

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 18,31 MWp – POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW
Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05


PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (BELMONTE PV) S.R.L.
Viale SHAKESPEARE, 71 – 00144 Roma
P. IVA e C.F. 16376251001 – REA RM - 1653235

PROFESSIONISTA:


DOTT. MICHELE PECORELLI
Iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Puglia al No. 327 sez. A

Data	Rev.	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
06/2022	0	Prima emissione	MP	GG	G. Calzolari


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	2 di 52

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	5
1.2	DATI GENERALI DEL PROGETTO	7
1.3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
2	LINEAMENTI GEOLOGICI E MORFOLOGICI GENERALI	9
2.1	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO	9
2.2	LINEAMENTI GEOLOGICI	10
2.3	CARATTERI TETTONICI.....	13
3	CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI LOCALI E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	14
4	ASSETTO GEOSTRUTTURALE.....	17
5	AMBIENTE IDRICO: ACQUE SUPERFICIALI E ACQUE SOTTERRANEE	19
5.1	ACQUE SUPERFICIALI.....	19
5.2	CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA.....	20
5.2.1	Complessi idrogeologici delle pianure alluvionali.....	20
5.2.2	Complesso idrologico della sequenza plio-pleistocenica	22
5.3	RAPPORTI TRA L'INTERVENTO PROPOSTO E LA FALDA SUPERFICIALE... 	23
6	INQUADRAMENTO SISMICO	24
7	PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE	29
7.1	METODOLOGIE DI INDAGINE ADOTTATE	29
7.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ DI CAMPO.....	32
7.3	RISULTATI INDAGINE GEOSISMICA.....	33
7.3.1	Elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW.....	33
7.3.2	Elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione	34
7.4	INDAGINE GEOELETTRICA.....	34
7.4.1	Prospezione E.R.T. (Electrical Resistivity Tomography)	34
7.4.2	Modalità di esecuzione dei rilievi: attività di campo.....	36
7.5	ANALISI INDAGINE GEOELETTRICA	37
7.5.1	Interpretazione delle sezioni elettrostratigrafiche	38
8	INDAGINE PENETROMETRICA	40
9	SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA	42
9.1	INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE.....	42

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	3 di 52

10	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 17.01.2018 N.T.C.).....	45
11	SINTESI CONCLUSIVA	51

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	4 di 52

1 PREMESSA

Il presente studio descrive le caratteristiche geologiche generali dell'area interessata progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra (agrivoltaico) per la produzione di energia da fonte solare – di potenza stimata di 18,31 MWp – e della relativa linea di connessione alla cabina di consegna, nell'agro dei Comuni di Belmonte Piceno e Servigliano in Provincia di Fermo, all'interno di un'area in disponibilità della società di scopo TEP RENEWABLES (BELMONTE PV) S.r.l.

In particolare, lo studio si inserisce nell'ambito dei quadri conoscitivi del sistema territoriale locale, ed è stato articolato sulla base dei seguenti principali elementi di valutazione geologica:

- Inquadramento geologico dell'area, per l'indicazione dell'ambiente geologico, geomorfologico, idrogeologico e strutturale
- Rilevamento geologico di dettaglio, di un'area sufficientemente ampia, entro la quale ricade l'impianto fotovoltaico e la linea di connessione in progetto, atto alla definizione geologica, geomorfologica, idrogeologica e strutturale, con particolare riferimento alla caratterizzazione della natura e del tipo di strutture sedimentarie dei corpi geologici ivi presenti;
- Riferimenti a indagini geognostiche e geotecniche esistenti, eseguite nell'ambito del territorio comunale (prospezioni meccaniche e sismiche, prove geotecniche in sito e in laboratorio, scavi geognostici, pozzi, ecc.), per la definizione delle principali caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni.
- Esecuzione di nuove indagini geofisiche e geognostiche con l'obiettivo di puntualizzare le conoscenze geologiche dirette e indirizzare la progettazione in direzione della sicurezza e della migliore efficienza.


Durante la prima fase è stato effettuato una ricerca bibliografica, un esame fotointerpretativo e un successivo rilievo di superficie per la verifica dello stato dei luoghi e la corretta pianificazione delle indagini geognostiche.

Da qui è stata pianificata una campagna di indagini geofisiche che ha previsto l'esecuzione di prospezioni come di seguito elencate.

- n. 4 prospezioni sismiche superficiali con tecnica MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves);
- n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione.
- n. 1 prospezione E.R.T. (Electrical Resistivity Tomography).

Infine, il quadro conoscitivo è stato completato con l'esecuzione di n. 5 prove penetrometriche dinamiche eseguite con penetrometro PENNI 30 della COMPAC di Fermignano (PU).

Le considerazioni tecniche conclusive sono state ponderate in funzione della conoscenza geologica della zona e dell'attendibilità dei dati ottenuti, operando con un giusto grado di cautela nella definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, avvalendosi anche di studi pregressi realizzati nello stesso ambito di riferimento.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	5 di 52

1.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area di intervento è ubicata nei Comuni di Belmonte Piceno e Servigliano, in provincia di Fermo, ad oltre 25 km dalla costa adriatica, nell'area ricompresa nel bacino del Fiume Ete Vivo.

L'area di studio si presenta come un paesaggio collinare a vocazione agricola caratterizzate da colline che raramente superano i 300 m s.l.m.; specificatamente nell'area di intervento le quote sono comprese tra un massimo di ca. 240 m s.l.m. ed un minimo di ca. 160 m s.l.m. L'area sede dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 18,31 MWp, completamente recintata, risulta essere pari a circa 39,70 ha di cui circa 37,40 ha per l'installazione del campo fotovoltaico, ove saranno installate altresì le Power Station (o cabine di campo) che avranno la funzione di realizzare il parallelo degli inverter di campo e di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT).

Le coordinate del sito sono:

- Latitudine 43,08°N;
- Longitudine 13,52°E
- L'altitudine media del sito è di 195 m. s.l.m.


La rete stradale, che delimita l'area di intervento, è costituita da:

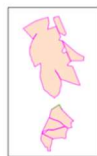
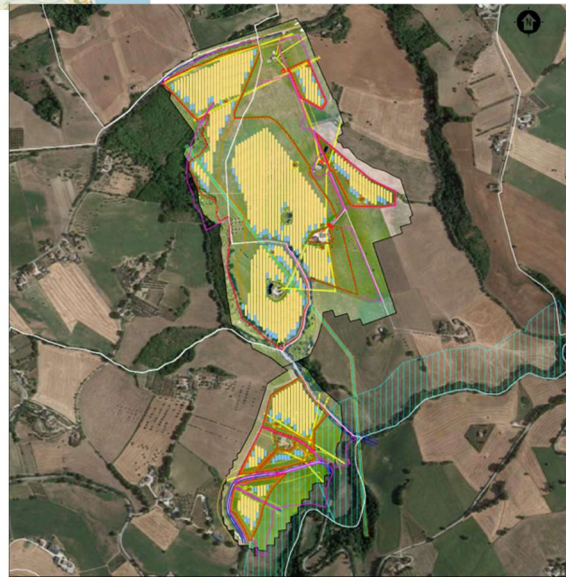
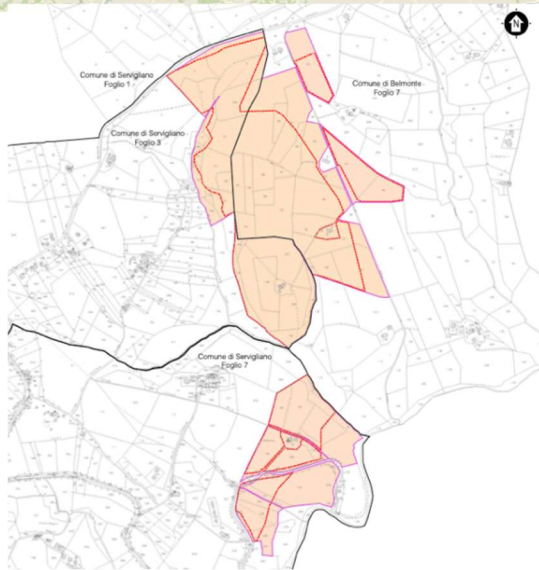
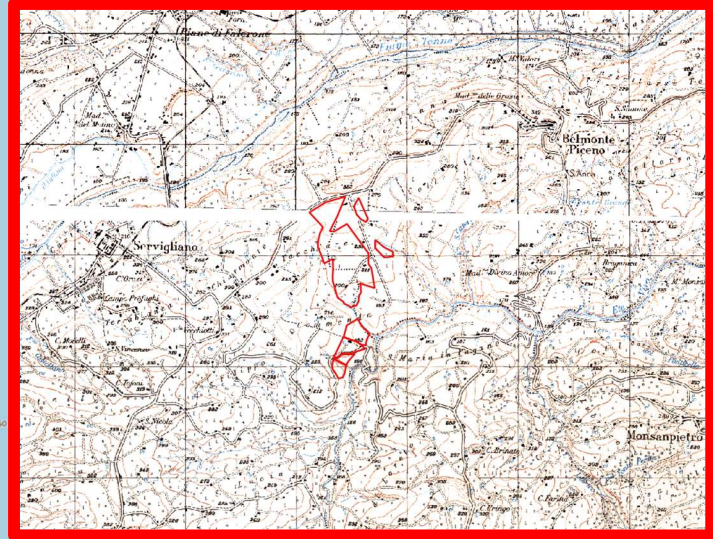
- Strada Provinciale 42 Belmonte-Grottazzolina a Nord dell'area di intervento;
- Strada locale Contrada Commenda a Sud dell'area di intervento dalla quale è possibile raggiungere l'area Sud dell'impianto;
- Strada locale denominata Via Colle Ete a Nord del sito che costeggia l'area Orientale del sito.

L'accesso principale al sito avverrà tramite Via Colle Ete a Nord, tale via di comunicazione si raccorda con la Strada Provinciale 42-Belmonte-Grottazzolina

La connessione dell'impianto alla rete pubblica prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

1. Costruzione nr. 1 linea in cavo aereo a 20 kV dalla cabina di consegna 1 fino alla CP "Belmonte Ovest", della lunghezza di circa 70 m.
2. Costruzione nr. 2 linee a 20 kV in cavo interrato per circa 50 m (in scavo comune) e in cavo aereo per circa 570 m dalle cabine di consegna 2-3 fino alla CP "Belmonte Ovest".
3. Costruzione cavidotto AT a 132 kV per connessione della CP "Belmonte Ovest" alla nuova SE RTN di smistamento 132 kV.
4. Raccordo alla nuova SE di smistamento delle linee 132 kV provenienti dalla CP "Belmonte", dalla CP "Abbadia".

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	6 di 52



Area Catastale Contrattualizzata




Recinzione in progetto

Figura 1.1: Localizzazione dell'area di intervento

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

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.


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	7 di 52

1.2 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 (BELMONTE PV) S.R.L.
Luogo di installazione:	Belmonte Piceno e Servigliano (FM)
Denominazione impianto:	Belmonte
Dati catastali area impianto in progetto:	COMUNE DI Belmonte Piceno (FM): Foglio 7 – particelle: 53,55,56,57,58,60,83,84,85,86,87,88,89,90,91,93,94,95,116,149,150, 151,152,153,162 COMUNE DI Servigliano (FM): Foglio 7 – particelle: 22,28,29,30,31,33,130,131,132,134,137,238,286,297,298,384,385,39 0,433,434,435,436,437 Foglio 3 – particelle: 3,4,5,14,15,99,100,101,102,103,104,145,146,147,148,149,167,187,1 88,206,207,208,246
Potenza di picco (MW _p):	18,31 MWp
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 è collinare.
ConneSSIONE:	ConneSSIONE alla RTN attraverso Cabina Primaria "Belmonte Ovest" 132/20 kV e Stazione Elettrica di smistamento a 132kV entrambi di nuova costruzione.
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker (inseguitori solari) montate su pali direttamente infissi nel terreno.
Inclinazione piano dei moduli:	+55° - 55°
Azimuth di installazione:	0°
Caratterizzazione urbanistica vincolistica:	I PRG del Comune di Belmonte Piceno (FM) e Servigliano (FM) collocano l'area di intervento in zona agricola
Cabine PS:	n. 9 distribuite in campo
Posizione cabine elettriche di connessione:	n. 3 cabine di consegna interne al campo FV; n. 1 CP adiacente al perimetro di impianto.
Rete di collegamento:	Linee MT 20 kV (dalle cabine di consegna alla CP) e linea AT 132 kV (dalla CP alla SE di smistamento)
Coordinate:	Latitudine 43,08°N; Longitudine 13,52°E L'altitudine media del sito è di 195 m. s.l.m.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	8 di 52

1.3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto in esame è ubicato nel territorio dei Comuni di Belmonte Piceno e Servigliano nella provincia di Fermo, ad oltre 25 km dalla costa adriatica, nell'area ricompresa nel bacino del Fiume Ete Vivo.

L'area di studio si presenta come un paesaggio collinare a vocazione agricola caratterizzate da colline che raramente superano i 300 m s.l.m.; specificatamente nell'area di intervento le quote sono comprese tra un massimo di ca. 285 metri s.l.m. ed un minimo di ca. 170 m s.l.m.

Nella cartografia I.G.M. a scala 1:50000 l'area è compresa nel quadrante 314 (Montegiorgio); nella cartografia in scala 1:25000 l'intervento interessa la Tavoleta 125 III SO (S. Vittoria in Matenano).

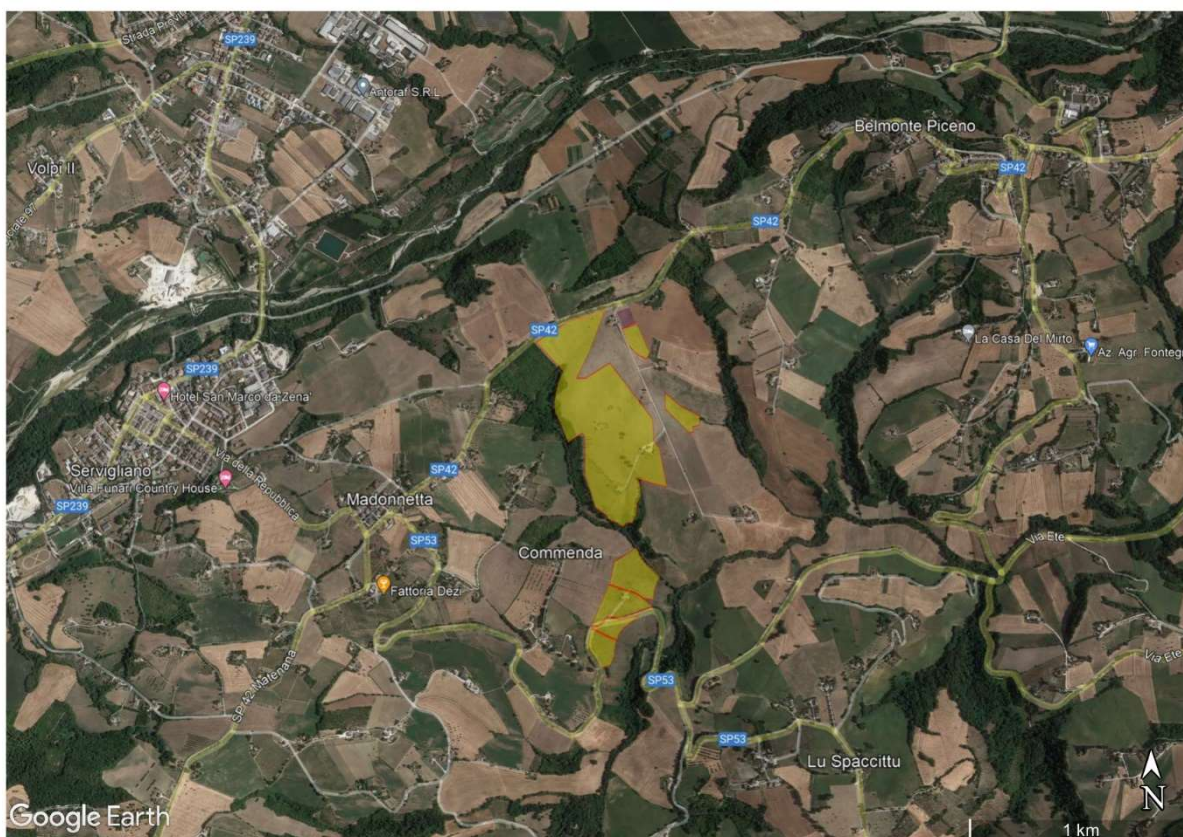



Figura 1:2 - Inquadramento territoriale dell'area di impianto. Ortofoto da Google earth

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	9 di 52

2 LINEAMENTI GEOLOGICI E MORFOLOGICI GENERALI

2.1 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Il territorio dei Comuni di Belmonte Piceno e Servigliano si sviluppa in un'area collinare della Provincia di Fermo a circa 26 Km dal litorale adriatico e si estende per larga parte su una morfologia collinare con quote medie comprese tra 150 e 300 metri sul livello del mare.

L'area di riferimento appartiene al settore centrale dell'Appennino umbro-marchigiano, una catena a pieghe e sovrascorrimenti che costituisce la parte meridionale più esterna dell'Appennino settentrionale.

Questa presenta, da ovest verso est, aspetti geomorfologici estremamente vari legati alle caratteristiche litostrutturali dei terreni e alla storia evolutiva quaternaria. Nella porzione più occidentale, dove affiorano i terreni della Formazione della Laga, la maggiore energia del rilievo e le caratteristiche litostrutturali e idrogeologiche hanno favorito una più intensa azione della gravità: numerosi sono infatti i fenomeni franosi, caratterizzati principalmente da colate e crolli e in subordine da fenomeni traslazionali e roto- traslazionali. Le profonde incisioni sono state favorite dal maggiore sollevamento di quest'area, prossima alla catena appenninica, dove i fenomeni erosivi sono ancora in atto e prevalentemente legati alle attività antropiche che hanno profondamente modificato nel tempo gli alvei fluviali e le aree goleniche.

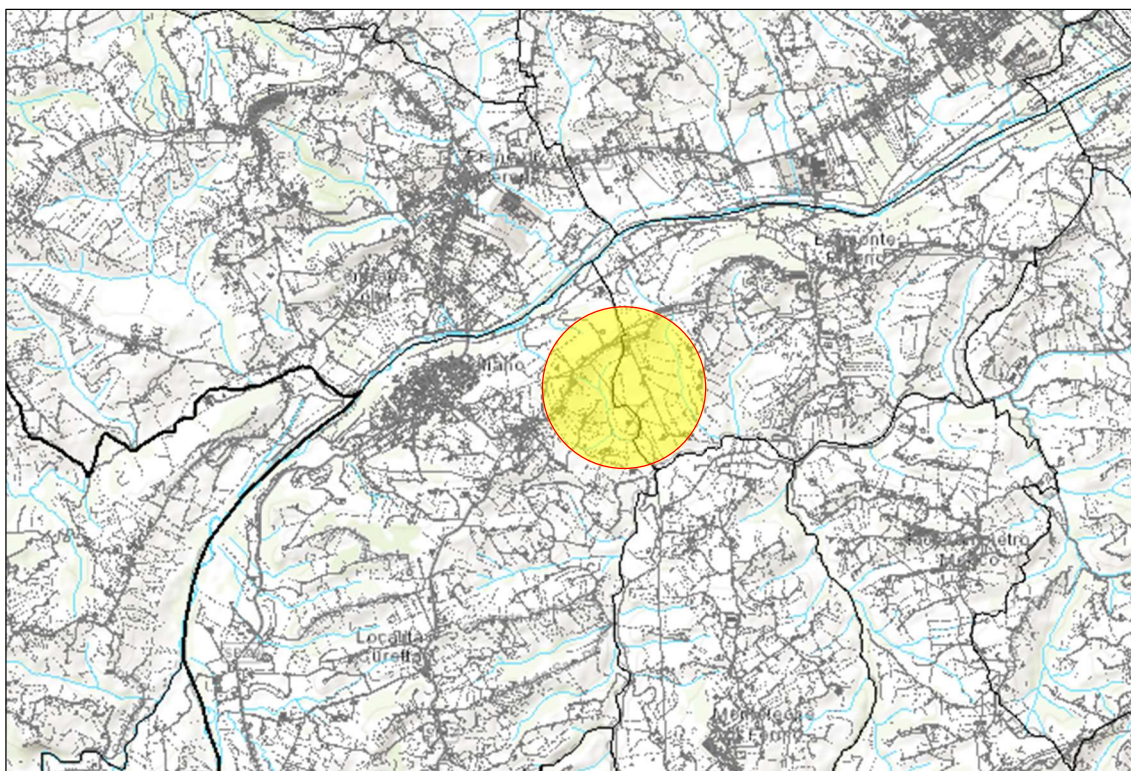



Figura 2:1 – Inquadramento cartografico dell'area di intervento.

Nell'area di intervento si riconosce invece il caratteristico paesaggio a cuesta dettato dalle calcareniti della trasgressione medio-pliocenica e dei successivi sedimenti arenaceo-pelitici e conglomeratici. L'assetto monoclinale e la composizione litologica hanno favorito nel tempo lo sviluppo di numerosi fenomeni franosi, quali crolli, scorrimenti e ribaltamenti. Non

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	10 di 52

secondarie sono le morfologie a calanchi presenti nei terreni argillosi disposti soprattutto a reggipoggio.

I depositi alluvionali sono sviluppati in particolar modo nelle piane dei fiumi Tenna, Aso e Fiastra.

Lungo il F. Tenna si rinvencono tutti gli ordini terrazzati e noti in letteratura, del Pleistocene medio e superiore. Nei materiali ghiaiosi dei diversi terrazzi alluvionali (sintemi) si rinvencono spesso intercalazioni

argillose di origine lacustre la cui genesi è da attribuire ai numerosi episodi di sbarramento per frana verificatisi nella stretta valliva (Molino di Monte S. Martino) posta in corrispondenza della trasgressione medio-pliocenica.

Numerosi sono i terrazzi alluvionali antichi appartenenti al sintema del Pleistocene medio iniziale. Inoltre, immediatamente a Nord rispetto al sito di progetto, il dettaglio nelle alluvioni del sintema del Pleistocene medio-finale ha permesso una migliore comprensione nei meccanismi deposizionali con una consistente alimentazione attraverso conoidi laterali provenienti dallo smantellamento delle alluvioni più antiche.

Negli alvei attuali, per l'intero tratto del F. Aso ricadente in questo Foglio e per il F. Tenna da Servigliano a Grottazzolina, si osservano fenomeni di erosione verticale sia nelle alluvioni che nel substrato (area di Servigliano).

