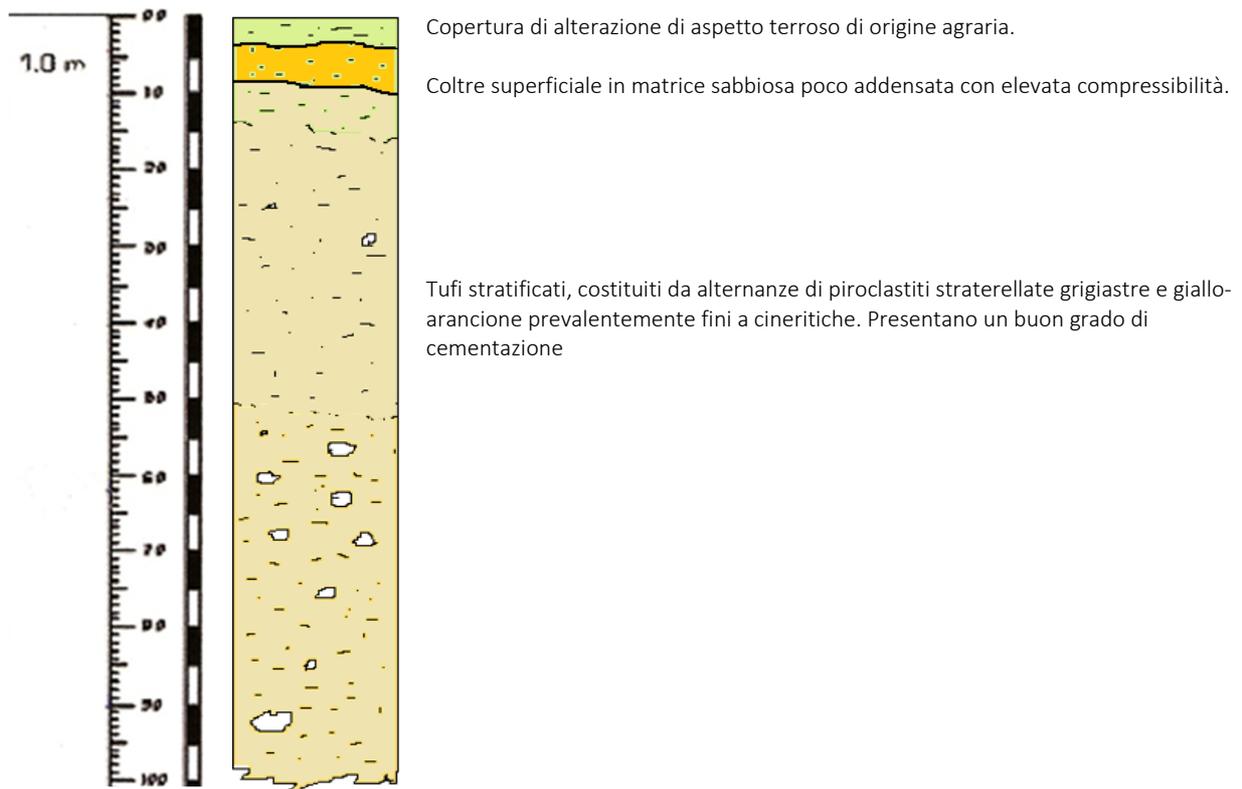
| Profondità (m) | Peso unità di volume secco γ_d (t/m ³) | Peso unità di volume saturo ($\gamma_{sat.}$) t/m ³ | Contenuto d'acqua % | Indice dei vuoti |
|-------------------|---|--|---------------------|------------------|
| 0,0 - 0,60 | 1,45 | 1,80 | 35 | 945 |
| 0,6 - 2,00 | 1,60 | 2,00 | 23 | 610 |

Vedi report prove penetrometriche dinamiche "Allegato 1", dove sono riportati le tabelle riepilogative delle prove P.DIN. eseguite ed i relativi certificati¹.

¹ Allegato 1

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA <i>Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm)</i> | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 30 of 46 |

COLONNA LITOSTRATIGRAFICA RAPPRESENTATIVA
- Scala 1:100 -



| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 31 of 46 |

11. INDAGINI GEOFISICHE DEL SOTTOSUOLO AI FINI DALL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

11.1 PREMESSA

A supporto dello studio geologico, relativo all'intervento progettuale oggetto di questa Relazione sono state effettuate due indagini geofisiche per la definizione dell'azione sismica di progetto e per analizzare il comportamento sismico del terreno di fondazione in conformità al D.M. 17.01.2018 Norme Tecniche per le Costruzioni.

Nella fattispecie sono state eseguite tre acquisizioni sismiche, con l'impiego della tecnica di sismica passiva a stazione singola, per una finestra temporale di 20 minuti denominati: TR1-TR2 e TR3 la quale mette in luce le frequenze alle quali lo scuotimento del terreno viene amplificato per risonanza morfologica e stratigrafica. A questa tecnica di sismica passiva è stata associata la prova di sismica attiva con tecnica di tipo MASW tale combinazione permette di effettuare un fit congiunto delle due prove, questo approccio misto di tecniche di sismica attiva e tecniche a stazione singola passiva si rivela ideale in quanto la prova Masw fornisce il vincolo per il fit della prova H/V e la prova H/V permette di ottenere profili di sottosuolo in termini di Vs fino a profondità maggiori di quelle raggiungibili dalla sola prova di sismica attiva.

L'analisi in situ, realizzata con **Tromografo** elettronico digitale TROMINO® ENGINEERING il quale, è un tipo particolare di sismometro creato per la misurazione del tremore sismico ambientale e delle frequenze di risonanza dei terreni, ha permesso attraverso le caratteristiche elastiche del terreno e le discontinuità sismiche presenti, legate alle variazioni litologiche, di determinare:

- il *rapporto spettrale H/V* (componenti orizzontali X-Y in rapporto alla verticale Z) del micro-tremore ambientale (sismica passiva) per la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo naturale e valutare la *risposta sismica del sito ed eventuali effetti di amplificazione sismica, topografica e stratigrafica locale, del moto in superficie*;
- *Profili vincolati di velocità delle onde di superficie (prossimi ad onde S)*
- *Ricostruzione del modello geologico stratigrafico, del volume di terreno interessato dalle fondazioni dell'opera soprastante*;
- *Stratigrafia del sottosuolo (e individuazione di sedimenti saturi d'acqua per, eventuale, presenza di falda freatica sotterranea che potrebbe, comportare variazioni delle caratteristiche geo-meccaniche dei terreni e risposte sismiche locali diversificate es.: variazione di amplificazione del segnale sismico locale)*;
- *Discontinuità e cavità all'interno della roccia.*
- *Mappatura della profondità del bed rock con alta precisione.*
- *la velocità equivalente media ponderata delle onde di taglio "S" nei primi H m di spessore del substrato, "Vs_eq", in presenza di un vincolo ossia profondità dello strato riflettore, e la categoria di sottosuolo associata secondo quanto previsto nel D.M. 14/01/2008 relativo alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e Nuovi Aggiornamenti del 17/01/2018 e succ. modifiche ed integrazioni.*

Questo tipo di indagine ha lo scopo di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo con costi e tempi ridotti, e solo successivamente alla luce dei risultati acquisiti, preventivare eventuali analisi di dettaglio con altre metodologie. Evitando sprechi economici per altre indagini inutili e invasivi. Inoltre, per la caratterizzazione sismica di un sito, secondo la Normativa sopra citata, la tecnica sismica passiva a stazione singola è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (e non "deriva" da altri N parametri) le frequenze di risonanza senza limiti di profondità nell'intervallo d'interesse geotecnico e strutturale e in modo molto rapido e non invasivo.

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 32 of 46 |

La restituzione dei dati, con relativa interpretazione del "profilo sismico", avvenuta attraverso il software "Grilla" è riportata in allegato alla presente. A seguito dell'analisi della prospezione sismica eseguita si riporta la classificazione della categoria di suolo di fondazione secondo quanto previsto nel D.M. 17/01/2018 relativo alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e il valore di picco di accelerazione al suolo del sito.

11.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica – costituisce la nuova legge di riferimento per la progettazione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento sismico su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azione.

La nuova classificazione sismica adottata dalla Regione Lazio con la Delibera della Giunta Regionale n. 387 del 22 maggio 2009 inserisce il Comune di Roma in zona 2B/3A/3B. La Regione Lazio, infatti, ha riclassificato il territorio regionale in zone a pericolosità decrescente (zona 1, 2 e 3), a partire dalla carta di pericolosità sismica allegata alla OPCM 3519/06 e ha introdotto delle sottozone (A, B), per adattare meglio le norme alle caratteristiche di sismicità locali. Come previsto dagli indirizzi e criteri generali di classificazione del territorio nazionale, a ciascuna zona sismica corrisponde un intervallo di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_g), che ha una probabilità del 10% di essere superata nei prossimi 50 anni.

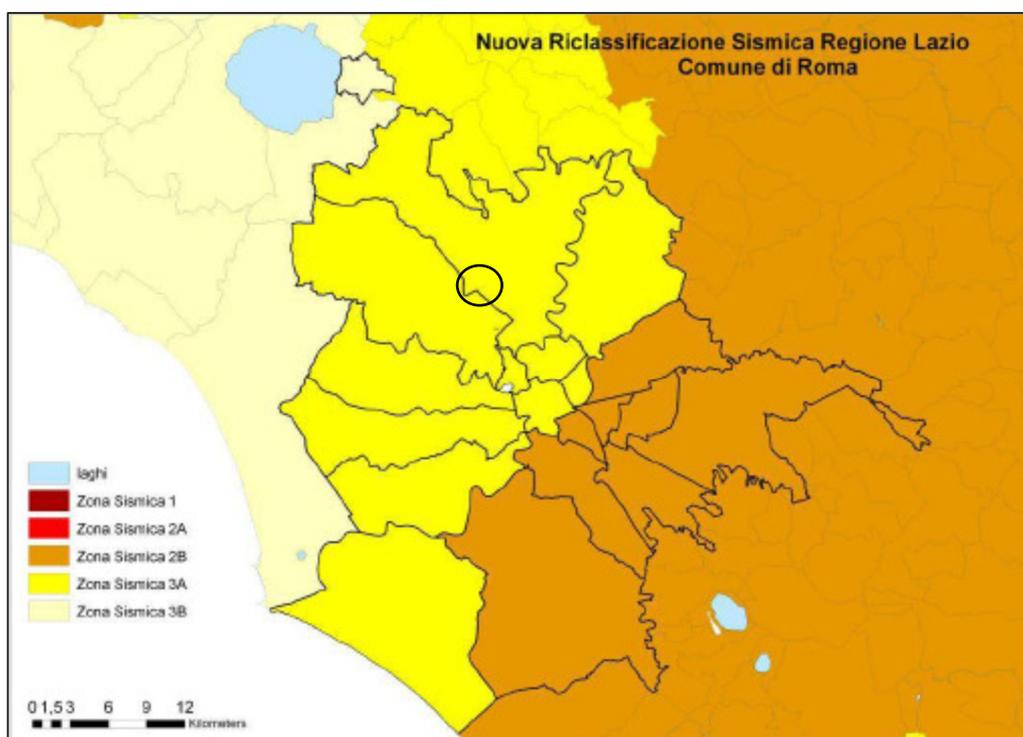


Figura 9 - Classificazione sismica della Regione Lazio

Le sottozone A e B suddividono ulteriormente le zone 2 e 3 individuando intervalli più ristretti di a_g e quindi più vicini alla reale pericolosità sismica del territorio. Nella Regione Lazio la classificazione sismica prevede quindi cinque zone: 1, 2A, 2B, 3A e 3B.

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 33 of 46 |

Il territorio di Roma non è stato considerato come un'unica zona sismica, ma è stato suddiviso in Unità Amministrative Sismiche - UAS, che corrispondono ai Municipi.

