



Sede legale: Via Monte Nero, 27 – 01100 Viterbo
Web: www.geologiassociati.com
PIVA: 01889080568
codice univoco: krrh6b9

geologi associati
fantucci e stocchi

Tel: 0761/826034-335/6495926-339/7040030
Email: postageol@gmail.com
fantucci.geologiassociati@gmail.com
PEC: geologiassociati@pec.epap.it

Progetto:

Impianto fotovoltaico

Localizzazione intervento:



Comune di Viterbo (VT)
Località: Bolceno



Committente:

ICA TEN Srl

Timbro e firma Dott. Geol. Rosanna Fantucci



Oggetto:

Relazione Geologica

Data: 09/09/2022

Cod. lavoro: **4439**

Rev. n °	NOTE DI REVISIONE	Data

INDICE

1) Premessa.....	3
2) Metodi d'indagine e normativa di riferimento.....	8
3) Inquadramento fisico generale.....	14
4) Geomorfologia del terreno.....	19
5) Geologia del terreno.....	24
6) Idrogeologia del terreno.....	28
7) Sismicità e tettonica	32
8) Modello geotecnico.....	41
9) Note conclusive	45
10) Bibliografia.....	46

1) Premessa

La presente relazione si riferisce alla proposta progettuale per la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare, della potenza di picco di 33,465 Megawatt (MW) e potenza in immissione di 30,229 Megawatt (MW), da realizzarsi in un'area agricola ubicata nel Comune di Viterbo in località Bolceno.

L'impianto è suddiviso in 2 sottocampi, con un'estensione dell'area di progetto paria circa 45 ettari.

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture di supporto in acciaio del tipo tracker ad inseguimento monoassiale (inseguitori solari installati in direzione nord-sud, capaci di ruotare in direzione Est-Ovest, consentendo, pertanto, ai moduli di "seguire" il Sole lungo il suo moto diurno).

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) prevede che l'impianto sia collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una Nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione a 380/150 kV della RTN da inserire in entra-esce sulla linea 380 kV della RTN "Roma Nord – Pian della Speranza", prevista nella frazione di Grotte Santo Stefano del Comune di Viterbo, località Piscinale.

Si fa presente che la sezione a 380/150 kV della Stazione Elettrica ha già ottenuto il benestare con protocollo GRUPPO TERNA/P20210069264 del 08/09/2021 e l'autorizzazione con Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale n. G13900 del 12/11/2021 - Determinazione n. G13097 del 27/10/2021, mentre per la sezione a 36 kV l'iter autorizzativo è ancora in corso.

Società Proponente

La società proponente è ICA TEN S.r.l., con sede legale in Via Giorgio Pitacco n. 7 - Roma, CF/P.IVA 16455801007, che, in virtù di contratti preliminari in parte di compravendita ed in parte

di costituzione del diritto di superficie, dispone della titolarità all'utilizzo delle aree oggetto di intervento.

Localizzazione del progetto

L'impianto è localizzato nel comune di Viterbo, in località Bolceno, in un'area agricola situata a circa 11 km in direzione nord-ovest dal centro città e a circa 7 km a sud rispetto al Lago di Bolsena.

Le coordinate geografiche riferite al baricentro del lotto sono le seguenti:

- Latitudine 42.467545° N
- Longitudine 11.963160° E

In particolare, sulla Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio in scala 1:5.000 l'area di intervento è localizzabile nelle sezioni 344121 Poggio di Campo Perello – 344122 Lognazzano – 344123 Macchia Dogana, sulla Cartografia IGM in scala 1:25.000 il foglio di riferimento è il 137 Viterbo III NO Commenda ([fig.1](#)- [fig.2](#)- [fig.3](#)).

La superficie oggetto di intervento è pari a circa 45,2 ettari, di cui circa 15,5 ettari saranno interessati dall'installazione dei moduli fotovoltaici, per una percentuale di occupazione del terreno di circa il 34%.

Il sito è accessibile mediante viabilità comunale (Strada Dogana) facente capo alla Strada Trinità, via che collega la Strada Provinciale 2 "Tuscanese" alla Strada Provinciale 7 "Martana".

Il cavidotto, che sarà completamente interrato, si svilupperà per circa 34,9 km sotto la viabilità esistente ed interesserà i Comuni di Viterbo e Montefiascone, fino ad arrivare alla sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione a 380/150 kV di Viterbo, che sarà ubicata a Grotte Santo Stefano, frazione del Comune di Viterbo, in località Piscinale.



LEGENDA



Ubicazione area d'indagine

Fig.1 – Ortofoto con ubicazione

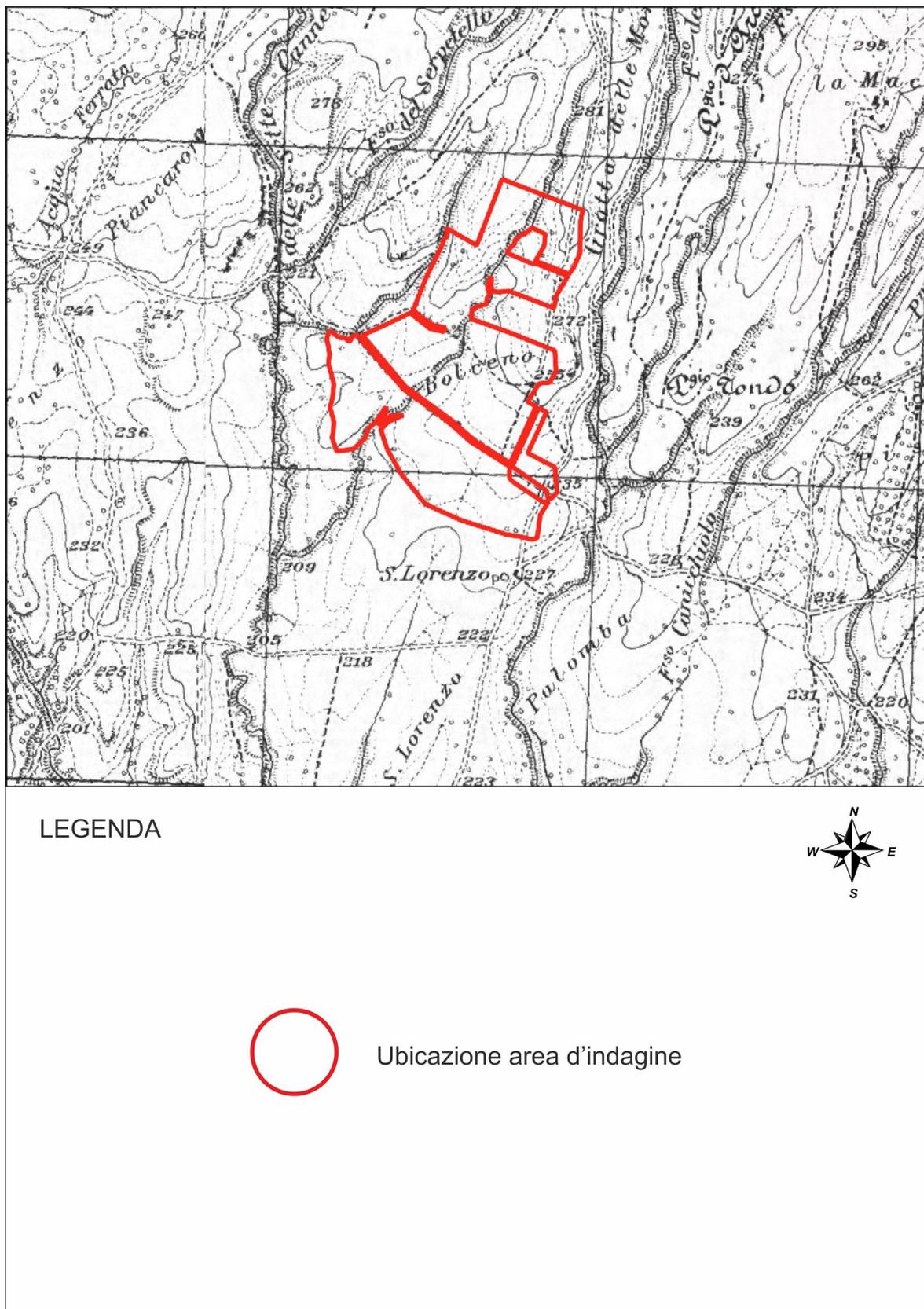


Fig. 2– Carta I.G.M. F°137 III NE Commenda, scala 1:25.000

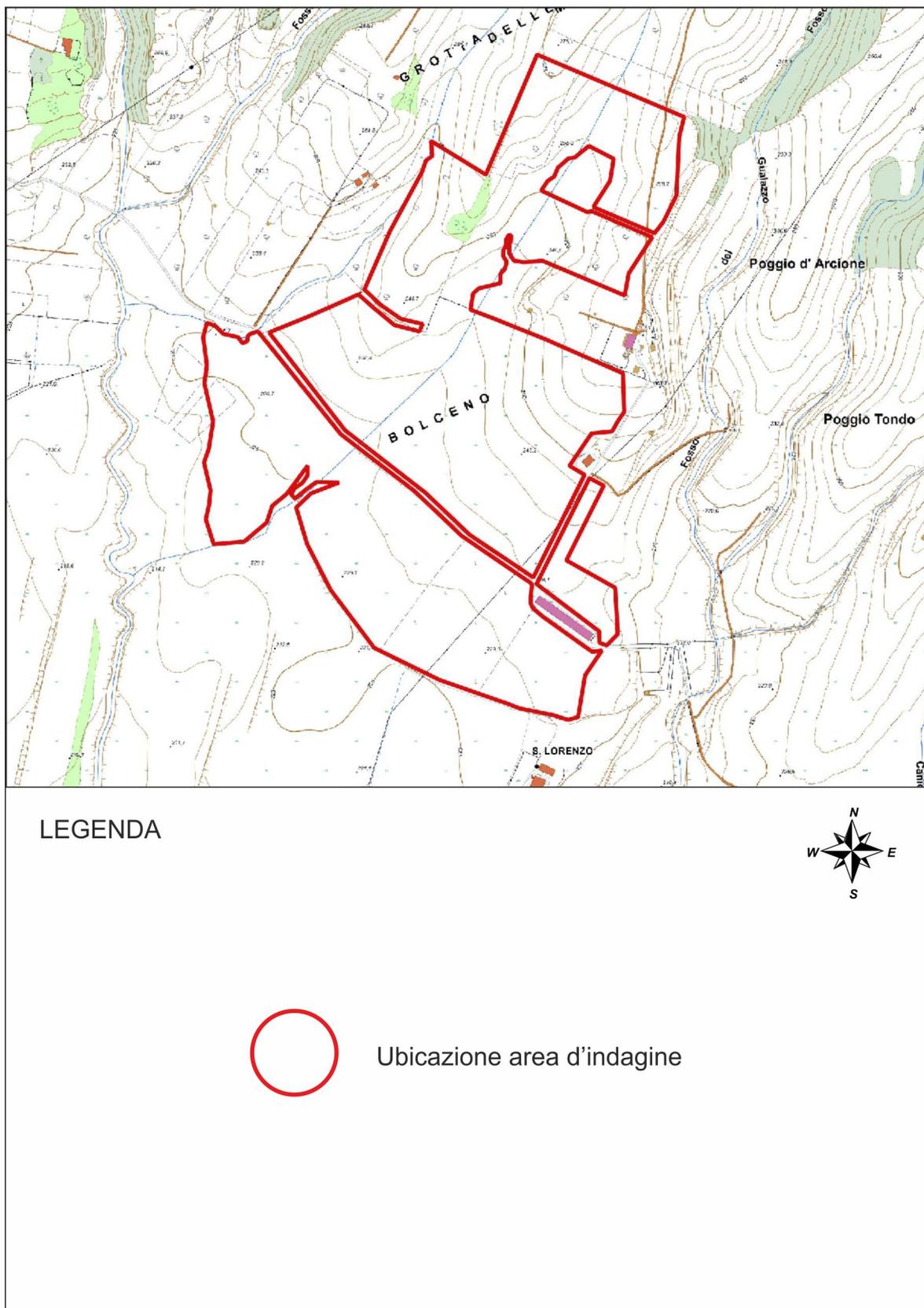


Fig.3—C.T.R. 344121 Poggio di Campo Perello – 344122 Lognazzano – 344123 Macchia Dogana
scala 1:5.000

2) Metodi d'indagine e normativa di riferimento

Lo studio è stato condotto secondo quanto previsto dalla normativa edilizia vigente:

Legge 02 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione.

D.P.R. 328 5 giugno 2001, art. 41. Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni nonché della disciplina dei relativi ordinamenti (art.41 – attività professionali del geologo)

DPR 6 giugno 2001, n.380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)

Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. e documenti correlati.

N.T.C. 2018 - Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare 7 - 2019. Istruzioni aggiornamento norme tecniche 2018.

Regolamento Regione Lazio D.G.R. 26/2020e s.m.i. D.G.R. n° 189/2021 "Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico.