2.2 LINEAMENTI GEOLOGICI

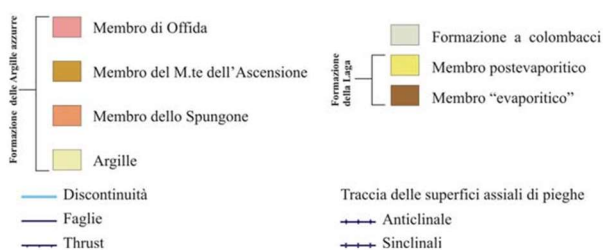
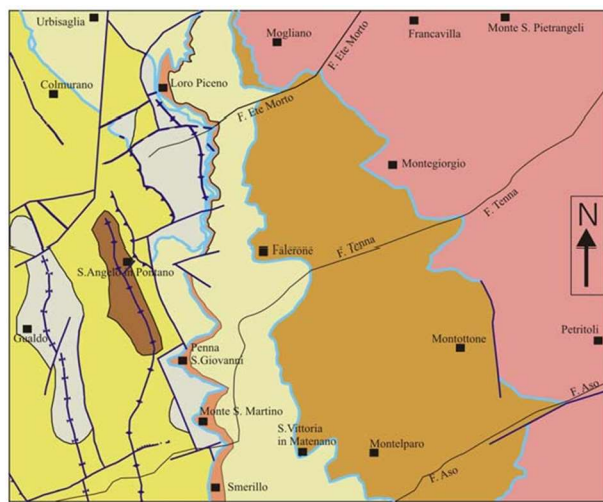



Figura 2:2 – Schema tettonico regionale.

La situazione geomorfologica, stratigrafico-strutturale, idrogeologica e tettonica dei terreni presenti nell'area è stata ricostruita partendo dai dati contenuti nel foglio 124 "Macerata" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000 redatta dal Servizio Geologico di Stato, (1967) e dal foglio 314 Montegiorgio, in scala 1:50.000 della Carta Geologica (progetto CARG, 2009), oltre alle molteplici pubblicazioni, strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti, unitamente ai dati del sottosuolo derivanti da indagini pregresse e da specifici sopralluoghi in campagna. L'area di riferimento, come detto, appartiene al settore centrale dell'Appennino umbro-marchigiano, una catena a pieghe e sovrascorrimenti che costituisce la parte meridionale più esterna dell'Appennino settentrionale.

Dal punto di vista geologico generale si può dire che l'Appennino marchigiano, posto nel settore centro-meridionale dell'Appennino settentrionale, è il risultato dell'evoluzione geodinamica dell'area mediterranea: dalla fase

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	11 di 52

di apertura della Tetide, alla chiusura dell'oceano ligure-piemontese, iniziata nel Cretacico, fino alla collisione ensialica, iniziata nell'Eocene medio, tra Africa (placca Adria) ed Europa (blocco sardo-corso).

Tale evoluzione è stata registrata, nell'area di studio, dalle unità litostratigrafiche che costituiscono la successione umbro-marchigiana. I termini più antichi affioranti in questo settore di Appennino sono rappresentati dai depositi di piattaforma carbonatica del Calcere Massiccio che caratterizzano sia le successioni di bacino che quelle di piattaforma differenziate, a partire dal Giurassico inferiore (Sinemuriano superiore) e con leggera diacronia tra zone interne ed esterne, per effetto della frammentazione del margine continentale africano e del conseguente annegamento della piattaforma.

La creazione di zone a sedimentazione pelagica e di alti strutturali a minor subsidenza è strettamente connessa a tale fenomeno di annegamento che, a scala regionale, ha determinato la differenziazione del bacino umbro-marchigiano dalla piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (figura 2:3).

Nel bacino pelagico umbro-marchigiano si vengono quindi a differenziare settori di alto strutturale sui quali persistono, fino al Pliensbachiano, condizioni di sedimentazione tipo piattaforma, evolvendo poi verso condizioni di piattaforma carbonatica pelagica. Tali settori risultano caratterizzati da successioni giurassiche condensate e lacunose, contraddistinte da litotipi calcarei e calcareo-marnosi, talvolta a struttura nodulare, bioturbati e variamente dolomitizzati (gruppo del Bugarone). A partire dal Titoniano, con la deposizione della Maiolica, le differenze morfologiche create dal "rifting liassico" tendono ad annullarsi; le successioni di piattaforma pelagica evolvono, per annegamento "tardivo", a successioni di bacino.

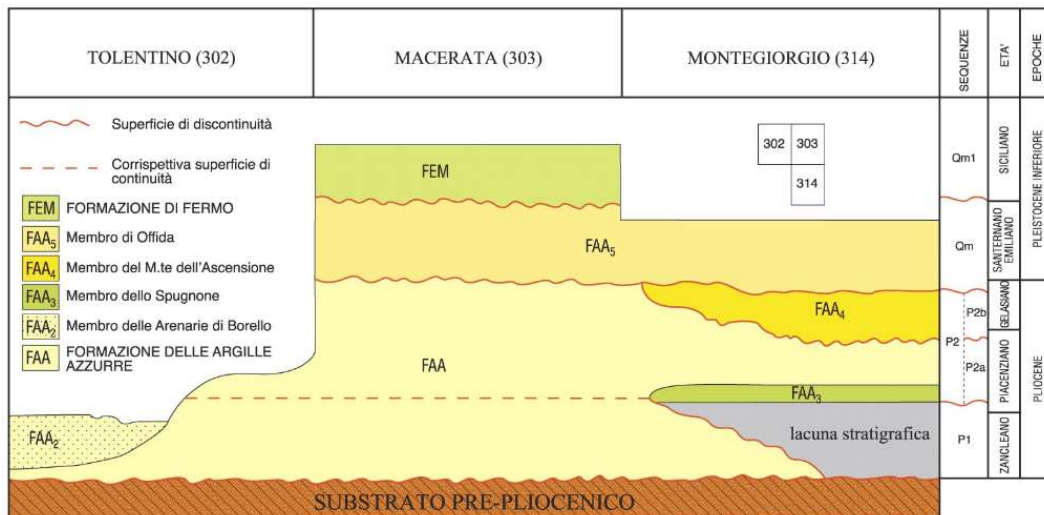



Figura 2:3 – Schema dei principali rapporti stratigrafici fra le unità della successione neogenico-quadernaria

Nelle zone più ribassate si instaura, invece, una sedimentazione pelagica che prosegue senza interruzioni fino all'Aptiano inferiore con la deposizione della Maiolica. Termina così la sedimentazione quasi esclusivamente carbonatica che ha caratterizzato il Giurassico sia

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	12 di 52

nelle aree ribassate che negli alti strutturali e inizia l'apporto, via via più consistente, di materiale argilloso e detritico.

Tale mutamento delle condizioni ambientali caratterizza il bacino umbro-marchigiano fino all'Aquitano quando, anche in questa porzione di Appennino, cominciano a risentirsi gli effetti della migrazione verso E del sistema catena-avanfossa.

Gli apporti silicoclastici si fanno più marcati ad indicare il graduale avvicinamento del fronte della catena a questa porzione di bacino umbro-marchigiano. Tale migrazione, prodotta dalla collisione tra placca Adria e blocco sardo-corso, ha determinato, a partire dall'Oligocene e fino al Plio-Pleistocene, lo sviluppo di successioni torbiditiche di avanfossa e di *wedge-top basin* (DE CELLES & GILES, 1996).

Nell'area oggetto di studio i depositi di avanfossa sono costituiti dai sedimenti della formazione marnoso-arenacea marchigiana, di età Messiniano inferiore, che si sono depositi in bacini con geometria articolata ed estensione più ridotta rispetto ai bacini di sedimentazione del Macigno e della formazione marnoso-arenacea romagnola.

La successione affiorante registra la crisi di salinità e l'evento "lago-mare" che hanno interessato l'area mediterranea durante il Messiniano (Gessoso-Solfifera, Formazione a Colombacci), e termina con i sedimenti argilloso-siltosi e arenacei della Formazione delle Argille Azzurre.

In discordanza sulle unità litostratigrafiche marine meso-cenozoiche giacciono depositi alluvionali e di versante, differenziabili in unità a limiti inconformi, di età compresa tra il Pleistocene medio e l'Olocene, che hanno registrato le variazioni climatiche e le oscillazioni eustatiche quaternarie.

Nello specifico dell'area di riferimento, la successione sedimentaria affiorante in questo settore dell'Appennino è rappresentata da unità della serie umbro-marchigiana. Questa, pressoché continua dal Trias superiore al Neogene, nell'area più orientale è ricoperta, in discordanza, ancora da sedimenti marini depositi tra il Pliocene medio e il Pleistocene inferiore.


Il bacino marchigiano esterno, ove ricade l'area in esame, assume nel Messiniano i caratteri di una avanfossa torbiditica, colmata dalla potente successione silicoclastica della Formazione della Laga, mentre al passaggio Messiniano-Pliocene viene coinvolto nella strutturazione del sistema a thrust appenninico.

La sedimentazione marina è chiusa dai depositi del ciclo plio-pleistocenico che, nell'area in esame, poggiano con evidente unconformity su un substrato piegato ed eroso costituito dalla Formazione della Laga, dalla Formazione a Colombacci, e dalle argille del Pliocene inferiore.

Durante il Pliocene-Pleistocene inferiore l'attività tettonica ha condizionato l'assetto morfologico del bacino marchigiano esterno che, pur mantenendo una sua unitarietà d'insieme, si è articolato in cinque settori principali caratterizzati da una diversa evoluzione.

Nelle aree vaste di riferimento, al di sopra del substrato, sono particolarmente diffuse le coperture continentali quaternarie e in particolare i depositi alluvionali.

Le alluvioni terrazzate vengono tradizionalmente suddivise in quattro ordini in base all'altezza relativa delle superfici terrazzate sul fondovalle

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	13 di 52

2.3 CARATTERI TETTONICI

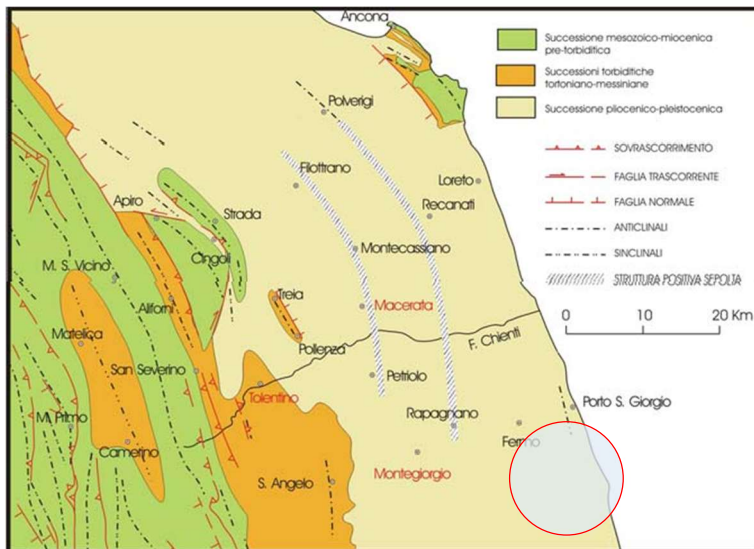


Figura 2:4 Schema strutturale dell'area del Foglio 314 Montegiorgio.

strutture sono attribuibili alla tettonica mio-pliocenica che ha dato luogo alla strutturazione della catena umbro-marchigiana.

L'area di riferimento ricade nel settore di catena appenninica situato tra l'anticlinale di Acqualagna e la dorsale di Monte Luro-Monte delle Forche, caratterizzata dalla presenza di numerose strutture che coinvolgono i depositi sedimentari mesozoici. Queste strutture presentano, mediamente, una direzione appenninica NW-SE; si tratta di pieghe, anticlinali e sinclinali, faglie dirette e sovrascorrimenti a vergenza nord-orientale con associati retroscorrimenti, che danno luogo a tipiche strutture di *pop-up*. Tali

I domini strutturali esterni mostrano una convessità orientale legata al cambiamento nella direzione degli assi strutturali con rotazioni che vanno da NW-SE nella parte settentrionale, fino a NNE-SSW nel settore meridionale.


Le pieghe anticlinali risultano essere asimmetriche con vergenza orientale; le più importanti presentano geometrie di *box-fold*, con zona di cerniera piatta e fianchi ripidi.

La strutturazione delle pieghe è associata a buckling, che si è sviluppato in seguito allo scollamento della formazione del Calcare Massiccio sulle Anidriti di Burano; il controllo della geometria del piegamento è dato proprio dalla formazione del Calcare Massiccio, a causa del suo spessore e della sua competenza. Al nucleo di queste anticlinali si sviluppa in genere un piano di sovrascorrimento secondo il modello di *fold-propagation faulting*. A questi sovrascorrimenti possono essere associati anche piani di retroscorrimento in funzione della geometria del piano di faglia principale.

In questa deformazione sembra essere coinvolto anche il basamento; infatti la posizione di enucleazione delle strutture anticlinali ed i sovrascorrimenti di importanza maggiore sono probabilmente associati a discontinuità del basamento, quali ad esempio la presenza di gradini tettonici legati alla strutturazione ercinica o alle fasi distensive.

Le porzioni crostali più superficiali sono coinvolte invece in strutture a luoghi molto complesse, per la presenza di diversi livelli di scollamento superficiali. Spesso queste deformazioni si rinvengono sulle regioni sommitali delle anticlinali e sono state interpretate come sviluppo di raccorciamento differenziale del tipo *out of the syncline*.

Le unità carbonatiche basali della successione umbro-marchigiana affiorano in corrispondenza del nucleo delle strutture anticlinali maggiori, rappresentate prevalentemente da *box-fold* con il fianco nord-orientale coinvolto in sovrascorrimenti che sormontano le unità silicoclastiche presenti nelle adiacenti strutture sinclinali. L'analisi

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	14 di 52

di queste strutture e dei profili sismici, unitamente al bilanciamento a scala regionale delle sezioni, suggeriscono che un importante livello di scollamento è rappresentato dalle Anidriti di Burano triassiche.

L'analisi delle strutture minori mette in luce che la formazione dello Schlier rappresenta uno dei livelli di scollamento principali, mentre agiscono in misura minore le formazioni della Scaglia Cinerea e delle Marne a Fucoidi.

La strutturazione a pieghe determina, durante il Miocene superiore, l'individuazione di aree bacinali "ristrette" nelle quali si assiste alla deposizione sin-tettonica di termini silicoclastici.

Il settore orientale e nord-orientale del foglio Fossombrone è caratterizzato da faglie che interessano sia il substrato prequaternario sia i depositi quaternari. Studi a carattere geomorfologico, stratigrafico e strutturale hanno consentito di riconoscere un sistema di faglie *post-thrusting* consistente in segmenti orientati circa nord-sud, a prevalente carattere distensivo e faglie di trasferimento con rigetto obliquo (sinistro-trastensivo) orientate NE-SW.

Dal punto di vista strutturale l'area di riferimento è caratterizzata da una generale struttura monoclinale, con immersione verso ENE dei depositi della *Formazione delle Argille azzurre*

Oltre alle strutture associate alla catena a pieghe e sovrascorrimenti, l'area in esame presenta importanti faglie ad alto angolo la cui cinematica, pur non essendo generalmente determinabile con metodologie geologico-strutturali (assenza di indicatori cinematici quali strie di abrasione o shear fibres), è generalmente caratterizzata da componenti normali del movimento, desunte da considerazioni stratigrafiche: L'area più esterna (orientale) del foglio comprende, come accennato in precedenza, i sedimenti della Formazione delle Argille azzurre, trasgressivi e discordanti sul substrato. Tale area è caratterizzata da una generale giacitura monoclinale degli strati, con inclinazioni attorno ai 10° ed immersione verso ENE. La blanda struttura monoclinale risulta dislocata da strutture caratterizzate da diversi trend. Uno in particolare, nei pressi dell'area di progetto, individua una serie di vulcanelli di fango probabilmente associati a set di faglie e/o fratture non direttamente identificabili sul terreno.


3 CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI LOCALI E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'opera oggetto della presente indagine ricade all'interno del bacino del Fiume Ete Vivo.

Le ricerche sulla successione plio-pleistocenica condotte sul bacino quaternario marchigiano (Nanni ed altri, 1986), hanno evidenziato come anche l'evoluzione della valle alluvionale del Fiume Ete Vivo, insieme alle altre valli marchigiane, sia in relazione con la tettonica plio-pleistocenica.

La tettonica quaternaria è infatti responsabile dell'assetto morfostrutturale di tale successione, sulla quale insistono i depositi alluvionali terrazzati. Tale assetto si è sviluppato nelle seguenti fasi tettoniche (Nanni ed altri, 1968):

- fase principale della tettonogenesi appenninica mediopliocenica, di tipo compressivo. Si formano i principali elementi strutturali e si ha la parziale emersione dell'area, ad eccezione forse delle zone più depresse. Si imposta il futuro assetto strutturale del bacino quaternario;
- fase plio-pleistocenica durante la quale si ha il collassamento dell'area da sud verso nord, probabilmente lungo linee tettoniche attuate nella fase precedente. Al

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	15 di 52

passaggio plio-pleistocene si ripristinano in tutta l'area condizioni di sedimentazione marina. L'assetto morfostrutturale è caratterizzato da una depressione appenninica articolata da alti intrabacinali NO-SE e da alti antiappenninici bordati da faglie trasversali;

- fase di sollevamento dell'area, iniziata nel Pleistocene inferiore. L'attuale zona tra i fiumi Esino e Metauro, era completamente emersa, mentre in quella tra i fiumi Esino e Tronto persistevano condizioni di sedimentazione marina. Il sollevamento di tutta l'area continua fino a portare i termini regressivi a quote massime di circa 500 m sul livello del mare. L'attuale configurazione morfostrutturale conferisce a tutta l'area un assetto simile a quello ad horst e graben, nel quale i graben corrispondono ai principali assi vallivi.

Le formazioni affioranti nell'area interessata appartengono alla successione umbro-marchigiana della quale affiorano i termini più recenti, dal Miocene al Pliocene medio (figura 3:1).

Come già descritto, dal punto di vista geologico generale il sottosuolo in esame è parte integrante dei depositi continentali quaternari, poggianti sui sedimenti plio-pleistocenici, in prevalenza formati da argille e argille limose, che costituiscono i terreni affioranti sui versanti orientali. Il basamento è costituito da una potente serie di sedimenti carbonatici di età mesozoica, in prevalenza di piattaforma.

In ambito sufficientemente ampio, circoscritto al territorio in esame, la Carta Geologica d'Italia¹ evidenzia una potente successione costituita da peliti e siltiti, sormontata tettonicamente da una altrettanto potente successione argillosa in ambiente continentale.

Nello specifico si rilevano 4 formazioni.


➤ SINTEMA DEL FIUME MUSONE

- MUS_{a1} – Materiali prevalentemente argillosi su substrati di natura marnoso argillosa-arenacea – Depositi di frana in evoluzione.
- MUS_{b2} – Depositi limo argillosi di origine eluvio colluviale con frazione sabbiosa.
- MUS_{bn} – Depositi sabbioso-limosi generalmente massivi o con accenni di stratificazione concava..

➤ SUCCESSIONE MARINA

- Formazione delle argille azzurre – Membro del Monte dell'Ascensione (FAA₄)
 Argille e argille siltose grigio azzurre a stratificazione poco marcata, talora completamente obliterata dall'intensa bioturbazione. Sono rilevabili diverse associazioni, in particolare l'associazione arenaceo-pelitica (FAA_{4d}) e l'associazione pelitico-arenacea (FAA_{4e}).

¹ Foglio 280 "Fossombrone" scala 1:50.000.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	16 di 52

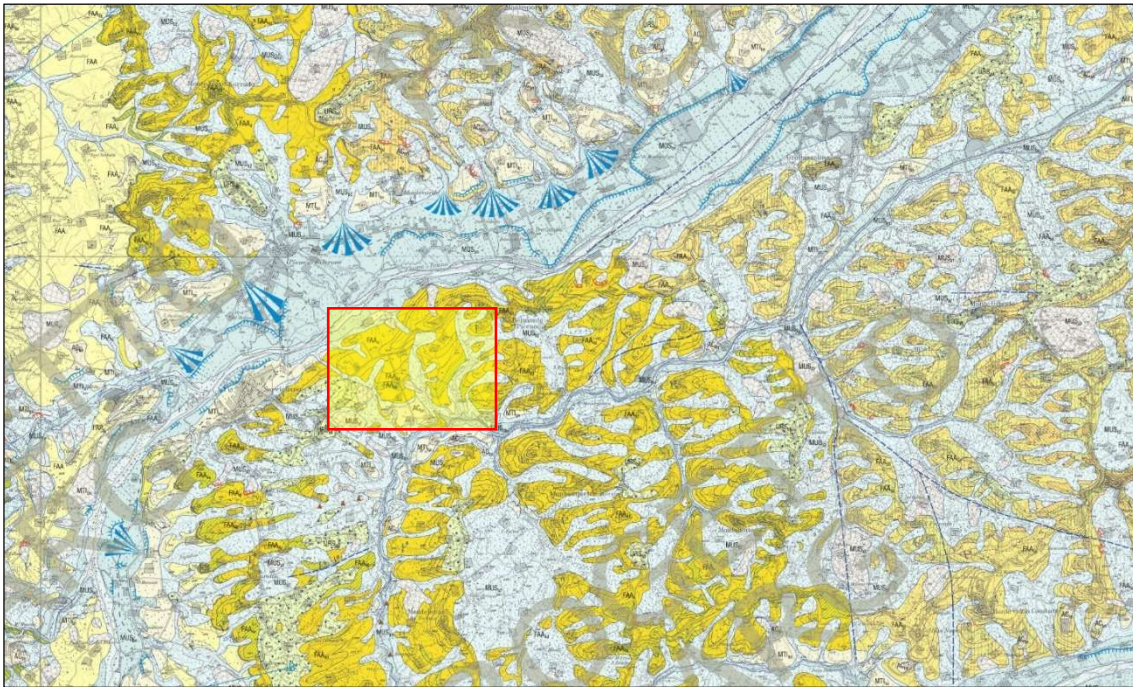



Figura 3:1 - Estratto della Carta Geologica Foglio 314 Montegiorgio - Nel riquadro l'area di insediamento dell'impianto fotovoltaico

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	17 di 52

4 ASSETTO GEOSTRUTTURALE

Le formazioni geologiche sopra descritte appartenenti alle due Unità, non permettono, per loro natura e giacitura, il riconoscimento immediato di lineazioni tettoniche e/o strutturali. Trattandosi di depositi sciolti o al più debolmente cementati non subiscono un comportamento fragile alle deformazioni.

Da immagini satellitari e, ancor di più, da rilevazioni direttamente al suolo e da considerazioni di carattere strutturale, è possibile ipotizzare una linea di sovrascorrimento al contatto tra le formazioni della successione mio-pleistocenica. Disposte in direzione appenninica (figura 4:1) In particolare lo scenario strutturale dell'intero bacino in esame è caratterizzato, da pieghe ad andamento NW-SE, interessate da faglie appenniniche ed antiappenniniche. Infatti dalla bibliografia risulta che l'area oggetto di studio, presenta due sistemi di faglie, di grande estensione, in destra idrografica che hanno un andamento circa parallelo all'asse fluviale ed un sistema più complesso di faglie, poste in corrispondenza delle colline in sinistra idrografica, con un trend circa trasversale all'asse vallivo; queste ultime hanno causato un innalzamento della zona tra Rosciano, Monte Castagneto e Rio Bevano e il conseguente affioramento dei terreni miocenici (formazione gessoso-solfifera, ecc.).

Anche la dinamica fluviale, soprattutto nella parte medio-terminale, viene influenzata dal sollevamento della sella Urbino Fontecorniale-Novilara, che causa la migrazione dell'asta fluviale verso SE.