L'area dell'intervento ricade nel XIV Municipio, classificato come Zona sismica 3 A.

| ZONA | SOTTOZONA SISMICA | ACCELERAZIONE (ag) CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI | a _g max |
|------|-------------------|--|--------------------|
| 1 | | $0.25 \leq a_g < 0.278$ g (val. max per il Lazio) | 0,278 g |
| 2 | A | $0.20 \leq a_g \leq 0.25$ g | 0,25 g |
| | B | $0.15 \leq a_g \leq 0.20$ g | 0,20 g |
| 3 | A | $0.10 < a_g \leq 0.15$ g | 0,15 g |
| | B | $0.062 \leq a_g < 0.10$ g (val. min per il Lazio) | 0,10 g |

Tabella 11.1 - Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio

La sismicità dell'area del comune di Roma è legata ai risentimenti dei terremoti delle aree sismogenetiche vicine, quali quelle dell'Appennino Centrale e del Distretto Vulcanico dei Colli Albani.

La prima area, caratterizzata da terremoti di elevata magnitudo (anche fino a M=7) e con distanze comprese tra 60 e 130 km da Roma, è quella che ha determinato risentimenti più elevati e fino ad alla Intensità Macrosismica di VII grado MCS.

L'area dei Colli Albani è sede di una sismicità con terremoti molto frequenti e con magnitudo intorno a M=5. I risentimenti sono molto frequenti, ma con intensità macrosismica da bassa a molto bassa.

L'attività sismica locale della città, entro un cerchio di raggio di circa 15 km, è caratterizzata da una sismicità a ricorrenza non elevata, ma con intensità massima corrispondente al VI-VII grado MCS (M=4).

In ossequio alle direttive previste dallo stesso decreto D.M. 14 gennaio 2008 e nuovi aggiornamenti 17 gennaio 2018, sono state attenzionate le problematiche riguardanti il fattore pericolosità sismica locale, che rappresenta il primo passo per la riduzione del rischio sismico. È necessario, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

La pericolosità sismica, intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito, è legata, oltre che alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area e alla propagazione delle onde ed anche alle caratteristiche geologiche locali denominata "risposta sismica locale". Si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. È noto, infatti, che in occasione di eventi sismici di una certa rilevanza, si verificano effetti differenti connessi a particolari condizioni geologico-geomorfologiche detti effetti stratigrafici e topografici:

- **effetti stratigrafici**, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **effetti topografici**, legati alla configurazione topografica del piano campagna.

La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello rifratto. I fenomeni di

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 34 of 46 |

amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza. Questi effetti, producono danni anche molto diversificati su manufatti di caratteristiche strutturali analoghe, situati anche a breve distanza. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II (A, B, C, D, E) della normativa vigente in materia antisismica NTC 2018. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione definita in (Tab. 3.2.III – T1, T2, T3 T4) della normativa vigente in materia antisismica, vedi – Nuova Normativa Antisismica del 17/01/2018.

11.3 METODOLOGIA SISMICA ADOPERATA E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geosismiche sono state realizzate avvalendosi del metodo sismico che utilizza l'acquisizione del "rumore sismico" di fondo come funzione di eccitazione. Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche *micro-tremore* poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I micro-tremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. Dai primi studi di "Kanai" (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei "rapporti spettrali" tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale ("Horizontal to Vertical Spectral Ratio", HVSR o H/V), proposta da "Nogoshi e Igarashi" (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Tale tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della "frequenza fondamentale di risonanza" del sottosuolo indagato ("Field e Jacob", 1993; "Lachet e Bard", 1994; "Lermo e Chavez-Garcia", 1993, 1994; "Bard", 1998; "Ibsvon Seht e Wohlenberg", 1999; "Fah et al.", 2001; solo per citarne alcune), così come è altrettanto riconosciuto che le ampiezze di detti rapporti spettrali H/V rappresentino un indicatore dell'amplificazione "minima" attesa al sito, in caso di terremoto. In altre parole, se consideriamo un terremoto composto di onde di volume (dominanti nella prima fase - primi secondi – dell'evento) e di onde di superficie (dominanti nella seconda fase del terremoto), l'amplificazione registrata con il micro-tremore coincide con quella attesa per il treno di onde di superficie del terremoto (il cosiddetto "sciame" del terremoto) mentre può essere inferiore a quella reale nei primi secondi del terremoto. Tale tecnica si fonda, infatti, su un segnale composto per la maggior parte da onde di superficie (Rayleigh e Love che sono quelle che provocano i maggiori danni nei terremoti a causa della loro ampiezza) e sfrutta la proprietà per cui la componente spettrale verticale (Rayleigh) si annulla in corrispondenza delle auto-frequenze dell'onda di volume SH questo è il motivo per cui si osserva un massimo nella curva H/V in corrispondenza di queste frequenze. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze, per l'appunto di risonanza, non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle auto-frequenze dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le misure di "micro-tremore sismico ambientale" sono state effettuate per mezzo di un *tromografo digitale portatile progettato per l'acquisizione del rumore sismico*. Lo strumento (Tromino®Engy, Micromed SpA, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di: sei canali connessi a tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali (N-S, E-W e verticalmente), più un canale per il segnale GPS e un canale analogico con trigger esterno per l'applicazione di sismica attiva.

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 35 of 46 |

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz e per una finestra temporale di 20 minuti su terreno naturale, lo strumento è stato orientato in direzione Nord, le condizioni meteorologiche durante la misura: si presentava cielo sereno temperatura 12°C circa, vento 20 km/h N.O.

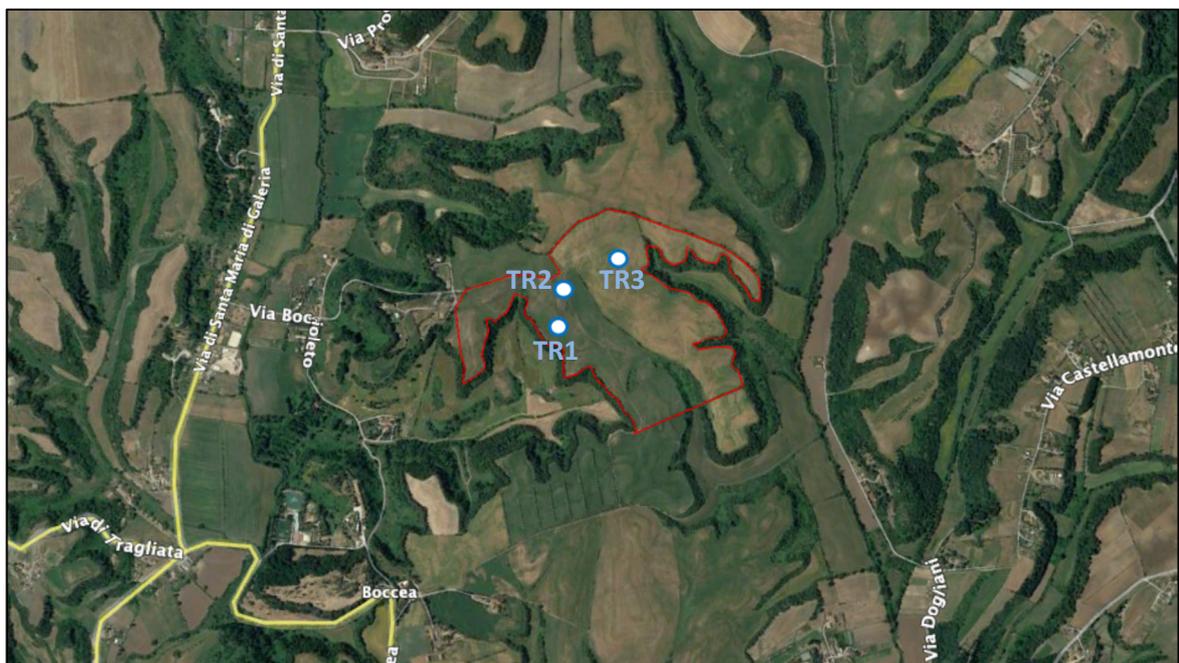
Lo strumento memorizza i dati in una scheda di memoria interna da 1 Gb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico od elettronico.

TROMINO® ENGINEERING permette di misurare anche le vibrazioni potenzialmente dannose negli edifici e nelle strutture, analizzando il picco di velocità /o accelerazione per ogni frequenza a suolo e sui fabbricati, in quanto il *rapporto spettrale H/V* (componenti orizzontali X-Y in rapporto alla verticale Z) del micro tremore ambientale (sismica passiva) determina sia la frequenza di risonanza del terreno naturale che di quella di fabbricati e strutture, da cui derivare la presenza o meno della condizione di "doppia risonanza" indice di vulnerabilità sismica di un'opera.

Il TROMINO® ENG in combinazione con un Sistema Trigger, comprensivo di cavo di lunghezza 50 metri, geofono con puntale verticale, frequenza propria 4.5 Hz, permette di effettuare la prova attiva di tipo ARRAY-MASW (usando un solo canale per volta) e sismica a rifrazione a piccola scala. Questa combinazione permette di effettuare un fit congiunto delle due prove, questo approccio misto di tecniche in array attiva e tecniche a stazione singola passiva si rivela ideale in quanto la prova in array fornisce il vincolo per il fit della prova H/V anche in assenza di sondaggi e la prova H/V permette di ottenere profili di sottosuolo in termini di Vs fino a profondità maggiori di quelle raggiungibili dalla sola prova in array attiva.

Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi ed utilizzando un contouring software.

Ubicazione indagini sismiche su stralcio vista aerea - Fonte: Google Earth Pro



○ Acquisizioni sismiche effettuate in situ – TR1, TR2, TR3.

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA <i>Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm)</i> | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 36 of 46 |

11.4 ELABORATI SISMICI

TR1: BOCCEA (RM)

Instrument: TEP-0200/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 22/02/22 10:53:13 End recording: 22/02/22 11:13:13

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; north south; east west; up down

GPS location: 012°19.2460 E, 41°58.4345 N (110.1 m)

Satellite no.: 08

Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)

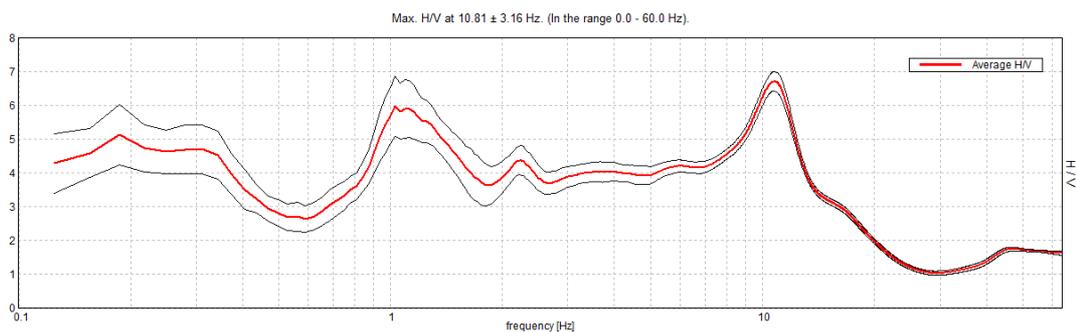
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

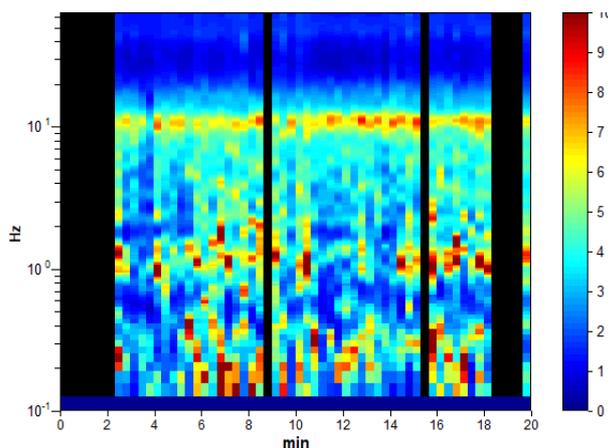
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 15%