D. 3267/23, R.D. 1126/26, D.G.R. Lazio n° 6215/96, Regolamento per il vincolo idrogeologico

In accordo con il progettista, vista la consistenza delle opere (classe II), la classificazione sismica locale (classe 2B), la parziale presenza di vincolo idrogeologico ([fig.4](#)) e considerate le conoscenze geologiche della zona nonché il livello di pericolosità medio ([Tabella 1](#)), si è proceduto alle seguenti operazioni:

- a) Rilevamento geologico dell'area;
- b) Esecuzione di due prove penetrometriche D.P.S.H. ([foto 1](#)), per la valutazione dei parametri geotecnici e per la verifica dell'assetto stratigrafico locale;
- c) Esecuzione di due prove tipo M.A.S.W. ([foto 2](#)), per la classificazione sismica del suolo;
- d) Esecuzione di una prova tipo H.V.S.R. ([foto 3](#)), per la frequenza di risonanza del sito;
- e) Consultazione della bibliografia esistente e dei dati di archivio dell'autore.

PERICOLOSITA'					
Zona Sismica					
PROGETTI	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Livello di Rischio Sismico
MEDIO

TERRENI

a) Almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, oppure, almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU) o dinamiche (DPSH), che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.

b) In sostituzione delle prove di cui alla lett. a) che precede, solo per le classi III e IV: almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT, che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.

c) Nel caso di esecuzione del Sondaggio Geognostico: prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato o almeno significativo, del terreno fondazionale da sottoporre a Prove Geotecniche di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001, per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, Prova Triassiale, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.);

d) Almeno 2 Prova Sismiche in sito attive (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passive (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.

e) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;

ROCCE AFFIORANTI o SEPOLTE sotto terreni di copertura aventi spessore massimo di 3 metri (Substrato geologico)

a) Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU), dinamiche (DPSH) o dilatometriche DMT, che attraversino i terreni di copertura, coesivi e granulari, nel caso di ammassi rocciosi sepolti.

b) Caratterizzazione Geomeccanica degli ammassi rocciosi affioranti, mediante esecuzione di rilevamento geostrutturale, laddove possibile, oppure per le classi d'uso III e IV, tramite almeno 1 sondaggio geognostico.

c) Almeno 1 prova Sismica in sito attiva (Seismo Refraction, MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passiva (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.

d) Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSr), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;

Tabella 1 – Livello di pericolosità



Foto 1-D.P.S.H.



Foto 2- M.A.S.W.



Foto 3 -H.V.S.R.

3) Inquadramento fisico generale

Il territorio in esame appartiene alla porzione meridionale dell'apparato vulcanico vulsino e i terreni affioranti provengono dall'intensa attività eruttiva, pleistocenica (iniziata circa 800.000 anni fa).

I prodotti di tale attività si estendono per diverse decine di chilometri quadrati, con spessori notevoli, soprattutto in prossimità dei centri di emissione ([fig.5](#)).

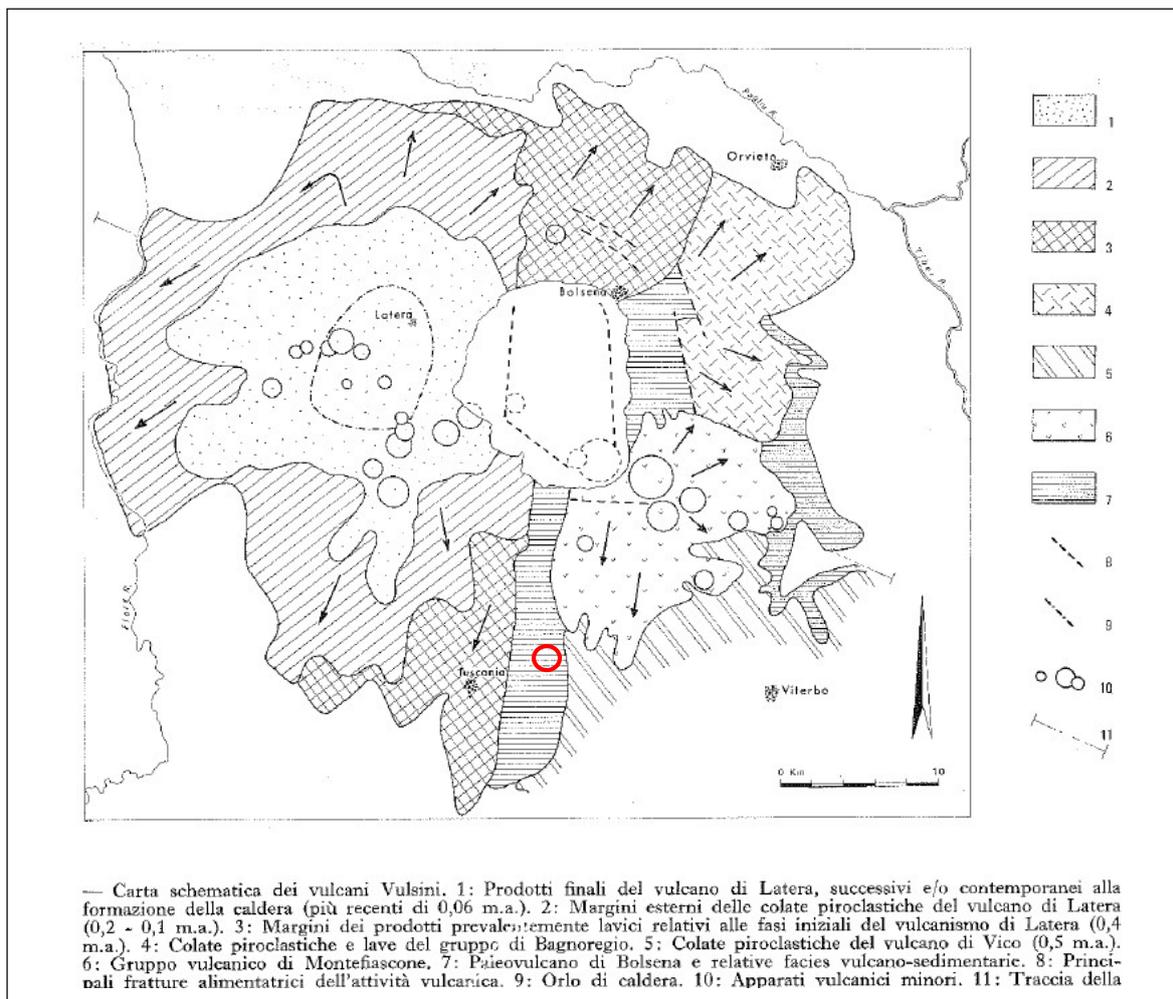


Fig. 5 - Schema apparato vulcanico Vulsino con ubicazione area (da: Locardi et al., 1976)

Numerose faglie, ad orientamento nord – sud e nord ovest – sud est, sono localizzate lungo il margine orientale della caldera di Bolsena.

Queste linee tettoniche diedero luogo alle emissioni di imponenti colate laviche, in affioramento in tutto il settore centro orientale dell'apparato vulsino, precedenti lo sprofondamento della caldera del lago di Bolsena.

Le vulcaniti vulsine sovrastano, ad una distanza di circa un chilometro in direzione orientale, i depositi sedimentari marini, sabbiosi e argillosi, plio - pleistocenici, molto diffusi nelle valli limitrofe e lungo la valle del Tevere.

La morfologia della zona è da poco a mediamente acclive, contraddistinta da un plateau vulcanico digradante in direzione meridionale con quote comprese tra i 300 – 200 metri sul livello del mare.

Il reticolo idrografico presente sull'altopiano è classificabile come dendritico con rami orientati all'incirca da nord a sud.

L'evoluzione dell'apparato vulsino è suddivisibile in quattro periodi principali: Paleo-Bolsena, Bolsena, Latera e Montefiascone di seguito descritti:

Paleo-Bolsena

L'attività iniziò circa 800.000 anni fa con colate laviche in una zona limitrofa all'attuale lago di Bolsena, seguite da un'imponente ignimbrite basale che ricoprì una superficie di circa 1500 km², datata 570.000 anni, in affioramento nelle aree più distali, nord orientali, dell'apparato (Civitella D'Agliano).

A seguito di questa prima eruzione, vi fu il primo sprofondamento, nella porzione settentrionale dell'attuale lago di Bolsena, con l'emissione di colate di lave, coni di scorie e piroclastiti cineritiche.

La zona d'indagine ricade sulle formazioni emesse durante questa prima fase dell'apparato vulcanico.

Bolsena

Questa seconda fase iniziò nella porzione nord - nord orientale dell'attuale lago, con diffuse colate laviche e contemporanee emissioni di coni di scorie, ancora ben visibili in tutta la fascia orientale, compresa tra Bolsena e Montefiascone.

Le eruzioni successive furono di tipo esplosivo, con voluminosi flussi piroclastici (Ignimbrite di Orvieto), risalenti a circa 330.000 anni fa e centro di emissione in prossimità del paese di Bolsena; l'enorme quantità di materiale diede luogo allo sprofondamento della caldera del lago omonimo.

Il collasso avvenne lungo fratture anulari ed il fondo della depressione continuò a sprofondare per molto tempo, anche dopo le eruzioni, probabilmente adattandosi al fondo calcareo del substrato, trascinando verso il basso una parte del bordo della caldera stessa.

Ulteriori emissioni risalenti a circa 250.000 anni fa furono di colate laviche e coni di scorie ad esse associate.

Le ultime eruzioni avvennero circa 127.000 - 100.000 anni fa all'interno del lago quando il magma venne in contatto con le acque; grazie a tali fenomeni i coni di scorie delle isole Bisentina e Martana furono parzialmente distrutti, assumendo la forma attuale.

Latera

Il centro di Latera, nel settore nord occidentale dell'apparato, iniziò la sua attività circa 400.000 anni fa, con l'emissione di colate di lave e scorie lungo il margine meridionale e sud occidentale dell'attuale caldera.

A questa prima fase seguì quella esplosiva, molto lunga e complessa, tra 280.000 - 160.000 anni fa, con periodi di stasi anche prolungati, nei quali la vegetazione ricopriva di nuovo il territorio, per poi essere sepolta dalle successive emissioni piroclastiche (ceneri, scorie, pomici, ignimbriti), con un volume complessivo di circa 10 km³ di magma.

Le fasi esplosive iniziarono con un'alta colonna eruttiva, seguita da flussi piroclastici che si estesero per un raggio di 20-25 km dal centro di emissione; in direzione di Canino, questi flussi si deposero direttamente sui terreni di origine sedimentaria mentre, sia a nord sia a sud, andarono, a ricoprire i prodotti paleo-vulsini.

Successivamente a queste emissioni, vi fu lo sprofondamento della porzione orientale della caldera di Latera che intersecò quella del lago di Bolsena, assumendo una forma simile a quella odierna.

Tra 158.000 - 144.000 anni fa, all'interno della caldera di Latera e lungo i suoi margini, si formarono numerosi coni di scorie con associate colate di lava, seguite (145.000 - 100.000 anni fa) dalle esplosioni dei centri di Lagaccione e del lago di Mezzano.

Montefiascone

Nella zona meridionale dell'apparato vulsino, circa 280.000 anni fa, iniziò l'attività del centro di Montefiascone, in prossimità del bordo della conca lacustre preesistente.

Le eruzioni iniziali furono di tipo esplosivo, provocate dal contatto tra l'acqua di falda ed il magma; numerosi flussi ricchi di gas (*surge*), seguiti da flussi piroclastici densi, formarono depositi di potenza complessiva di qualche decina di metri, con ceneri miste a pomici, scorie e frammenti rocciosi di vario tipo.

Dopo questi eventi vi fu il collasso di una piccola area di diametro di circa 3 km, che costituì il cratere di Montefiascone, tuttora visibile; le emissioni successive furono sempre esplosive, ma meno violente delle precedenti, in quanto con il progressivo esaurirsi dell'acqua di falda, il magma poteva risalire in superficie senza essere frammentato, dando luogo ad eruzioni di tipo stromboliano, con lanci di brandelli di lava che cadevano al suolo sotto forma di scorie. Uno di questi coni formò un rilievo al limite della depressione calderica, sul quale sorge il paese di Montefiascone; dalle fratture che delimitavano la caldera furono emesse numerose colate di lava di modesto spessore che conclusero l'attività di questo vulcano circa 145.000 anni fa.

4) Geomorfologia del terreno

La zona in esame è tutta in zona agricola e le caratteristiche naturali geomorfologiche dei terreni sono rimaste quasi intatte ad esclusione di piccole modifiche antropiche in prossimità degli edifici esistenti.

Quest'area è costituita da un esteso plateau vulcanico che degrada in direzione meridionale, il quale corrisponde alle pendici meridionali dell'apparato vulcanico vulsino, con quote comprese localmente tra 275 – 220 metri sul livello del mare, ed una quota media di circa 250 m s.l.m.

Il sito, in particolare, è compreso tra le incisioni fluviali di due corsi d'acqua, quello del fosso del Gualazzo ad est, con valle molto incisa nelle formazioni vulcaniche ed il fosso del Catenaccio ad ovest, poco inciso.