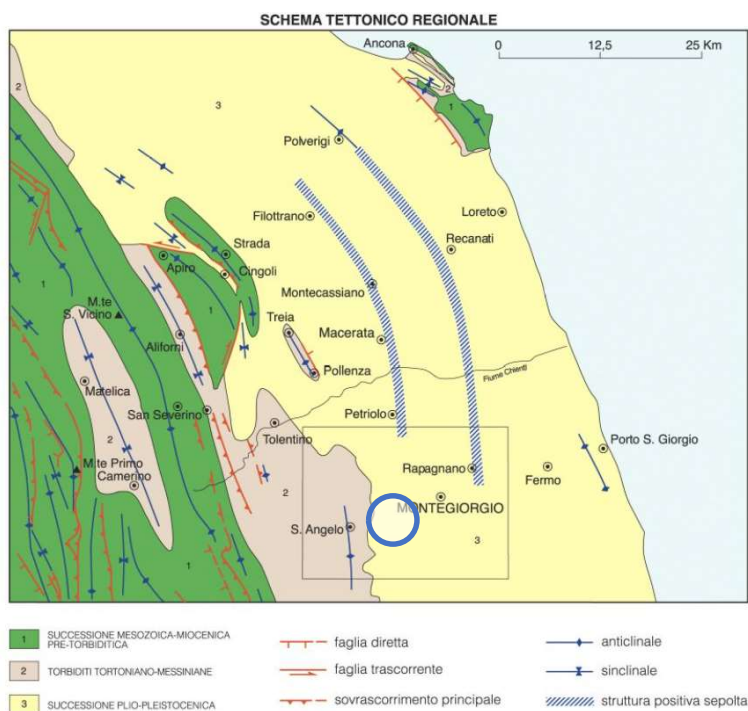




Figura 4:1 – Schema Tettonico Regionale – Foglio 314 Montegiorgio. Ispra.

Sempre analizzando le immagini satellitari è possibile verificare tracciare l'andamento dei segmenti che costituiscono il reticolo idrografico. È possibile verificare che questo è fortemente condizionato dall'assetto tettonico-strutturale. Le linee di scorrimento idrico, specie nella parte alta del Bacino, sono impostate su lineazioni tettoniche che interrompono la continuità litologica.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	18 di 52

In conclusione, dopo la breve e sommaria descrizione dei sistemi di frattura presenti, appaiono chiari almeno due fasi tettoniche principali: una prima fase Appenninica, con fratture disposte con direzione compresa tra 120° e 160° rispetto alla direzione Nord, e una seconda fase che ha visto la comparsa di fratture con direzione compresa tra i 45° e i 65° rispetto al Nord (Fase antiappenninica) che ha tagliato profondamente le precedenti ed ha contribuito a dare un'impronta precisa alla morfologia dei luoghi.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	19 di 52

5 AMBIENTE IDRICO: ACQUE SUPERFICIALI E ACQUE SOTTERRANEE

5.1 ACQUE SUPERFICIALI

Come già descritto in precedenza nell'intera regione marchigiana si individua un'idrografia superficiale piuttosto diffusa. Ciò è da mettere in relazione sia alla natura geolitologica, con affioramenti di litologie prevalentemente limo argillose che favoriscono il ruscellamento superficiale sia anche alla collocazione morfologica e geografica, ai piedi di importanti rilievi dove si verificano intense precipitazioni e forti ruscellamenti a causa delle pendenze elevate e degli affioramenti lapidei impermeabili².

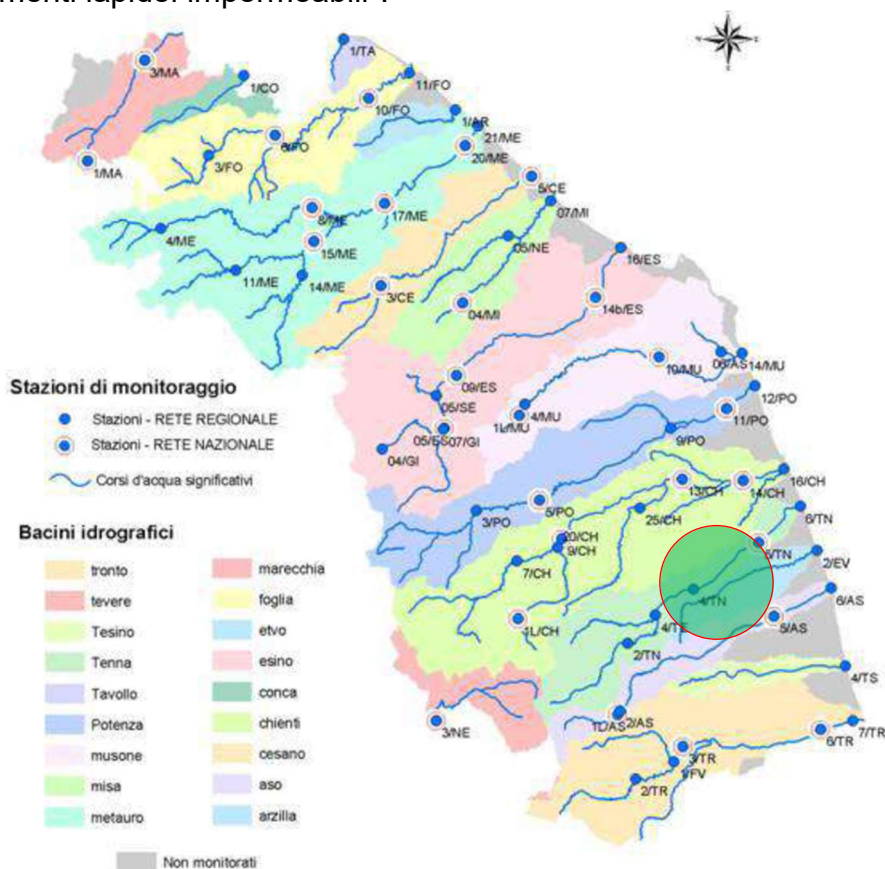



Figura 5:1 – Schema della rete idrografica marchigiana con stazioni di monitoraggio

I maggiori corsi d'acqua della Regione Marche (Foglia, Metauro, Cesano, Esino, Musone, Potenza, Chienti, Tenna, Aso e Tronto) attraversano da ovest ad est la fascia appenninica e quella sub-appenninica, con valli strette e profonde nella prima fascia e più ampie nella seconda (AA.VV., 1990).

I corsi d'acqua presenti nell'area di studio sono caratterizzati da un continuo approfondimento del loro alveo; questa tendenza ha avuto inizio assai recentemente e sembra essere connessa anche a fattori antropici, quali l'edificazione di sbarramenti

² REGIONE MARCHE – P.F. Tutela delle risorse ambientali e estrattive.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	20 di 52

artificiali lungo i fiumi, l'uso del suolo e l'estrazione di inerti in alveo (Gentili & Pambianchi, 1988).

L'immediata conseguenza dell'assetto orografico delle Marche è rappresentata dalla diminuzione pressoché costante delle quote procedendo dal margine occidentale della regione verso il litorale. Nel suo complesso il reticolo idrografico risulta fortemente condizionato da due fattori principali: il gradiente regionale e la presenza di importanti dislocazioni tettoniche; in particolare il controllo tettonico ha influenzato i tracciati dei reticoli del drenaggio superficiale, determinando l'orientamento di molte valli fluviali.

La quasi totalità dei corsi d'acqua sfocia nel Mare Adriatico; fa eccezione il Fiume Nera che, pur nascendo in territorio marchigiano, dopo alcuni chilometri supera il confine umbro per confluire nel Fiume Tevere, di cui è noto il recapito tirrenico.

Tutti i corsi d'acqua presentano un generale sviluppo sub-parallelo (Figura 5:1). Tra le caratteristiche comuni possiamo sottolineare il loro regime torrentizio, il profilo trasversale asimmetrico delle valli, la ridotta lunghezza e le ridotte dimensioni dei relativi bacini imbriferi. Nessuno dei fiumi marchigiani risulta navigabile se non per l'estremo tratto della foce, spesso adattato a porto-canale.

Il carattere torrentizio dei corsi d'acqua marchigiani, può essere ben evidenziato osservando l'andamento nel tempo delle portate, caratterizzate da piene estremamente copiose rispetto alle medie ed alle magre. Tale regime è direttamente connesso con il regime climatico dell'area, caratterizzato da estati secche e da piogge concentrate soprattutto nel periodo autunnale e invernale. Inoltre il regime torrentizio è da mettere in relazione con la diffusa presenza di acquiferi calcarei, che restituiscono in tempi piuttosto brevi ai fiumi le acque piovane, non rendendo graduale il rilascio delle stesse e quindi non laminando le piene. Il regime dei corsi d'acqua ha condizionato la morfologia degli alvei, che presentano letti ghiaiosi assai ampi entro cui, tranne che in brevi periodi di maggior portata, le acque divagano entro alvei di magra assai ridotti. Durante il periodo di magra, in alcuni casi, la circolazione idrica superficiale scompare quasi totalmente, in quanto le acque scorrono prevalentemente all'interno dei detriti di sub-alveo.


5.2 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Sulla base del quadro geologico appena descritto, le formazioni individuate a scala regionale ed i depositi continentali possono essere distinti in tre macrocomplessi idrogeologici, differenziabili sulla base delle loro caratteristiche idrodinamiche e di immagazzinamento (porosità, trasmissività ecc). Di seguito vengono sinteticamente descritte le caratteristiche di ciascuno dei macrocomplessi individuati: "Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali", "Complesso idrogeologico della sequenza plio-pleistocenica" e "Complesso idrogeologico dei depositi terrigeni".

5.2.1 Complessi idrogeologici delle pianure alluvionali

Gli acquiferi delle pianure alluvionali costituiscono una delle principali fonti di approvvigionamento idropotabile delle Marche. Nei depositi alluvionali hanno infatti sede gli acquiferi di subalveo, che vengono utilizzati mediante captazioni per uso idropotabile, industriale ed agricolo nella maggior parte dei comuni della fascia costiera.

In questo settore i depositi alluvionali, antichi e recenti, sono formati da limi e argille con sabbie più o meno limose frammiste a ghiaie, soprattutto in prossimità dei paleoalvei o degli alvei attuali dove tendono a predominare sulle litologie più fini. I depositi terrazzati di alto

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	21 di 52

ordine (terrazzi bassi), sempre in continuità idraulica tra loro, rappresentano il vero acquifero di subalveo, mentre quelli di basso ordine (terrazzi alti) costituiscono spesso acquiferi isolati e sono legati ai terrazzi bassi da depositi eluvio colluviali di spessore variabile.

Dove presenti con continuità apprezzabile anche i depositi terrazzati alti possono essere in contatto idraulico con quelli più recenti del Pleistocene superiore fungendo, quindi, da zone di ricarica per le aree di pianura alluvionale attuale.

Gli spessori delle alluvioni nell'ambito delle diverse pianure risultano molto variabili e sono compresi fra spessori massimi di 60 metri (pianure alluvionali in prossimità della costa) e minimi di 0-15 metri (per i lembi di alluvioni terrazzate più piccoli); gli spessori dei depositi dei terrazzi intermedi si aggirano mediamente sui 20-30 m.

Nei depositi alluvionali generalmente sono presenti falde a superficie libera, solo in prossimità della costa si segnalano acquiferi multistrato con falde semiconfinate; l'alimentazione degli acquiferi deriva principalmente dalle acque fluviali. Nelle aree costiere l'acquifero è inoltre interessato da infiltrazione di acque marine. Questo fenomeno, intensificato dagli sfruttamenti idrici, determina un peggioramento nella qualità delle acque sotterranee soprattutto in termini di aumento oltre le soglie di legge del tenore in cloruri e solfati.


Quando si ritrovano depositi prevalentemente fini ed a permeabilità bassa gli acquiferi risultano caratterizzati da forte escursione stagionale della piezometrica.

Dati bibliografici reperiti presso enti pubblici segnalano che le alluvioni del Fiume Foglia, nella zona a valle dell'autostrada A14, verso mare, possono essere sede di due acquiferi distinti ed in particolare di una falda libera superficiale e di una falda profonda in pressione. I quantitativi d'acqua presenti sono significativi e sfruttati a scopi idropotabili mediante una serie di campi pozzi. Purtroppo lo sfruttamento di tali acque, soprattutto a scopi idropotabili, è limitata dalla loro scarsa qualità e dalla medio-elevata vulnerabilità che l'acquifero stesso mostra nei confronti degli inquinanti provenienti dalle attività antropiche.

I dati riguardanti i parametri idrodinamici dei depositi alluvionali si riferiscono generalmente ai litotipi più grossolani (sabbie – ghiaiose), in quanto ottenuti mediante le prove di portata dei pozzi, che mediamente sono realizzati negli ambiti maggiormente produttivi; questi presentano valori di trasmissività compresi tra $1,7 \times 10^{-2}$ e $2,5 \times 10^{-2}$ m²/sec e di permeabilità variabili da circa 5×10^{-2} m/sec a 2×10^{-3} m/sec. La permeabilità dei litotipi limoso – argillosi presenta invece valori variabili da 2×10^{-4} a 8×10^{-8} m/sec. La porosità media effettiva dei depositi alluvionali, definita sulla base di indagini condotte da enti pubblici, risulta essere di circa il 10%.

Per quanto concerne l'andamento della freaticimetria, in corrispondenza dei terrazzi bassi e della piana alluvionale l'andamento risulta abbastanza complesso e diverso da un subalveo all'altro. Questo è da imputare, oltre che a differenze di permeabilità, anche alla morfologia del substrato, alla presenza di numerose opere di captazione ed all'infiltrazione di acque superficiali dagli alvei degli affluenti principali. In prossimità della costa si osserva, invece, un andamento più regolare delle curve isofreatiche, che tendono a disporsi parallelamente alla linea di costa, con un gradiente medio di circa 0.0037 (Nanni, 1986).

I caratteri freaticimetrici rimangono pressoché costanti durante tutto l'anno; solo nella parte bassa dell'acquifero ed in prossimità della costa si verificano sensibili variazioni stagionali legate ai forti prelievi durante la stagione estiva. L'escursione freaticimetrica media annuale è di circa 2 m con un massimo di 5 m (costa e stagione estiva); i massimi freaticimetrici si

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	22 di 52

registrano in primavera (marzo, aprile, maggio), mentre i minimi in autunno (ottobre-novembre).

Confrontando le freaticimetrie storiche con il regime pluviometrico dell'area si nota, inoltre, una stretta relazione fra queste due grandezze; la risposta degli acquiferi alle precipitazioni, infatti, si risente generalmente con un ritardo di circa 1-2 mesi.

Nell'area di studio il complesso acquifero dei depositi alluvionali è caratterizzato principalmente da depositi alluvionali attuali costituiti da limi ed argille alternati a sabbie e ghiaie organizzate in strati e lenti di vario spessore; in generale contengono gli acquiferi più potenti dell'area d'interesse progettuale. La permeabilità è di tipo primario per porosità, caratterizzata da spiccata variabilità, in relazione alla eterogeneità granulometrica locale dei depositi; mediamente essa è classificabile da bassa a discreta (10^{-6} ÷ 10^{-4} m/s), con locali incrementi fino a buona (10^{-4} ÷ 10^{-2} m/s).

In questi depositi sono presenti sia falde monostrato a superficie libera che costituiscono una fonte di approvvigionamento idrico di discreta importanza; sia acquiferi multistrato con falde semiconfinate o confinate in prossimità della costa. La ricarica degli acquiferi è legata principalmente all'infiltrazione delle acque superficiali e la trasmissività è piuttosto variabile (indicativamente da 10^{-1} a 10^{-6} m²/s).

5.2.2 Complesso idrologico della sequenza plio-pleistocenica


Nelle porzioni interne della regione Marche affiora il complesso dei depositi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-sabbiosi; si tratta di terreni intercalati alle argille plio-pleistoceniche, che risultano essere sede di acquiferi a permeabilità elevata (arenarie poco cementate e sabbie medio - fini e livelli ghiaioso - conglomeratici).

La presenza di argille alla base e al tetto dei livelli permeabili, con funzioni di acquiclude e la geometria dei corpi arenacei e sabbiosi pliocenici, permettono la formazione, almeno parziale, di acquiferi confinati.

L'alimentazione delle falde è principalmente connessa con le piogge e, secondariamente, con le acque superficiali. Nei depositi pleistocenici costieri sono localmente presenti falde con forti escursioni annuali e strettamente dipendenti dalle precipitazioni meteoriche. A questi depositi sono connesse le sorgenti, in gran parte a regime stagionale, presenti sui versanti prossimi alla costa. Le unità arenaceo-pelitiche hanno una notevole variazione laterale di spessore, che si riduce a volte fino ad annullarsi; generando quindi corpi a geometria lenticolare. In superficie le unità arenaceo-pelitiche pleistoceniche affiorano per aree molto estese lungo i versanti a reggipoggio e spesso costituiscono il substrato di fossi o torrenti. Quando occupano versanti a franapoggio, e l'erosione concentrata determina l'affioramento del substrato argilloso sottostante, si osservano le tipiche manifestazioni sorgentizie di versante, frequenti nella zona collinare marchigiana.

Le sorgenti hanno una portata modesta che raramente supera 1 l/s. Le risultanze delle ricerche petrolifere condotte dall'AGIP (ENI, 1972) mostrano che le unità arenaceo plioceniche profonde sono sature di acqua salata o salmastra e, soltanto in rari casi, di acqua dolce; mentre le unità arenacee del Pliocene superiore e quelle pleistoceniche risultano sature proprio di acqua dolce.

Anche alcuni sondaggi profondi eseguiti per ricerche idriche in alcune pianure alluvionali (Molinari et alii, 1971) confermano quanto precedentemente affermato.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	23 di 52


L'acqua degli acquiferi, grazie alla loro particolare configurazione geometrica, è frequentemente in pressione e la ricarica avviene prevalentemente, come accennato in precedenza, ad opera delle acque superficiali e delle acque meteoriche.

Nell'area di studio il complesso acquifero dei depositi marini plio-pleistoceniche è rappresentato da limi ed argille limose con sporadiche intercalazioni di livelli sabbiosi; sono caratterizzate da una circolazione idrica sotterranea molto limitata o assente. Le intercalazioni sabbiose, dove presenti con potenza superiore al metro, possono contenere piccole falde anche in pressione, il che potrebbe determinare la presenza di modeste sorgenti a regime stagionale con portata molto bassa. Generalmente i depositi presentano permeabilità per porosità bassa o molto bassa (10^{-6} - 10^{-8} m/s) e possono rappresentare l'aquiclude degli acquiferi presenti nella fascia di territorio di studio.

5.3 RAPPORTI TRA L'INTERVENTO PROPOSTO E LA FALDA SUPERFICIALE

Una verifica eseguita direttamente dal portale www.isprambiente.gov.it è stato possibile verificare che nell'area di intervento non esistono pozzi per la captazione delle acque sotterranee o almeno non se pure esistono questi non sono censiti. Da considerazioni di carattere idrogeologico generale si può ipotizzare un livello di circolazione a profondità prossime a -80 metri dal piano di campagna; ulteriori livelli si individuano in modeste falde sospese che hanno durata e capacità di immagazzinamento effimera e non idonea allo sfruttamento per uso potabile.

Alla luce di quanto sopra e tenuto conto che le opere progettate interferiscono solo con i primi metri della successione stratigrafica, in quanto sia le strutture di sostegno dei singoli pannelli che le opere di fondazione della sottostazione elettrica saranno fondate a profondità non superiori a -3,50 metri dal p.c, si può concludere che non c'è nessuna interferenza tra le stesse opere fondali e la superficie piezometrica della falda superficiale.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	24 di 52

6 INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e s.m.i. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.


Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Tabella 6-1 – Zone a pericolosità sismica

ZONE A PERICOLOSITÀ SISMICA	
Zona	DEFINIZIONE
1	È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
3	I comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
4	È la zona meno pericolosa

Di fatto, viene eliminato il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	25 di 52

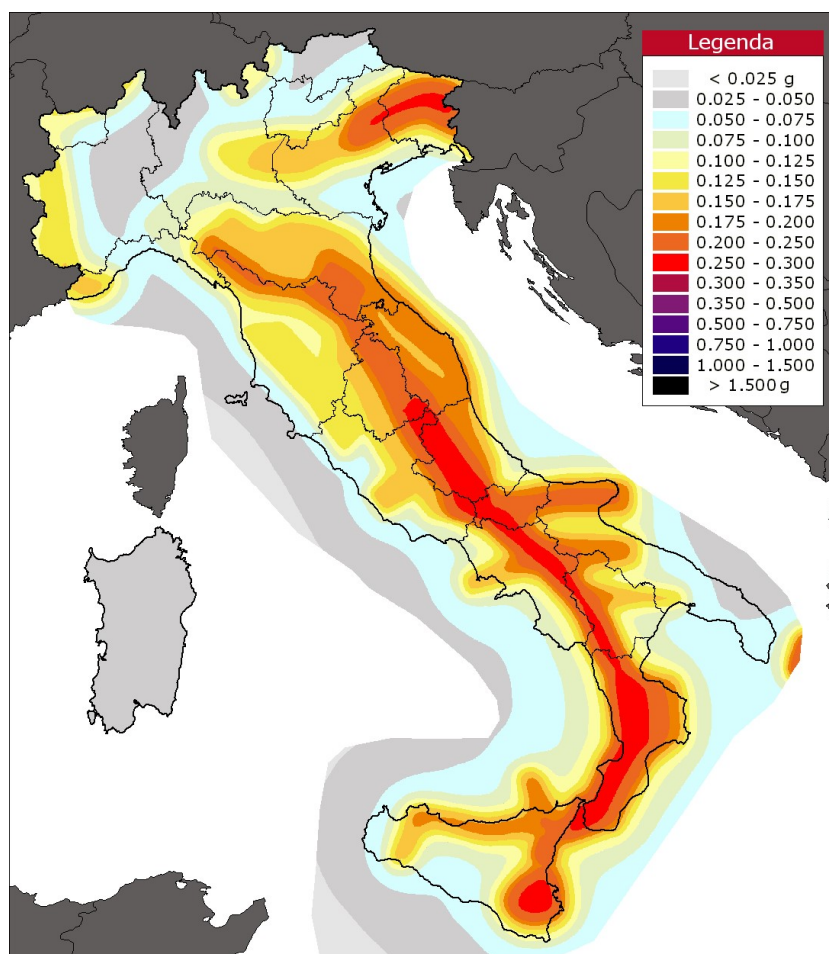



Figura 6:1 - Modello di pericolosità sismica di lungo termine MPS04, rappresentata con i colori che saranno utilizzati per il suo aggiornamento, individuati per una maggiore leggibilità. www.ingv.it

Tabella 6-2

SUDDIVISIONE DELLE ZONE SISMICHE	
Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag > 0.25
2	0.15 < ag ≤ 0.25
3	0.05 < ag ≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità dello scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica. Molti dati sulle sorgenti sismogenetiche delle Alpi Meridionali derivano dall'applicazione di algoritmi

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	26 di 52

che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici.

L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Secondo la zonazione sismogenetica attualmente in vigore (chiamata ZS9), l'area oggetto di studio ricade all'interno della zona sismogenetica 917. La zona 912 (assieme alla 917) rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale. Strutture compressive (prevalentemente thrusts) allineate lungo la costa o a breve distanza da essa sono responsabili della sismicità. Nella zona 912, la sismicità sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po). La zona 917 include le sorgenti sismogenetiche principali della fascia appennica esterna, cui è possibile associare la sismicità della costa romagnola e marchigiana.