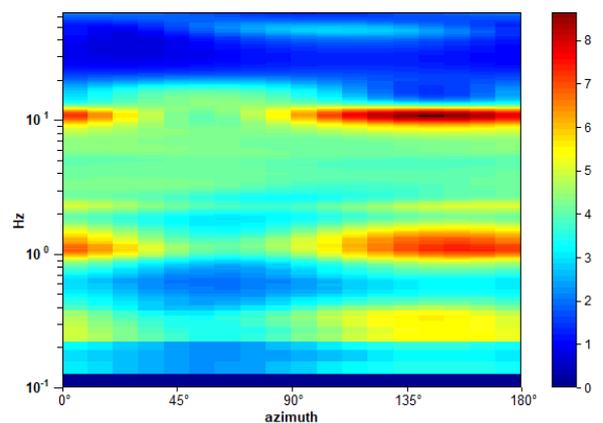
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

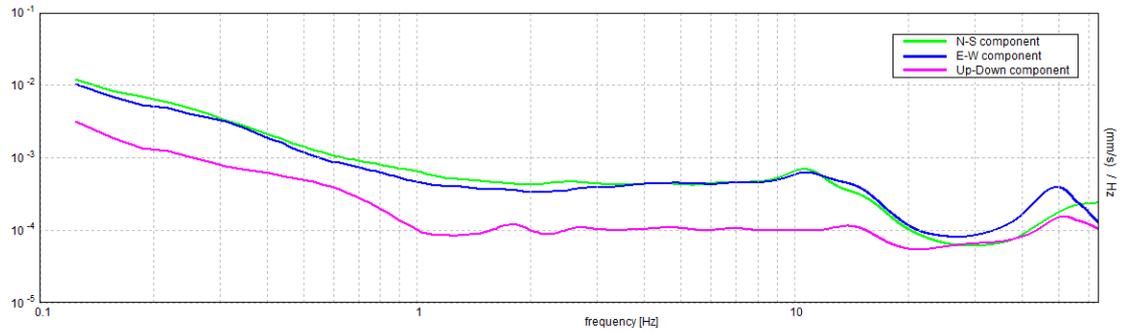


DIRECTIONAL H/V

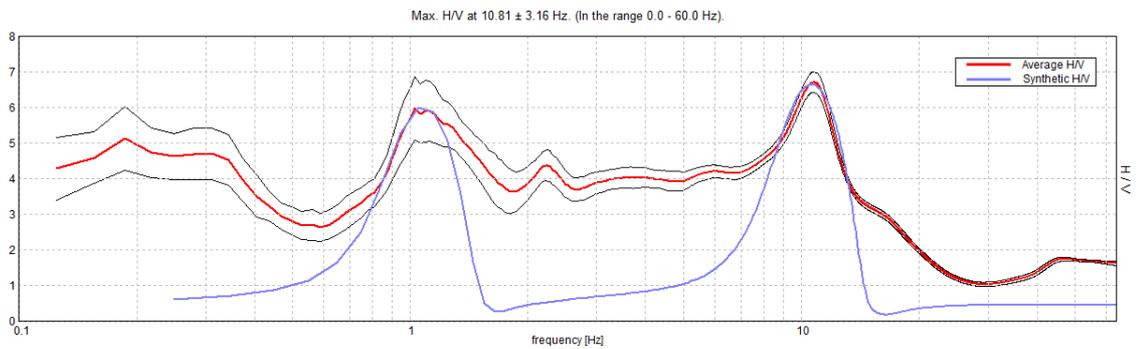


| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 37 of 46 |

SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



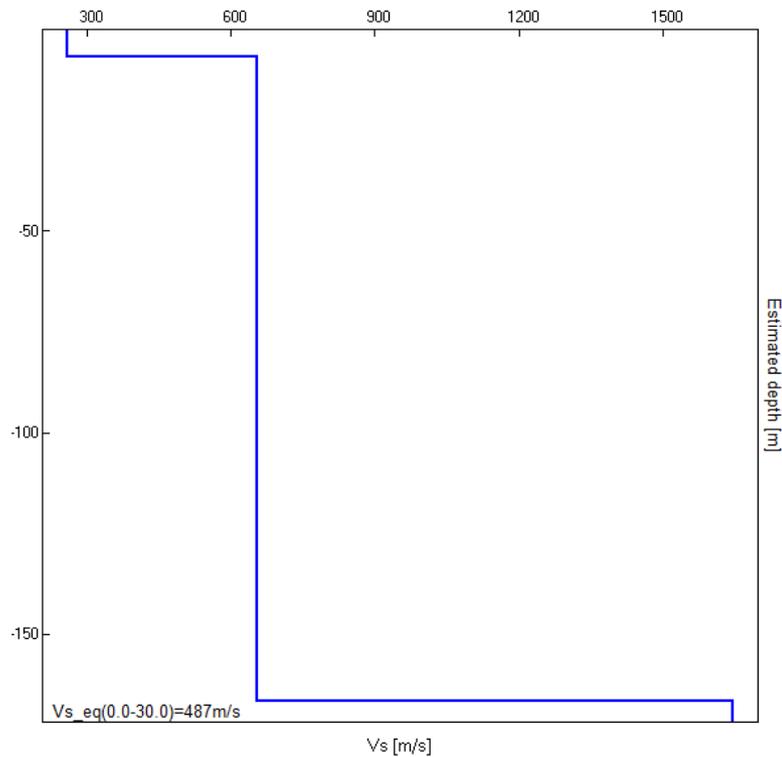
| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| 6.70 | 6.70 | 257 | 0.40 |
| 166.70 | 160.00 | 655 | 0.38 |
| inf. | inf. | 1648 | 0.38 |
| | | Vs_eq (0.0-30.0) = 487 m/s | |



TR1: Acquisizione sismica effettuata nell'area interessata dall'impianto

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 38 of 46 |

TROMINO® Grilla
www.tromino.eu



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



TR2 e TR3: Acquisizione sismica effettuata nell'area interessata dall'impianto

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 39 of 46 |

11.5 CARATTERISTICHE SIMMO-STRATIGRAFICHE LOCALI

Il modello, geologico stratigrafico, interpretativo fornito con le acquisizioni di sismica passiva, ha permesso di fornire una stima affidabile della "frequenza fondamentale di risonanza" del sottosuolo indagato e di localizzare ed evidenziare i fattori che rivestono grande importanza per la valutazione della risposta sismica locale quali: spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del bed-rock con alta precisione.

TR1 - TR2 - TR3

| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio | Y t/m ³ |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|--------------------|
| 6.70 | 6.70 | 257 | 0.40 | 1.80 |
| 166.70 | 160.00 | 655 | 0.38 | 2.00 |
| inf. | inf. | 1648 | 0.38 | 2.20 |

- *Caratteristiche fisico-tecniche, medie, dei profili litostratigrafici ottenute dai sondaggi di sismica passiva a stazione singola "TR1" TR2 e TR3 effettuato su terreno agrario. – Il modello geologico stratigrafico, ottenuto dall'analisi delle tracce acquisite, evidenzia n°2 simmo-strati che vengono descritti qui di seguito a partire dall'alto:*

- Un primo strato sismico, tolto il primo strato superficiale di copertura di circa 0.80 m, delimitato alla base da un livello stratigrafico riflettente a circa 6.70 m, definito da un picco di frequenza di risonanza a circa 10.72 Hz, attraversato da una velocità di propagazione delle onde di compressione "Vp" pari a 630 m/s e delle onde di taglio "Vs" pari a 257 m/sec, tipica di terreni costituite da depositi di sabbie da media consistenza con discrete caratteristiche fisico meccaniche.
- un secondo strato sismico, di spessore di circa 160.00 m delimitato alla base da un livello stratigrafico riflettente a circa 166.70 m, definito da un picco di frequenza di risonanza di 1.12 Hz, attraversato da una velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione "Vp" pari a 1489 m/s e onde di taglio "Vs" pari a 655 m/sec tipica di rocce sedimentarie tenere stratificate passanti a litoidi con la profondità. Livello stratigrafico molto consistente con buone proprietà fisico meccaniche.
- Segue l'unità sismica, avente spessore indefinito, che ha evidenziato un valore di propagazione delle onde di compressione "Vp" pari a 3746 m/s e delle onde di taglio "Vs" pari a 1648 m/sec tipica di rocce sedimentarie a consistenza litoide – costituenti il bed-rock.
- La registrazione HVSR eseguita della durata 20 minuti mostra un chiaro picco del rapporto H/V a frequenza di Max. H/V at 10.81 ± 3.16 Hz (in the range 0.0 - 60.0 Hz) e rientra nei criteri di validazione SESAME.

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 40 of 46 |

Il profilo stratigrafico che tali tecniche possono restituire, si basa sul concetto di contrasto d'impedenza cosicché per strato si intende un'unità distinta da quella di sopra e sottostante per un contrasto di impedenza, ossia per il diverso rapporto tra i prodotti della velocità delle onde sismiche di un mezzo per la densità del mezzo stesso. L'uso di algoritmi di calcolo, finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette d'associare ad ogni picco spettrale le possibili "variazioni" presenti nel sottosuolo in termini di spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio. Ciascun picco nel grafico H/V corrisponde ad un livello stratigrafico (riflettore sismico) che presenta un contrasto d'impedenza rispetto al livello confinante; maggiore è il contrasto d'impedenza maggiore risulta l'ampiezza del picco amplificativo sebbene la relazione tra le due variabili non sia lineare.

I parametri sismici riportati nelle tabelle esprimono le seguenti caratteristiche:

- spessore strato espresso in (m)
- Vp: velocità delle onde longitudinali o di compressione P in (m/s)
- Vs: velocità delle onde di trasversali o di taglio S in (m/s)
- ν : modulo di rigidità, rapporto di Poisson
- γ : densità in t/m³
- f(i): frequenza rilevata in Hz

La conoscenza contemporanea delle velocità in situ delle onde P ed S consente di ricavare i moduli elastici dei terreni, i quali dipendono da rapporto esistente tra le due velocità in situ. Infatti, il **coefficiente di Poisson**, dato dal rapporto tra la deformazione trasversale e longitudinale del materiale, fornisce un criterio di valutazione della elasticità o della plasticità di un litotipo che è legato al grado di litificazione, alla porosità e al grado di saturazione del litotipo stesso; pertanto, è legato strettamente agli stessi parametri da cui dipendono le velocità di propagazione delle onde nei mezzi.

11.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI FINI DELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Dalla individuazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio "Vs" generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi metri di terreno attraversato (Vs_eq); successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, – Nuova Normativa Antisismica del 17/01/2018, è stato possibile effettuare la classificazione del sottosuolo, con il metodo della tecnica sismica passiva a stazione singola, la quale secondo la Normativa sopracitata è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (e non "deriva" da altri N parametri) le frequenze di risonanza senza limiti di profondità nell'intervallo di interesse geotecnico e strutturale e in modo molto rapido e non invasivo.

Di particolare importanza è a "frequenza fondamentale di risonanza" (fr) dello strato i-esimo relativa alle onde "S" è pari a:

$$fr = Vs \text{ i-esimo} / 4H \quad (1)$$

La "frequenza fondamentale di risonanza" è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito stratigrafico, per frequenza naturale fondamentale si intende la frequenza più bassa di tutte quindi la più profonda, è la frequenza a cui un sistema eccitato da un impulso vibra con maggiore ampiezza ed è il reciproco del periodo fondamentale.

L'analisi H/V permette pertanto di identificare i "contrastati di impedenza" tra strati, la successiva determinazione della velocità delle "onde S" fino a profondità notevoli (ben oltre i 100 m di profondità) e

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 41 of 46 |

strettamente dipendenti dallo spazio temporale di acquisizione; quindi l'elaborazione della $V_{s,eq}$, avviene attraverso una formulazione specifica adottando come punto di partenza la relazione (1) sopra riportata. Per i nostri scopi, la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio (onde S) entro i primi H metri di spessore ha permesso di definire il parametro $V_{s,eq}$ e di poter altresì caratterizzare i terreni in esame ai sensi dell'Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003 e D.M. 14/01/2008 e nuovi aggiornamenti del 17/01/2018 e succ. mod. ed integrazioni.