Il terreno ricade quasi completamente sul bacino idrografico del fosso Catenaccio ed in minor misura lungo uno spartiacque idrografico e quindi nel bacino del fosso Gualazzo ad est.

Le quote, sul lato settentrionale, si attestano intorno ai 275 metri sul livello del mare e diminuiscono fino ad un minimo di 225 m s.l.m. nella fascia meridionale, con una pendenza media del 12,5 % con valori inferiori, intorno all' 8%, nella porzione meridionale.

Le pendenze aumentano verso nord lungo i fianchi dell'impluvio e lungo la zona di spartiacque fino a circa il 30 %.

L'impianto ricade in gran parte sul versante sinistro del fosso Catenaccio, il cui alveo scorre ad una distanza minima di 80 metri dal limite sud ovest, ad una quota intorno ai 215 metri s.l.m., pari ad un dislivello di circa 10 metri inferiore; questa situazione pone il sito al riparo da eventuali fenomeni di esondazione; entrambe i fossi hanno un reticolo idrografico classificabile come dendritico-subparallelo.

Si segnala una linea di impluvio al centro del terreno, che attraversa in diagonale tutto il lotto ([foto 4](#)), orientata da nord est verso sud ovest.

Questo impluvio, seppur attualmente molto poco inciso, può comunque raccogliere una quantità di acque di ruscellamento superficiale non trascurabile, soprattutto nei periodi di piogge intense e prolungate.



Foto 4 – Linea d’impluvio

Il lato orientale del terreno è contraddistinto da una linea di spartiacque idrografico prossimo al limite dell’impianto, lungo il quale sono ubicati diversi edifici.

Una minima parte del terreno ricade sul versante destro del fosso del Gualazzo il cui alveo è localizzato oltre 70 metri ad est, in una valle molto incisa, ad una quota di circa 225 m s.l.m., pari a un dislivello di oltre 20 metri.

Lungo la valle di questo fosso sono presenti delle piccole scarpate, dell’altezza intorno ai 5 metri, orientate in direzione nord – sud, prossime ai casali esistenti; queste distano circa 10 metri da un tratto del margine nordorientale dell’impianto.

Nella carta geomorfologica-clivometrica vengono riportate le principali caratteristiche geomorfologiche quali l'impluvio, lo spartiacque idrografico e le linee di scarpate fluviali, oltre alle classi di pendenza ([fig.6](#)).

Le litologie affioranti sono dotate di caratteristiche meccaniche discrete ed il sito non mostra segni di erosione o di dissesti franosi e non è cartografato come a rischio dalla cartografia P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico) degli ex Bacini Regionali del Lazio ([fig.7](#)).

Vista la morfologia e l'acclività del terreno, non si rileva la possibilità di amplificazione sismica legata alla topografia, la zona infatti, ricade in gran parte nella categoria T1 (pendii con inclinazione inferiore a 15°).

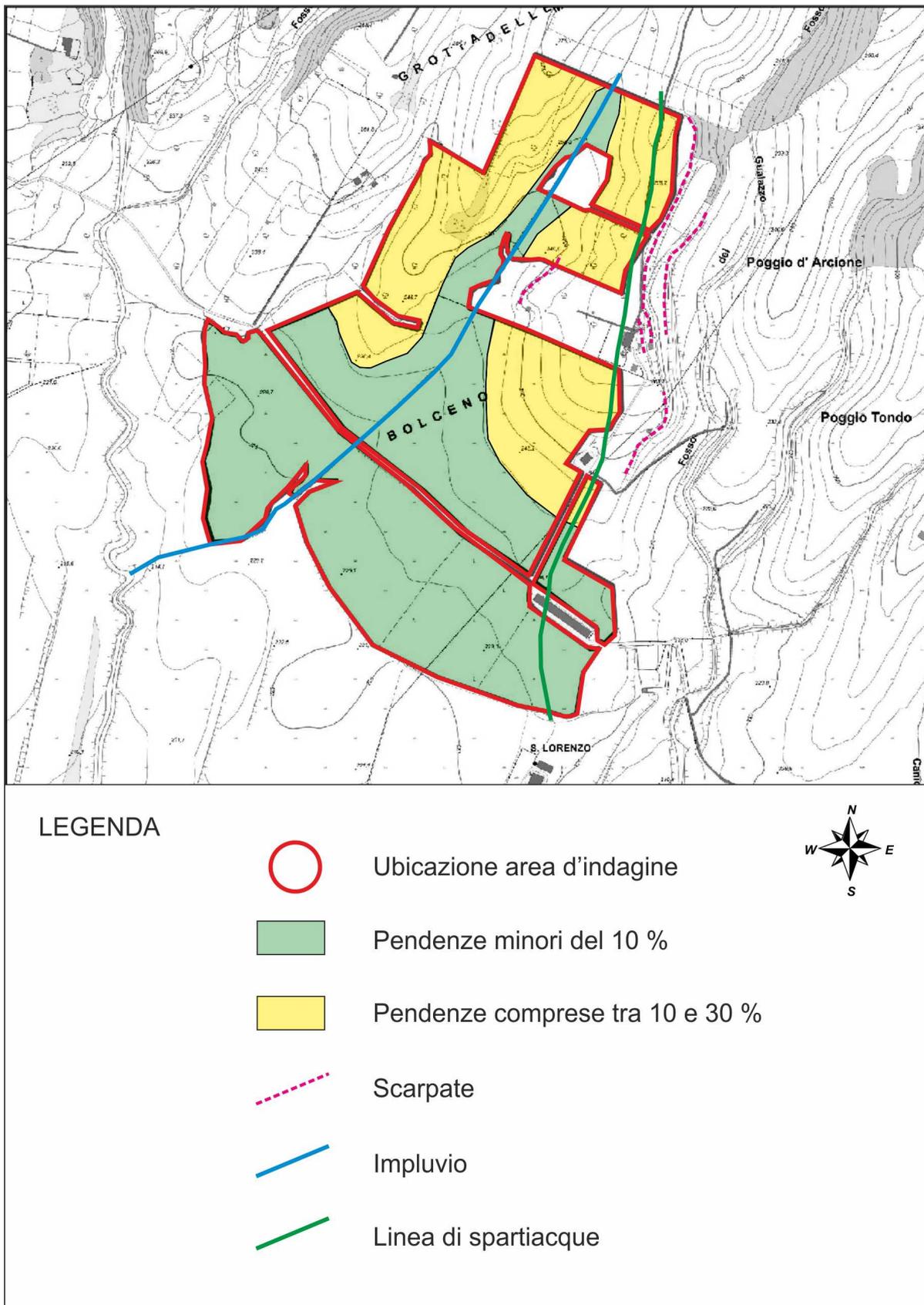


Fig. 6 – Carta clivometrica e geomorfologica, scala 1:10.000

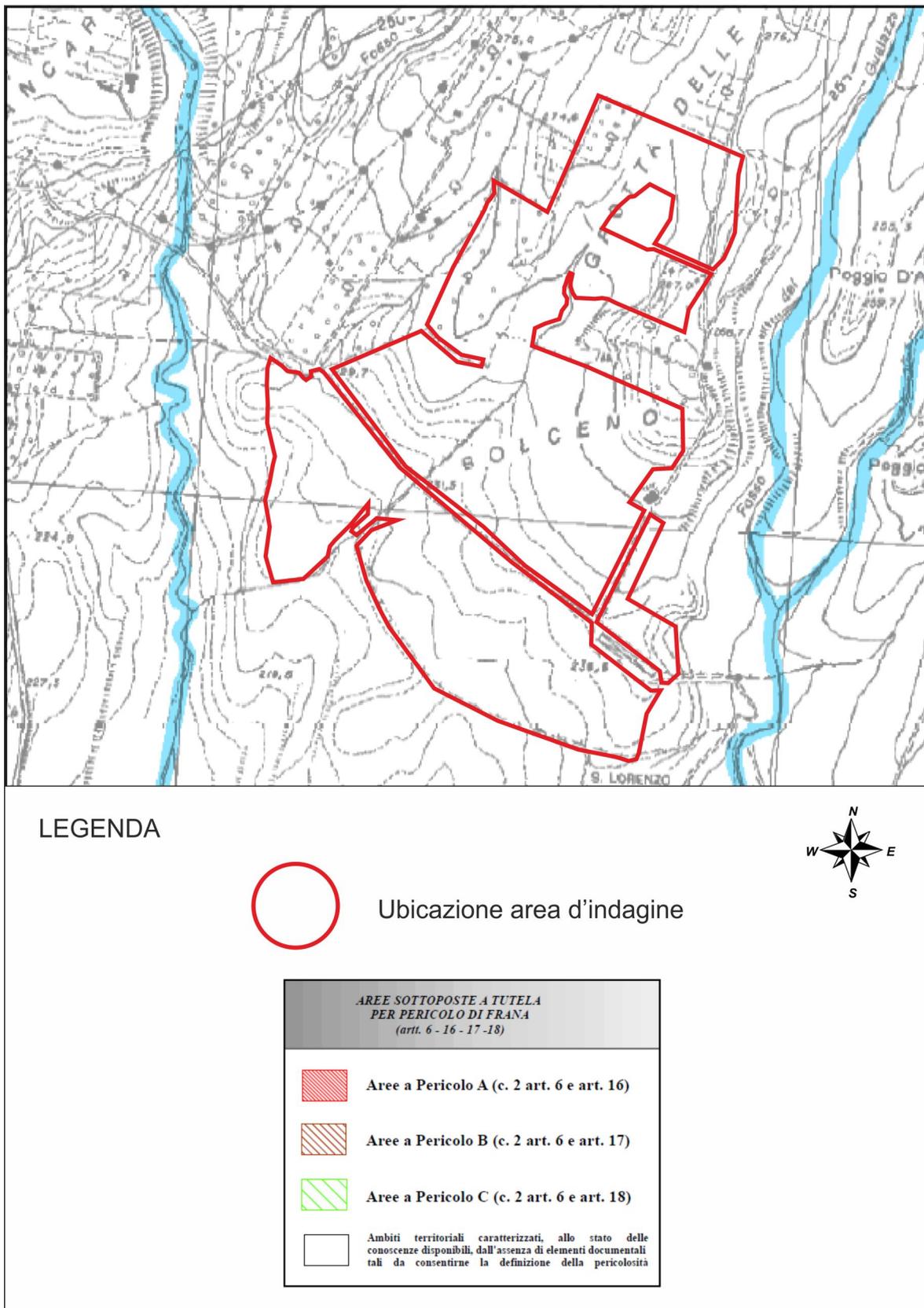


Fig. 7 – Stralcio P.A.I. ex Bacini Regionali del Lazio - tav. 2.04 nord, scala 1:10.000

5) Geologia del terreno

La zona interessata dallo studio è caratterizzata dagli affioramenti delle propaggini meridionali dell'apparato vulcanico vulsino che poco più a sud sono stati ricoperti dai depositi più recenti dell'apparato vulcanico vicano.

Nella zona affiora diffusamente l'Unità di Monte Cardone (tufi leucitici basali), contraddistinta da tufi a matrice prevalentemente fine, cineritica ([foto 5](#)), da massivi a laminati, con frustoli vegetali, intercalazioni a lapilli e rari inclusi di bombe e blocchi scoriacei.

Sono frequenti anche livelli di pomici chiare di ricaduta e depositi cineritici giallastri zeolitizzati.

Localmente sono presenti delle modeste coperture, dello spessore di pochi metri, di depositi alluvionali terrazzati, contraddistinti da terreni sabbio limosi con intercalazioni ghiaiose ad elementi vulcanici e calcarei marnosi associati, superiormente, a livelli di travertino come quelli visibili in prossimità del casale a sud est del sito ([foto 6](#)).

Alla base dei tufi, lungo un ramo del fosso Gualazzo, affiorano dei lembi di colate laviche più antiche, non rilevate comunque nell'area d'indagine.

Di seguito viene allegato uno stralcio della carta geologica d'Italia F°137 Viterbo e della cartografia CARG 344 Toscana ([fig.8](#) – [fig.9](#)).