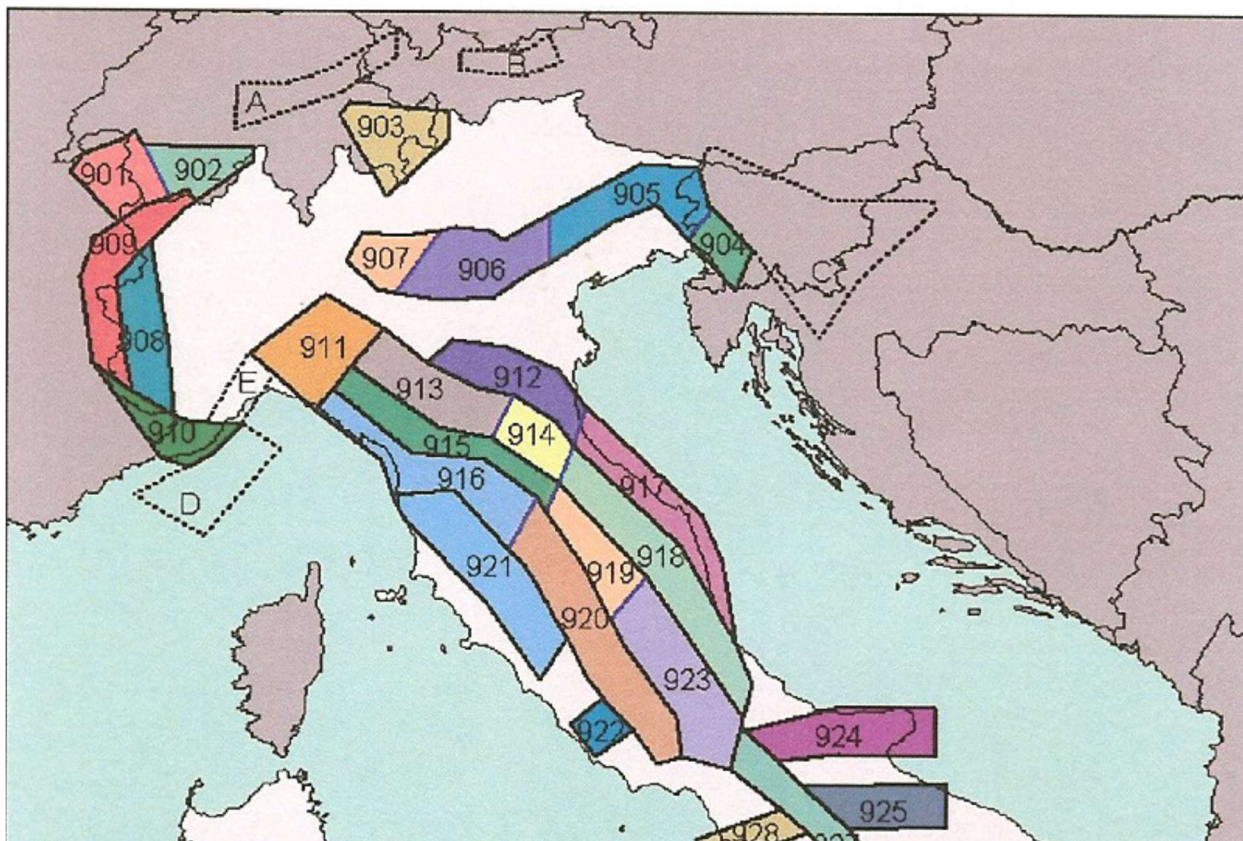



Figura 6:2 - Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Italia centro-settentrionale (a cura di C. Meletti e G. Valensise marzo 2004). I limiti di colore nero separano zone con analogo significato cinematico, che differiscono principalmente per le caratteristiche di sismicità.

Per quanto riguarda le cause della sismicità dell'area (C.N.R.-G.N.D.T. - Regione Marche, 1986), esse risultano strettamente connesse con l'attività tettonica distensiva, essendo entrambe conseguenze dirette dell'instabilità geodinamica che caratterizza la penisola italiana. Tra le conseguenze di questa attività sismo-tettonica ricordiamo la creazione, o più frequentemente la riattivazione, di deformazioni fragili (fratture e faglie di superficie) in occasione degli eventi di maggiore intensità (Fig. 18). Tali movimenti sembrano essere

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	27 di 52

dovuti sia a deformazioni gravitative esaltate dal fenomeno sismico, sia a scuotimento differenziale in condizioni di anisotropia del substrato, sia a differenze modulari tra gli sforzi comuni ai fattori precedenti.

I principali effetti morfogenetici dei terremoti sono correlabili all'effetto scatenante che gli scuotimenti hanno sui dissesti gravitativi; infatti il ruolo delle scosse sismiche come fattore di innesco di movimenti gravitativi è ben noto da tempo, si vedano le numerose testimonianze storiche e tradizionali di movimenti gravitativi, talora di enormi dimensioni, attivati in concomitanza con forti terremoti ed è alquanto probabile che molti dei fenomeni franosi di grandi dimensioni attualmente quiescenti, oltre che la maggior parte delle deformazioni gravitative profonde (specialmente quelle che interessano versanti ad energia del rilievo non troppo elevata) siano da riferire a questo fattore (Dramis, 1984).

Numerose osservazioni effettuate in occasione di eventi sismici hanno messo in evidenza come praticamente in tutti i casi vengano attivati, o quantomeno riattivati, movimenti gravitativi di dimensioni e tipologie diverse in funzione dell'intensità dell'evento e delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dei versanti (litologia, assetto strutturale, materiali di copertura, forme). Questi fenomeni vengono indotti dal terremoto attraverso meccanismi diversi, quali le accelerazioni orientate che, sia pure per minime frazioni di tempo, possono far variare i pesi delle masse sui versanti, le deformazioni permanenti o temporanee delle geometrie superficiali, i fenomeni di liquefazione prodotti nei materiali fini saturi di acqua per effetto delle brusche variazioni delle pressioni interstiziali dovute alle onde sismiche.

Nella figura 6:3 e nella relativa tabella 6:3 viene riportato, con riferimento al comune di Servigliano, l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4, i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno), l'area epicentrale, la profondità stimata, l'intensità epicentrale e la magnitudo momento.

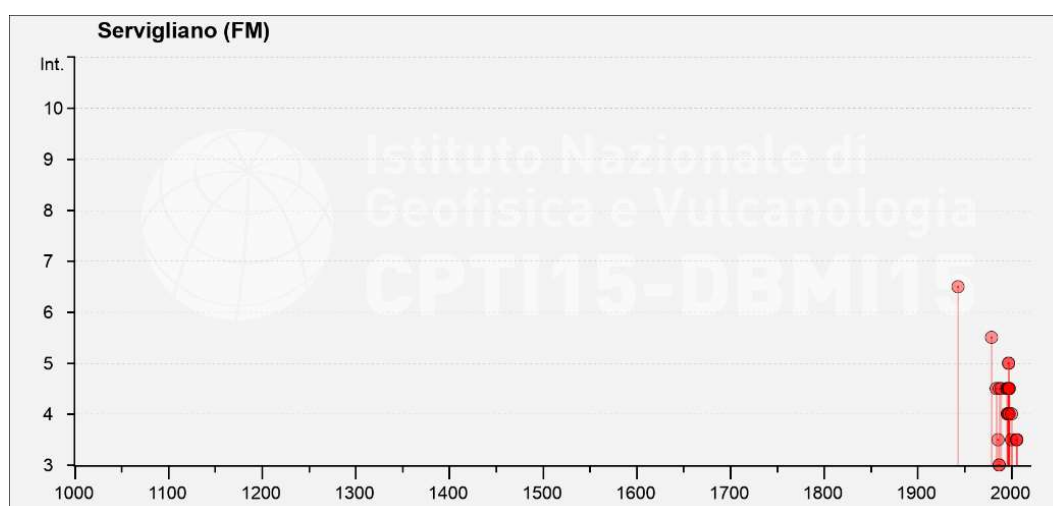


Figura 6:3 – Storia sismica del Comune di Servigliano [43.236, 13.595] – https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15_v1.5/query_place/



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	28 di 52

Tabella 6-3 Storia sismica del Comune di Servigliano – https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/

CPTI15 - DBMI15							
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015							
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia							
Seismic history of				Servigliano			
PlaceID				IT_52764			
Coordinates (lat, long)				43.080, 13.492			
Municipality (ISTAT 2015)				Servigliano			
Province				Fermo			
Regione				Marche			
Is	Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	DepDef	Io	Mw
NF	1898	11	27	San Ginesio		5-6	4,39
NF	1904	06	20	Assisi		5	4,1
6-7	1943	10	03	Ascolano		8	5,67
5-6	1979	09	19	Valnerina		8-9	5,83
4-5	1984	04	29	Umbria settentrionale		7	5,62
3-4	1986	10	13	Monti Sibillini	5,4	5-6	4,46
4-5	1987	07	03	Costa Marchigiana	2,7	7	5,06
4-5	1989	09	11	Marche meridionali	9,9	5	4,04
NF	1993	06	05	Valle del Topino	7,7	6	4,72
4-5	1995	12	30	Fermano	5	5	4,19
4-5	1996	01	01	Maceratese	0,1	5-6	4,2
4	1996	01	22	Fermano	0,1	5	3,96
4	1996	01	22	Maceratese	0,1	5	3,66
5	1997	09	26	Appennino umbro-marchigiano	3,5	7-8	5,66
4-5	1997	09	26	Appennino umbro-marchigiano	9,8	8-9	5,97
4-5	1997	10	03	Appennino umbro-marchigiano	12		5,22
5	1997	10	06	Appennino umbro-marchigiano	3,9		5,47
4-5	1997	10	14	Valnerina	7,3		5,62
4	1997	11	09	Valnerina	1,5		4,87
4	1998	03	21	Appennino umbro-marchigiano	1		5
4-5	1998	03	26	Appennino umbro-marchigiano	44,8		5,26
4-5	1998	04	05	Appennino umbro-marchigiano	4,4		4,78
NF	1999	11	29	Monti della Laga	6,5	5-6	4,15
4	2000	09	02	Appennino umbro-marchigiano	46,1	5	4,4
3-4	2000	10	24	Monti Sibillini	20,8	5	4,11
NF	2003	05	25	Ascolano	5	4-5	3,81
NF	2004	12	09	Teramano	5	5	4,09
3-4	2005	04	12	Maceratese	4,3	4	3,74
NF	2005	12	15	Val Nerina	18,4	5	4,14
3-4	2006	04	10	Maceratese	33,9	5	4,06
3-4	2006	10	21	Anconetano	36,3	5	4,21

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	29 di 52

7 PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE

L'area è stata già investigata a più riprese, in relazione a diversi interventi eseguiti nell'intero comprensorio, con la realizzazione indagini geomeccaniche a carotaggio continuo e indagini geofisiche.

In questa fase di studi è stata eseguita una prima ricognizione cartografica e aerofotogrammetrica a cui ha fatto seguito una indagine di superficie che è stata integrata con i risultati di indagini geofisiche che comprendono indagini sismiche a rifrazione, MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves) e prospezioni E.R.T. (Electrical Resistivity Tomography); il quadro conoscitivo è stato, infine, completato con l'esecuzione di n. 5 prove penetrometriche dinamiche necessarie a determinare la resistenza del suolo nei primi metri (max 10 metri) della successione stratigrafica.

Da qui si è risaliti alla determinazione dei parametri sismo-elastici del terreno indagato.

7.1 METODOLOGIE DI INDAGINE ADOTTATE

La prospezione MASW è stata eseguita in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni del D. M. 17 gennaio 2018. Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

Inoltre, con l'indagine sismica a rifrazione è stato possibile determinare le caratteristiche dinamiche del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (Vp), velocità delle onde trasversali S (Vs) ed i relativi parametri elastici (E, G, K e ν)³.

L'ubicazione degli stendimenti sismici è stata accuratamente valutato in campagna, per fornire indicazioni utili sulle successioni litostratigrafiche e ricoprire l'intera area interessata dal Parco Fotovoltaico. Di seguito metodologia d'indagine geofisica, di cui vengono evidenziati brevemente i fondamenti teorici.

Prospezione sismica di tipo MASW

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$


Dove

h_i = spessore dello strato i esimo;

V_{si} = velocità delle onde di taglio nell' i esimo strato;

N = numero di strati;

³ Allegato IV

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	30 di 52

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec^4 .

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.

Questo parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo tramite l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la velocità dipende dalla frequenza, che provoca dispersione dell'energia trasportata dalle onde stesse, vale a dire che la deformazione del treno di onde nel sottosuolo è dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta delle discontinuità come può essere una stratificazione.

Nelle nuove metodologie d'indagine sismica del sottosuolo si valutano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga superiore rispetto alle onde P ed S; inoltre, l'ampiezza di queste onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.


La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S, operata con tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc.

Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

La metodologia MASW risulta particolarmente indicata in ambienti con spaziature limitate e, a differenza della sismica a rifrazione, consente di individuare la presenza di inversioni di velocità con la profondità, associabili alla presenza di strati "lenti" al di sotto del bedrock. Tuttavia, un limite di questa metodologia è che esso risente particolarmente del principio di indeterminazione e, fornendo un modello mono-dimensionale del sottosuolo, rende necessaria l'applicazione di altre metodologie d'indagine per fornire un modello geofisico-geologico più attendibile.

⁴ 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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	31 di 52

Prospezione sismica a rifrazione

La prospezione sismica a rifrazione prende in considerazione i tempi di propagazione delle onde elastiche che, generate al suolo, si diffondono nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un'onda sismica è la variazione del parametro impedenza sismica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. L'impedenza sismica si determina attraverso il prodotto tra la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo e la densità del materiale attraversato.

Ogni litotipo è caratterizzato dalla capacità di lasciarsi attraversare dalle onde elastiche con determinata velocità, questa è definita sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la pressione ed altro.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.


Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano nel sottosuolo.

In funzione del tipo di analisi delle onde sismiche investigate, è possibile distinguere fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

Al fine di una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante sottolineare che:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0,25 * z$;
- c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio (onde S), meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	32 di 52

onde P; quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

- d) le velocità delle onde p, misurate in terreni saturi o molto umidi dipende, talora in maniera decisiva, dalle vibrazioni trasmesse dall'acqua interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidezza del terreno sono quelle di taglio.

7.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI RILIEVI: ATTIVITÀ DI CAMPO

Indagine sismica di tipo MASW

Le prospezioni geofisiche sono state eseguite con strumentazione Combinata PASI mod. 16SG24 (sismica 24 canali + tomografia elettrica 32 elettrodi).

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 8 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. L'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Per il profilo MASW eseguito è stata adottata la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 16,50 m;
- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 1,50 m;
- offset di scoppio = 3,00 metri;
- durata dell'acquisizione = 1 secondo;
- tempo di campionamento = 1 millisecondo.


Per energizzare il terreno è stata usata una sorgente impulsiva del tipo "mazza battente" del peso di 8 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde elastiche.

Contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce. Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di n. 01 profilo con acquisizione di onde longitudinali (P), avente la seguente configurazione:

- lunghezza stendimento = 44,00 m;

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	33 di 52

- numero geofoni = 12;
- Spaziatura = 4,00 m;
- End Shot A = 0,00 metri;
- Central Shot E = 24,00 metri;
- End Shot B = 48,00 metri;
- durata dell'acquisizione = 128 msec;
- tempo di campionamento = 250 µsec;
- Frequenza geofoni = 10.00 Hz;
- Sistema di energizzazione = "massa battente".

7.3 RISULTATI INDAGINE GEOSISMICA

La topografia della superficie del sito investigato è leggera pendenza, pertanto è stata applicata una correzione delle quote di acquisizione. Il rumore ambientale rilevato è stato assolutamente trascurabile e riferito alle normali attività antropiche delle aree circostanti. Anche il disturbo del vento è stato ritenuto trascurabile. Per tutte le stese si è utilizzato un sistema di riferimento relativo, la cui origine è posta in corrispondenza dell'endshot esterno al 1° geofono sia per l'indagine sismica a rifrazione e sia per l'indagine MASW.

7.3.1 Elaborazione dell'indagine sismica di tipo MASW

L'elaborazione è stata sviluppata in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata con picking della curva di dispersione, vale a dire che sono stati selezionati i punti che appartengono ad un certo modo di propagazione dell'onda superficiale con successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione della curva teorica e sperimentale fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.0 della Eliosoft. Dall'esame dei profili sismici si mette in evidenza una sostanziale omogeneità della successione litologica, pur osservando variazione degli spessori delle singole unità litostratigrafiche che possono essere messe in relazione alle modalità di sedimentazione e alle diverse lavorazioni agricole.

In particolare emerge, abbastanza chiaramente, un modello costituito da 3 unità sismostratigrafiche valore di $V_{S,eq}$ comprese tra 271 e 293 m/sec.


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	34 di 52

Tabella 7-1 Valore della $V_{s,eq}$ per i singoli stendimenti MASW

PROFILO MASW	$V_{s,eq}$	CATEGORIA SOTTOSUOLO
n.	m/sec	Tab. 3.2.II - D.M. 17 gennaio 2018
1	293	C
2	272	C
3	284	C
4	271	C

Pur evidenziando che l'indagine MASW risente particolarmente del problema della non univocità del modello geofisico rispetto ai dati sperimentali ed è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro $V_{s,eq}$, più che alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, è stato possibile evidenziare una congruenza fra il modello ricavato dalle indagini MASW con quello determinato dall'indagine sismica a rifrazione.

Sulla base di valutazioni incrociate sull'attendibilità dei risultati ottenuti dalle ricostruzioni sismiche è possibile scegliere il modello ritenuto più conforme alla situazione litostratigrafica presente nell'area e di cui è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico.

7.3.2 Elaborazione dell'indagine sismica a rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza), mostrate in allegato.

L'interpretazione delle dromocrone, anche questa eseguita con l'ausilio di processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo GRM.

In allegato sono riportate le sezioni sismostratigrafiche interpretative, ottenute, scegliendo dei modelli a 3 strati, dove vengono indicate con $S_nA - S_nB$, rispettivamente le progressive iniziali e finali delle stese.


7.4 INDAGINE GEOELETTRICA

7.4.1 Prospezione E.R.T. (Electrical Resistivity Tomography)

I metodi di prospezione geoelettrica in corrente continua 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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	35 di 52

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 (figura 7:1).

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.

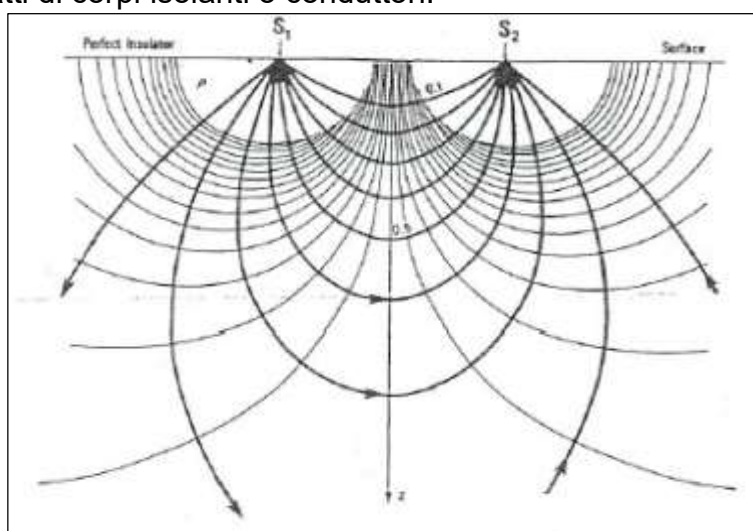


Figura 7:1 Linee di corrente in un mezzo omogeneo (Carrara et alii 1992)

Per un semispazio omogeneo la resistività è determinata attraverso la relazione:

$$\rho = \frac{K\Delta V}{I}$$

Dove:


I = corrente iniettata misurata in Ampere

ΔV = differenza di potenziale misurata in Volt

K = Fattore geometrico che varia a seconda del dispositivo utilizzato

ρ è espresso in $\Omega \cdot m$.

La resistività ottenuta dalla precedente relazione rappresenta una resistività "apparente" del sottosuolo, ipotizzando un modello di sottosuolo omogeneo.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	36 di 52

Una modellizzazione geofisica di un sottosuolo eterogeneo si ottiene attraverso un processo di “inversione” dei dati sperimentali. Invertire i dati sperimentali vuol dire ricostruire un modello significativo del sottosuolo a partire dai dati osservati.

Fra i dispositivi quadripolari collineari e simmetrici i più utilizzati sono: 1) Wenner ; 2) Schlumberger; 3) dipolo-dipolo; 4) Wenner-Schlumberger; 5) polo-dipolo; 6) polo-polo.

La scelta del dispositivo più idoneo per una prospezione geoelettrica dipende da diversi fattori, quali la profondità d’investigazione, risoluzione dei dati, sensibilità del dispositivo e il rapporto segnale/rumore.

La profondità d’investigazione è la massima profondità a cui può essere individuata una “struttura” presente nel sottosuolo ed è proporzionale alla lunghezza dello stendimento elettrico.

La risoluzione è la minima distanza a cui è possibile distinguere due oggetti o strutture poste nel sottosuolo ed è funzione della spaziatura fra gli elettrodi e del tipo di dispositivo elettrodico utilizzato.

Il rapporto segnale/rumore costituisce una funzione molto importante nella scelta del dispositivo elettrodico più efficace in quanto la presenza di sorgenti di disturbo, naturali o artificiali, costanti o variabili nel tempo, può inficiare il risultato interpretativo. Infatti, il riconoscimento delle fonti di disturbo è importante per evitare che esse siano interpretate erroneamente come anomalie generate dalle sorgenti che rappresentano l’oggetto della prospezione.

Un tipo di disturbo variabile nel tempo è dato da correnti telluriche naturali prodotte dalle variazioni del campo magnetico della terra o, ancor più, da fluidi sotterranei in movimento. Influiscono anche sorgenti artificiali generate da macchine elettriche con prese di terra attraverso le quali possono essere immesse correnti nel terreno.

Questo rapporto può essere incrementato aumentando l’intensità del segnale, che è inversamente proporzionale al fattore geometrico K, funzione del dispositivo elettrodico.

Preliminarmente all’acquisizione dei dati geoelettrici, è stata condotta una fase operativa riguardante l’organizzazione e l’approntamento delle indagini in sito.


7.4.2 Modalità di esecuzione dei rilievi: attività di campo

Per il profilo E.R.T eseguito è stato utilizzato l’array elettrodico Wenner-Schlumberger, previa infissione nel terreno di n. 32 elettrodi in acciaio impolarizzabile, utilizzando una spaziatura di 5 m per una lunghezza di ogni singola stesa pari a 155 m.

Il terreno è stato energizzato con l’impiego dell’energizzatore Pasi mod. P300T, avente le seguenti caratteristiche tecniche: 500 mA di corrente erogabile e 300 V di potenziale misurabile.

Brevemente viene descritta la caratteristica dell’array utilizzato.