La determinazione dell'andamento dei valori delle onde di taglio entro i primi H metri di terreno è stata resa possibile dall'interpretazione congiunta del profilo H/V in comparazione con la curva degli spettri di ampiezza. L'individuazione delle discontinuità è infatti resa possibile quando in corrispondenza dei valori di frequenza di risonanza caratteristici nella curva H/V si realizza contestualmente una inversione nella componente verticale dello spettro di ampiezza. Successivamente avendo noti sia lo spessore degli strati (ricavati dai sondaggi penetrometrici effettuati in situ) che i relativi valori di propagazione delle onde di taglio è stato possibile dare una classificazione del sottosuolo determinando i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s) nei primi H metri, attraverso la seguente espressione:

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

con:

- hi spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ 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/s.

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. La Velocità Equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m.

Nella precedente espressione "hi" è " $V_{s,i}$ " indicano lo "spessore" (in m) e la "velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo (in m/sec), per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri superiori, si è ottenuto un "valore medio ponderato" della "velocità delle onde di taglio" nei primi trenta metri, partendo dal piano campagna, pari a: $V_{s,eq} = V_{s30} = TR1 = 487$ m/s, $TR2 = 478$ m/s e $TR3 = 474$ m/s

Riferendosi alla descrizione stratigrafica secondo la tabella riportata nel Testo Unitario riguardante le "Norme tecniche per le costruzioni", ("D.M. del 14 gennaio 2008" e nuovi aggiornamenti del 17 gennaio 2018"), si definisce la "Categoria del sottosuolo di fondazione" relativamente al piano campagna per l'acquisizione effettuata denominata "TR1" e "TR2" come "Categoria di tipo B" e cioè: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" con spessori superiori a 30 m,

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 42 of 46 |

caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s, così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

| TR1 | | TR2 | | TR3 | |
|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| $V_{s_eq} = V_{s30} \text{ (m/s)}$ | | $V_{s_eq} = V_{s30} \text{ (m/s)}$ | | $V_{s_eq} = V_{s30} \text{ (m/s)}$ | |
| Al p.c. | 487,00 | Al p.c. | 478,00 | Al p.c. | 474,00 |

11.7 CONSIDERAZIONI GEOSISMICHE CONCLUSIVE

Il modello interpretativo fornito con l'acquisizione **sismica passiva TR1,TR2,TR3**, ha consentito di caratterizzare: sismicamente l'area in studio, fornire una stima affidabile della "frequenza fondamentale di risonanza" del sottosuolo analizzato e di localizzare ed evidenziare i fattori che rivestono grande importanza per la valutazione della risposta sismica locale quali: spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del bed-rock con alta precisione, a permesso di ricostruire il modello geologico stratigrafico del volume di terreno interessato dall'impianto di fotovoltaico, creando un profilo Sismo-Stratigrafico del sottosuolo ampiamente descritto nel paragrafo precedente (12.4).

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 14 Gennaio 2008 e nuovi aggiornamenti del 17/01/2018, ai fini dell'azione sismica di progetto, la stima del valore del $V_{s,eq} = V_{s30}$ (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri), relativo all'acquisizione sismica passiva con tromografo risulta essere pari a: **TR1: $V_{s_eq} = V_{s30} = 487 \text{ m/s}$, TR2: $V_{s_eq} = 478 \text{ m/s}$ e TR3 = 474 m/s**, misurato al piano campagna, quindi ai sensi del D.M. 17/01/18 la categoria del suolo di fondazione per l'area interessata dall'impianto fotovoltaico risulta come "Categoria di tipo B" e cioè: - "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s, così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

La correlazione tra le unità sismo-stratigrafiche e litologie investigate è di seguito riassunta (vedi para. 11.4):

| PROSPEZIONE SISMICA $V_{s_eq} = 182 \text{ m/s}$ | | |
|--|--|----------------|
| SISMOSTRATI | LITOLOGIA INVESTIGATA | Profondità (m) |
| SISMOSTRATO I | Deposito di sabbie di media consistenza, con discrete caratteristiche fisico meccaniche | 0,00 – 6,70 |
| SISMOSTRATO II | Rocce sedimentarie tenere stratificate passanti a litoidi con la profondità. Livello stratigrafico molto consistente con buone proprietà fisico meccaniche | 6,70 – 166,70 |
| SISMOSTRATO III | Bed-rock – rocce a consistenza litoide | Indefinito |

Tenendo conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del *coefficiente di amplificazione topografico ST* riportati nella Tab.3.2. V della vigente

| | | | |
|---|--|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 43 of 46 |

normativa NTC 2018, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. § 3.2.II e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Quindi in considerazione alle condizioni Topografiche di progetto, i lotti in esame sono caratterizzati da rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i < 15^\circ$, facendo rientrare il sito nella **categoria Topografica T1** (pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) per la quale si ha un valore del fattore di amplificazione topografica pari a **Sr 1,0** secondo l'**EC8** e come riportato nella Tab. 3.2.V. della – Nuova Normativa Antisismica 2018.

Per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nella formula § 3.2.2 riportata nella Normativa NTC 2018, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico ST e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo T_c . Dove nella formula 3.2.2 S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot ST$ - [3.2.3] essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e ST il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V); Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti S_s e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le *espressioni di S_s* (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e *di C_c* (coefficiente della categoria del sottosuolo) fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81$ m/s² è l'accelerazione di gravità e T_c è espresso in secondi.

Si riportano le espressioni per la categoria B rilevata nell'area in studio:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

| Categoria sottosuolo | S_s | C_c |
|----------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$ |

Le condizioni topografiche locali non mostrano situazioni tali da far variare in termini negativi la risposta sismica del sito e/o provocare amplificazioni dell'ampiezza e durata delle onde sismiche.

| |
|--|
| Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 gennaio 2018 |
| <i>Categoria Suolo di fondazione: "B"</i> <i>Categoria Topografica "T1"</i> |

| | |
|---|--------|
| $TR1 = V_{s_eq} = V_{s30}$ (m/s) | |
| Al p.c. | 487,00 |

| | |
|---|--------|
| $TR2 = V_{s_eq} = V_{s30}$ (m/s) | |
| Al p.c. | 478,00 |

| | |
|---|--------|
| $TR3 = V_{s_eq} = V_{s30}$ (m/s) | |
| Al p.c. | 474,00 |

Termini Imerese, lì 18/03/2022

Il Tecnico: Dott.ssa Geol. Concetta Pérez

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 44 of 46 |

12. INDAGINE GEOELETTRICA ED ELETTROSTRATIGRAFIA DI SINTESI

I metodi di prospezione geoelettrica in corrente continua sondaggio elettrico verticale, indicato sinteticamente come S.E.V., sono comunemente utilizzati per l'indagine del sottosuolo attraverso lo studio della resistività elettrica.

Il metodo si basa sul principio che la distribuzione di un campo di potenziale elettrico (U) sulla superficie del terreno dipende, oltre che dalle caratteristiche geometriche della sorgente, anche dalla distribuzione della resistività elettrica (ρ) nel sottosuolo.

La resistività elettrica, inverso della conducibilità elettrica, è un parametro fisico intrinseco delle rocce ed indica la resistenza specifica che oppongono i vari litotipi a farsi attraversare dalla corrente elettrica quando questi sono sottoposti all'azione di una forza elettromotrice. Essa può variare notevolmente da punto a punto poiché sono molti i fattori che la influenzano, tra i quali la presenza di acqua, la porosità, la temperatura e la pressione. La tecnica della prospezione geoelettrica consiste nell'inviare corrente continua nel terreno attraverso un dipolo (dipolo di energizzazione) e registrare la differenza di potenziale del campo elettrico indotto attraverso altri distinti dipoli (dipolo di misura), posti in successione a distanze progressivamente maggiori lungo uno stendimento. Questi poli elettrici sono costituiti da elettrodi di ferro o acciaio, possibilmente impolarizzabili.

In un semispazio omogeneo e isotropo il campo elettrico si distribuisce attraverso linee di corrente radiali e superfici equipotenziali semisferiche aventi il loro centro nel punto sorgente in superficie.

In un sottosuolo non omogeneo, la presenza di un corpo anomalo o di una struttura geologica conduttiva o resistiva determina la distorsione delle linee di corrente, in funzione delle caratteristiche elettriche del corpo attraversato, addensandole o diradandole a seconda che si tratti di corpi isolanti o conduttori.

Dall'analisi della sezione elettro-stratigrafica è stato possibile verificare la presenza di un substrato composto da materiali a grana medio fine di natura sabbiosa arenacea più o meno cementati e da semi-litoidi a litoidi. Il modello elettro-stratigrafico fornito evidenzia diversi elettro-strati con proprie caratteristiche di conducibilità elettrica.

Il modello ricavato dall'esame dei profili eseguiti è sovrapponibile a quanto già determinato con l'indagine sismica.

| STRATIGRAFIA ELETTRICA | | | | |
|------------------------|---------|---|---------------------------|---------|
| Quota [m. dal p.c.] | | Litologia | Resistività Elettrica | |
| da | A | | | (Ohm*m) |
| 0,00 | - 7,00 | Materiali sabbiosi | Medio basso resistivo (C) | 70,00 |
| - 7,00 | - 10,00 | Materiali a elevata componente argillosa e/o presenza di falda idrica | Basso resistivo (C) | 2,00 |

Tabella 13.1 – Elettro-strati nell'area di impostazione del campo fotovoltaico

In allegato si riporta la Relazione Geofisica sull'indagine S.E.V. con la relativa sezione elettro-stratigrafica interpretativa².

² Allegato 2

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 45 of 46 |

13. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CONCLUSIVE

- Indicazioni progettuali

Esaminate le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche, statiche del luogo e valutate le condizioni geotecniche e sismiche del sottosuolo attraverso i risultati acquisiti dalla campagna di indagini geognostiche rilevate nell'area in studio, si esprime parere favorevole all'esecuzione delle opere in progetto, alle condizioni e con l'adozione dei parametrici geotecnici e sismici sopra menzionati (parag. 10 -11).

Da quanto detto precedentemente si prescrivono i seguenti interventi:

- 1) Adozione della fondazione compatibile con le resistenze del terreno in posto;
- 2) Impostazione del piano di fondazione ad una profondità adeguata al raggiungimento del substrato competente costituito da tufi stratificati con un buon grado di cementazione;
- 3) Realizzazione di un opportuno drenaggio onde favorire e non alterare l'attuale deflusso superficiale il quale ha un ulteriore fondamentale scopo che è quello di proteggere le strutture fondarie da eventuali infiltrazioni che potrebbero destabilizzarli con conseguente variazione della resistenza di attrito e di amplificazione del segnale sismico locale;

Particolare attenzione dovrà essere posta nella posa delle fondazioni, infatti, dovrà necessariamente essere asportata l'intera copertura di alterazione della sottostante formazione, ovvero quegli orizzonti litologici che sono largamente influenzati dalle variazioni meteorologiche stagionali e dunque soggetti ad alterazione ed a perdita di resistenza meccanica, fino ad appoggiare le strutture fondali sugli orizzonti più integri, dove si iniziano a rilevare buone caratteristiche fisico meccaniche *i cui valori nel dettaglio sono riportati nel capitolo precedente "10" e "11" dedicato alla geomeccanica e alla geofisica valori che l'ingegnere progettista potrà utilizzare per la scelta della fondazione più consona da adottare per le opere strutturali riguardanti l'intero parco fotovoltaico.*

Le prove sismiche eseguite in campagna hanno consentito di individuare sia la categoria del suolo di fondazione, *ai sensi delle nuove Norme Tecniche delle costruzioni D.M.17/01/2018*, mediante la misura del $V_{s,eq}$ che la sismo-stratigrafia del sito. Nella fattispecie i valori delle V_s equivalenti ottenute fanno sì che il sottosuolo di fondazione dell'area interessata dall'impianto fotovoltaico possa essere *attribuita la categoria di tipo "tipo B"*.