Il modello geologico proposto per la zona in esame, ottenuto dal rilevamento geologico e dalle indagini in sito, è composta da un solo orizzonte:

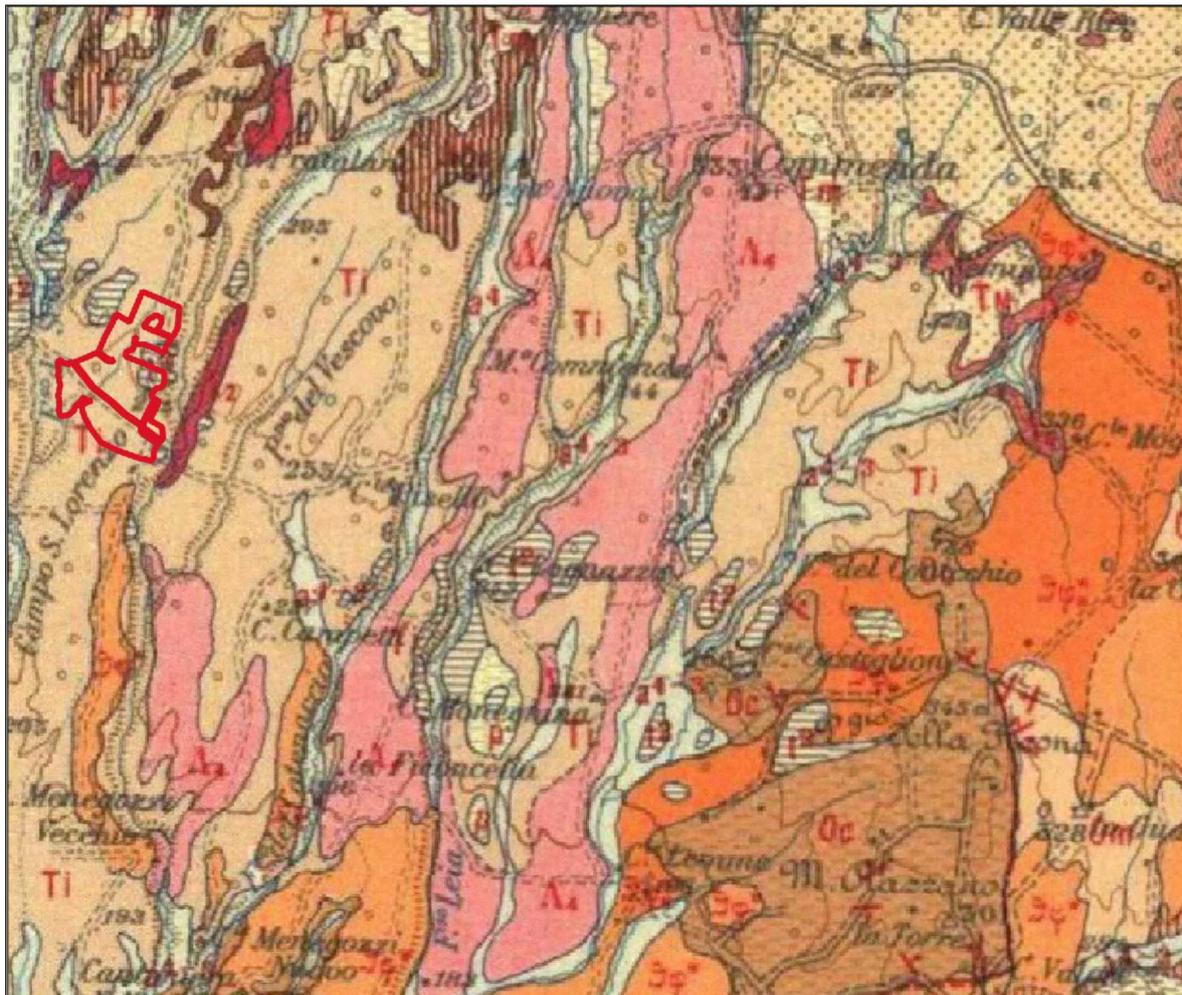
Orizzonte A: piroclastiti sabbio limose avana chiaro, cineritiche, con frustoli vegetali dello spessore stimato di almeno una decina di metri.



Foto 5 - Tufi cineritici in affioramento



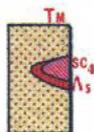
Foto 6– Livello di travertino in prossimità del casale a sud est



LEGENDA



Ubicazione aree d'indagine



TM
Tufi leucitici grigiastri di Montefiascone, con alternanze di ceneri, sabbie vulcaniche e lapilli a stratificazione incrociata, talvolta a consistenza litoide, con inclusi lavici di natura generalmente leucititica e di dimensioni variabili in relazione alla loro distanza dai centri di emissione, localizzabili nella zona circostante Montefiascone. Presenti sottili livelli paleosuolizzati. Sovrastano parzialmente i coni di scorie (**SC4**) e le lave leucititiche (**A5**) ad essi legate (Fiordini, Montisola e le Poggere) (**TM**).



A4
Lave leucitiche e leucitico-tefritiche a grana minuta, con piccoli fenocristalli di leucite, di augite e, scarsi, di olivina, connesse con fratture localizzabili lungo il margine meridionale del lago di Bolsena e formanti estese colate con direzione nord-sud (Campo Grande, Capannacce, Commenda, Ficoncella) (**A4**).



TI
Tufi leucitici basali, con fenoclasti pirossenici, abbondanti pomici e piccoli brandelli di rocce di varia natura. Si presentano in fitte alternanze di livelli di colore variabile dal grigio al giallo chiaro, frequentemente pedogenizzati. Nel settore orientale dell'apparato sono frequenti, a tutti i livelli, intercalazioni lentiformi di diatomite con resti di pesci e di grossi mammiferi (*Elephas [Hesperodaxodon] antiquus* FALC. e CAUTL., *Bos primigenius* BOJ.) (**TI**).

Fig. 8-Estratto carta geologica d'Italia Foglio 137 Viterbo, scala 1:50.000

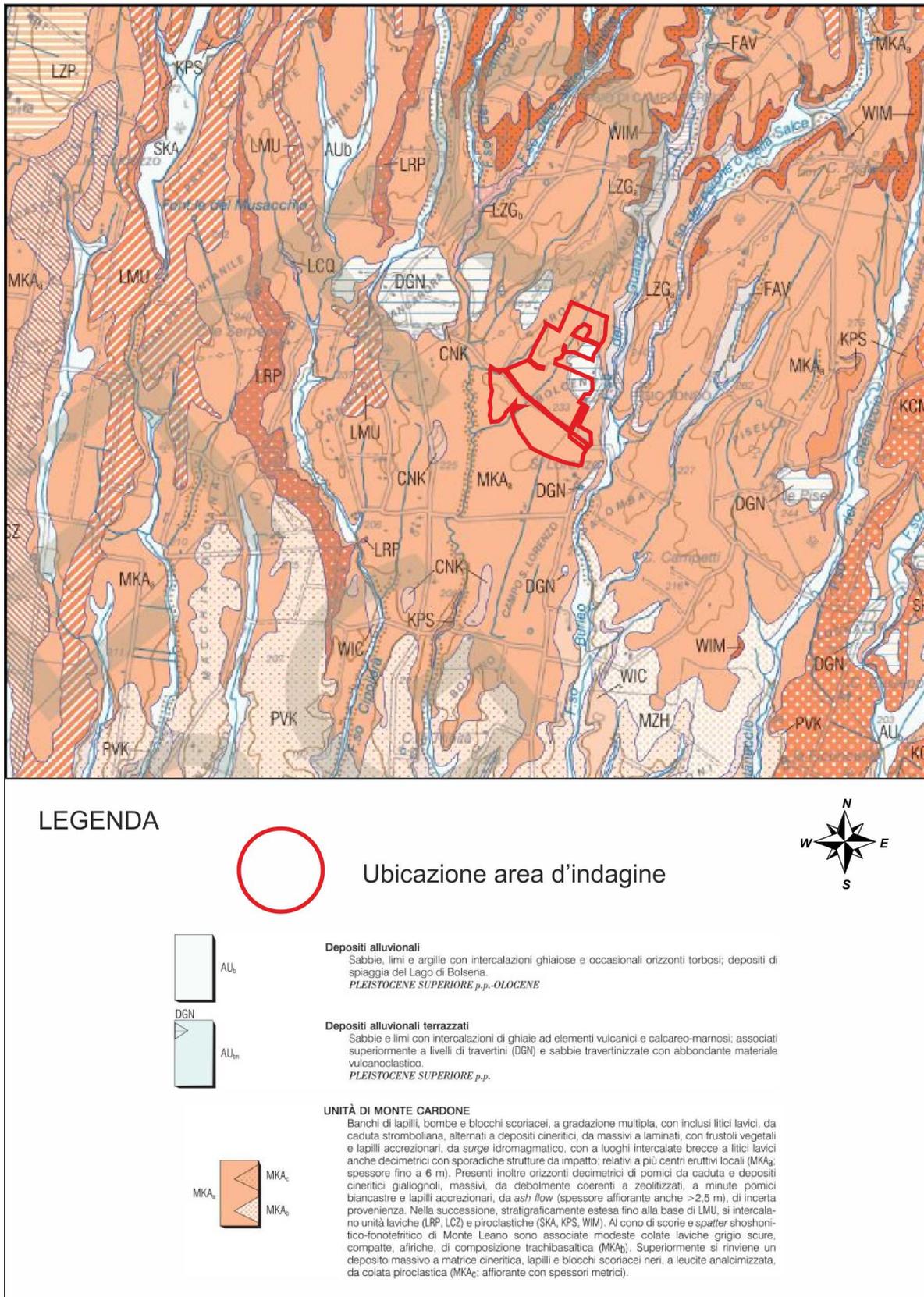


Fig. 9-Estratto carta geologica CARG 344 Tuscania, scala1:50.000

6) Idrogeologia del terreno

Dal punto di vista idrogeologico, la porzione del comune di Viterbo su cui ricade l'impianto si trova all'interno del bacino idrogeologico n.14 del fiume Marta, alimentato dai Monti Vulsini (Capelli et al., 2005).

Questo bacino idrogeologico ha una precipitazione media $P = 712$ mm/anno, una evapotraspirazione $E = 404$ mm/anno, un Ruscellamento $R = 66$ mm/anno ed una infiltrazione efficace $I = 242$ mm/anno.

La carta Idrogeologica delle Regione Lazio (2012) segnala la falda acquifera principale delle vulcaniti ad una profondità media di circa 20 metri dal piano di campagna, con una quota assoluta intorno ai 230 metri sul livello del mare.

La direzione del flusso idrico basale è orientata da nord a sud con un gradiente idraulico abbastanza elevato, intorno al 2,5 %.

I terreni affioranti sono compresi nel complesso dei tufi stratificati e delle facies idromagmatiche, dotate di una potenzialità acquifera bassa, contraddistinti da tufi stratificati, tufi terrosi con livelli di pomici, lapilli e prevalente matrice fine cineritica, con bassa permeabilità primaria per porosità.

Questi terreni ricoprono, più in profondità, il complesso delle lave, laccoliti e conici di scorie, dotati invece di una potenzialità acquifera medio alta, con permeabilità elevata di tipo secondario e primario.

Complessivamente le vulcaniti sono considerate come un buon serbatoio di acque sotterranee, localmente sostenute dal substrato argilloso, impermeabile, che funge da acquiclude per la falda acquifera sovrastante ([fig.10](#)).

Non sono presenti né sorgenti lineari o puntuali in zona né prelievi idrici di pubblico interesse; è invece possibile la presenza di pozzi privati nelle vicinanze.

Le acque meteoriche tendono in parte ad infiltrarsi nel terreno ed in parte a scorrere verso i due fossi suddetti.

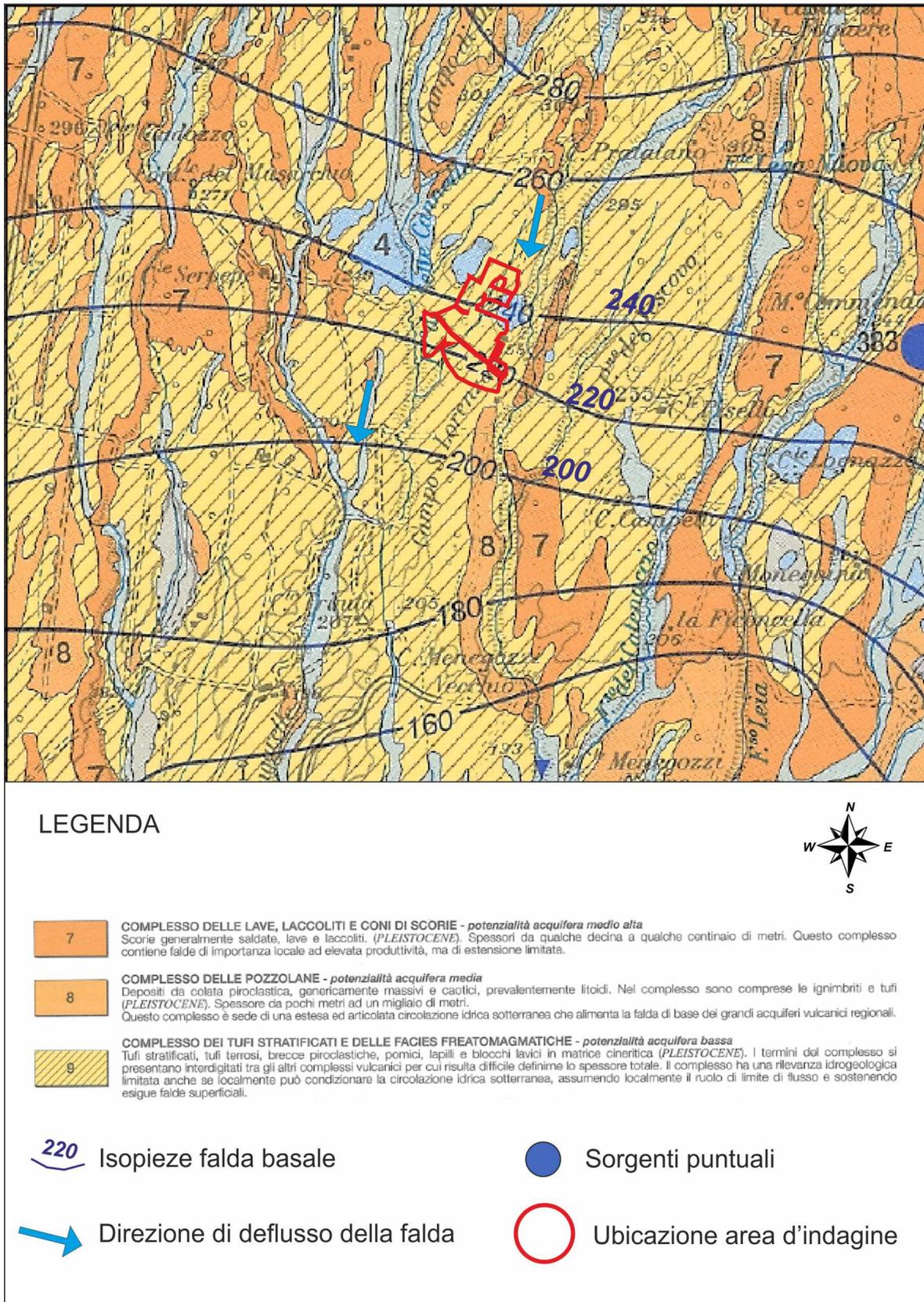


Fig. 10 – Stralcio carta Idrogeologica Regione Lazio, scala 1:50.000

La piovosità media dell'area di Viterbo si attesta intorno agli 898 mm annui, con maggiori precipitazioni concentrate nei mesi autunnali ed in primavera, con una temperatura media di 13.9° (fig.11).