Nel quadripolo Schlumberger, gli elettrodi di corrente AB rappresentano gli elettrodi esterni, mentre di elettrodi di potenziale MN quelli interni (figura 7:2).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	37 di 52

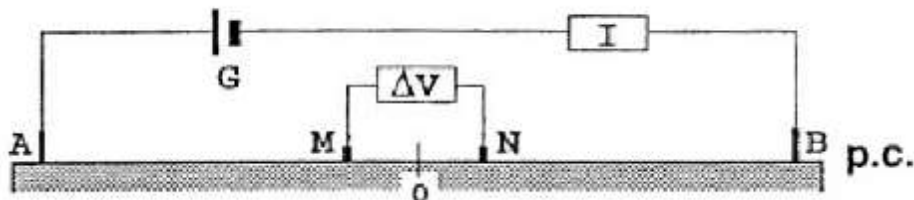


Figura 7:2 – Dispositivo di Schlumberger; $MN = 1/5 AB$

Questo tipo di dispositivo è un ibrido tra il dispositivo Wenner e quello Schlumberger (Pazdirek e Blaha, 1996). Come evidenziato in precedenza, il classico dispositivo Schlumberger è utilizzato comunemente per realizzare dei sondaggi di resistività ma, con degli opportuni accorgimenti, è possibile utilizzare lo stesso dispositivo anche per effettuare delle tomografie disponendo un certo numero di elettrodi lungo uno stendimento.

La spaziatura tra gli elettrodi di potenziale rimane costante e pari ad “a” mentre la spaziatura tra gli elettrodi di corrente aumenta secondo multipli interi di “a” (figura 7:3). In questo modo si ottiene una maggiore copertura orizzontale e la possibilità di ottenere una distribuzione 2D della resistività elettrica nel sottosuolo. Per il dispositivo Schlumberger il fattore geometrico K è il seguente:

$$\text{con } K = \pi n (n+1) a$$

$$\text{dove } a = AM = NB \text{ e } n =$$

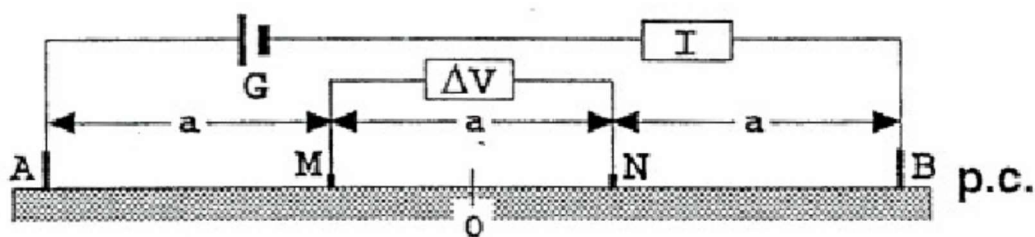



Figura 7:3 -Dispositivo Werner - di Schlumberger

7.5 ANALISI INDAGINE GEOLETTRICA

La fase di elaborazione del profilo ERT è consistita nell'applicazione di un filtraggio dei dati, rimuovendo i valori acquisiti aventi letture di potenziale inferiori a 5 mV. Successivamente è stato generato un file di testo in modo da poter essere caricato sul software “RES2DINV”, della Geotomo Software, utilizzato per ottenere il modello di inversione.

Il programma di inversione utilizza un modello 2D che consiste nel suddividere il profilo in blocchi rettangolari in cui all'interno è ipotizzato un valore di resistività costante. La disposizione dei blocchi è legata alla distribuzione dei dati nella pseudosezione (Sasaki Y., 1992).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	38 di 52

La pseudosezione è una rappresentazione artificiosa dei dati sperimentali di resistività apparente, dalla quale non si possono ricavare direttamente forme e dimensioni dei corpi. Questo tipo di rappresentazione fu introdotta da Hallof (1957) e modificata da Edwards (1977). L'indagine qualitativa si rende necessaria per poter impostare un modello iniziale su cui operare numericamente.

Nel processo d'inversione la distribuzione dei blocchi, la grandezza e la profondità possono essere scelte dall'operatore qualora si abbiano conoscenze a priori dei parametri geologici (profondità e dimensione degli strati).

Nel caso specifico, per ottenere un maggior dettaglio e migliore risoluzione, è stato adottato il criterio di modellizzare il sottosuolo utilizzando dei blocchi aventi dimensioni pari a metà della spaziatura elettroica.

Per ottimizzare la risposta della procedura di inversione viene adottato il metodo dei minimi quadrati con vincolo di omogeneità (modelli teorici d), basato anche sull'approssimazione quasi - newtoniana di ottimizzazione (Loke e Barker 1996, deGroot-Hedlin e Constable 1990, Sasaki 1992).

7.5.1 Interpretazione delle sezioni elettrostratigrafiche

Dall'analisi delle sezioni elettrostratigrafiche è stato possibile verificare la presenza di materiale eterogeneo, dal punto di vista elettrico, caratterizzato da variazioni sia verticali che orizzontali dei valori di resistività elettrica.

Il modello ricavato dai dall'esame dei profili eseguiti è sovrapponibile a quanto già determinato con l'indagine sismica e suggerisce la presenza di materiale eterogeneo con variazioni laterali e verticali di resistività. I valori misurati sono compresi tra 2.27 e 12.20 $\Omega \cdot m$, per la sezione E.R.T. 1 e tra 2.63 a 14.80 $\Omega \cdot m$ per la sezione E.R.T. 2.

Da qui sono stati ipotizzati due diversi elettrostrati:


- 1) elettrostrato caratterizzato da valori di resistività elettrica maggiori di 7.00 $\Omega \cdot m$, compatibile con un litotipo limo-argilloso;
- 2) elettrostrato caratterizzato da valori di resistività elettrica inferiori a 7.00 $\Omega \cdot m$ compatibile con un litotipo argilloso ad alto contenuto di acqua

I contrasti di resistività, pur rimanendo su valori molto bassi, rivelano un elevato contenuto di acqua all'interno dei livelli argillosi laddove è più marcata la componente marnosa, la quale non a caso può dare luogo a fenomeni gravitativi lungo il versante. L'effetto fluidificante e destabilizzante dell'acqua può causare lo spostamento della coltre più superficiale, innescando peraltro un aumento delle pressioni neutre, lungo potenziali superfici di scivolamento, ben visibili nelle sezioni.

Dalla sezione allegata⁵ è possibile verificare un modello costituito da elettrostrutture dalla forma lenticolare; ciò può essere ricondotto oltre che a variazioni litologiche anche ad un diverso grado di umidità al suolo. Infatti l'assenza di piogge e le interruzioni dell'irrigazione hanno provocato un accumulo di Sali negli strati superficiali del suolo, favorendo la cementazione delle litologie con conseguente aumento della resistività.

L'esito dell'indagine è sintetizzato in un modello a 2 unità:


⁵ Allegato V

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	39 di 52

- Elettrostrato conduttivo (C), con valori di resistività elettrica $< 7.0 \Omega \cdot m$, compatibile con un litotipo limo-argilloso.
- Elettrostrato mediamente conduttivo (MC), con valori di resistività elettrica $> 7,0 \Omega \cdot m$. compatibile con un litotipo limo-argilloso ad alto contenuto di acqua.

In allegato si riportano le sezioni elettrostratigrafiche interpretative⁶.

⁶ Allegato V

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	40 di 52

8 INDAGINE PENETROMETRICA

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

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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


Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (Tabella 3) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

Tabella 8-1 Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

TIPO	SIGLA DI RIFERIMENTO	PESO DELLA MASSA BATTENTE	PRPF. MAX. DI INDAGINE
Leggero	DPL	$M \leq 10$	8 m.
Medio	DPM	$10 \leq M \leq 60$	20 ÷ 25 m.
Pesante	DPH	$40 \leq M \leq 60$	25 m.
Super Pesante	DPSH	$M \geq 60$	25 m.

Il penetrometro in uso nel corso dell'indagine PENNI 30 COMPAC, ha le seguenti caratteristiche:

- altezza di caduta $H = 0.20$ m;
- avanzamento $\delta = 10$ cm;
- punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$);
- diametro $D = 35.7$ mm;
- area base cono $A = 10$ cm²

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	41 di 52

Correlazione con N_{SPT}

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

$$N_{SPT} = (\square_t N)$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q_t}{Q_{SPT}}$$

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

Le prove penetrometriche eseguite hanno ricoperto l'intera area interessata dalla proposta progettuale, per quanto possibile, sovrapponendole alle linee degli stendimenti geofisici.


Tutte le prove eseguite sono state ripetute in adiacenza, a distanza di circa 1 metro in quanto, per la presenza a diverse profondità di elementi lapidei anche di grosse dimensioni, il rifiuto all'avanzamento della punta interveniva a profondità non compatibili con il quadro geolitologico d'insieme.

In appendice sono riportate le valutazioni statistiche e le correlazioni che permettono l'utilizzazione delle prove penetrometriche.

Dall'esame delle prove si è potuto sintetizzare un modello costituito da tre diverse unità litotecniche.

Tabella 8-2 – Correlazioni prove penetrometriche.

UNITÀ LITOTECNICA	SPESSORE	PROFONDITÀ	RESISTENZA PUNTA	N _{COLPI}	PRESS. AMM. OLANDESI
	(metri)	(metri)	[Mpa]		[MPa]
Coltre superficiale limo argillosa con sabbia	1,90	1,90	2,42	5	335,34
Sabbia con limo	4,50	6,40	1,29	4	64,44
Argilla limosa	Indefinito		3,27	11	163,57

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	42 di 52

9 SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

Le esposizioni naturali e i tagli di origine antropica in corrispondenza di piccole sezioni occasionali, osservati in vari luoghi del comprensorio, unitamente ai sondaggi eseguiti nell'intera area hanno evidenziato la presenza di una sequenza di limo argillosa talora con sabbia e elementi lapidei, spesso limose, con intercalate lenti di argillose e modesti episodi di minuto ghiaietto con elementi subarrotondati, poligenici, eterometrici, in matrice sabbiosa fina, subordinatamente limosa, di colore beige, a volte rossastra. Queste lenti sono tendenzialmente non cementate.

L'analisi delle stratigrafie, ottenute da sondaggi sismici e penetrometrici eseguiti, consente di definire che i terreni in esame, nella loro variabilità granulometrica e nei rapporti geometrici verticali tra i vari strati, pur nella loro eterogenietà, mostrano una sostanziale uniformità che permette di inquadrali in unità litotecniche dalle caratteristiche geotecniche definite.

La successione stratigrafica così individuata è si compone di uno strato superficiale costituito da terreno vegetale localmente misto a riporto generico, che poggia su banco ghiaioso talora molto cementato. Infine al di sotto si ha un livello sabbioso a tratti molto cementato.

9.1 INDIVIDUAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE

L'analisi delle indagini pregresse e la conoscenza diretta dei luoghi ha permesso la ricostruzione dettagliata e il locale assetto litostratigrafico, con l'identificazione e la caratterizzazione dei principali orizzonti litologici caratteristici del substrato dell'area d'intervento e definendo, per ognuno di essi, le caratteristiche litotecniche peculiari indispensabili per una corretta progettazione geotecnica e strutturale delle opere che si vogliono realizzare consolidando alla base quanto già edificato.

Da quanto emerso nel corso delle indagini geognostiche è stato possibile individuare, nell'ambito della successione stratigrafica, diverse unità litotecniche omogenee per litologia e geotecnica.

Unità Litotecnica "A"

Si tratta di suoli di copertura, di natura prevalentemente limo-argillosa con sabbia, scarsa la presenza di sostanza organica. È considerato un suolo coesivo, poco consistente e scarsamente permeabile. Alla base dello strato aumenta la frazione sabbiosa. Lo spessore è compreso tra 1,50 e 2,90 metri.


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	43 di 52

Tabella 9-1

CARATTERISTICHE ELASTICHE E MECCANICHE DELL'UNITÀ LITOLOGICA "A"	
Spessore medio	$h = 2,00$
Peso volume medio	$\gamma_m = 16,85 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 27^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 3,98 \text{ kPa}$
Modulo di Edometrico medio	$E_m = 30,36 \text{ MPa}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.45$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 79,75 \text{ MPa}$
Modulo di Taglio dinamico	$G_d = 2,75 \text{ Mpa}$
Coefficiente di Winkler Verticale	$K_v = 28,57 \text{ N/cm}^3$
Coefficiente di Winkler orizzontale	$K_h = 14,29 \text{ N/cm}^3$

Unità Litotecnica "B"

È costituita da depositi eluviali costituiti da sabbia con limo. È un suolo tendenzialmente incoerente, mediamente addensato e permeabile. Lo spessore medio è di circa 6,35 metri.

Tabella 9-2

CARATTERISTICHE ELASTICHE E MECCANICHE DELL'UNITÀ LITOLOGICA "B"	
Spessore variabile	$h = 6,35 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 17,84 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 23^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 58,83 \text{ kPa}$
Modulo Edometrico medio	$E_m = 156,14 \text{ MPa}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.47$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 231,50 \text{ MPa}$
Modulo di Taglio dinamico	$G_d = 7,75 \text{ Mpa}$
Coefficiente di Winkler Verticale	$K_v = 91,24 \text{ N/cm}^3$
Coefficiente di Winkler orizzontale	$K_h = 45,63 \text{ N/cm}^3$

Unità litotecnica "C"

Questa unità è formata prevalentemente da argille limose a comportamento coesivo, moderatamente consistenti, scarsamente permeabili.



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	44 di 52

Tabella 9-3

CARATTERISTICHE ELASTICHE E MECCANICHE DELL'UNITÀ LITOLOGICA "C"	
Spessore variabile	$h = 11,03 \text{ m}$
Peso volume medio	$\gamma_m = 19,71 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio medio (tensioni efficaci, a lungo termine)	$\varphi'_m = 28^\circ$
Coesione drenata media (tensioni efficaci, a lungo termine)	$c'_m = 196 \text{ kPa}$
Modulo Edometrico medio	$E_m = 684,53 \text{ MPa}$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.48$
Modulo di Young dinamico	$E_{din} = 697,25 \text{ MPa}$
Modulo di Taglio dinamico	$G_d = 23,25 \text{ Mpa}$
Coefficiente di Winkler Verticale	$K_v = 301,44 \text{ N/cm}^3$
Coefficiente di Winkler orizzontale	$K_h = 150,71 \text{ N/cm}^3$

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	45 di 52

10 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (D.M. 17.01.2018 N.T.C.)

Come evidenziato in precedenza, la regione marchigiana è notoriamente un'area a intensa attività sismica, a causa dei particolari caratteri tettonici che li contraddistinguono, con notevoli disturbi (faglie), che nel corso degli anni è stata interessata da energia sismica intensa, con magnitudo comprese tra 5.0 e 6.5 e VIII/X grado MSK.

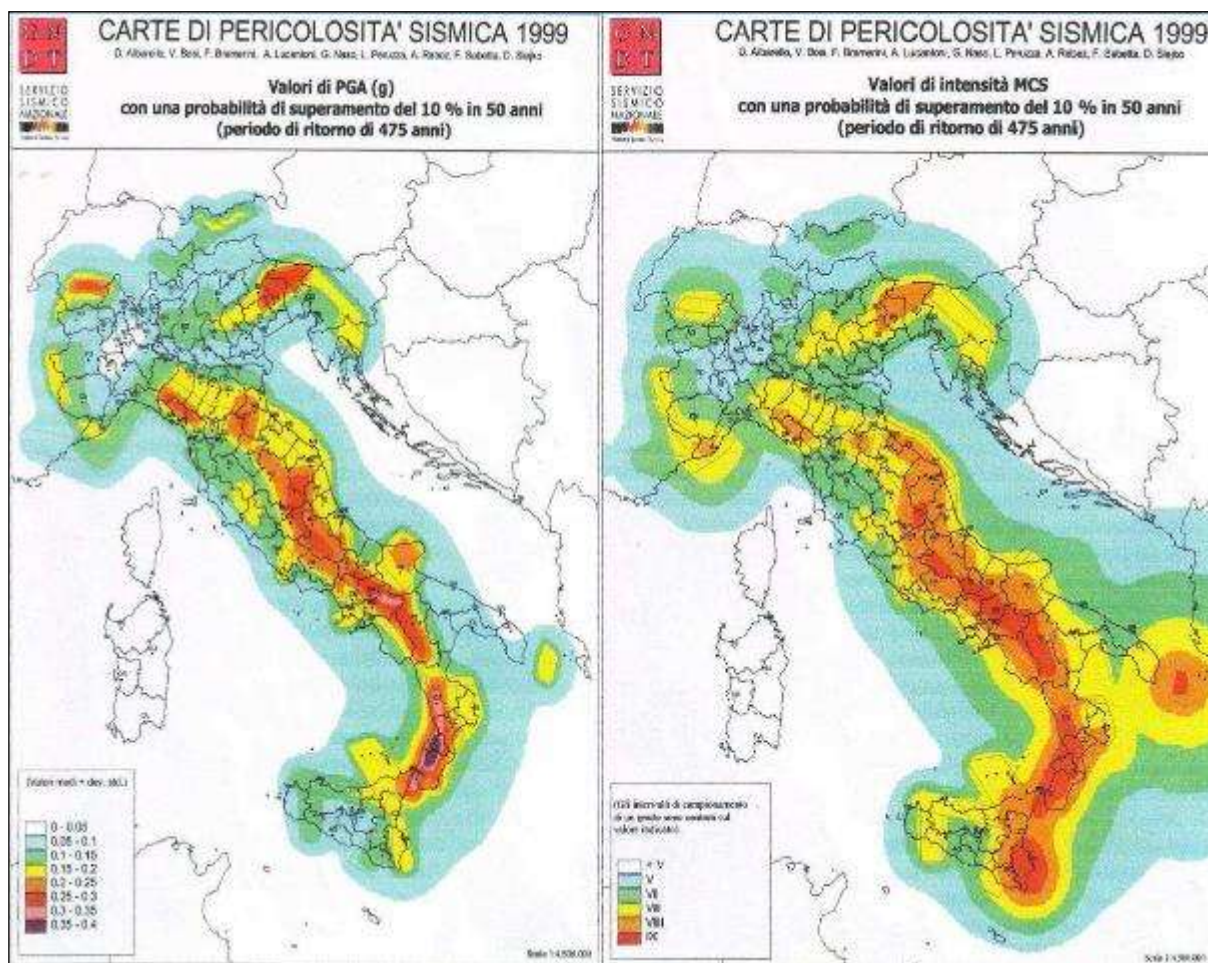



Figura 10:1 Carta della pericolosità sismica (Servizio Sismico Nazionale)

Gli studi effettuati, negli ultimi anni, sulla pericolosità sismica del territorio italiano, dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.), dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste (O.G.S.) e dal Servizio Sismico Nazionale (S.S.N.), hanno consentito di sviluppare una metodologia probabilistica sismo-tettonica, ampiamente consolidata ed adottata a livello internazionale, che prevede l'utilizzo di dati di base: catalogo sismico e Zonazione Sismogenetica (Z.S.), oltre all'adozione di criteri e metodi per l'elaborazione degli stessi dati.

Attraverso l'elaborazione dei dati, la pericolosità sismica, ossia "la stima dello scuotimento del suolo, previsto in un certo sito, durante un dato periodo, a causa di terremoti" è stata rappresentata dallo S.S.N. su due carte di pericolosità (1999).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	46 di 52

Il Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” - fornisce le indicazioni per la progettazione e la verifica di nuove strutture secondo criteri antisismici.

Ai sensi del decreto, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per l’area in esame, sulla base delle indagini eseguite, si verifica l’assoluta stabilità dell’area; ai fini della determinazione dell’azione sismica di progetto e della categoria di sottosuolo (Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20/03/03 e aggiornamenti, modifiche, integrazioni, sostituzioni del D.M. 14/09/2005 “Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, si potranno prendere in considerazione i seguenti elementi di valutazione:

- In base alla localizzazione geografica del sito di progetto vengono definiti i parametri di riferimento del moto sismico in superficie, successivamente correlati con gli stati limite e la vita nominale dell’opera. Ciò al fine di definire gli obiettivi da raggiungere in termini di sicurezza e prestazioni delle opere o parti di essa.
 - Individuazione del sito
 - Regione Marche, Provincia di Fermo, Comune di Servigliano;
- Ricerca per coordinate: Long. 13.519150; Lat. 43.084829;
- La velocità media di propagazione potrà essere assunta mediamente inferiore 360 m/s, entro 30 m di profondità delle onde di taglio ($V_{S,eq}$) per deformazioni di taglio $\square < 10^{-6}$, dello strato i_{esimo} , per un totale di N strati presente nei 30 m superiori;
- Sulla base del valore $V_{S,eq}$ avendo considerato l’insieme delle indagini effettuate durante la campagna geognostica, considerando in modo cautelativo i risultati peggiori riscontrati, non considerando l’aumento delle caratteristiche geotecniche dei terreni con la profondità, si ipotizza un sottosuolo riferibile alla categoria “C”, **terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m., caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente comprese tra 180 m/s e 360 m/s.** (tab. 3.2.II NTC/18).


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	47 di 52

Tabella 10-1 Categorie suoli di fondazione

CATEGORIE SUOLI DI FONDAZIONE	
Tab. 3.2.II - D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.	
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m., caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente comprese tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definiti per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

- Le condizioni topografiche del sito che si colloca su un'area in debole pendenza con inclinazione media $i < 15^\circ$ (circa 6° e con punte massime di 10°), sono riferibili alla categoria “T₁”, per cui il coefficiente di amplificazione topografica (ST) è pari a 1,0 (valori massimi del coefficiente tab. 3.2. III Norme Tecniche per le Costruzioni 2018).

Tabella 10-2

VALORI MASSIMI DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA		
Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T ₁	-	1,0
T ₂	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T ₃	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T ₄	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Per il calcolo dei parametri sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri:

- **Classe d'uso:** classe nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso; per le opere in progetto è la II (tab. 2.4.II) il cui uso prevede normali affollamenti), per cui il coefficiente d'uso risulta C_U=1,0;


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	48 di 52

Tabella 10-3 - Tab. 2.4.II NTC 2018 – Valori del coefficiente d'uso C_U .

VALORI DEL COEFFICIENTE D'USO C_U .				
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

- **Vita nominale dell'opera V_N :** intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantiene gli specifici livelli prestazionali di progetto (da questo valore viene calcolato il Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R come:

$$V_R = V_N \cdot C_U \text{ (dove } C_U \text{ è il coefficiente d'uso);}$$

- **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} :** in funzione dello stato limite di riferimento.

Nel caso dell'opera in oggetto sono considerati i seguenti valori:

Classe d'uso "II": Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente.

Vita nominale V_N : 50 anni: costruzioni con livelli di prestazione ordinari.

Coefficiente d'uso C_U : 1 relativo alla classe d'uso II.

Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1 = 50$ anni

In funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori a_g , F_0 , T^*_c e del periodo di ritorno:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tabella 10-4


SPETTRI DI RISPOSTA SECONDO LE NTC 2018						
Stati limite		P_{VR}	Periodo di ritorno (anni)	a_g^7 (g)	F_0	T^*_c (sec)
SLE	SLO	81%	30	0,091	2,475	0,217
	SLD	63%	50	0,037	2,498	0,233
SLU	SLV	10%	475	0,092	2,579	0,342
	SLC	5%	975	0,117	2,617	0,373

Nota:

Dove:

- SLE = stati limite di esercizio

⁷ a_g espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	49 di 52

- SLO = **stato limite di operatività**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- SLD = **stato limite di danno**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- SLU = stati limite ultimi
 - SLV = **stato limite di salvaguardia della vita**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
 - SLC = **stato limite di prevenzione del collasso**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Tabella 10-5 – Calcolo dei coefficienti sismici (per stabilità di pendii e fondazioni) con categoria di Suolo di categoria C.