Per maggiori dettagli sul comportamento sismico che caratterizza il terreno di fondazione, si rimanda alle conclusioni ampiamente riportate nel capitolo "11" dedicato alla geofisica, dove sono riportati i valori dei parametri sismici e le proprietà elastiche dei mezzi attraversati sul sito di riferimento che il progettista dovrà tenere conto in sede di scelta di progetto.

Dall'analisi dei profili geoelettrici, si può affermare che i primi 10 metri di sottosuolo investigato è caratterizzato da valori di resistività compresi in un intervallo che va da circa 2.0 a 70,0 $\Omega \times m$, con variazioni laterali di resistività modeste...

Si ricorda che non va sottovalutata la circolazione idrica sotterranea nei primi metri di copertura che può avvenire nei periodi invernali, specie durante e immediatamente dopo abbondanti precipitazioni, per tale motivo sarà opportuno seguire degli accorgimenti per la durata dell'intero impianto fotovoltaico ed in particolare che l'area dell'impianto vada opportunamente protetta con una leggera risagomatura della superficie topografica e *la realizzazione di un sistema di canalette drenanti* per l'allontanamento rapido delle acque piovane, ed altre opere accessorie di natura idraulica che verranno realizzate in contropendenza per convogliare l'acqua di prima pioggia da un lato all'altro dell'impianto e convogliate in apposite vasche di raccolta e distribuzione acque piovane, prevedendo anche eventuali tubazioni di raccordo interrato. Le

| | | | |
|---|---|-------|----------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA Località "Serra Valle Galeria" - Comune di Roma (Rm) | Rev. | 0 |
| | 21-00016-IT-BOCCEA_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA | Sheet | 46 of 46 |

canalette saranno realizzate *in leggera contropendenza* in scavo di forma trapezoidale con una sezione variabile in funzione della portata di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

I sopralluoghi eseguiti sull'area interessata dall'Impianto Fotovoltaico e sui terreni attraversati dalle opere di connessione della Linea AT necessarie al collegamento dell'impianto ad una sottostazione da 150 kV non hanno evidenziato, segni di dissesti o movimenti gravitativi in atto, così come confermato dalla consultazione sugli elaborati geomorfologici allegati al P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Lazio, sul sito di riferimento (Vedi: Carta aree di attenzione per pericolo frane e inondazioni - TAV. 2.12 Nord (P.A.I.) in scala 1: 10.000, di seguito riportata). Ulteriori controlli effettuati sugli inventari dei fenomeni franosi, Progetto IFFI (ISPRA), visionabile dal sito web dell'ISPRA, non si riscontra la presenza di fenomeni franosi di alcun livello in tutta l'area che interessa l'impianto e i tracciati della linea di connessione alla RTN in progetto, nonché sopralluoghi di verifica direttamente in campo, hanno permesso di escludere la presenza di dissesti rilevanti nell'area di studio.

Per quanto riguarda la linea di connessione AT in cavo interrato, considerato che il cavidotto da realizzare sarà posizionato sul fondo di uno scavo in trincea a profondità non inferiore a 1 m e con sviluppo complessivo in lunghezza di circa 12,5 km, per un buon funzionamento, si consiglia di sostituire il materiale rimosso dal fondo trincea con un tappeto drenante, creando un "letto di posa" con materiale arido di idonea pezzatura e spessore. Per il rinterro dello scavo e per il posizionamento del cavidotto, è opportuno che la granulometria del terreno utilizzato sia omogenea e media (quella delle sabbie), allo scopo di salvaguardare l'integrità della condotta ed evitare le problematiche connesse all'infiltrazione di acqua. Sarà necessario eseguire a regola d'arte la porzione terminale dello scavo (verso la superficie), realizzando la sede stradale in tutti i suoi strati per evitare dannose infiltrazioni d'acqua in corrispondenza della trincea di scavo.

L'area interessata dal progetto non presenta corpi idrici superficiali e sotterranei destinati all'emungimento per scopi potabili, a protezione dei rischi di inquinamento del suolo e del sottosuolo, di cui al DPR 236/88 e DL 152/99 e s.m. e i. e inoltre si esclude il rischio di inquinamento idrico durante la fase di cantiere.

Come già detto precedentemente nel paragrafo 9 esposto in questa Relazione, l'impianto fotovoltaico e le relative opere di connessione attraversano aree non soggette a vincoli ambientali o storico/artistici di alcun tipo.

- Conclusioni

Il sito in oggetto ha precise caratteristiche che lo identificano come ideale, in quanto le caratteristiche di esposizione dell'area interessata rientrano in quei parametri per cui è permesso tale sfruttamento. La valutazione e l'interpretazione critica delle osservazioni afferenti al complesso degli elementi oggettivi raccolti nel corso dei sopralluoghi consentono di esprimere parere di fattibilità geologica per la realizzazione degli interventi in progetto, se si attiene a quanto esposto nella presente relazione geologico-tecnica, nel pieno rispetto dei precedenti equilibri geologici.

Dalle argomentazioni sopra esposte, si conclude affermando la piena idoneità del sito, anche per ciò che concerne il possibile impatto dell'impianto sulle matrici ambientali considerate (morfologia, idrologia sotterranea e superficiale), come esplicitato nei precedenti paragrafi, ed anche la fase di cantiere non produrrà alcun impatto in quanto al termine delle operazioni di installazione, tutte le aree verranno ripristinate.

In fase esecutiva la direzione lavori verificherà la congruenza delle caratteristiche litologiche del terreno in posto, con quelle attese in seguito alla schematizzazione effettuata nel presente documento.

Termini Imerese, lì 22/03/2022

Dott.ssa Geol. Concetta Pérez



COMUNE DI ROMA

INDAGINI PENETROMETRICHE A SUPPORTO DELLO STUDIO GEOLOGICO PER IL PROGETTO LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “P192 TENUTA BOCCEA” POTENZA NOMINALE DI 25,3 MW DA INSTALLARSI NEL TERRITORIO COMUNALE DI ROMA.

INDAGINE PENETROMETRICA DPSH

COMMITTENTE:

Dott.ssa Concetta Perez

I TECNICI

Dott.Geol.Giuseppe Gugliuzza

Dott.Geol. Matteo Costantino

Sintesi descrittiva

Su incarico della Dott.ssa Concetta Perez sono state eseguite n.3 prove penetrometriche dinamiche medie con lo scopo di definire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dalle opere di progetto di cui in oggetto.

Lo strumento utilizzato è un penetrometro dinamico Super Pesante DPSH con estrattore idraulico della "Deep Drill", appartenente alla categoria "DPSH nella classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici. La prova di resistenza meccanica di tipo dinamica (SPT), consiste nel lasciar cadere un maglio di 63,50 Kg da un'altezza standard di 30 cm su delle aste di acciaio con diametro di 32 mm, infisse nella parte terminale ad una punta conica, e di registrare i numeri di colpi necessari per ogni 30 cm di avanzamento della suddetta punta nel terreno. Attraverso delle correlazioni empiriche, elaborate nella fattispecie dal software Win-Din, è possibile risalire con buona approssimazione al profilo stratigrafico e alle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati. Nello specifico vengono allegare delle tabelle e grafici, dove è possibile quantificare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, durante l'avanzamento della punta conica nel sottosuolo, fornendo altresì, i valori stimati dei parametri geotecnici considerando lo strato a comportamento coesivo e granulare. Sinteticamente a seguire si riportano delle considerazioni litotecniche sui materiali riscontrati durante le prove penetrometriche.

Din 1

-da 0,0 - 0,60 Coltre superficiale in matrice sabbiosa poco addensata

-da 0,60 – 1,20 Tufiti da semi litoidi a litoidi

Din 2

-da 0,0 - 0,60 Coltre superficiale in matrice sabbiosa poco addensata

-da 0,60 – 1,20 Tufiti da semi litoidi a litoidi

Din 3

-da 0,0 - 0,90 Coltre superficiale in matrice sabbiosa poco addensata

-da 0,90 – 1,50 Tufiti da semi litoidi a litoidi

Polizzi Generosa, Febbraio 2022

Dott.Geol.Giuseppe Gugliuzza

Dott.Geol. Matteo Costantino

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| TIPO | Sigla Certificato | Peso Massa Battente M (kg) |
| Leggero | DPL (Light) | $M \leq 10$ |
| Medio | DPM (Medium) | $10 < M < 40$ |
| Pesante | DPH (Heavy) | $40 \leq M < 60$ |
| Super pesante | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$ |

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

| | |
|-------------------------------------|---|
| PESO MASSA BATTENTE | M = 63,50 kg |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA | H = 0,75 m |
| PESO SISTEMA BATTUTA | Ms = 50,00 kg |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | D = 50,50 mm |
| AREA BASE PUNTA CONICA | A = 20,00 cm ² |
| ANGOLO APERTURA PUNTA | $\alpha = 90^\circ$ |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE | La = 1,00 m |
| PESO ASTE PER METRO | Ma = 8,00 kg |
| PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA | P1 = 0,80 m |
| AVANZAMENTO PUNTA | $\delta = 0,30$ m |
| NUMERO DI COLPI PUNTA | N = N(30) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 30 cm |
| RIVESTIMENTO / FANGHI | NO |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO | Q = (MH)/(A δ) = 7,94 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²) |
| COEFF.TEORICO DI ENERGIA | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,014$ (teoricamente : Nspt = β_t N) |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico
 - località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 02/03/2022

- note :

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,30 | 8 | 33,2 | 1 | 0,60 - 0,90 | 18 | 74,7 | 1 |
| 0,30 - 0,60 | 9 | 37,3 | 1 | 0,90 - 1,20 | 25 | 97,3 | 2 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico
 - località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 02/03/2022

- note :

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,30 | 7 | 29,0 | 1 | 0,60 - 0,90 | 21 | 87,1 | 1 |
| 0,30 - 0,60 | 10 | 41,5 | 1 | 0,90 - 1,20 | 25 | 97,3 | 2 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

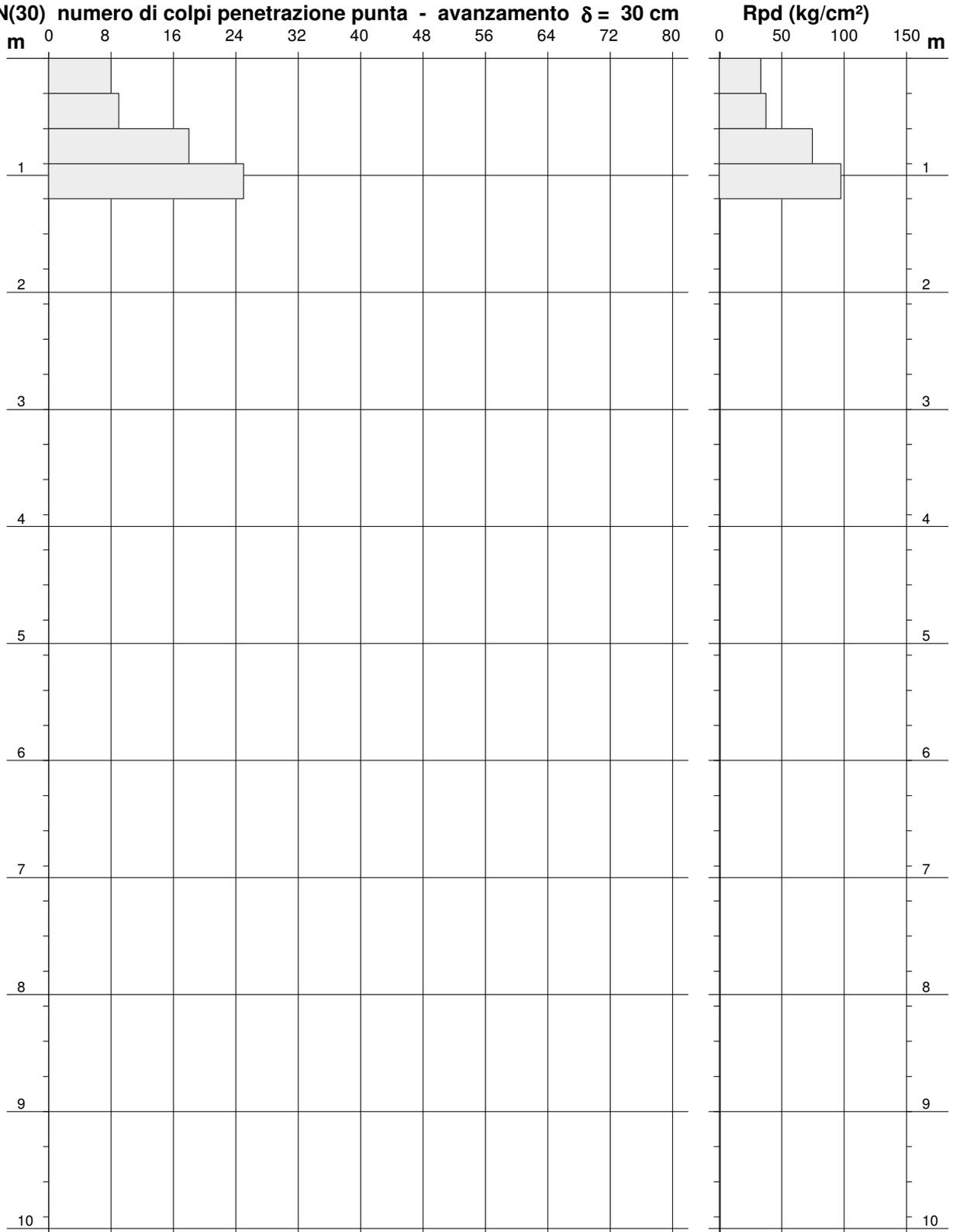
Scala 1: 50

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico
 - località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 02/03/2022