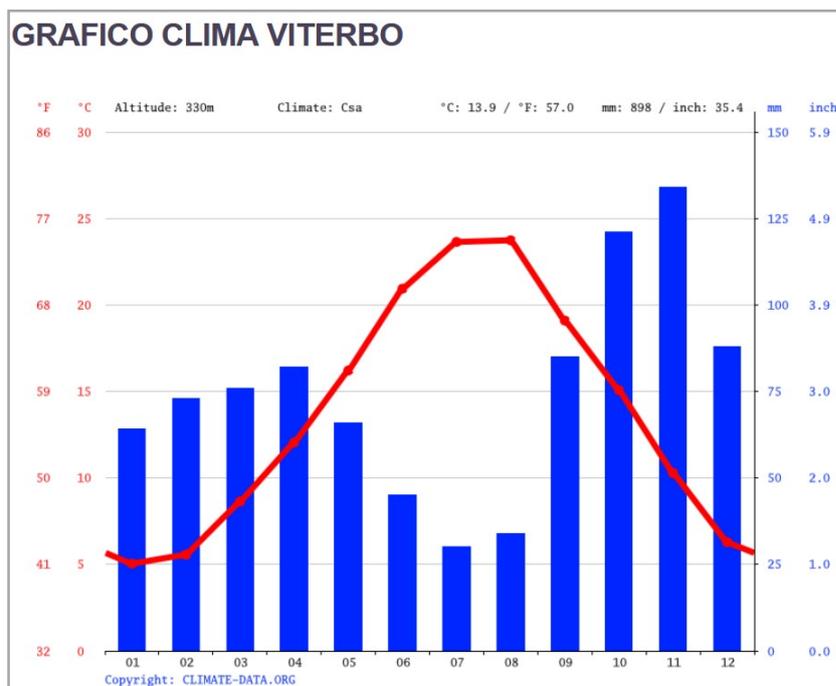


Fig.11 – dati medi climatici Viterbo
(da: <https://it.climate-data.org/europa/italia/lazio/viterbo-1187/>)

7) Sismicità e tettonica

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale di Viterbo è stato interessato da rari terremoti, con epicentri localizzati nel Viterbese o lungo la fascia appenninica; anche dal punto di vista tettonico l'area non sembra essere particolarmente attiva.

Il territorio in esame ricade, in generale, all'interno dell'ampia zona sismogenetica n. 41, allungata parallelamente alla costa tirrenica, in direzione nord ovest – sud est, fino alla zona meridionale della provincia viterbese ([fig. 12](#)).

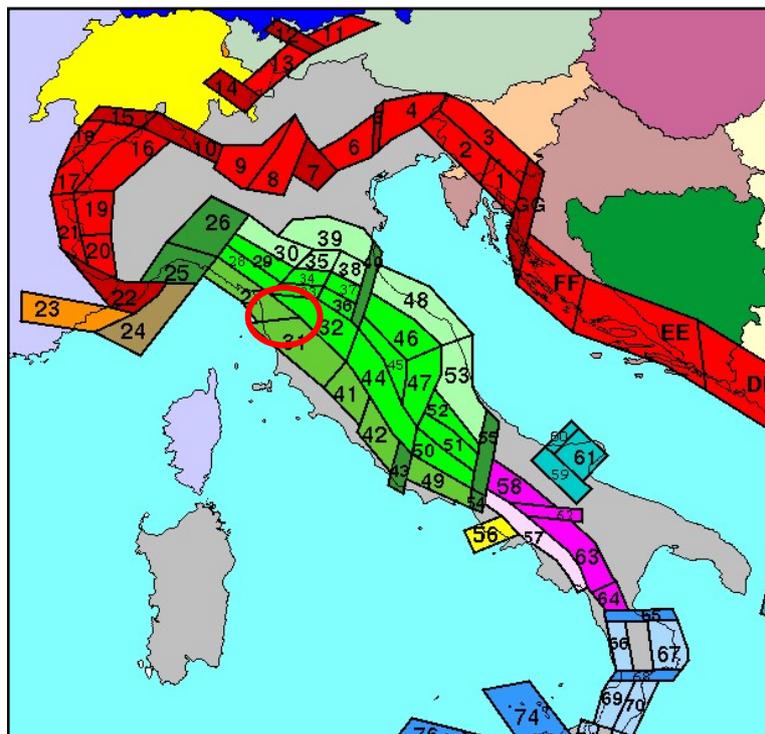


Fig. 12–Zone sismogenetiche in Italia

In base all'Ord. P.C.M. n° 3274 ed alla sua parziale modifica da parte della Regione Lazio (D.G.R. n. 387 del 22/05/2009) il comune è stato classificato in zona 2B ([fig. 13](#)).

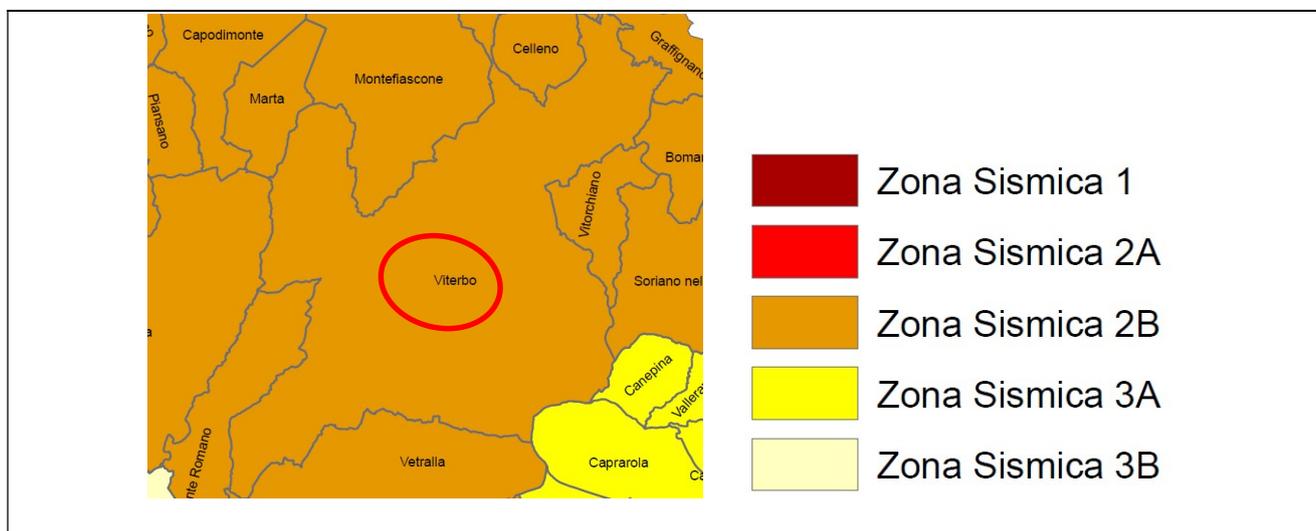


Fig. 13– Classificazione sismica Regione Lazio D.G.R. 387/2009

Al fine di evidenziare gli eventi sismici che hanno raggiunto il sito, sono stati estratti i terremoti dal Catalogo INGV – CPTI15, dove sono evidenziate le intensità sismiche I_s che hanno raggiunto il comune di Viterbo, di tutti i principali eventi sismici catalogati, per i quali sono indicati l'anno, l'area epicentrale, le intensità sismiche all'epicentro I_0 .

Il terremoto che ha raggiunto l'area con maggiore intensità sismica ($I_s 8-9^\circ$ MCS) fu quello con epicentro nel Viterbese del 1349 ([fig.14](#)).

Come già scritto, data la pendenza media non elevata del pendio, non sono da segnalare possibilità di amplificazioni topografiche, il che permette di classificarlo in gran parte in categoria T1 ($12,5 \% \approx 7^\circ < 15^\circ$); si escludono da questa classe topografica alcuni tratti più acclivi lungo i versanti orientali ed occidentali del lato nord dell'impluvio.

Dal database delle faglie sismogenetiche italiane, il comune di Viterbo dista circa 67 km da quella più vicina localizzata lungo sulla zona appenninica ([fig. 15](#)).

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	St
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8-9	1349	09	09	08	15		Viterbese	9		
6-7	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
6	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
5	1695	06	11	02	30		Lazio settentrionale	50	8-9	5.80
5	1743	01	21	21	55		Lazio settentrionale	22	7	5.01
5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
5	1877	12	23	05	03		Viterbese	19	6	4.72
5	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
5	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
4-5	1861	05	09	01	53		Val di Chiana	28	6-7	5.02
4-5	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
4-5	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4-5	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4	1781	04	04	21	20		Faentino	96	9-10	6.12
4	1922	03	27	00	10		Monti Volsini	9	5-6	4.39
4	1957	12	06	04	54		Orvietano	63	7	4.97
4	1963	09	02	00	24	0	Monti Cimini	27	6	4.47
4	1969	07	02	07	55		Monti della Tolfa	72	7	4.77
4	1971	02	06	18	09		Tuscania	89	7-8	4.83
4	1978	07	30	05	19	2	Ternano	25	7	4.32
4	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
4	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61
4	2017	01	18	10	14	0	Aquilano	280		5.70

Fig. 14- Scheda terremoti comune Viterbo ($I_s > 4$)

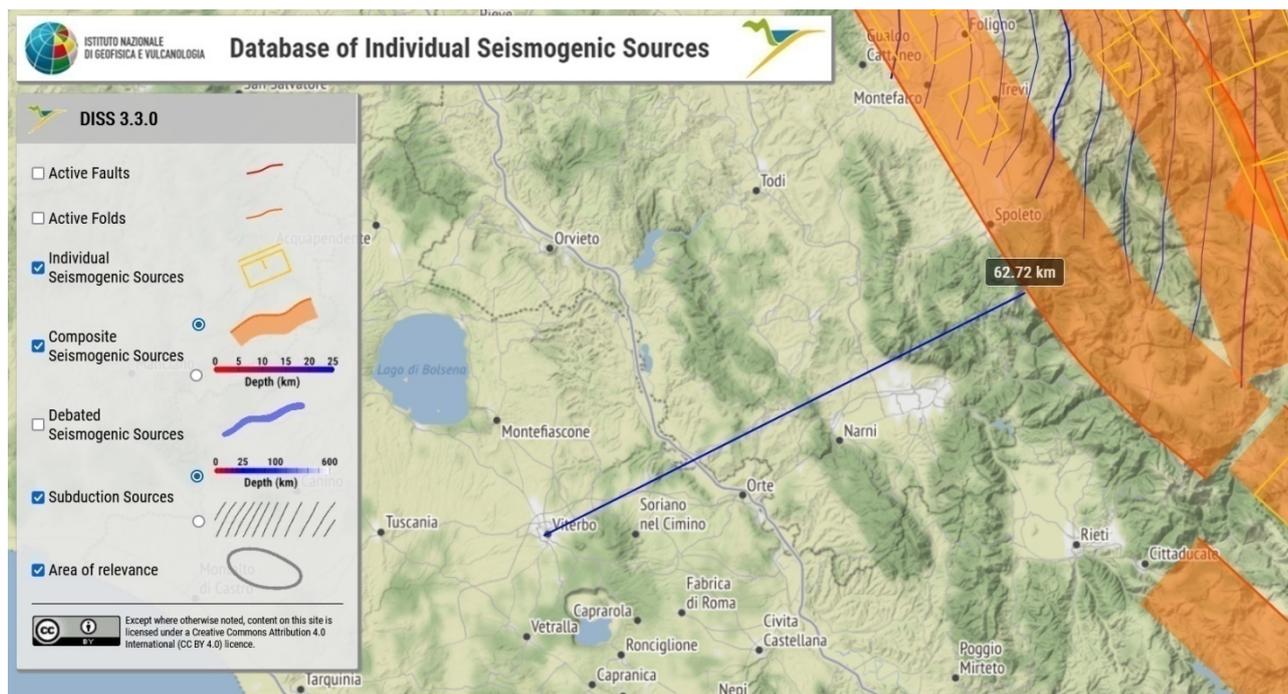


Fig. 15 – Mappa faglie sismogenetiche italiane (<https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>)

Al fine di classificare correttamente il sito, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, sono state eseguite due indagini sismiche tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

L'esecuzione delle M.A.S.W. ([fig.16](#)- [fig.17](#)) ha permesso di esaminare il sottosuolo fino alla profondità di circa 35 metri dal piano di campagna.