COEFFICIENTI SISMICI (PER STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI)				
coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,0081	0,0108	0,0268	0,0341
kv	0,0041	0,0051	0,0134	0,0171
a _{max} [m/s ²]	0,286	0,379	0,941	1,197
β	0,280	0,280	0,280	0,280


Dove:

β = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito = 0,2

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito


a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (a_g/g)

g = accelerazione di gravità

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	50 di 52

Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1,5 (SLO)-1,5 (SLD)-1,48 (SLV)-1,42 (SLC)

St = coefficiente di amplificazione topografica = 1,0

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	51 di 52

11 SINTESI CONCLUSIVA

Il presente studio ha descritto le caratteristiche geotecniche delle litologie affioranti nell'area interessata progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra (agrivoltaico) per la produzione di energia da fonte solare – di potenza stimata di 18,31 MWp – e della relativa linea di connessione alla cabina di consegna, nell'agro dei Comuni di Belmonte Piceno e Servigliano in Provincia di Fermo.

È stata così programmata una campagna di studi nel rispetto del DM. 17.01.2018 - Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni», che ha previsto:

- n. 4 prospezioni sismiche superficiali con tecnica MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves);
- n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione;
- n. 2 prospezioni E.R.T. (Electrical Resistivity Tomography);
- n. 5 Prove penetrometriche dinamiche.

La topografia della superficie del sito investigato è in ambito collinare con quote comprese tra 285 e 170 metri sul livello del mare, con pendenze medie nell'ordine di 6-7°. Qui affiorano depositi eluviali che sormontano una successione terrigena plio-pleistocenica.

La successione stratigrafica individuata e la caratterizzazione geomeccanica delle singole unità litostratigrafiche è stata eseguita sulla base di un rilievo geologico tecnico e dalle correlazioni dei risultati di indagini geosismiche (MASW e a Rifrazione), geoelettriche (Tomografie) e penetrometriche.

È stato così ipotizzato un modello geotecnico a 3 unità litotecniche.

Le indagini sismiche eseguite, hanno consentito di determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei terreni investigati e definire la categoria del sottosuolo di fondazione.

Il substrato di fondazione, sulla base dei risultati dell'indagine sismica è, per l'intera area di intervento, classificabile come un suolo di categoria C, caratterizzato da $V_{s,eq} = < 360$ m/sec, spessore > 30 metri.


La $V_{s,eq}$ calcolata, per ciascun profilo di indagine MASW è risultata pari a:

- | | | |
|------------------|----------------------|---------------|
| ➤ Profilo MASW 1 | $V_{s,eq} = 293$ m/s | Categoria "C" |
| ➤ Profilo MASW 2 | $V_{s,eq} = 272$ m/s | Categoria "C" |
| ➤ Profilo MASW 3 | $V_{s,eq} = 284$ m/s | Categoria "C" |
| ➤ Profilo MASW 4 | $V_{s,eq} = 271$ m/s | Categoria "C" |

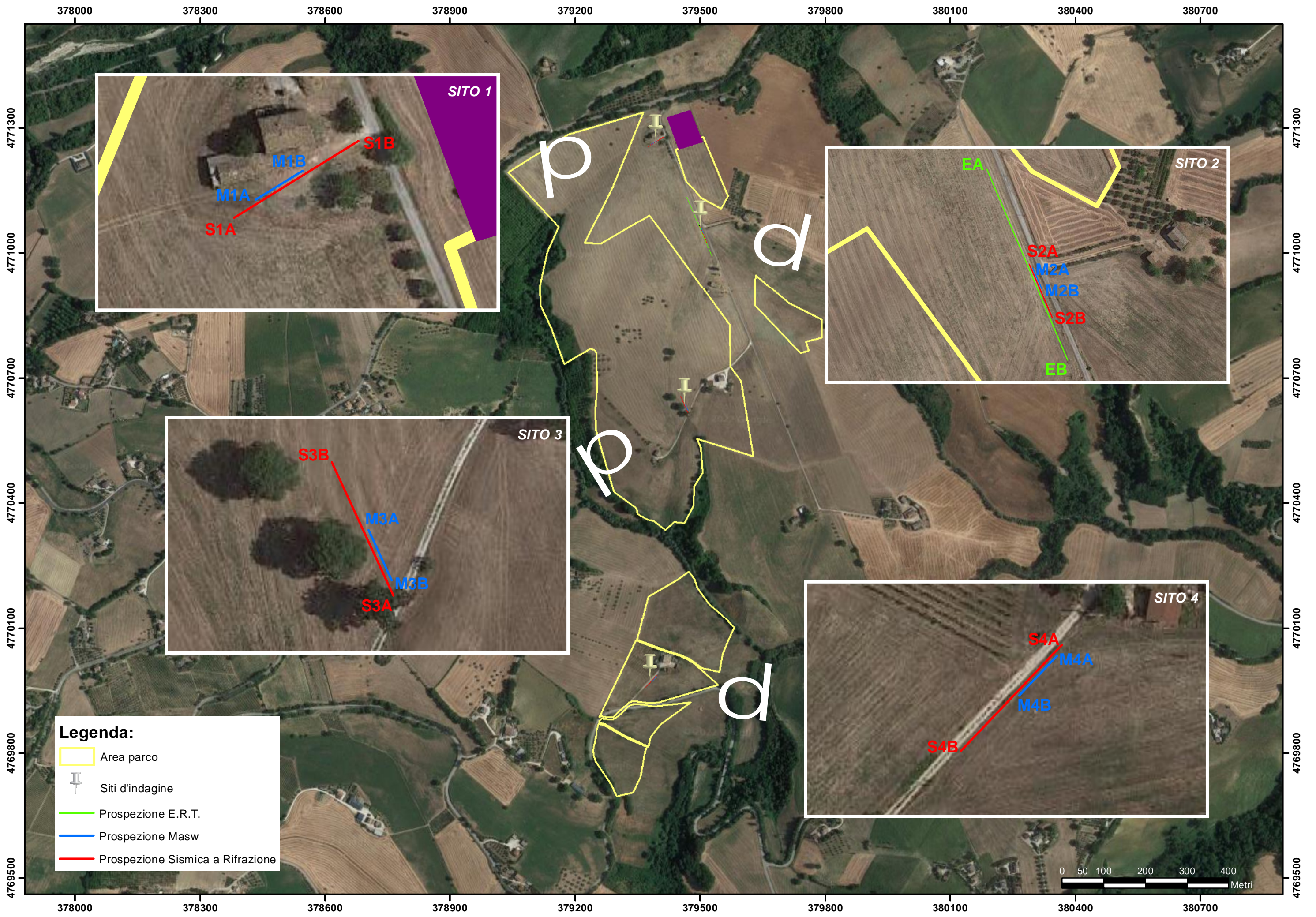
Per quanto riguarda l'area dove sarà realizzata la stazione elettrica, da valutazioni conseguenti all'analisi di indagini pregresse nello stesso ambito si attribuisce un valore di $V_{s,eq}$ $180 < V_{s,eq} < 360$ classificando il suolo di fondazione come un suolo di categoria "C".

Per quanto attiene le condizioni topografiche, valutata la pendenza generale della piana si attribuisce una categoria topografica T_1 (pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$) con valori misurati pari a circa 6-7° e con punte massime di 10°) e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale si adotta un coefficiente topografico $S_T = 1,0$.






La falda freatica non è stata rilevata nel corso delle indagini e non sono stati rilevati pozzi per l'emungimento delle acque profonde. Da considerazioni di carattere prettamente

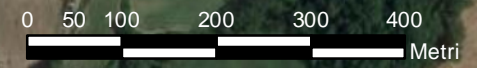
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Pag.	52 di 52


geolitologico, stratigrafico e idrogeologico regionale, si può ipotizzare un livello di circolazione idrica molto profondo a quote superiori a -80 metri rispetto al piano di campagna, il che porta ad escludere l'insorgenza di sovrappressioni neutre nel sistema terreno – fondazione.



Legenda:

-  Area parco
-  Siti d'indagine
-  Prospezione E.R.T.
-  Prospezione Masw
-  Prospezione Sismica a Rifrazione



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	1 di 8

ALLEGATO II

PROSPEZIONI SISMICHE TIPO MASW

Prospezione MASW 1


L'indagine MASW 1 ha restituito un valore di $V_{s30} = 293$ m/s, coincidente col valore della $V_{s,eq}$, in quanto non è stato intercettato il bedrock (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, con $V_s > 800$ m/sec) ad una profondità $H = 30.00$ m dal p.c..

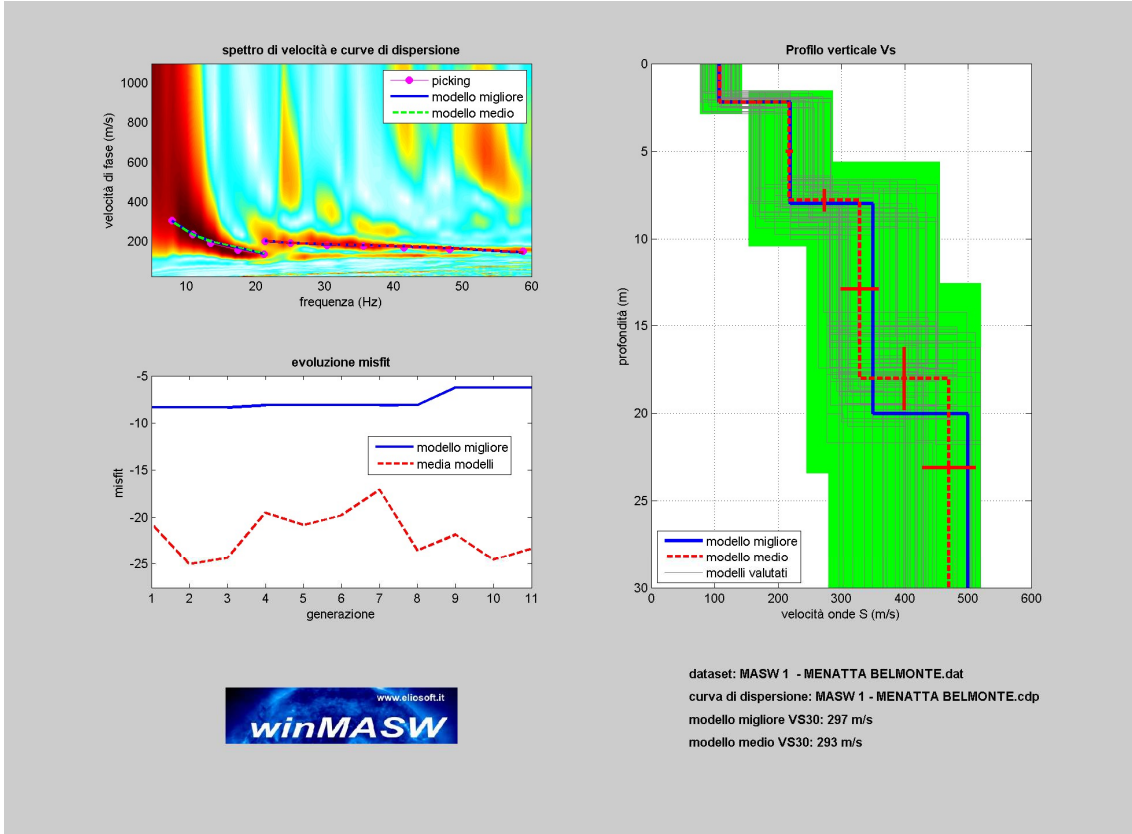
Di seguito si riportano i valori delle V_s in funzione delle profondità investigate.

MASW 1			
MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	108	2.20	0.00 – 2.20
SISMOSTRATO II	218	5.60	2.20 – 7.80
SISMOSTRATO III	329	10.20	7.80 – 18.00
SISMOSTRATO IV	470	<i>Semispazio</i>	<i>Semispazio</i>
$V_{s,eq} = 293$ m/sec			

La correlazione tra le unità sismostratigrafiche e litologie investigate è di seguito riassunta

MASW 1		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario su limo argilloso;	0.00 – 2.20
SISMOSTRATO II	Limo argilloso debolmente sabbioso;	2.20 – 7.80
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;	7.80 – 18.00
SISMOSTRATO IV	Argilla limosa con migliori proprietà tecniche;	<i>Semispazio</i>

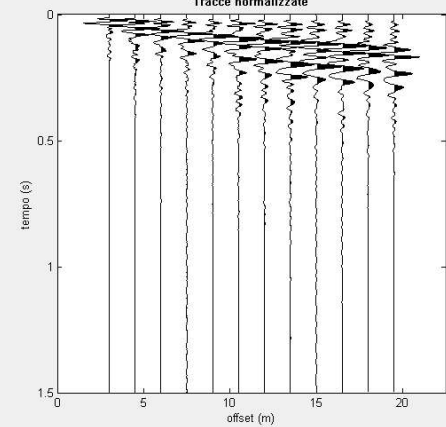
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev. 0	
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag. 2 di 8	



Primo: trattamenti dati

dataset: MASW 1 - MENATTA BELMONTE.dat
 offset minimo: 3 m
 distanza intergeofonica: 1.5 m
 campionamento: 1 ms

Tracce normalizzate



Utilità: ruota le tracce, movie, invia e-mail

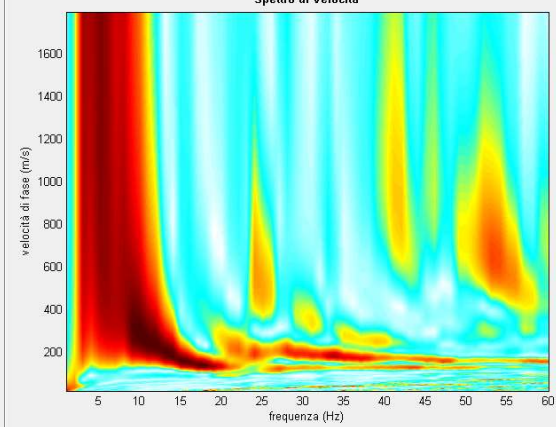
Selezione dati: Attiva, Selezione (20), Annulla, Salva

Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità Tau - v visualizza curve

input curva ?

Spettro di Velocità




Esplora spettro


modellazione diretta: parametri, salva modello, carica modello (3), refresh

picking: selezione modo, selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro, salva picking, cancella picking

Inverti, Esci



ver. 4.0 Standard


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	3 di 8

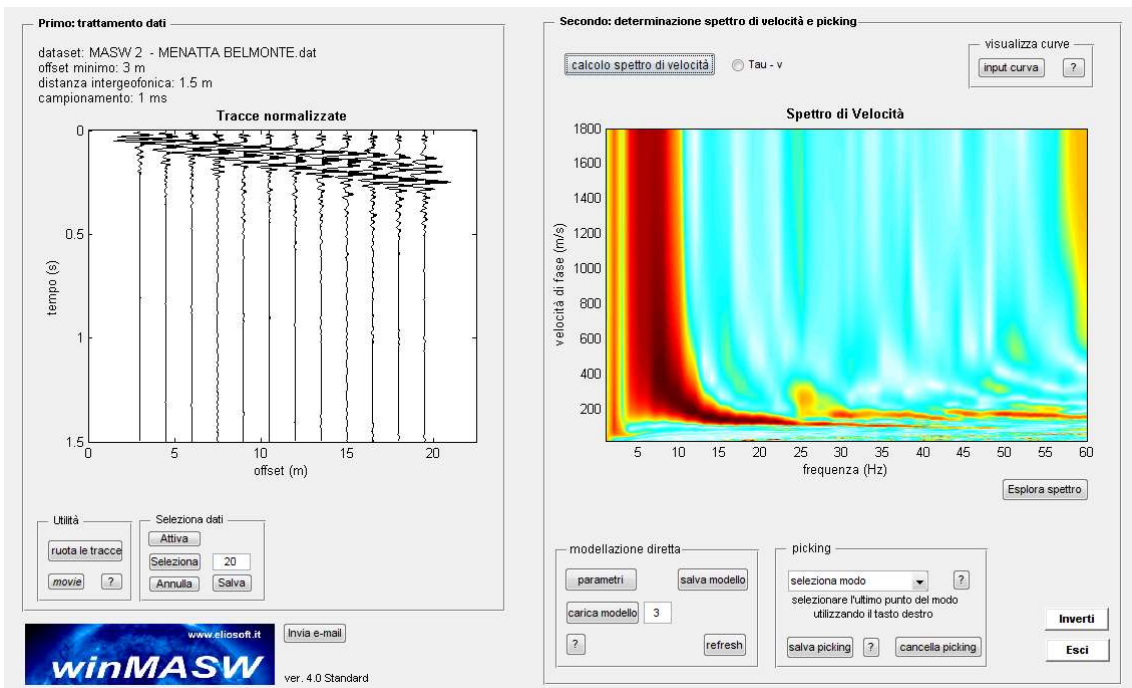
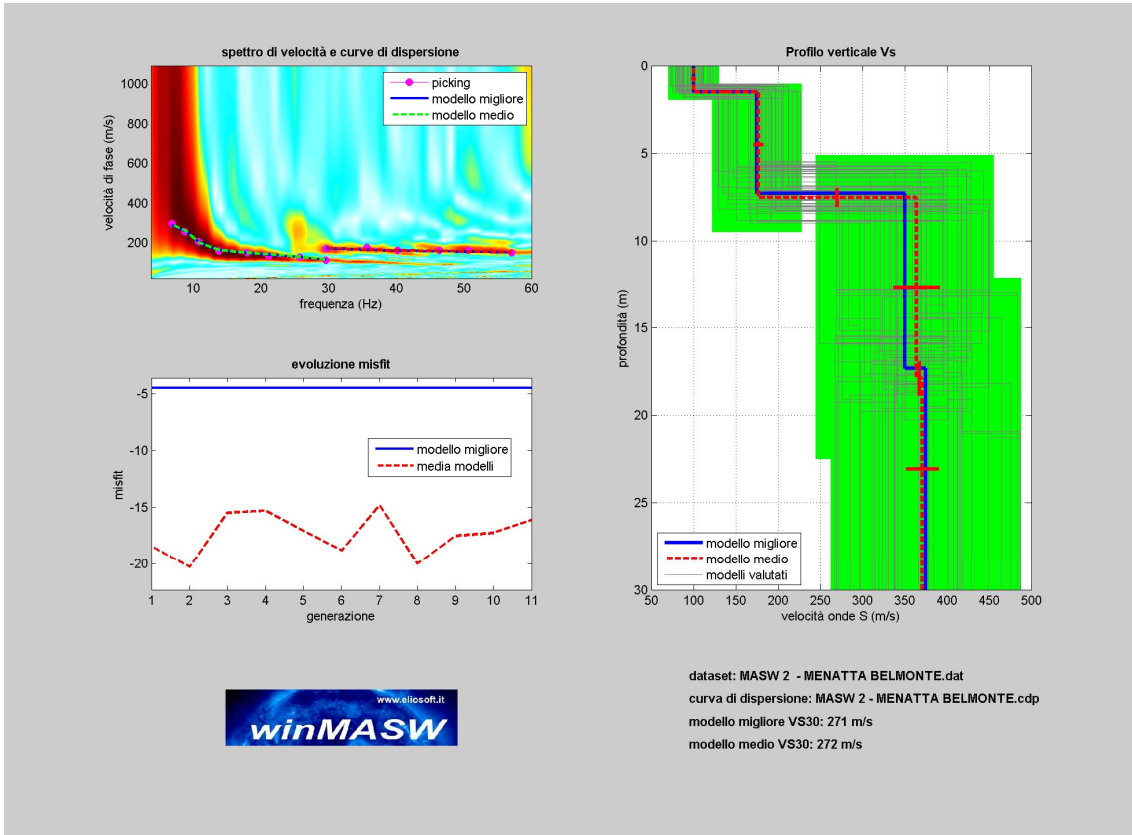
Prospezione MASW 2


L'indagine MASW 2 ha restituito un valore di $V_{s30} = V_{s,eq} = 272$ m/sec.

MASW 2			
MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	100	1.50	0.00 – 1.50
SISMOSTRATO II	177	6.00	1.50 – 7.50
SISMOSTRATO III	364	10.40	7.50 – 17.90
SISMOSTRATO IV	371	<i>Semispazio</i>	<i>Semispazio</i>
$V_{s,eq} = 272$ m/sec			

MASW 2		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario su limo argilloso;	0.00 – 1.50
SISMOSTRATO II	Limo argilloso debolmente sabbioso;	1.50 – 7.50
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;	7.50 – 17.90
SISMOSTRATO IV	Argilla limosa con migliori proprietà tecniche;	<i>Semispazio</i>

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev. 0	
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag. 4 di 8	




	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	5 di 8

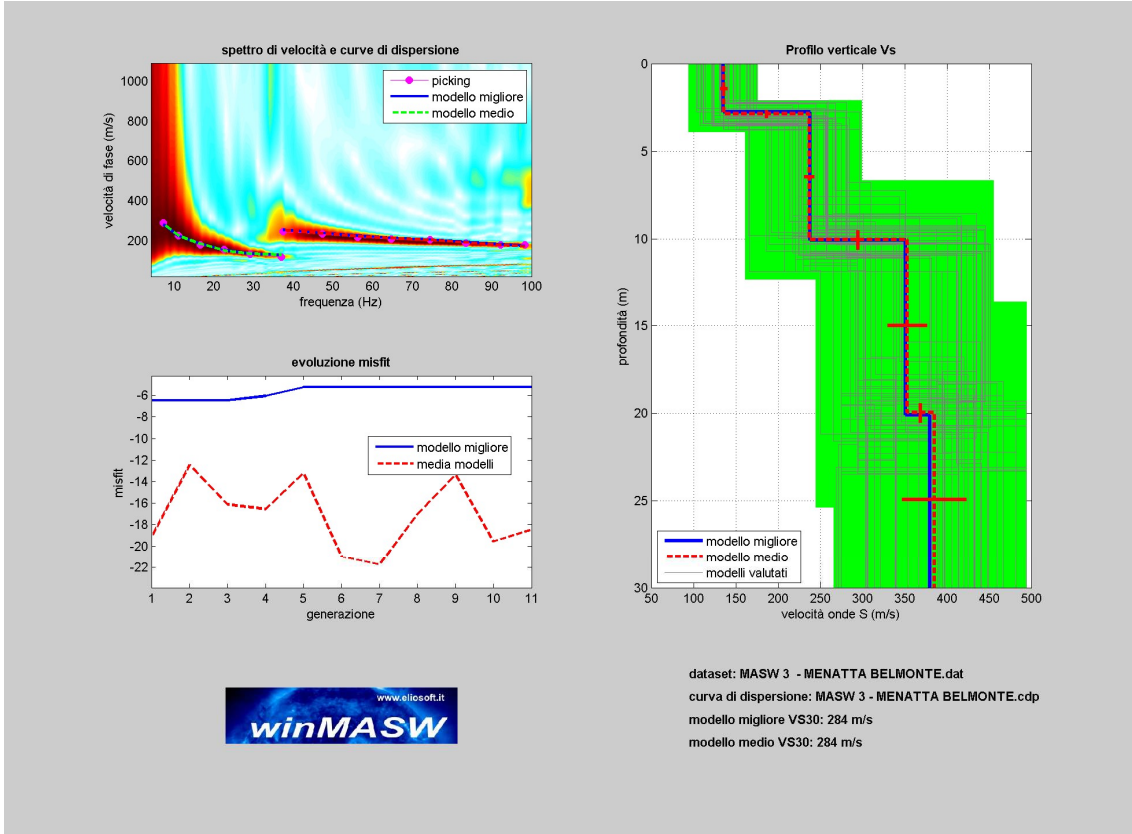
Prospezione MASW 3

L'indagine MASW 2 ha restituito un valore di $V_{s30} = V_{s,eq} = 284$ m/sec.