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

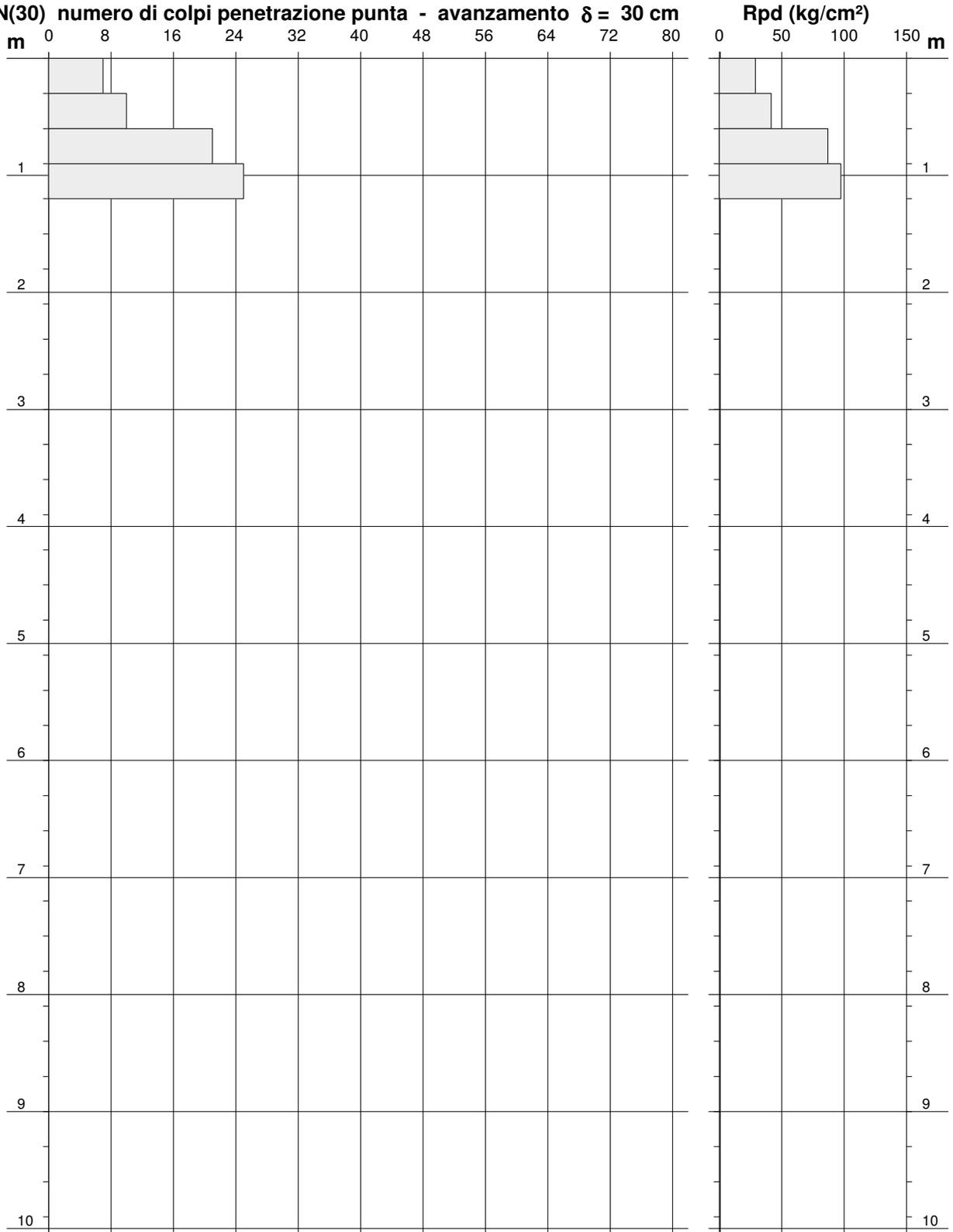
Scala 1: 50

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico
 - località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 02/03/2022

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
- lavoro : Impianto Fotovoltaico
- località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/03/2022

- note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----------|
| | | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0,00 | 0,60 | N | 8,5 | 8 | 9 | 8,3 | ---- | ---- | ---- | 8 | 1,01 | 8 |
| | | | Rpd | 35,3 | 33 | 37 | 34,2 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0,60 | 1,20 | N | 21,5 | 18 | 25 | 19,8 | ---- | ---- | ---- | 22 | 1,01 | 22 |
| | | | Rpd | 86,0 | 75 | 97 | 80,3 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

| n° | Prof.(m) | | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | |
|----|----------|------|-------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
| | | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 | 0.60 | Coltre superficiale Tufiti | 8 | 28.3 | 26.0 | 253 | 1.91 | 1.46 | 0.50 | 1.87 | 35 | 0.945 |
| 2 | 0.60 | 1.20 | | 22 | 53.0 | 33.2 | 361 | 2.00 | 1.61 | 1.38 | 2.04 | 23 | 0.628 |

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
- lavoro : Impianto Fotovoltaico
- località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/03/2022

- note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----------|
| | | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0,00 | 0,60 | N | 8,5 | 7 | 10 | 7,8 | ---- | ---- | ---- | 8 | 1,01 | 8 |
| | | | Rpd | 35,3 | 29 | 42 | 32,2 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0,60 | 1,20 | N | 23,0 | 21 | 25 | 22,0 | ---- | ---- | ---- | 23 | 1,01 | 23 |
| | | | Rpd | 92,2 | 87 | 97 | 89,7 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

| n° | Prof.(m) | | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | |
|----|----------|------|-------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
| | | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 | 0.60 | Coltre superficiale Tufiti | 8 | 28.3 | 26.0 | 253 | 1.91 | 1.46 | 0.50 | 1.87 | 35 | 0.945 |
| 2 | 0.60 | 1.20 | | 23 | 54.5 | 33.6 | 369 | 2.01 | 1.62 | 1.44 | 2.06 | 23 | 0.610 |

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
- lavoro : Impianto Fotovoltaico
- località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/03/2022

- note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----------|
| | | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0,00 | 0,90 | N | 9,0 | 7 | 11 | 8,0 | ---- | ---- | ---- | 9 | 1,01 | 9 |
| | | | Rpd | 37,3 | 29 | 46 | 33,2 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0,90 | 1,50 | N | 25,5 | 24 | 27 | 24,8 | ---- | ---- | ---- | 26 | 1,01 | 26 |
| | | | Rpd | 99,2 | 93 | 105 | 96,3 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

| n° | Prof.(m) | | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | |
|----|----------|------|-------------------------------|------|------------------|---------|------|------|------|----------------|------|------|-------|
| | | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0,00 | 0,90 | Coltre superficiale Tufiti | 9 | 31.7 | 26.6 | 261 | 1.92 | 1.48 | 0.56 | 1.89 | 34 | 0.918 |
| | | | | | 26 | 59.0 | 34.7 | 392 | 2.03 | 1.65 | 1.63 | 2.09 | 21 |

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| TIPO | Sigla Certificato | Peso Massa Battente M (kg) |
| Leggero | DPL (Light) | $M \leq 10$ |
| Medio | DPM (Medium) | $10 < M < 40$ |
| Pesante | DPH (Heavy) | $40 \leq M < 60$ |
| Super pesante | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$ |

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

| | |
|-------------------------------------|---|
| PESO MASSA BATTENTE | M = 63,50 kg |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA | H = 0,75 m |
| PESO SISTEMA BATTUTA | Ms = 50,00 kg |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | D = 50,50 mm |
| AREA BASE PUNTA CONICA | A = 20,00 cm ² |
| ANGOLO APERTURA PUNTA | $\alpha = 90^\circ$ |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE | La = 1,00 m |
| PESO ASTE PER METRO | Ma = 8,00 kg |
| PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA | P1 = 0,80 m |
| AVANZAMENTO PUNTA | $\delta = 0,30$ m |
| NUMERO DI COLPI PUNTA | N = N(30) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 30 cm |
| RIVESTIMENTO / FANGHI | NO |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO | Q = (MH)/(A δ) = 7,94 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²) |
| COEFF.TEORICO DI ENERGIA | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,014$ (teoricamente : Nspt = $\beta_t N$) |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico
 - località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 02/03/2022

- note :

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,30 | 8 | 33,2 | 1 | 0,60 - 0,90 | 18 | 74,7 | 1 |
| 0,30 - 0,60 | 9 | 37,3 | 1 | 0,90 - 1,20 | 25 | 97,3 | 2 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
- lavoro : Impianto Fotovoltaico
- località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/03/2022

- note :

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,30 | 7 | 29,0 | 1 | 0,60 - 0,90 | 21 | 87,1 | 1 |
| 0,30 - 0,60 | 10 | 41,5 | 1 | 0,90 - 1,20 | 25 | 97,3 | 2 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