Il sito in esame ha mostrato un valore minimo di $V_{s,eq} = 344$ m/s, pertanto il sito può essere inserito nella categoria di suolo C (tabella sottostante).

Classe	Descrizione	S_s
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori 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.	1,00
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800 m/s.	$1,00 \leq 1,40 - 40F_{0a_{bedrock}} \leq 1,20$
C	Deposit di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/s.	$1,00 \leq 1,70 - 0,60F_{0a_{bedrock}} \leq 1,50$
D	Deposit	$0,90 \leq 2,40 - 1,50F_{0a_{bedrock}} \leq 1,80$
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	$1,00 \leq 2,00 - 1,10F_{0a_{bedrock}} \leq 1,60$

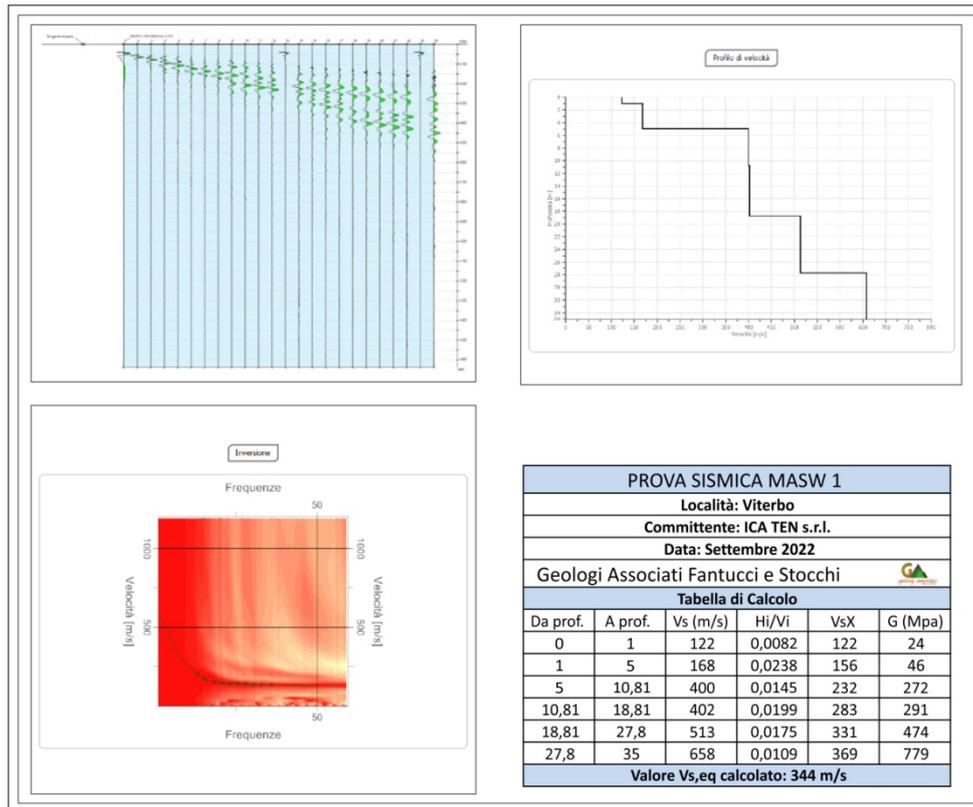


Fig. 16 – M.A.S.W. 1

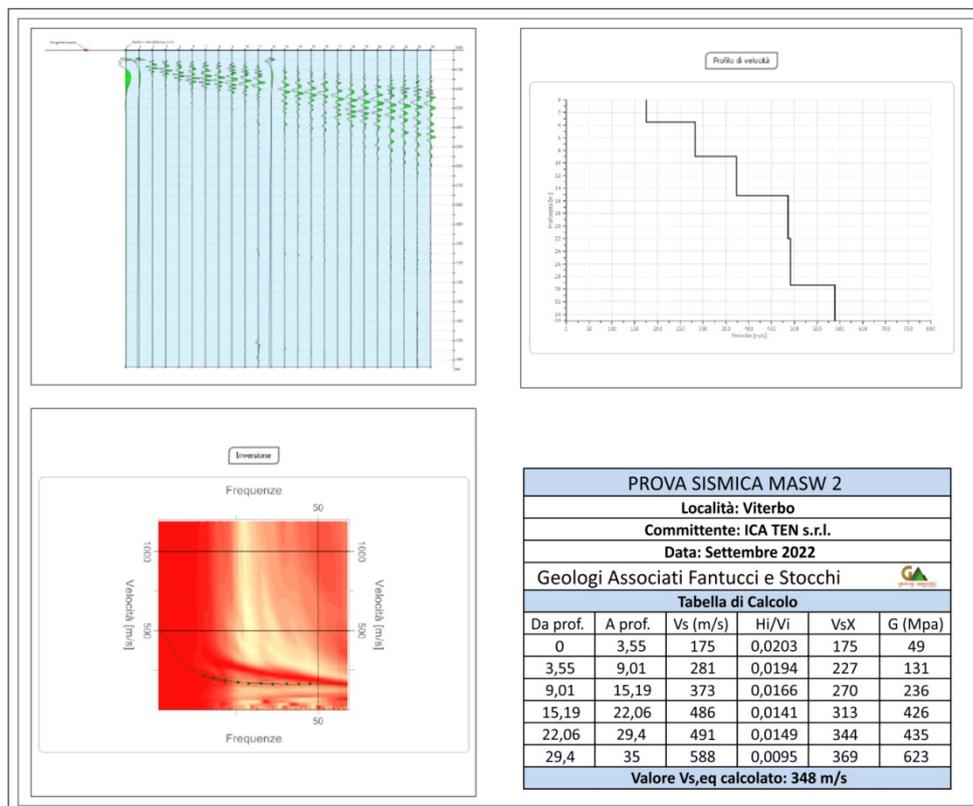


Fig. 17 – M.A.S.W. 2

In particolare, nella definizione della pericolosità sismica sono stati considerati i dati del progetto S1-INGV, variabili in funzione delle coordinate geografiche, interpolate con la griglia realizzata per tutto il territorio nazionale in base al D.M. 14-01-2008.

In funzione delle coordinate geografiche specifiche del sito (Lat N 42.467545° – Long E 11.963160°) sono stati quindi calcolati i parametri sismici a_g , F_0 e T_c^* , k_h , k_v ed a_{max} per i diversi tempi di ritorno T_R (da 30 a 975 anni); nel calcolo dei coefficienti è stata ipotizzata un'opera di Classe II, un terreno di fondazione (suolo C), un assetto topografico (categoria T1) ed una vita nominale V_n pari a 50 anni.

Nelle seguenti tabelle sono riportati in grassetto i valori per lo SLV corrispondente ad un tempo di ritorno T_R 475 anni.

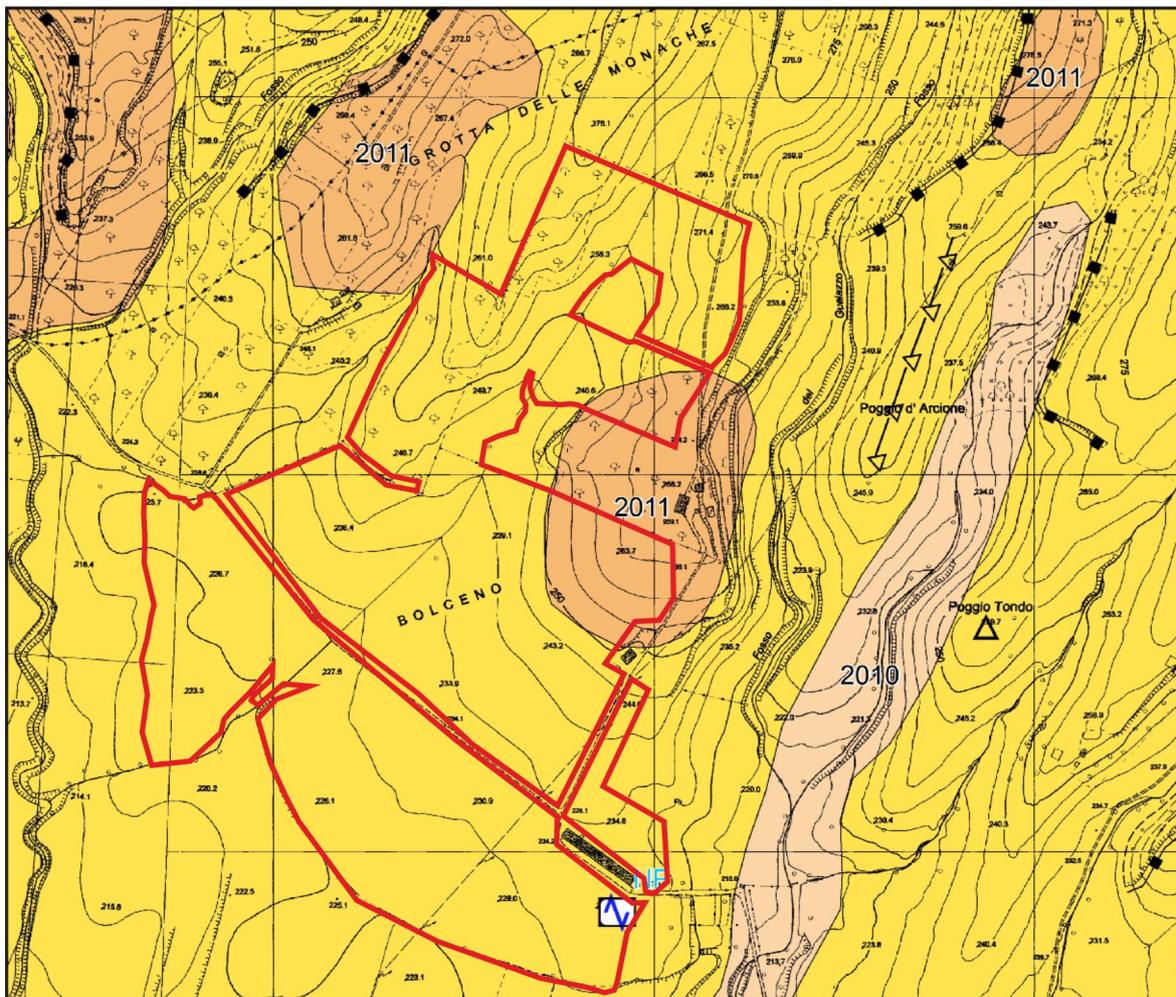
TABELLA PARAMETRI SISMICI DI SITO

STATO LIMITE	T_R (Anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)	C_c	T_b (s)	T_c (s)	T_d (s)	S_s	S_T	S
SLO	30	0,047	2,458	0,251	1,658	0,139	0,416	1,788	1,500	1,000	1,500
SLD	50	0,059	2,500	0,258	1,641	0,141	0,424	1,835	1,500	1,000	1,500
SLV	475	0,140	2,489	0,283	1,592	0,150	0,451	2,161	1,490	1,000	1,490
SLC	975	0,175	2,521	0,289	1,582	0,152	0,457	2,301	1,435	1,000	1,435

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,013	0,016	0,050	0,060
k_v	0,006	0,008	0,025	0,030
A_{max} [m/s²]	0,689	0,865	2,049	2,465
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Il comune di Viterbo è dotato di uno studio di Microzonazione Sismica di Livello I, validata dalla Regione Lazio, di cui si allega uno stralcio della carta delle MOPS con l'area indagata ([fig. 18](#)).

Da tale studio si nota che il sito rientra in zona stabile soggetta ad amplificazione sismica (codici 2008 zona con tufi cineritici e 2011 zona con alluvioni terrazzate).



LEGENDA



Ubicazione area d'indagine



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 Zona 1 2001	 Zona 10 2010
 Zona 2 2002	 Zona 11 2011
 Zona 3 2003	 Zona 12 2012
 Zona 4 2004	 Zona 13 2013
 Zona 5 2005	 Zona 14 2014
 Zona 6 2006	 Zona 15 2015
 Zona 7 2007	 Zona 16 2016
 Zona 8 2008	 Zona 17* 2017

Fig. 18 – Stralcio cartografia MOPS (MS1), scala 1:10.000

E' stata inoltre eseguita una prospezione sismica passiva metodo H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio - [fig. 19](#)) che misura il rumore sismico ambientale.