MASW 3			
MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	136	2.90	0.00 – 2.90
SISMOSTRATO II	237	7.20	2.90 – 10.10
SISMOSTRATO III	353	9.90	10.10 – 20.00
SISMOSTRATO IV	385	<i>Semispazio</i>	<i>Semispazio</i>
$V_{s,eq} = 284$ m/sec			

MASW 3		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario su limo argilloso;	0.00 – 2.90
SISMOSTRATO II	Limo argilloso debolmente sabbioso;	2.90 – 10.10
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;	10.10 – 20.00
SISMOSTRATO IV	Argilla limosa con migliori proprietà tecniche;	<i>Semispazio</i>

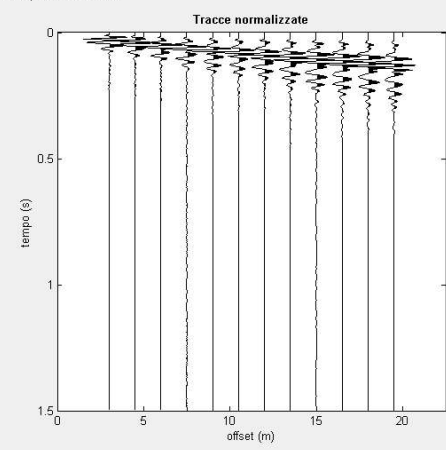
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev. 0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag. 6 di 8



Primo: trattamento dati


dataset: MASW 3 - MENATTA BELMONTE.dat
 offset minimo: 3 m
 distanza intergeofonica: 1.5 m
 campionamento: 1 ms

Tracce normalizzate



Utilità: ruota le tracce, movie

Selezione dati: Attiva, Selezione: 20, Annulla, Salva

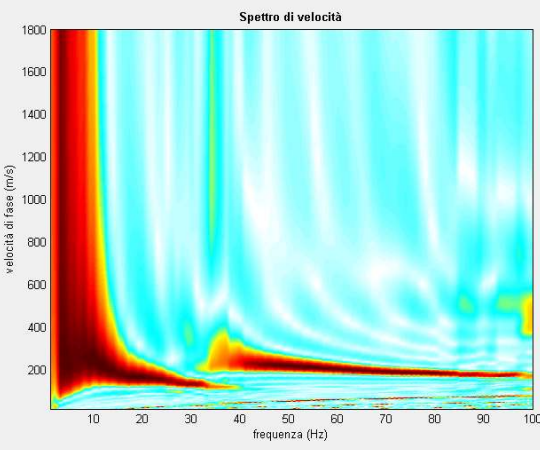


ver. 4.0 Standard

Secondo: determinazione spettro di velocità e picking


calcolo spettro di velocità Tau - v visualizza curve ?

Spettro di velocità



modellazione diretta: parametri, salva modello, carica modello: 3, refresh

picking: selezione modo, seleziona ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro, salva picking, cancella picking


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	7 di 8

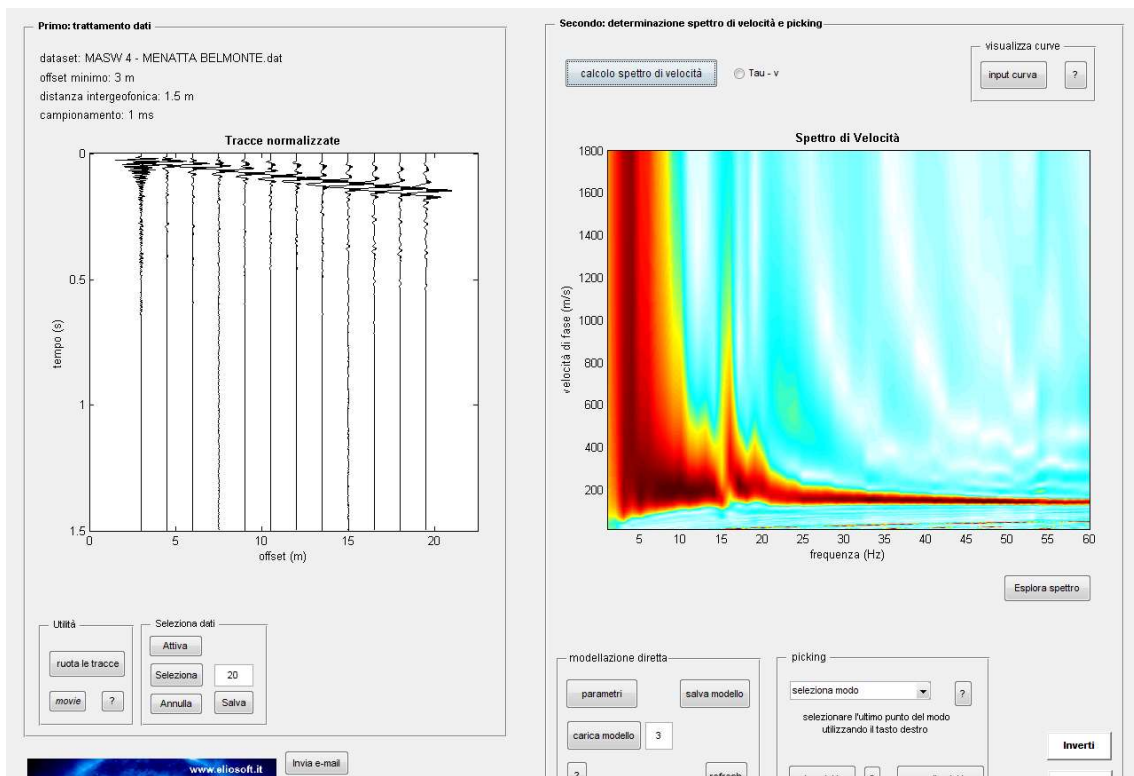
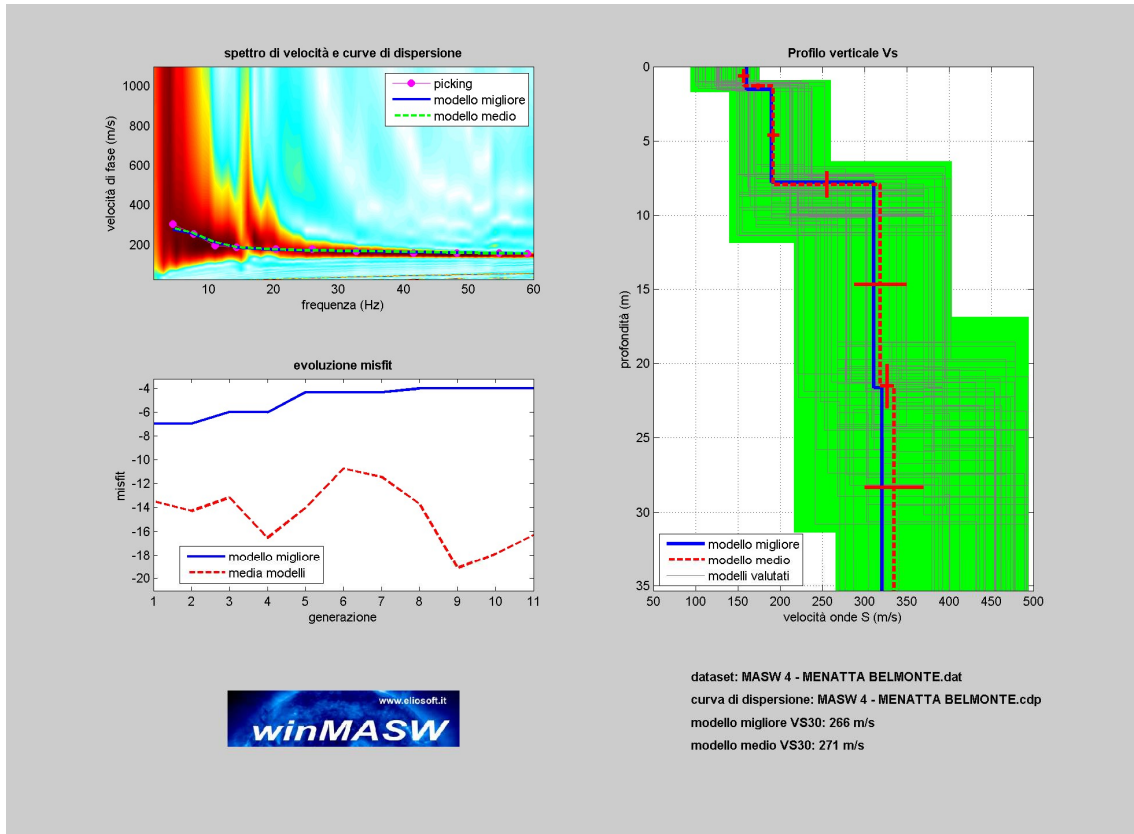
Prospezione MASW 3


L'indagine MASW 2 ha restituito un valore di $V_{s30} = V_{s,eq} = 271$ m/sec.

MASW 4			
MASW	Velocità di taglio (m/sec)	Spessori (m)	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	157	1.30	0.00 – 1.30
SISMOSTRATO II	192	6.60	1.30 – 7.90
SISMOSTRATO III	319	13.60	7.90 – 21.50
SISMOSTRATO IV	335	<i>Semispazio</i>	<i>Semispazio</i>
$V_{s,eq} = 271$ m/sec			

MASW 4		
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA	Profondità (m)
SISMOSTRATO I	Terreno agrario; inferiormente limo argilloso;	0.00 – 1.30
SISMOSTRATO II	Limo argilloso debolmente sabbioso;	1.30 – 7.90
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;	7.90 – 21.50
SISMOSTRATO IV	Argilla limosa con migliori proprietà tecniche;	<i>Semispazio</i>

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev. 0	
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag. 8 di 8	



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	1 di 9

ALLEGATO III

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

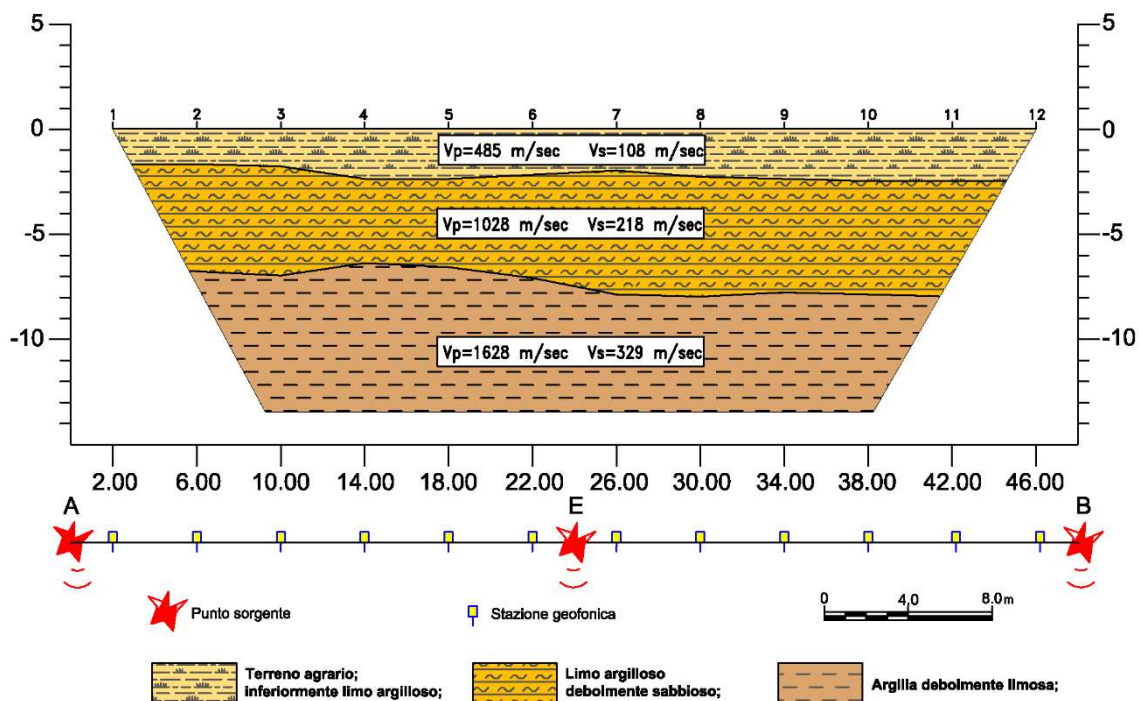
Prospezione Sismica 1


PROSPEZIONE SISMICA 1				
Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	485	108	0.00	1,70 - 2,50
SISMOSTRATO II	1028	218	1,70 - 2,50	6,40 - 8,30
SISMOSTRATO III	1628	329	<i>indefinito</i>	

A queste si associano le unità litostratigrafiche di seguito riportate


PROSPEZIONE SISMICA 1	
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA
SISMOSTRATO I	Terreno agrario su limo argilloso;
SISMOSTRATO II	Limo argilloso debolmente sabbioso;
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	2 di 9

MODULI DINAMICI PROFILO 1			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	307	1028	1628
Velocità Onde S (m/s):	108	218	329
Modulo di Poisson:	0.47	0.48	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	16.97	18.06	19.26
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.20	5.60	10.20
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	60	259	629
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	2	9	21
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	380	1830	4924
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	73	318	773
POROSITÀ % (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971) (%))	46.21	41.14	35.53
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²)	407	1946	5204
RIGIDITÀ SISMICA (m/sec · KN/m ³)	1833	3936	6335
Frequenza dello strato	12.27	9.73	8.06
Periodo dello strato	0.08	0.103	0.124

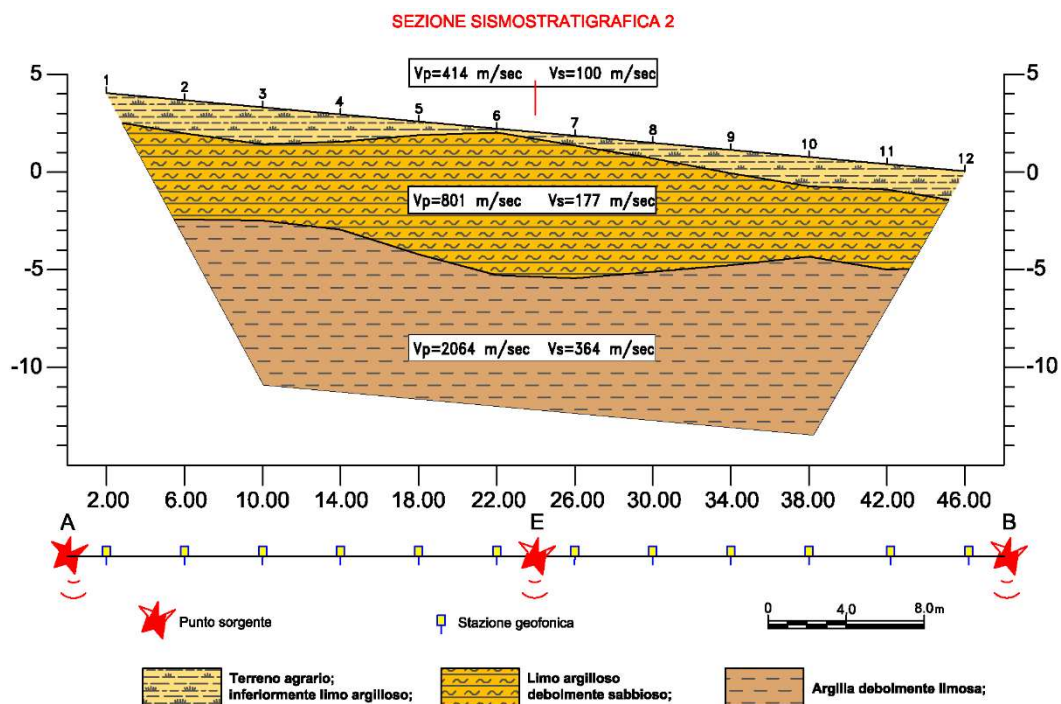
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	3 di 9


Prospezione Sismica 2

PROSPEZIONE SISMICA 2				
Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	414	100	0.00	0,20 - 1,90
SISMOSTRATO II	801	177	0,20 - 1,90	5,00 – 7,50
SISMOSTRATO III	2064	364	<i>indefinito</i>	


A queste si associano le unità litostratigrafiche di seguito riportate

PROSPEZIONE SISMICA 2	
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA
SISMOSTRATO I	Terreno vegetale su limo argilloso
SISMOSTRATO II	Limo argilloso
SISMOSTRATO III	Argilla



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	4 di 9

MODULI DINAMICI PROFILO 2			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	414	801	2064
Velocità Onde S (m/s):	100	177	364
Modulo di Poisson:	0.47	0.47	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	16.83	17.60	20.13
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1.50	6.00	10.40
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	50	166	808
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	2	6	27
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	271	1077	8387
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	62	204	992
POROSITÀ % (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971) (%))	46.88	43.26	31.46
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²)	294	1152	8744
RIGIDITÀ SISMICA (m/sec · KN/m ³)	1683	3116	7327
Frequenza dello strato	16.67	7.38	8.75
Periodo dello strato	0.06	0.136	0.114

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	5 di 9

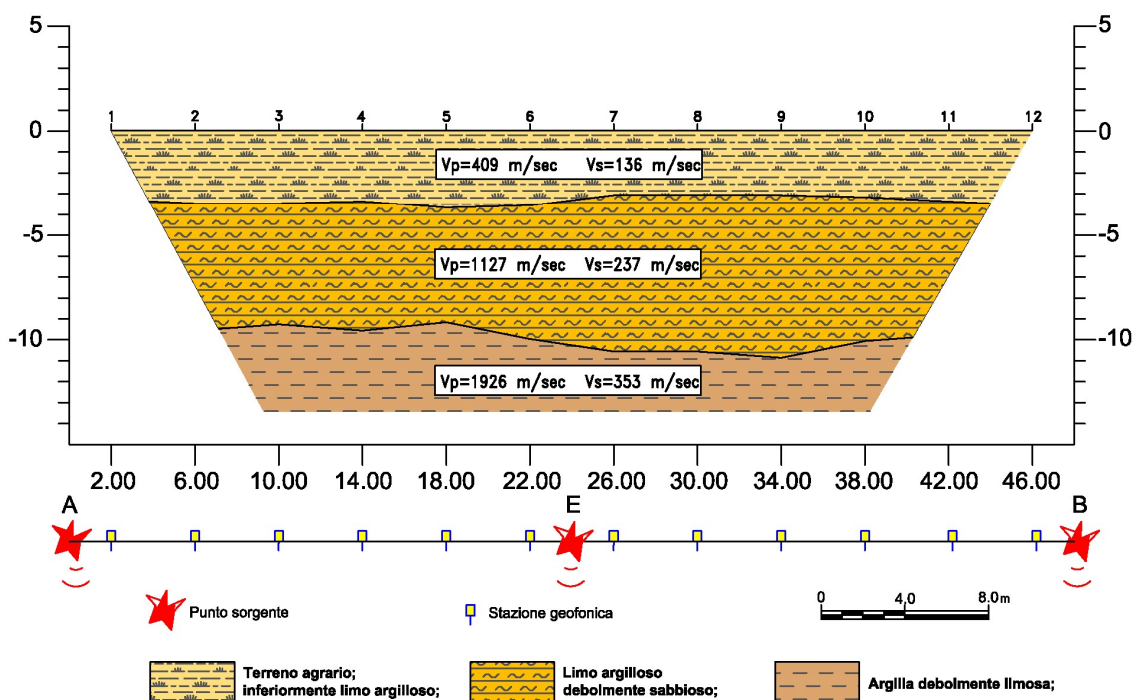
Prospezione Sismica 3


PROSPEZIONE SISMICA 3				
Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	409	136	0.00	3,10 - 3,70
SISMOSTRATO II	1127	237	3,10 - 3,70	9,20 - 10,90
SISMOSTRATO III	1926	353	<i>indefinito</i>	

A queste si associano le unità litostratigrafiche di seguito riportate


PROSPEZIONE SISMICA 3	
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA
SISMOSTRATO I	Terreno agrario su limo argilloso;
SISMOSTRATO II	Limo argilloso debolmente sabbioso;
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 3



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	6 di 9

MODULI DINAMICI PROFILO 3			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	409	1127	1926
Velocità Onde S (m/s):	136	237	353
Modulo di Poisson:	0.44	0.48	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	16.82	18.25	19.85
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	2.90	7.20	9.90
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	32	105	252
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	3	10	25
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	245	2226	7178
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	112	380	919
POROSITÀ % (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971) (%))	46.93	40.21	32.75
MODULO DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²)	352	2906	9231
RIGIDITÀ SISMICA (m/sec · KN/m ³)	2287	4326	7008
Frequenza dello strato	11.72	8.23	8.91
Periodo dello strato	0.09	0.122	0.112

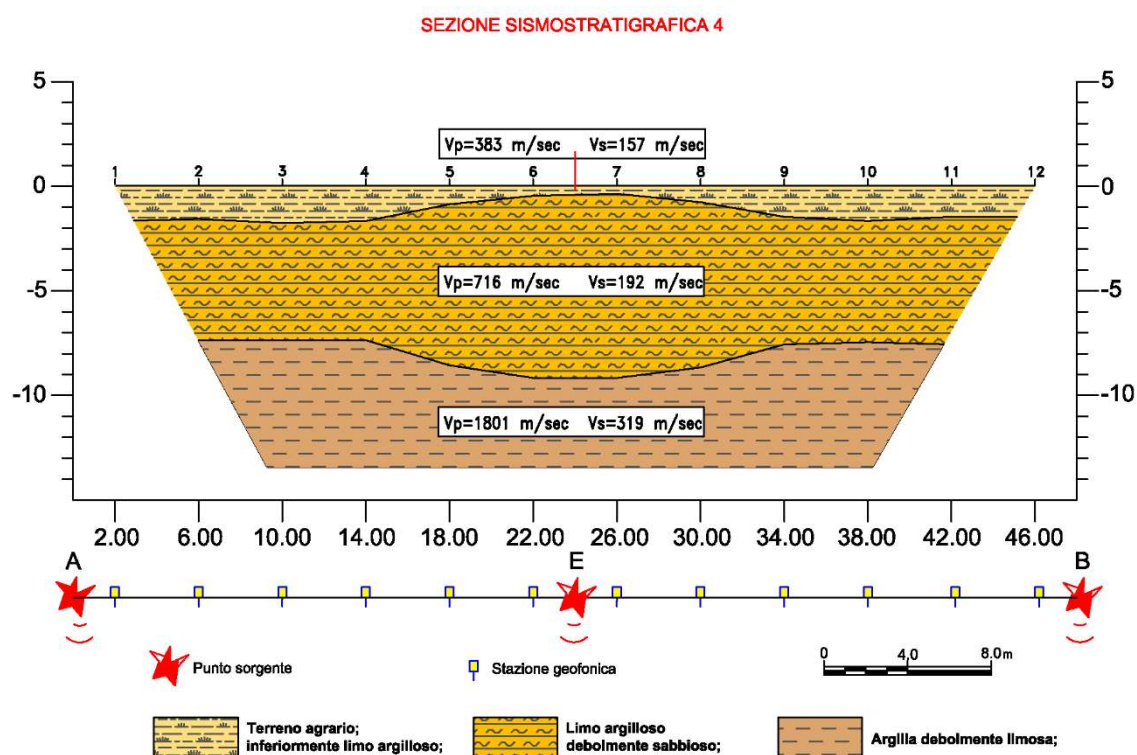
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	7 di 9