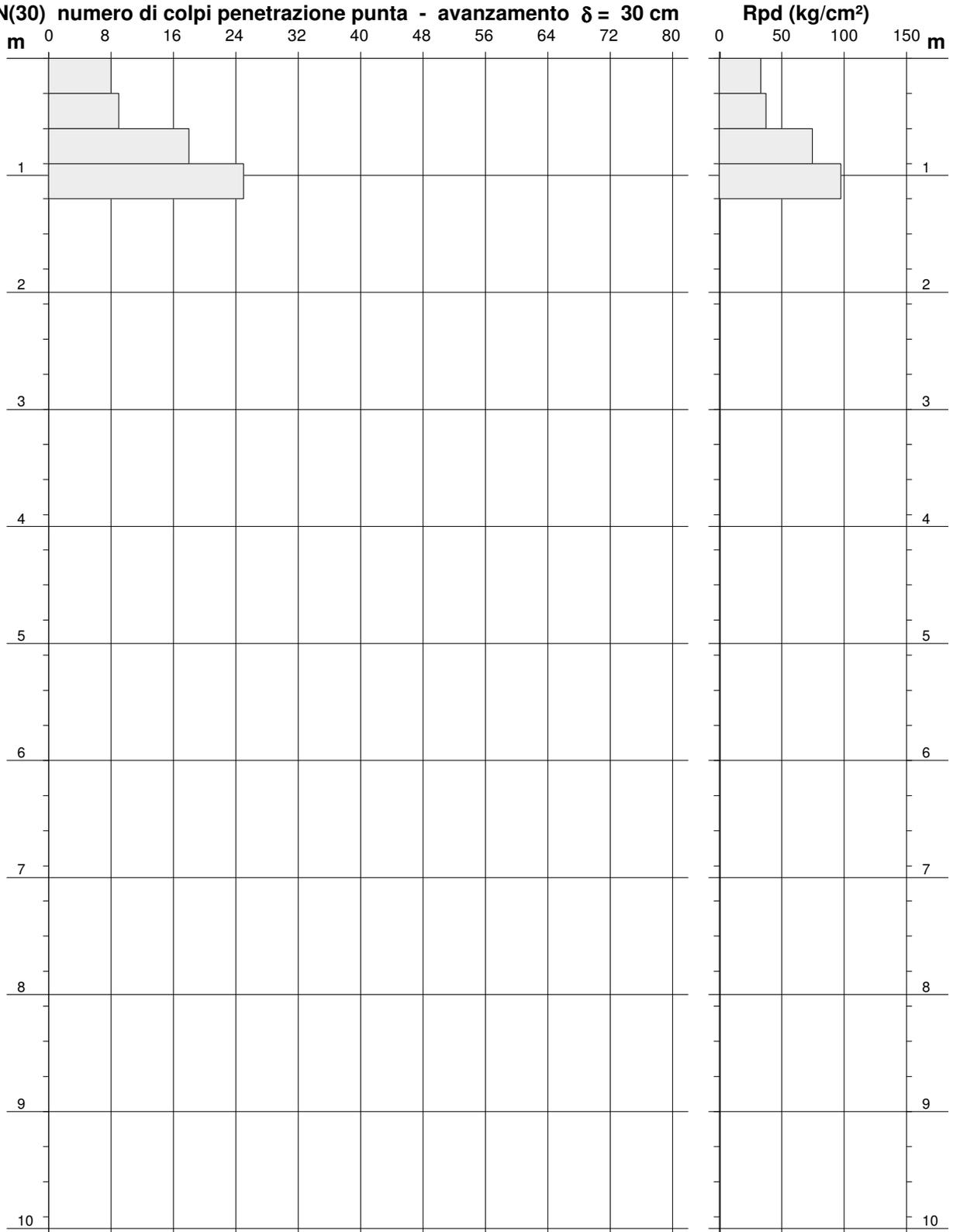
Scala 1: 50

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico
 - località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 02/03/2022

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

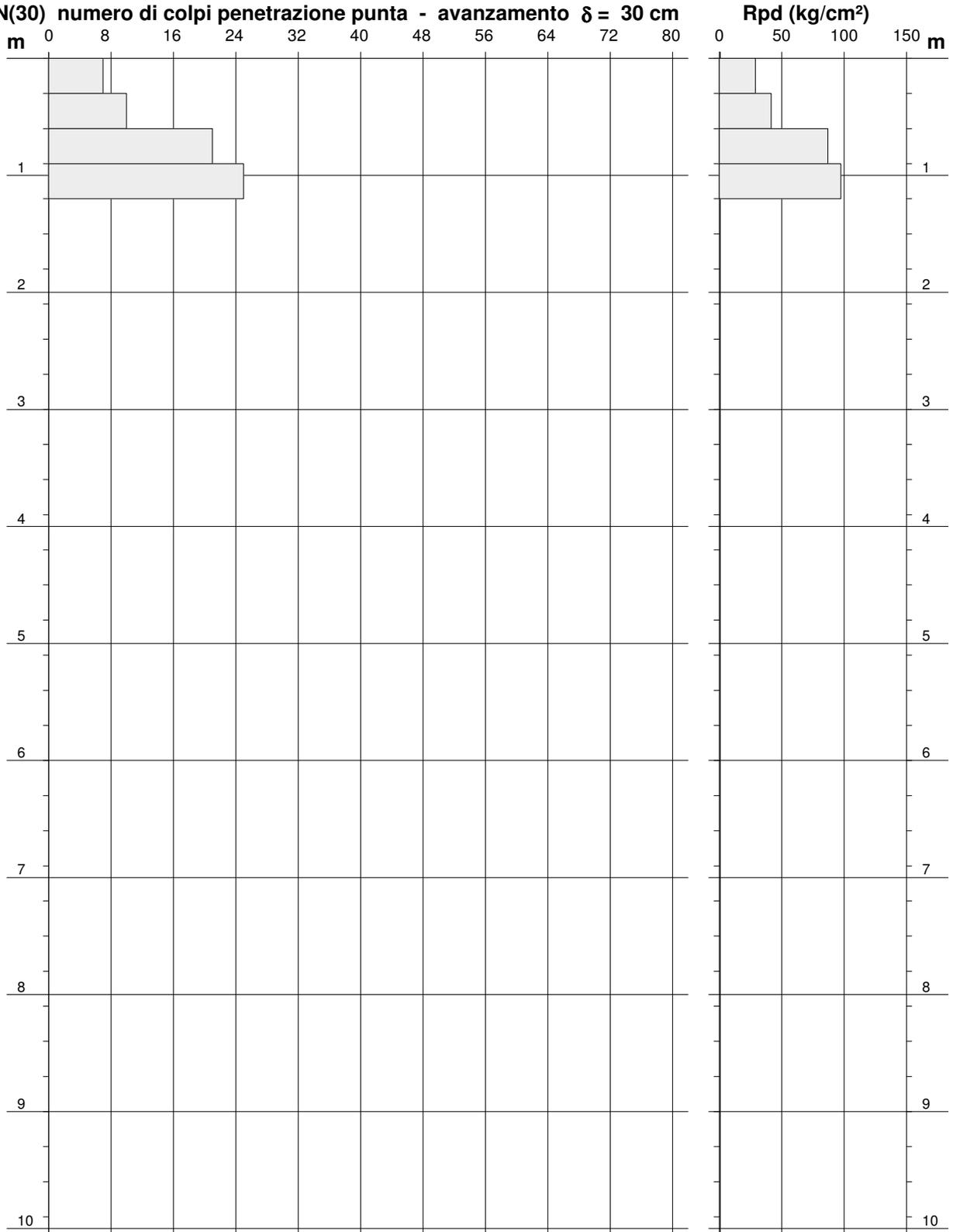
Scala 1: 50

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
 - lavoro : Impianto Fotovoltaico
 - località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 02/03/2022

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
- lavoro : Impianto Fotovoltaico
- località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/03/2022

- note :

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|----------|---------|-----------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 0,60 | N | 8,5 | 8 | 9 | 8,3 | ---- | ---- | ---- | 8 33 | 1,01 | 8 |
| | | Rpd | 35,3 | 33 | 37 | 34,2 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0,60 1,20 | N | 21,5 | 18 | 25 | 19,8 | ---- | ---- | ---- | 22 88 | 1,01 | 22 |
| | | Rpd | 86,0 | 75 | 97 | 80,3 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | |
|----|-----------|---------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 0.60 | Coltre superficiale | 8 | 28.3 | 26.0 | 253 | 1.91 | 1.46 | 0.50 | 1.87 | 35 | 0.945 |
| 2 | 0.60 1.20 | Tufiti | 22 | 53.0 | 33.2 | 361 | 2.00 | 1.61 | 1.38 | 2.04 | 23 | 0.628 |

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
- lavoro : Impianto Fotovoltaico
- località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/03/2022

- note :

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|----------|---------|-----------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0,00 0,60 | N | 8,5 | 7 | 10 | 7,8 | ---- | ---- | ---- | 8 33 | 1,01 | 8 |
| | | Rpd | 35,3 | 29 | 42 | 32,2 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0,60 1,20 | N | 23,0 | 21 | 25 | 22,0 | ---- | ---- | ---- | 23 92 | 1,01 | 23 |
| | | Rpd | 92,2 | 87 | 97 | 89,7 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | |
|----|-----------|---------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 0.60 | Coltre superficiale | 8 | 28.3 | 26.0 | 253 | 1.91 | 1.46 | 0.50 | 1.87 | 35 | 0.945 |
| 2 | 0.60 1.20 | Tufiti | 23 | 54.5 | 33.6 | 369 | 2.01 | 1.62 | 1.44 | 2.06 | 23 | 0.610 |

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- cantiere : P192 Tenuta Boccea
- lavoro : Impianto Fotovoltaico
- località : Boccea-Roma

- data prova : 22/02/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 02/03/2022

- note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----------|
| | | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0,00 | 0,90 | N | 9,0 | 7 | 11 | 8,0 | ---- | ---- | ---- | 9 | 1,01 | 9 |
| | | | Rpd | 37,3 | 29 | 46 | 33,2 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0,90 | 1,50 | N | 25,5 | 24 | 27 | 24,8 | ---- | ---- | ---- | 26 | 1,01 | 26 |
| | | | Rpd | 99,2 | 93 | 105 | 96,3 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

| n° | Prof.(m) | | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | |
|----|----------|------|-------------------------------|------|------------------|---------|------|------|------|----------------|------|------|-------|
| | | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0,00 | 0,90 | Coltre superficiale Tufiti | 9 | 31.7 | 26.6 | 261 | 1.92 | 1.48 | 0.56 | 1.89 | 34 | 0.918 |
| | | | | | 26 | 59.0 | 34.7 | 392 | 2.03 | 1.65 | 1.63 | 2.09 | 21 |

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Documentazione fotografica



Din_01



Din_02



Din_03

COMUNE DI ROMA

OGGETTO:

INDAGINE GEOFISICA MASW A SUPPORTO DEL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO “P192 TENUTA BOCCEA” POTENZA NOMINALE DI 25,3 MW DA INSTALLARSI NEL TERRITORIO COMUNALE DI ROMA.

INDAGINI GEOFISICA MASW

COMMITTENTE:

I TECNICI

Dott.Geol. Matteo Costantino

Dott.Geol. Giuseppe Gugliuzza

Indice

| | |
|--|----------|
| 1.0. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE | 1 |
| 2.0 DESCRIZIONE E FINALITÀ DEL METODO DI INDAGINE “MASW” ... | 2 |
| 2.1 <i>Attrezzatura utilizzata e metodologia d’esecuzione</i> | 2 |
| 3.0 INTERPRETAZIONE DELLA PROVA “MASW” | 3 |
| 3.1 <i>Analisi dei risultati della prova “MASW”, determinazione dei valori dei moduli elastici</i> . | 6 |
| 4.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE | 9 |

Costituiscono allegato:

Documentazione fotografica

Stralcio planimetrico con ubicazione delle indagini

“Relazione sulla Indagine Geofisica”

1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE

Su incarico della Dott.ssa Concetta Perez è stata eseguita n.1 prospezione geofisica del tipo “MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999)”, a supporto dello studio geologico per la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "P192 Tenuta Boccea" potenza nominale di 25,3 MW da installarsi nel territorio comunale di Roma.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17 Gennaio 2018

In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine:

Prospezioni sismica

“MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)”

| MASW | Lunghezza stendimento (m) | Step – Geofoni (m) | *Offset (m) |
|----------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------|
| MASW_01 | 23,0 | 1,0 | 1,0 |

2.0 DESCRIZIONE E FINALITA' DEL METODO DI INDAGINE

"MASW"

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

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, anche se influenzate dalla V_p (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla V_s (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico).

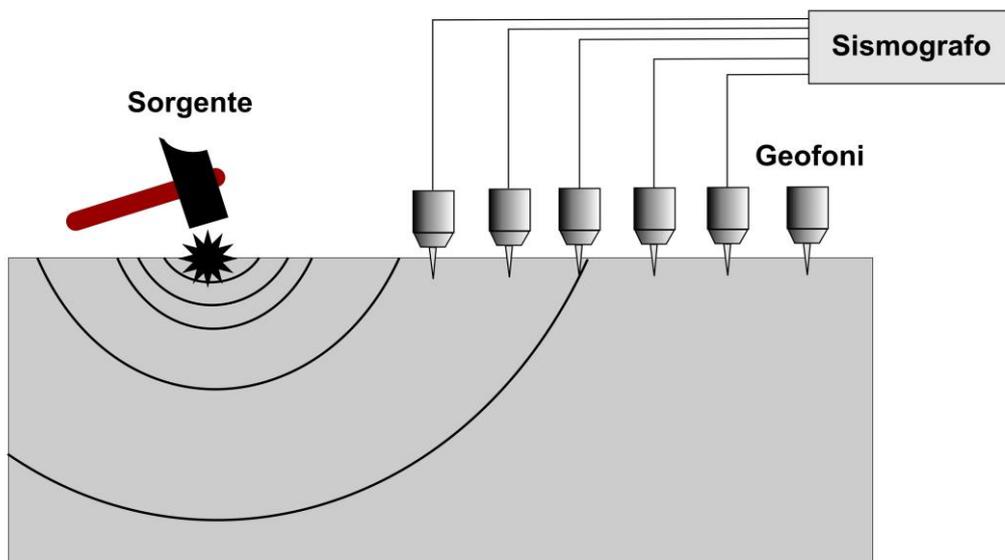
La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile dal fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Che permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, dando così, informazioni sui primi 30m-50m di profondità di indagine, in funzione della rigidità del suolo.