I risultati, visibili in allegato, ottenuti mediante l'impiego di un geofono triassiale EEG ed elaborati con software dedicato non ha evidenziato picchi di frequenza significativi.

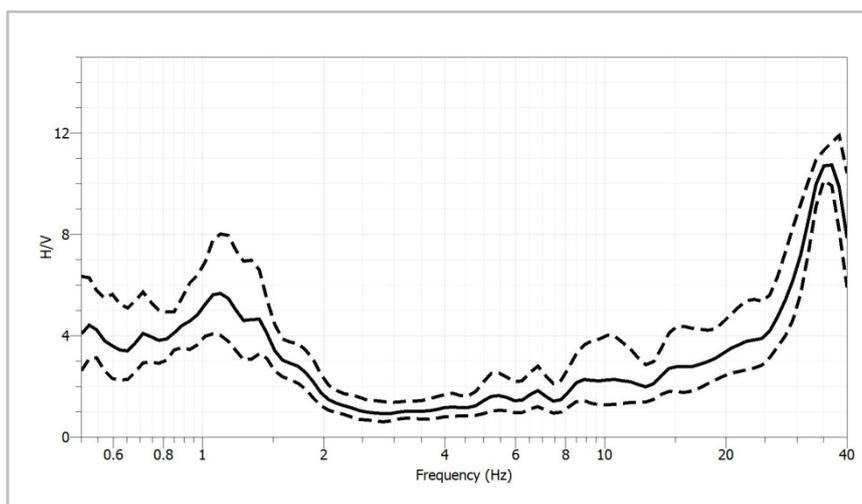


Fig. 19- HVSR

Per quanto riguarda il rischio di liquefazione vista la profondità della falda acquifera maggiore ai 10 metri dal piano di campagna si esclude tale possibilità.

8) Modello geotecnico

Nell'ambito del presente studio sono state effettuate due prove penetrometriche tipo D.P.S.H, per la stima dell'assetto litostratigrafico del sito e delle principali proprietà geotecniche dei terreni in affioramento, come riportato nella carta delle Indagini ([fig. 20](#)) e negli allegati delle prove.

Il litotipo affiorante è composto da una coltre di terreni piroclastici a matrice fine, sabbio limosa, dotati di un grado di addensamento basso con una copertura di alterazione dello spessore di circa 1,5 metri.

Dal punto di vista idrogeologico il materiale affiorante si presenta poco permeabile per porosità.

L'orizzonte stratigrafico, riportato nella modellazione geologica ed i dati disponibili, ottenuti dalle indagini in situ, ha permesso la ricostruzione di un modello geotecnico con caratteristiche meccaniche mediocri.

L'attrezzatura utilizzata per le prove DPSH è dotata delle seguenti caratteristiche:

Peso del maglio	63,5 Kg
Altezza di caduta	0,75 m
Peso delle aste	6,35 Kg/m
Diametro punta	5,05 cm
Passo di avanzamento	0,20 m
Peso della testa di battuta	0,5 Kg

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche, per l'identificazione dei principali parametri geotecnici è stata condotta secondo le trattazioni seguenti:

Angolo di Attrito interno (Peck-Hanson&Thornburn)

Il metodo di Peck –Hanson&Thornburn è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 5 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 m per terreni in falda (pressione efficace inferiore a 8-10 t/mq).

$$\varphi = 27,2 + 0,28N_{spt}$$

Densità relativa (Schultze&Menzenbach)

Il metodo di Schultze&Menzenbach (1961) è valido per le sabbie da fini a ghiaiose, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di Dr(%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato.

$$\ln(Dr\%) = 0,478 \ln(N_{spt}) - 0,262 \ln(\sigma) + 2,84$$

Modulo Young (Stroud)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E(MPa) = \alpha N_{spt}$$

dove N_{spt} è il numero di colpi medio nello strato mentre α è una grandezza che varia in funzione di N_{spt} secondo la formula:

$$\alpha = -0.00107N_{spt}^2 + 0.136N_{spt} + 1.503.$$

Modulo di deformazione di taglio (Crespellani e Vannucchi)

Il metodo di Crespellani e Vannucchi, valido per le sabbie in generale, si basa sulla seguente relazione:

$$G_0(t/mq) = 794N_{spt}^{0,611}$$

Modulo Edometrico Incoerenti (Menzenbach e Malcev)

Il metodo di Menzenbach e Malcev è valido per le sabbie in genere. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di M con la profondità.

$$M(kg/cm^2) = 3,54N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia fine)}$$

$$M(kg/cm^2) = 4,46N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia media)}$$

$$M(kg/cm^2) = 10,46N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia + ghiaia)}$$

$$M(kg/cm^2) = 11,84N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia ghiaiosa)}$$

I valori delle prove penetrometriche sono stati sottoposti ad analisi statistica preliminare, per la definizione dei **parametri caratteristici** (basata su campione di dati limitato, con t di Student).

$$\varphi_k = \varphi_m - t_{n-1}^{0,05} \left(\frac{S_\varphi}{\sqrt{n}} \right)$$

dove:

φ_k	= valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio;
φ_m	= valore medio dell'angolo di resistenza al taglio;
n	= numero di misure;
s_{φ}, s_c	= deviazione = standard del campione;
$t_{n-1}^{0,05}$	= t di Student per n-1 gradi di libertà e probabilità di superamento del 5%

Il modello geotecnico è stato semplificato in un solo livello, dotato dei seguenti parametri geotecnici minimi, da considerare come caratteristici, trascurando cautelativamente lo strato superficiale, localmente più addensato e dello spessore di circa 1,5 metri.

LIVELLO A – Tufi fini sciolti	
Profondità dal p.c. (m)	da 0
Spessore indagato	6 m
Angolo di attrito interno	$\varphi'_k = 29^\circ$
Coesione drenata	$c'_k = 0$ kPa
Peso di volume naturale	$\gamma = 16,3$ kN/mc
Densità relativa	$D_r = 42$ %
Modulo Young	$E = 10.369$ kPa
Modulo edometrico	$E_d = 5.914$ kPa
Modulo di taglio	$G = 20.825$ kPa
N_{SPT} equivalente	$N_{SPT} = 5$

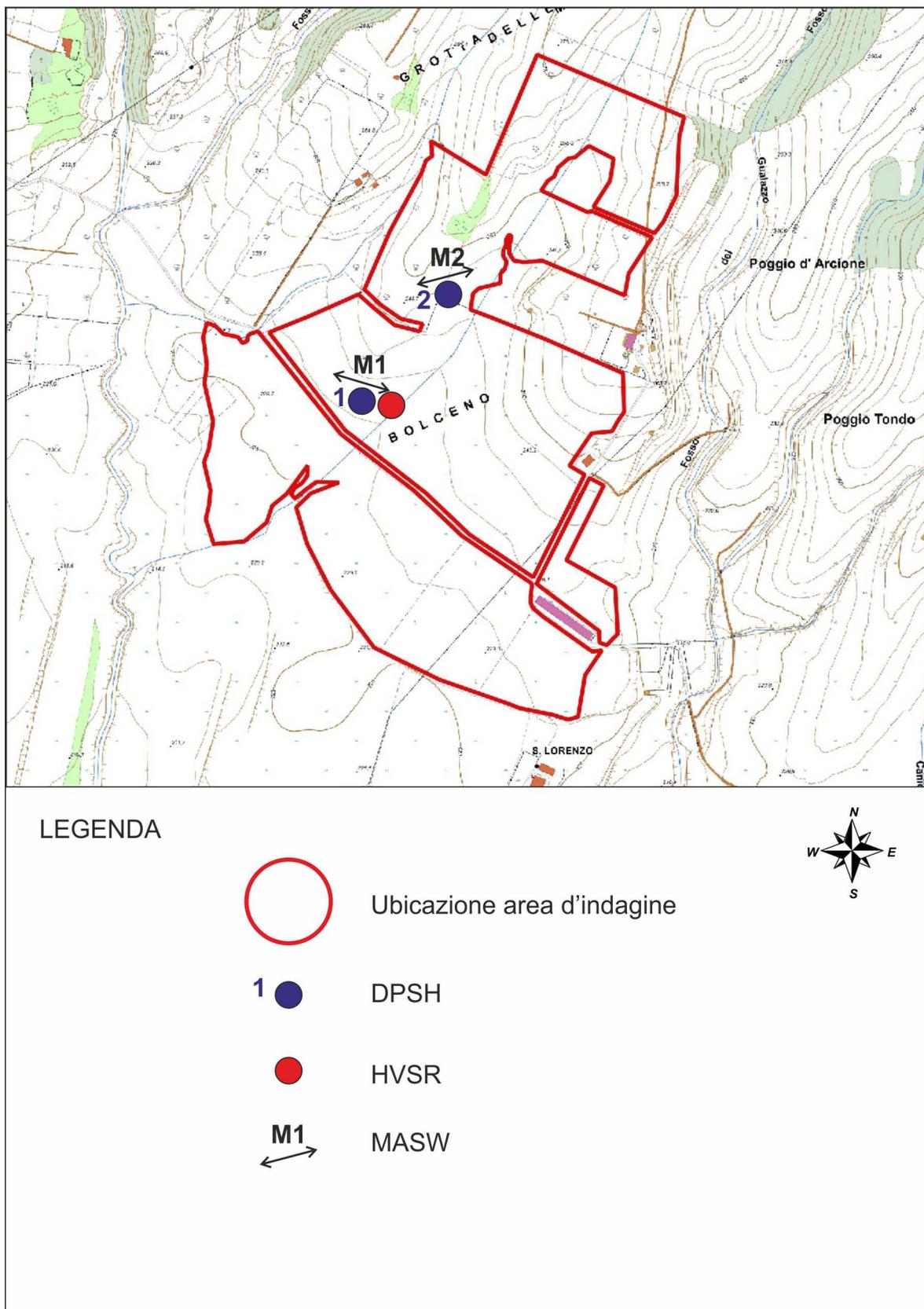


Fig. 20 – Carta delle indagini, scala 1:10.000

9) Note conclusive

Dai risultati dello studio eseguito possono essere schematizzate le seguenti note conclusive:

- La zona d'indagine si trova in località Bolceno, nel comune di Viterbo (VT), a circa 11 km in direzione nord ovest dal centro abitato, ad una quota media di circa 250 metri sul livello del mare.

Il terreno ricade in massima parte sul versante orientale del fosso Catenaccio ed in minor misura su quello del versante occidentale del fosso del Gualazzo, in una zona contraddistinta da una vallecchia con un impluvio, allungato in direzione sud ovest – nord est. Le pendenze variano da meno del 10 % nella porzione sud occidentale fino a valori intorno al 25-30% nella fascia centro - settentrionale. Il terreno è al riparo da esondazioni da parte dei due corsi d'acqua sopra citati. Si dovrà fare attenzione alla presenza dell'impluvio prima segnalato, che può raccogliere una quantità di acqua di ruscellamento non trascurabile durante piogge intense e/o prolungate. Poco ad est del sito sono presenti varie scarpate di origine fluviale, di modesta altezza, da tenere in considerazione durante l'installazione dell'impianto stesso.

- Sull'area affiora l'Unità di Monte Cardone (o tufi basali vulsini) molto diffusa su tutto il territorio, costituita da depositi piroclastici fini, cineritici, a matrice sabbio limosa, di colore avana giallastro, con basso grado di addensamento, dotati di proprietà geotecniche mediocri di una potenza minima intorno a una decina di metri.
- Dal punto di vista idrogeologico è segnalata una falda acquifera a circa 20 metri dal piano di campagna, con deflusso verso sud.

- La zona non è interessata da fenomeni franosi recenti o passati e non è segnalata come area a rischio dalla cartografia del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico degli ex Bacini Regionali del Lazio.
- Dal punto di vista sismico, le M.A.S.W. hanno rilevato un suolo C con un valore minimo delle $V_{s,eq}=344$ m/s; la prova H.V.S.R. non ha mostrato picchi di frequenza di risonanza significativi.
- Il sito ricade in gran parte in classe topografica T1 e nella cartografia della Microzonazione sismica di Livello 1 in aree stabili, suscettibili di amplificazione. Il terreno non è suscettibile a fenomeni di liquefazione sismica poiché la falda è più profonda di 10 metri.
- Il terreno, quindi, è ritenuto idoneo all'installazione dell'impianto fotovoltaico, considerando le caratteristiche fisiche rilevate in sito.

10) Bibliografia

- Carta Geologica d'Italia F°137 Viterbo – scala 1:100.000 e relative note illustrative
- Carta Geologica CARG F° 343 Toscana- scala 1:50.000 e relative note illustrative
- Carta Idrogeologica Regione Lazio 2012 – scala 1:250.000
- Capelli G., Mazza R., Gazzetti C. (2005): Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio.
- Locardi E., Lombardi G., Funiciello R., Parotto M. (1976): *The main volcanic groups of Latium (Italy): relations between structural evolution and petrogenesis*. Geologica Romana, vol. XV, pp 279-300.
- Ingegneria geotecnica e geologia applicata di F. Cetrara
- Prove Geotecniche In Situ di A. Bruschi



Dott. Geol. Rosanna Fantucci

Allegati

Prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H.

Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000



Geologi Associati Fantucci e Stocchi
Via Monte Nero 27
01100 Viterbo 0761826034

Committente: ICA TEN s.r.l.

Località: Viterbo

Data: 06/09/2022

Attrezzatura: PAgani TG 63 100 EMILIA

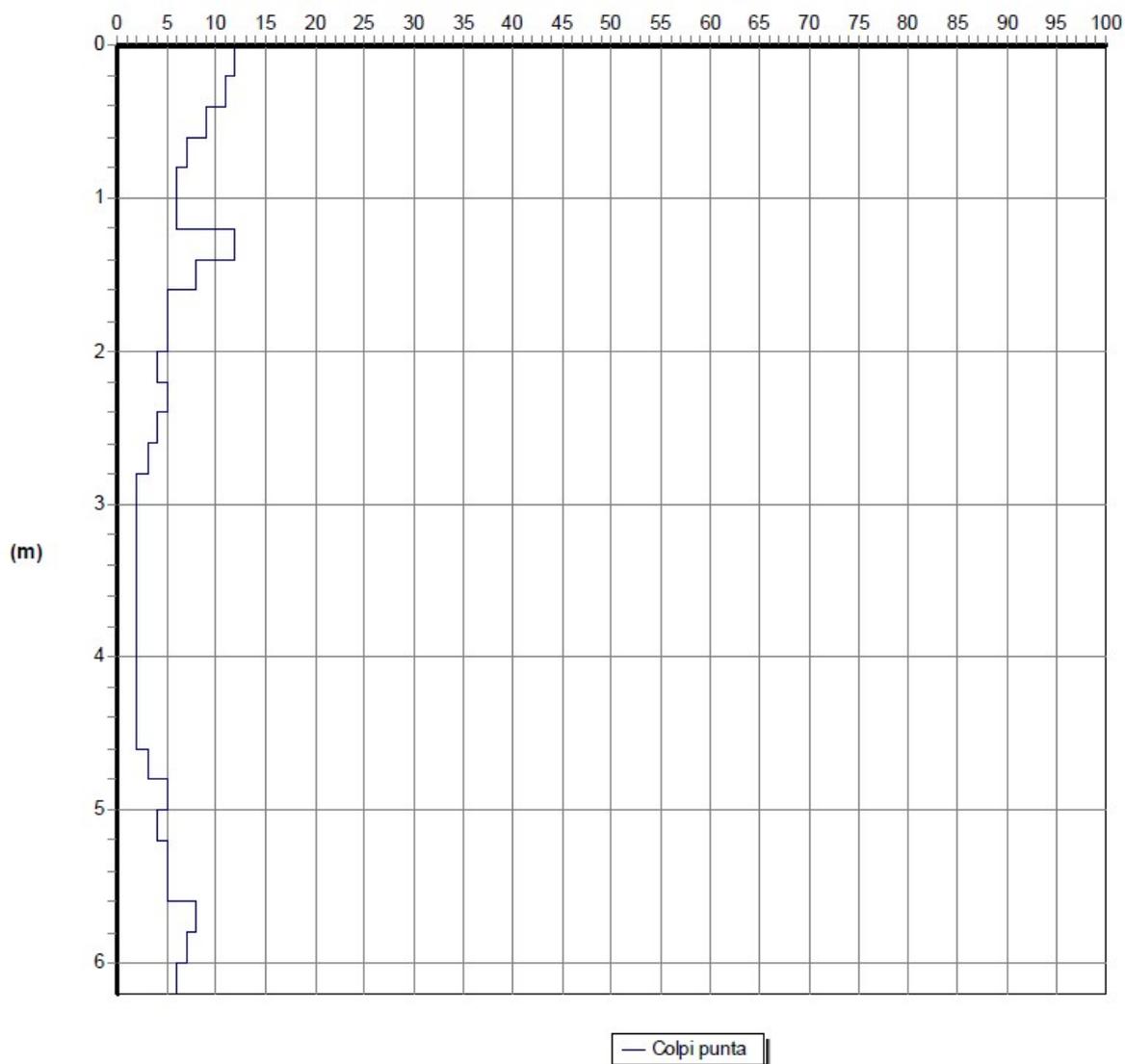
Note:

Quota(m):

Sigla: \P1

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Non rilevata





Geologi Associati Fantucci e Stocchi
Via Monte Nero 27
01100 Viterbo 0761826034

Committente: ICA TEN s.r.l.

Località: Viterbo

Data: 06/09/2022

Attrezzatura: PAgani TG 63 100 EMILIA

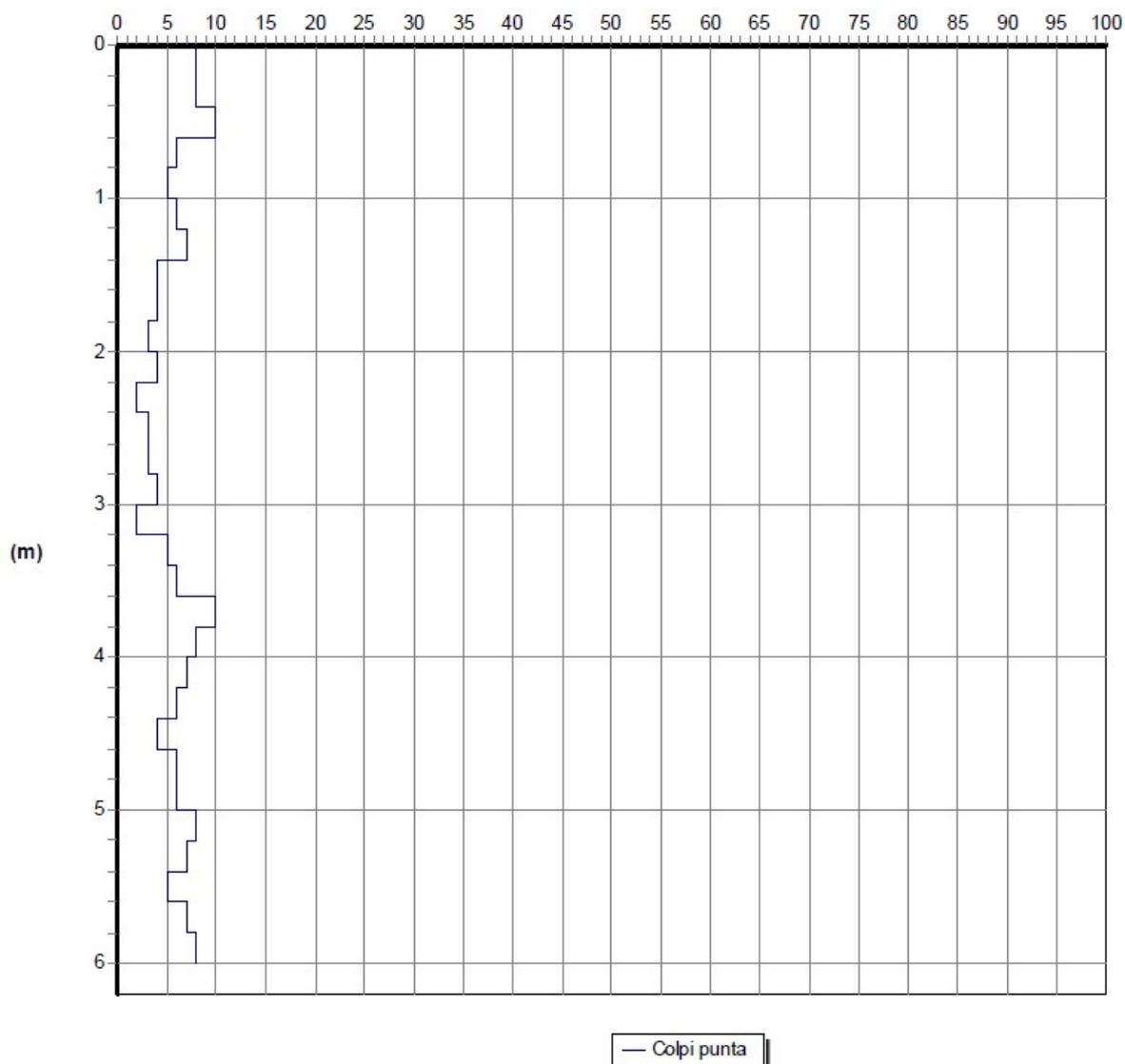
Note:

Quota(m):

Sigla: \P2

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Non rilevata





Geologi Associati Fantucci e Stocchi

Via Monte Nero 27

01100 Viterbo 0761826034

Committente: ICA TEN s.r.l.

Località: Viterbo

Data: 06/09/2022

Attrezzatura: PAGANI TG 63 100 EMILIA

Note:

Quota(m):

Sigla: \P1

Tabulato della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N.colpi del rivestimento	N. colpi SPT equivalenti	N. colpi del rivestimento corretto
0,2	12		18	
0,4	11		16	
0,6	9		13	
0,8	7		10	
1	6		9	
1,2	6		9	
1,4	12		18	
1,6	8		12	
1,8	5		7	
2	5		7	
2,2	4		6	
2,4	5		7	
2,6	4		6	
2,8	3		4	
3	2		3	
3,2	2		3	
3,4	2		3	
3,6	2		3	
3,8	2		3	
4	2		3	
4,2	2		3	
4,4	2		3	
4,6	2		3	
4,8	3		4	
5	5		7	
5,2	4		6	
5,4	5		7	
5,6	5		7	
5,8	8		12	
6	7		10	
6,2	6		9	



Geologi Associati Fantucci e Stocchi

Via Monte Nero 27

01100 Viterbo 0761826034

Committente: ICA TEN s.r.l.

Località: Viterbo

Data: 06/09/2022

Attrezzatura: PAGani TG 63 100 EMILIA

Note:

Quota(m):

Sigla: \P2

Tabulato della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N.colpi del rivestimento	N. colpi SPT equivalenti	N. colpi del rivestimento corretto
0,2	8		12	
0,4	8		12	
0,6	10		15	
0,8	6		9	
1	5		7	
1,2	6		9	
1,4	7		10	
1,6	4		6	
1,8	4		6	
2	3		4	
2,2	4		6	
2,4	2		3	
2,6	3		4	
2,8	3		4	
3	4		6	
3,2	2		3	
3,4	5		7	
3,6	6		9	
3,8	10		15	
4	8		12	
4,2	7		10	
4,4	6		9	
4,6	4		6	
4,8	6		9	
5	6		9	
5,2	8		12	
5,4	7		10	
5,6	5		7	
5,8	7		10	
6	8		12	



Geologi Associati Fantucci e Stocchi

Via Monte Nero 27

01100 Viterbo 0761826034

Committente: ICA TEN s.r.l.

Località: Viterbo

Data: 06/09/2022

Attrezzatura: PAgani TG 63 100 EMILIA

Note:

Quota(m): Sigla: \P1

Metodi di calcolo dei parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Mod. edom. incoerenti (kPa)	Coesione non drenata (kPa)	Mod.edom. coesivi (kPa)	Densità relativa (%)	Modulo di Young (kPa)	Mod.dinamico di taglio incoerenti (kPa)	Mod.dinamico di taglio coesivi (kPa)	Rapporto di sovra consolidazione
1,6	Peck	Menzebach e Malcev Sabbia media			Schultze & Menzembach	Stroud	Crespellani e Vannucchi		
6,2	Peck	Menzebach e Malcev Sabbia media			Schultze & Menzembach	Stroud	Crespellani e Vannucchi		



Geologi Associati Fantucci e Stocchi

Via Monte Nero 27

01100 Viterbo 0761826034

Committente: ICA TEN s.r.l.

Località: Viterbo

Data: 06/09/2022

Attrezzatura: PAgani TG 63 100 EMILIA

Note:

Quota(m): Sigla: \P1

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (kN/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kPa)	Mod.edo incoerenti (kPa)	Coesione non drenata (kPa)	Mod.edom. coesivi (kPa)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kPa)	Pres. eff. a metà strato (kPa)
1,6	11	Suolo/Tufi alterati	112	0,26	30	15,8	85	30358	8538				33714	12,64
6,2	5	Tufi sciolti	134	0,07	29	16,3	42	10369	5914				20825	62,77

Profondità della falda (m): non rilevata



Geologi Associati Fantucci e Stocchi

Via Monte Nero 27

01100 Viterbo 0761826034

Committente: ICA TEN s.r.l.

Località: Viterbo

Data: 06/09/2022

Attrezzatura: PAgani TG 63 100 EMILIA

Note:

Quota(m): Sigla: \P2

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (kN/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kPa)	Mod.edo incoerenti (kPa)	Coesione non drenata (kPa)	Mod.edom. coesivi (kPa)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kPa)	Pres. eff. a metà strato (kPa)
1,4	9	Suolo/Tufi alterati	105	0,22	30	15,8	85	22855	7663				29824	11,06
6	7	Tufi sciolti	140	0,1	29	16,3	49	16175	6788				25579	59,61

Profondità della falda (m): non rilevata