Prospezione Sismica 4

PROSPEZIONE SISMICA 4				
Sismica a Rifrazione	Velocità Onde P (m/sec)	Velocità Onde S (m/sec)	Profondità	
			Da (m)	a (m)
SISMOSTRATO I	383	157	0.00	0,40 - 1,80
SISMOSTRATO II	716	192	0,40 - 1,80	7,40 – 9,20
SISMOSTRATO III	1801	319	<i>indefinito</i>	


A queste si associano le unità litostratigrafiche di seguito riportate


PROSPEZIONE SISMICA 4	
SISMOSTRATI	LITOLOGIA INVESTIGATA
SISMOSTRATO I	Terreno agrario su limo argilloso;
SISMOSTRATO II	Limo argilloso debolmente sabbioso;
SISMOSTRATO III	Argilla debolmente limosa;



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	8 di 9

MODULI DINAMICI PROFILO 4			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Velocità Onde P (m/s):	383	716	1801
Velocità Onde S (m/s):	157	192	319
Modulo di Poisson:	0.40	0.46	0.48
Peso di volume (KN/m ³):	16.77	17.43	19.60
SPESSORE MEDIO STRATO (m)	1.30	6.60	13.60
MODULO DI YOUNG DINAMICO E _{din} (Mpa o Nmm ²)	118	192	604
MODULO DI TAGLIO DINAMICO G _{din} (Mpa o Nmm ²)	4	6	20
MODULO DI BULK (K) (Mpa o Nmm ²) (mod. di incompressibilità di volume)	195	824	6216
MODULO DI YOUNG STATICO E _{stat} (Kg/cm ²)	145	235	742
POROSITÀ % (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971) (%))	47.17	44.06	33.92
MODULO DI COMPRESIONE EDOMETRICA (Kg/cm ²)	308	1120	7969
RIGIDITÀ SISMICA (m/sec · KN/m ³)	2632	3347	6253
Frequenza dello strato	30.19	7.27	5.86
Periodo dello strato	0.03	0.138	0.171

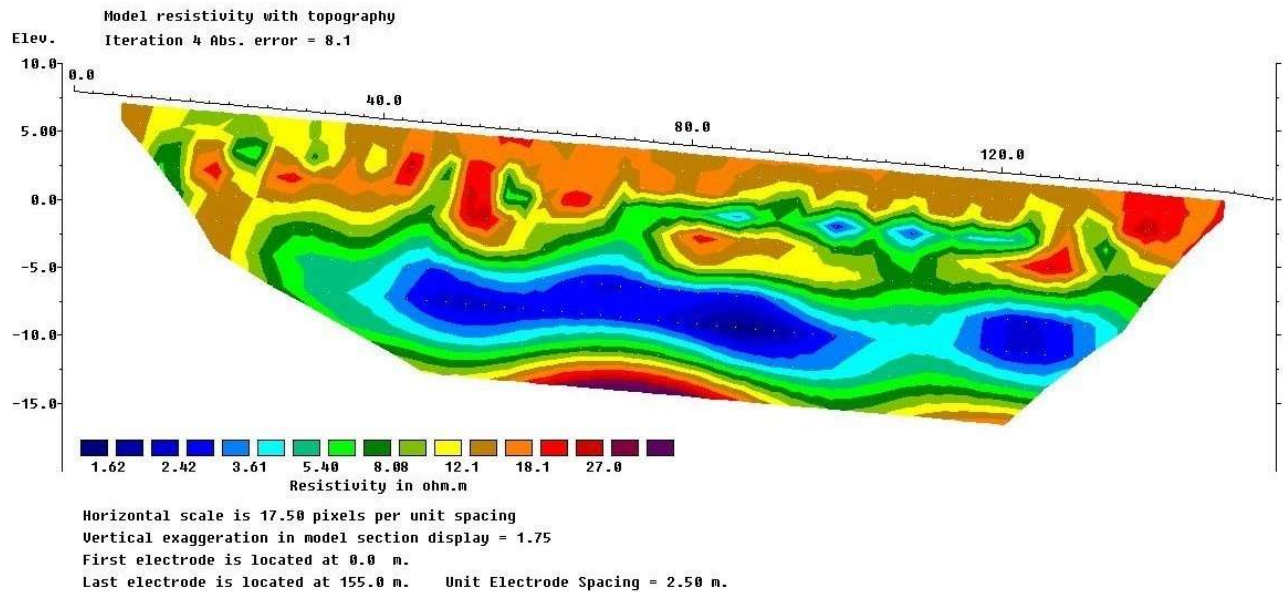
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	9 di 9


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev. 0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag. 1 di 1

ALLEGATO IV

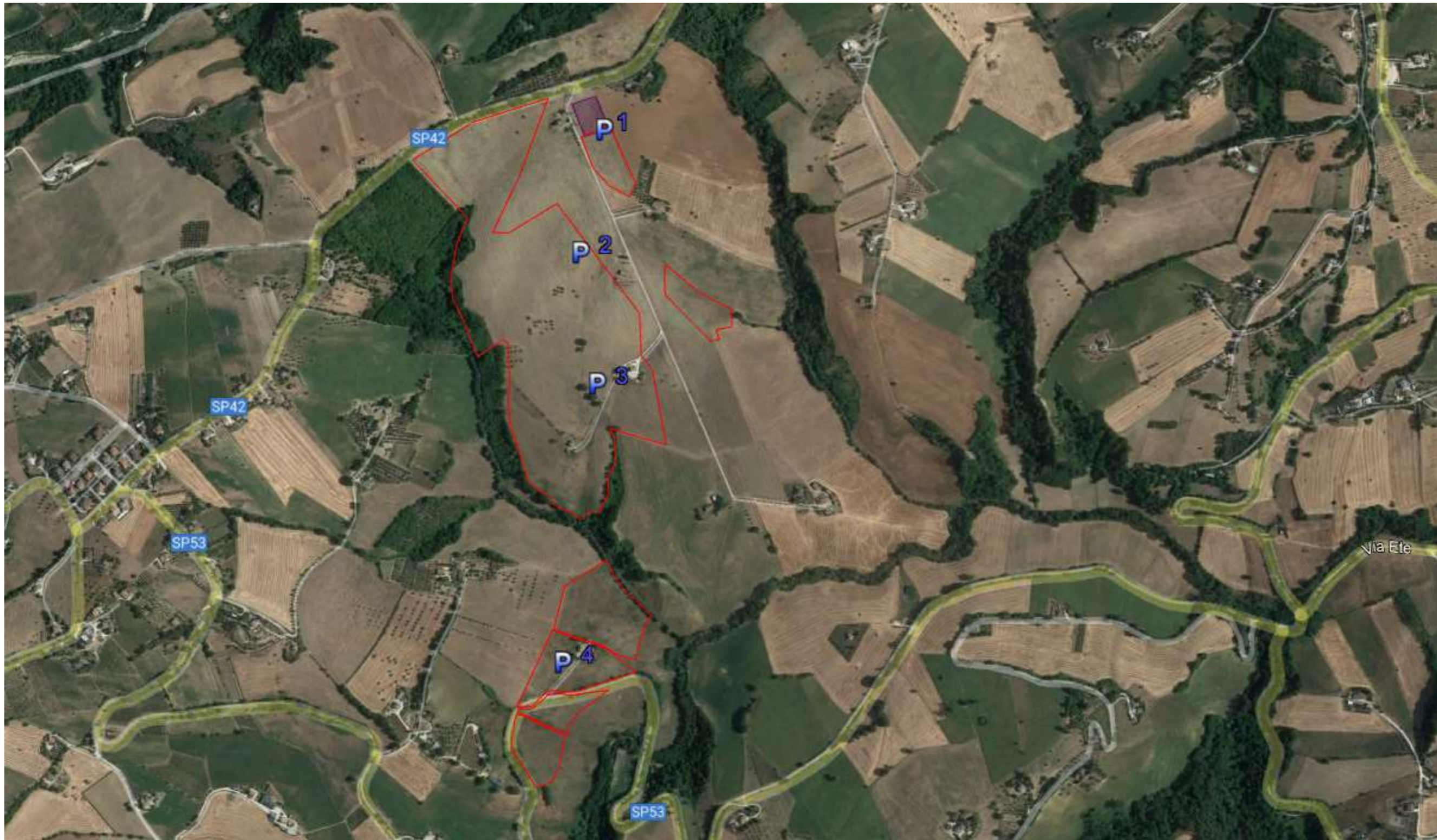
SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE


SEZIONE ELETTROSTRATIGRAFICA 1 (ERT1):



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	1 di 1

ALLEGATO V – UBICAZIONE SONDAGGI PENETROMETRICI



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	1 di 7

ALLEGATO VI

A. PROVE PENETROMETRICHE - VALUTAZIONI STATISTICHE E CORRELAZIONI

A.1 ELABORAZIONE STATISTICA

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

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

A.2 PRESSIONE AMMISSIBILE

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

A.3 CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI INCOERENTI

LIQUEFAZIONE

Permette di calcolare utilizzando dati **Nspt** il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).


Attraverso la relazione di SHI-MING (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se **Nspt** dello strato considerato risulta inferiore a **Nspt** critico calcolato con l'elaborazione di **SHI-MING**.

CORREZIONE NSPT IN PRESENZA DI FALDA

$N_{sptCorretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$ **Nspt** è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

ANGOLO DI ATTRITO - GRADI

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	2 di 7

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


DENSITÀ RELATIVA %

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

MODULO DI YOUNG E (Kg/cmq)

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

MODULO EDOMETRICO (Kg/cmq)

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	3 di 7

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

GRADO DI ADDENSAMENTO

- Classificazione AG.I. 1977

PESO DI VOLUME GAMMA (t/mc)

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

PESO DI VOLUME SATURO (t/mc)

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $G=2,65$ t/mc) e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{spt}=0$) a 1,99 ($N_{spt}=95$)

MODULO DI POISSON (MU)

- Classificazione A.G.I.

VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO Vs (m/sec)

- Ohta e Goto (1978); correlazione valida per terreni limosi, sabbie e sabbie e ghiaia.

MODULO DI DEFORMAZIONE DI TAGLIO G (kg/cm²)

- Ohsaki & Iwasaki - G (kg/cm²) elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cm².

MODULO DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO Ko (Kg/cm²)

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


RESISTENZA ALLA PUNTA DEL PENETROMETRO STATICO – QC (Kg/cm²)

- Robertson 1983 Qc (Kg/cm²).

A.4 CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI

COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cm²)

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	4 di 7

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

RESISTENZA ALLA PUNTA DEL PENETROMETRO STATICO - QC (Kg/cmq)

- Robertson 1983 Qc (Kg/cmq).

MODULO EDOMETRICO-CONFINATO Mo (Eed) (Kg/cmq)

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

MODULO DI YOUNG E (Kg/cmq)

- Schultze-Menzenbach - Ey (Kg/cmq) (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - E Young (Kg/cmq) correlazione valida per argille sature - argille fessurate.

STATO DI CONSISTENZA


- Classificazione A.G.I. 1977

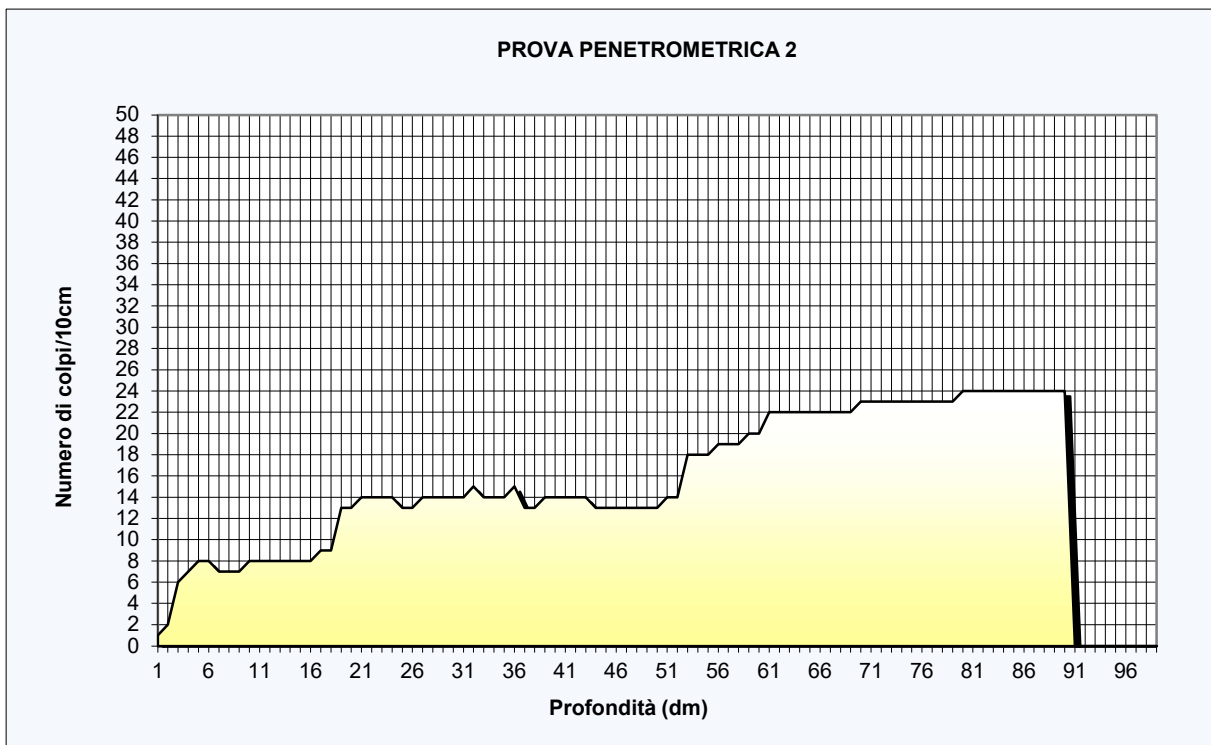
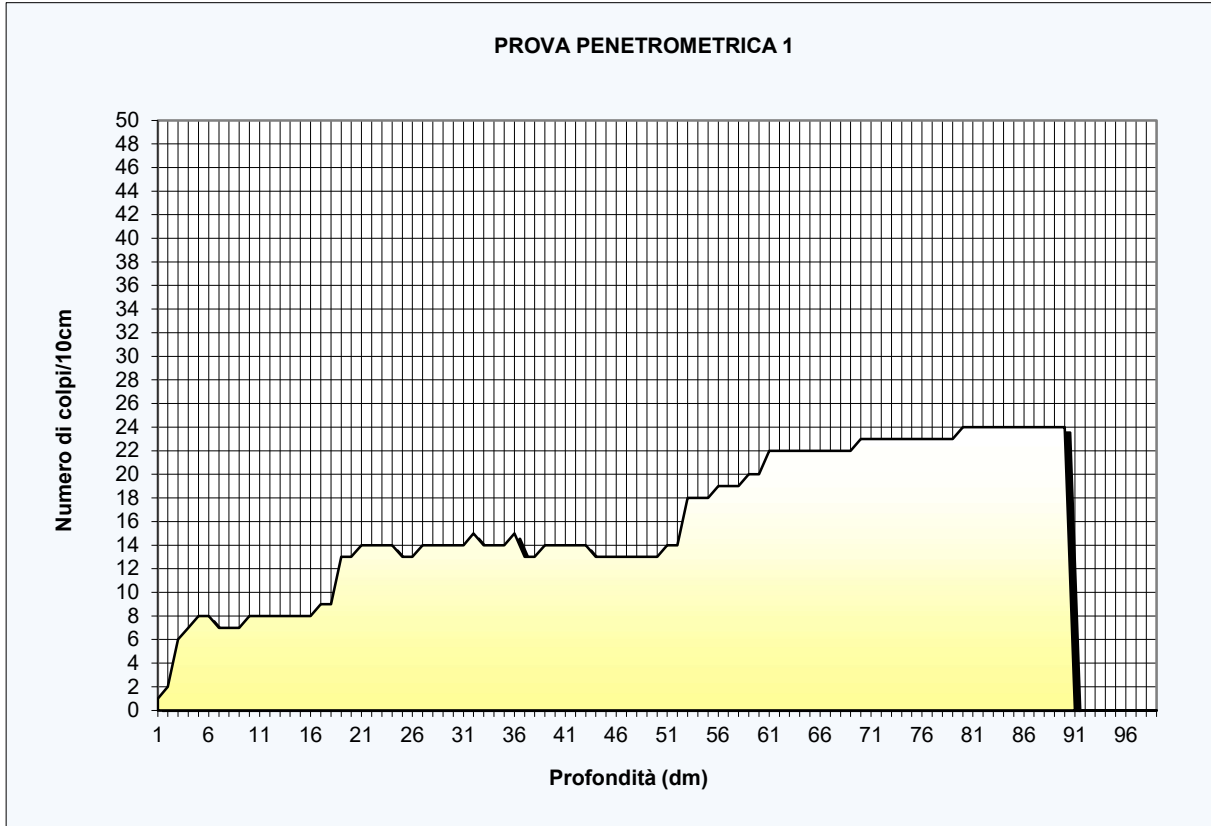
PESO DI VOLUME GAMMA (t/mc)


- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

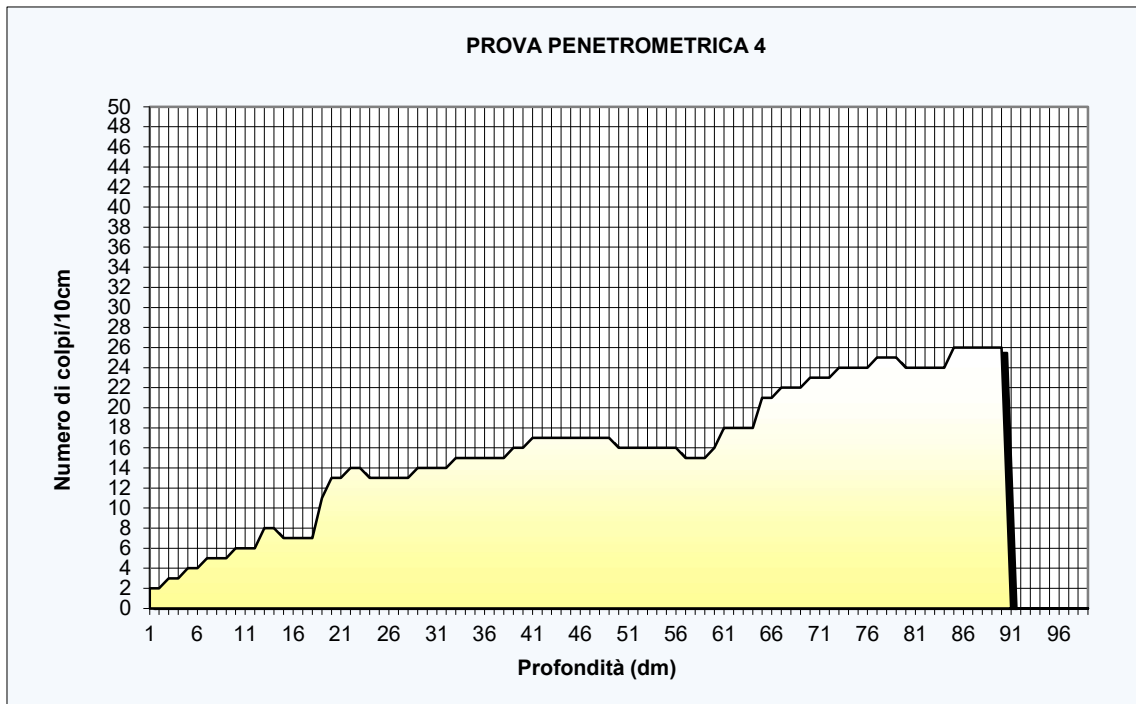
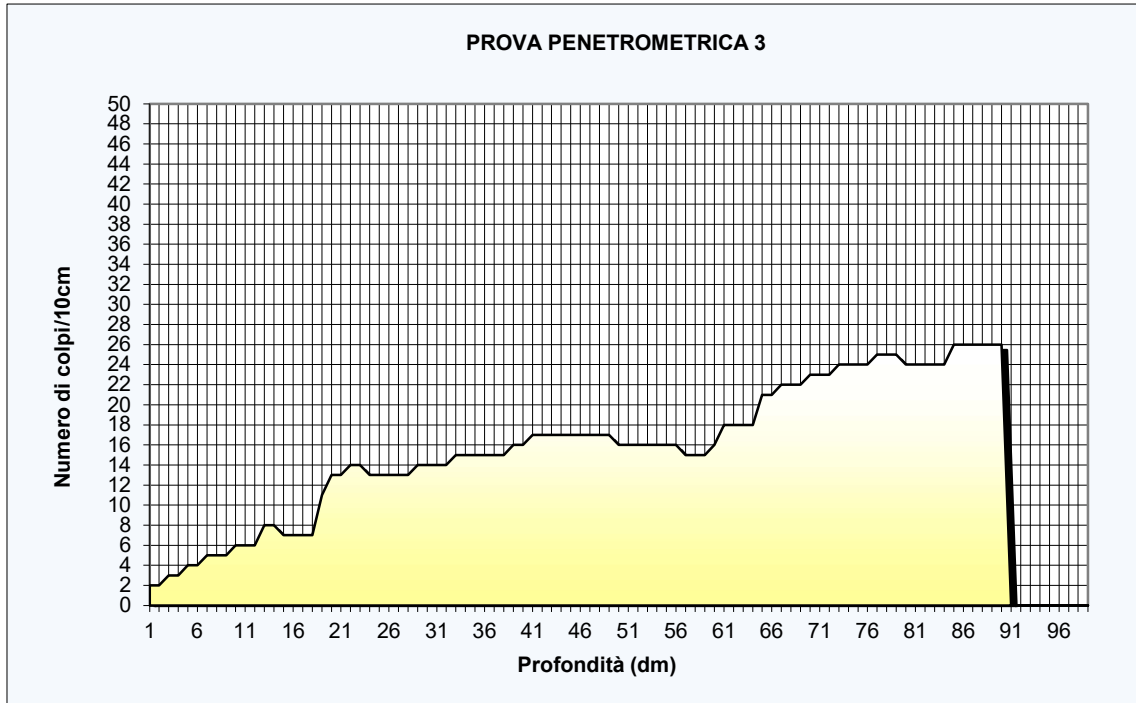
PESO DI VOLUME SATURO (t/mc)-


- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	5 di 7



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev. 0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag. 6 di 7



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 18,31 MWp POTENZA IN IMMISSIONE 15 MW Comune di Belmonte Piceno e Servigliano (FM)	Rev.	0
	21-00014-IT-BELMONTE_RS-R05 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA+ ALLEGATI	Pag.	7 di 7