2.1 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2002 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo.

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni) a componente verticale (Fig n.1). Per ogni prova sono stati effettuati N° 3 energizzazioni, con un offset (distanza dal geofono n°1) di 1,0 m.



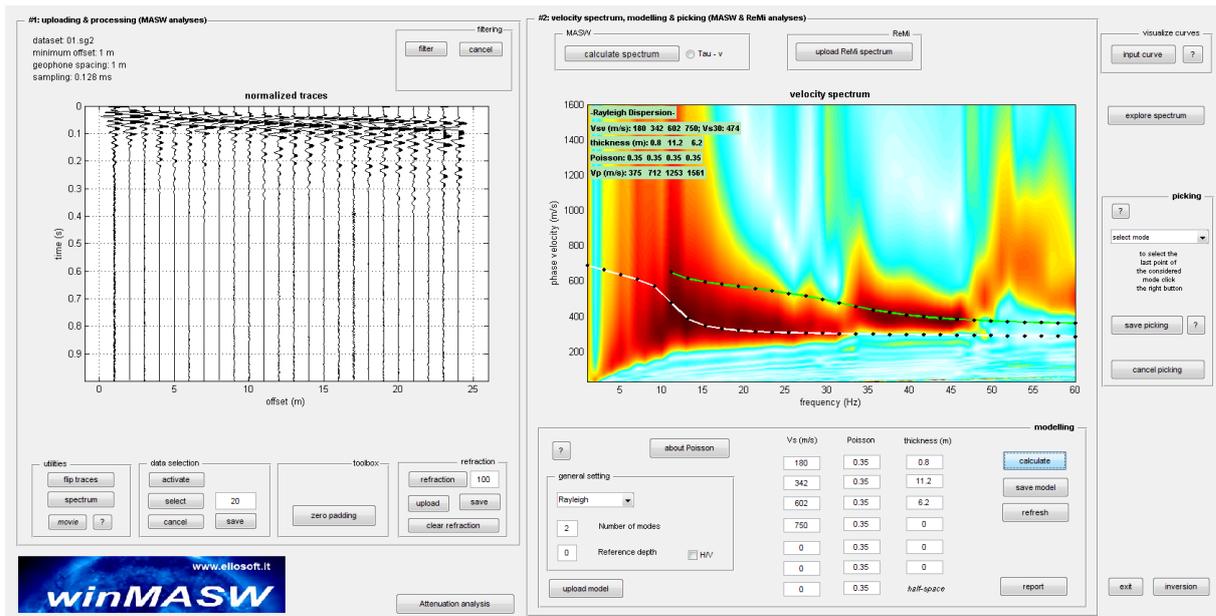
(Fig. 1 Sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde P e delle onde di Rayleigh)

3.0 INTERPRETAZIONE DELLA PROVA “MASW”

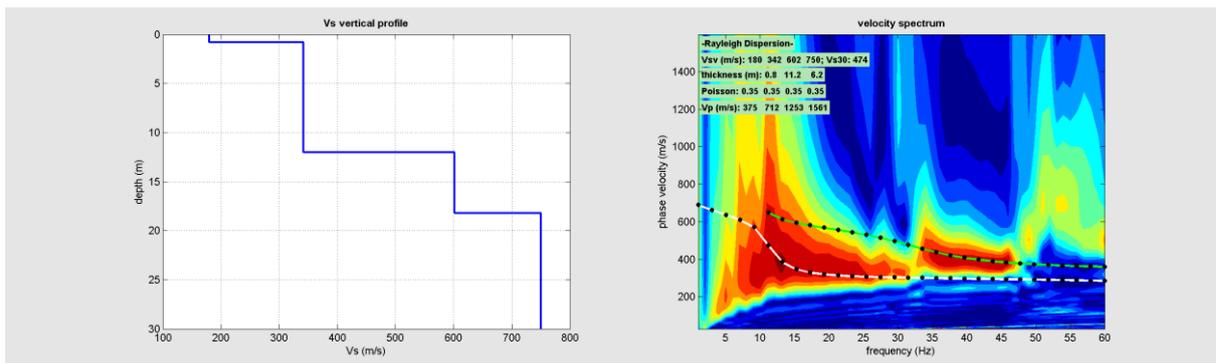
I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software WinMasw 4.3 professional. L'operazione di processing, nella fattispecie definita come “modellazione diretta”, consiste in un fitting tra la curva di dispersione e lo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti, mediante la scelta di un modello del profilo verticale delle Vs, che sia il più coerente possibile con l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata. I sismostrati ottenuti dal profilo Vs, dopo una opportuna verifica di riscontro con le condizioni geologiche del sito, saranno caratterizzati sismicamente dai relativi valori di Vs, Vp, Densità, Modulo di Poisson, Modulo di Taglio, Modulo di Compressione, e dalla Costante di Lamè.

Inoltre, tali sismostrati verranno utilizzati per il calcolo del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m) così come sancito dalle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018. A seguire i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW.

Risultati prospezione MASW_01



(Fig. 2 Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato)



(Fig. 3 Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto)

3.1 Analisi dei risultati della prova “MASW”, determinazione dei valori dei moduli elastici dinamici.

In ottemperanza alle “Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018” la classificazione del sito può essere ottenuta sulla base del valore “**V_{s,eq}**” (velocità media equivalente delle onde di taglio con substrato rigido presente entro i primi 30,0m), o “**V_{s 30}**” (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m con substrato rigido > di 30,0m di profondità) utilizzando la seguente espressione:

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

dove:

h_i spessore dell’i-esimo strato;

V_{s,i} velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;

N numero strati;

H profondità del substrato rigido (Bed Rock) < di 30,0 m caratterizzato da velocità non inferiore a 800,00 m/s; o H =30,0 m nel caso in cui il substrato rigido sia a profondità maggiori di 30,0 m

Da quanto sopra esposto, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, si è calcolato un valore di velocità di **V_{s,30} di 474,00 m/s** tenendo conto di una profondità del substrato maggiore di 30,0m dal p.c.. Quindi la categoria di suolo relativamente al piano di fondazione dell’opera in progetto è la “**B**” e cioè :

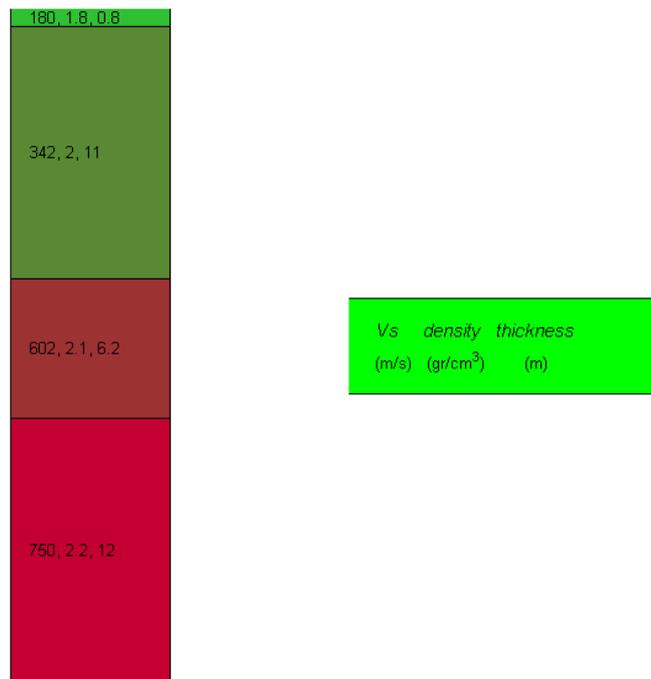
Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

| V _{s eq} (m/s) | | |
|-------------------------|---------|--------|
| MASW_1 | Al p.c. | 474,00 |

| Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 Gennaio 2018 |
|--|
| Categoria Suolo di fondazione “ B ” |

Modello a 4 sismostrati-Masw_01;



Il modello stratigrafico ottenuto, evidenzia n°4 sismostrati, che vengono descritti qui di seguito:

- 0,00 m a – 0,80 m, terreni a grana media, costituiscono la coltre superficiale, risultano poco addensati e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 427,00 m/s e Vs 180,00 m/s;
- da –0,80 m a -12,00 m terreni a grana medio fine, con discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 812,00 m/s e Vs 342,00 m/s;
- da -12,00 m a -18,20 m terreni a grana medio fine, risultano possedere apprezzabili caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1429,00 m/s e Vs 602,00 m/s;
- da -18,20 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine risultano possedere ottime caratteristiche fisico-meccaniche e sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1780,00 m/s e Vs 750,00 m/s

Qui di seguito viene esposta una tabella con la relativa caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati.

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali, alle forze che le originano. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della deformazione elastica. Le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e quindi, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Tali parametri esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

E (modulo di elasticità o di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

ν (rapporto di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di un corpo elastico;

G (modulo di rigidità o di Taglio) da una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;

K (modulo di compressione) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.

μ (modulo di Lamè) tiene conto delle tensioni tangenziali provocate dalle componenti normali dello sforzo.

Caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati

Masw_01

| Sismostrato | Spessore (m) | Vp (m/s) | Vs (m/s) | Densità (gr/cm3) | Mod. di Poisson | Mod. di Taglio (MPa) | Mod. di Compressione (MPa) | Mod. di Young (MPa) | Mod di Lamè (MPa) |
|-------------|--------------|----------|----------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|
| I | 0,80 | 427,00 | 180,00 | 1,85 | 0,39 | 60,00 | 257,00 | 167,00 | 217,00 |
| II | 11,20 | 812,00 | 342,00 | 2,00 | 0,39 | 234,00 | 1008,00 | 652,00 | 852,00 |
| III | 6,20 | 1429,00 | 602,00 | 2,14 | 0,39 | 776,00 | 3337,00 | 2160,00 | 2820,00 |
| IV | 11,80 | 1780,00 | 750,00 | 2,19 | 0,39 | 1234,00 | 5306,00 | 3436,00 | 4483,00 |

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La risultanza della prospezione MASW, ha consentito di qualificare e quantificare le caratteristiche sismiche dei terreni interessati dallo studio geologico. Il modello di riferimento simo-stratigrafico, restituito dalla prospezione ha mostrato una apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della area in studio. Dall'analisi delle indagini sismiche si è definito un modello sismostratigrafico di dettaglio, dove attraverso la discretizzazione dei sismostrati individuati è stato possibile definire l'assetto litotecnico e sismico dei terreni indagati. In osservanza al Nuovo NTC di cui alle NTC di cui al D.M. del 17 Gennaio 2018 ai fini dell'azione sismica di progetto, la stima del valore del **Vs,30** (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri), relativamente alla prospezioni Masw_1 risulta essere rispettivamente di **474,00** m/s al piano di campagna (p.c.), quindi ai sensi del D.M. 17/01/18 la categoria del suolo di fondazione dell'opera in progetto è la "**B**" e cioè : *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.* così come previsto dalla normativa sopra menzionata ,così come previsto dalla normativa sopra menzionata.

Polizzi Generosa, Febbario 2022

Dott. Matteo Costantino

Dott. Giuseppe Gugliuzza

Documentazione fotografica



Stendimento Masw_01