

STUDIO
DR. SILVANO BECATTELLI
GEOLOGO

53036 POGGIBONSI (SI) – VIA GORIZIA N. 8A – TEL. 0577 936295
E-MAIL: INFO@STUDIOBECATTELLI.IT PEC: STUDIOBECATTELLI@PEC.IT

Spett.le
SESTA LAB
CO.SVI.G. S.R.L.
S.P. 35 km 2,7
53030 RADICONDOLI (SI)

**CAMPAGNA GEOGNOSTICA E STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL
PROGETTO DI INSTALLAZIONE DI UNA CELLA DI TEST (DENOMINATA CELLA 3)
PRESSO LO STABILIMENTO SESTA LAB, NEL TERRITORIO COMUNALE DI
RADICONDOLI (SIENA), ANCHE AI FINI DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO.**

RELAZIONE GEOLOGICA

(ai sensi D.M. 17.01.2018 - *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*, D.P.G.R. n. 36/R del 09.07.2009 - *Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della Legge Regionale 3 Gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*)

Responsabile progetto e D.O.: *Ing. Paolo Bonacorsi per M&E s.r.l. - Firenze*
Progetto opere strutturali: *Ing. Matteo Segnini - Firenze*

Poggibonsi, Luglio 2018

DR. GEOL. SILVANO BECATTELLI



Silvano Becatelli

INDICE

1. PREMESSA	Pag. 4
2. NOTE GEOLOGICHE, ASSETTO TETTONICO-STRUTTURALE E SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA	Pag. 7
2.1 <i>Cenni di geologia regionale</i>	
2.2 <i>Successione litostratigrafica locale</i>	
2.3 <i>Tettonica</i>	
3. NOTE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	Pag. 10
3.1 <i>Note geomorfologiche</i>	
3.2 <i>Note idrogeologiche e vulnerabilità degli acquiferi</i>	
4. VINCOLO IDROGEOLOGICO	Pag. 11
5. PERICOLOSITÀ DI P.R.G.	Pag. 14
6. STRATIGRAFIE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	Pag. 18
6.1 <i>Risultati del sondaggio geognostico</i>	
6.2 <i>Risultati dell'indagine geofisica</i>	
7. PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL SOTTOSUOLO	Pag. 23
8. ELABORAZIONE DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI E DEI DATI GEOFISICI	Pag. 27
8.1 <i>Elaborazione dei parametri fisico-meccanici</i>	
8.2 <i>Elaborazione dei dati geofisici</i>	
9. RIUTILIZZO DELLE TERRE DERIVANTI DALLO SCAVO	Pag. 31
10. NOTE FINALI SULL'INTERVENTO PREVISTO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 32

INDICE DELLE TAVOLE DEL TESTO

TAVOLA 1 : Corografia generale dell'area	(Scala 1:25.000;1:10.000)
TAVOLA 2 : Carta geologica	(Scala 1:10.000)
TAVOLA 3 : Carta geomorfologica	(Scala 1:10.000)
TAVOLA 4 : Carta della sensibilità degli acquiferi del PTC	(Scala 1:10.000)
TAVOLA 5 : Carta della pericolosità idraulica	(Scala 1:10.000)
TAVOLA 6 : Carta della pericolosità geomorfologica	(Scala 1:10.000)
TAVOLA 7 : Carta di tutela del territorio	(Scala 1:10.000)
TAVOLA 8 : Foto aerea dell'area Sesta Lab con ubicazione della Cella 3 in progetto, del sondaggio geognostico eseguito nel 2018 (S.1-2018), dei sondaggi geognostici eseguiti nel 2016 (S.1-2016, S.2-2016), dell'indagine geofisica down hole (DH) e della traccia della sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa (A-A')	(Scala 1:500)
TAVOLA 9 : Stratigrafia del sondaggio S.1-2018	
TAVOLA 10 : Sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa A-A'	(Scala 1:100)
TAVOLA 11 : Risultati delle analisi di laboratorio (Campagna 2018)	
TAVOLA 12 : Risultati delle analisi di laboratorio (Campagna 2016)	
TAVOLA 13 : Carpenteria delle fondazioni	(Scala 1:100)

INDICE DEGLI ALLEGATI DEL TESTO

1. Documentazione fotografica del sondaggio S.1-2018.
2. *Relazione tecnica sulle indagini geofisiche* eseguite per il Dr. Geol. M. Cugini presso la centrale Sesta Lab, Radicondoli - Siena (*GeoTirreno s.r.l.* - Massa, 2015).
3. Certificazioni delle analisi di laboratorio (*Pangeo* – Poggibonsi, 2018, 2016).
4. Determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici.
5. Certificazioni delle analisi chimiche (*Gracci Laboratori s.r.l.* - Empoli, 2018).
6. Aree a Vincolo Idrogeologico (da Regione Toscana - SITA).

1. PREMESSA

Per incarico di **Sesta Lab - CO.SVI.G. s.r.l.**, dopo aver preso visione delle tavole progettuali redatte dall'**Ing. Paolo Bonacorsi** per la **M&E s.r.l.** ed aver preso gli opportuni contatti con il tecnico progettista delle strutture, **Ing. Matteo Segnini**, è stata portata a termine una campagna geognostica e redatta la presente relazione geologica inerente i terreni interessati dal progetto di realizzazione di **una cella di test (denominata Cella 3)**, all'interno dello stabilimento **Sesta Lab**, nel territorio comunale di Radicondoli - Siena (V. Tavv. 1 e 8).

La presente relazione costituisce quindi la necessaria **RELAZIONE GEOLOGICA** ai sensi del **D.M. 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"** e del **D.P.G.R. n. 36/R del 09.07.2009 - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della Legge Regionale 3 Gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico**, contenenti la normativa tecnica per costruzioni in zona sismica.

In tal senso, come comunicatici dal progettista delle opere strutturali, **Ing. M. Segnini**, il **Tipo di Costruzione** è il **Tipo 2**, con **Vita Nominale $V_n \geq 50$ anni**, la **Classe d'Uso** è la **II Classe**, il **Coefficiente d'uso** è **$C_u = 1,0$** , la **Vita di riferimento** è **$V_r \geq 50$ anni** e la **Categoria di superficie topografica** è la **T1**, mentre la **Categoria di Sottosuolo** individuata, come di seguito specificato, è la **Categoria B**. Si ricorda inoltre che il Comune di Radicondoli è stato posto in **Zona 3, Sottozona 3.4** (accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni a_g/g variabile tra 0,125 e 0,150) dalla **D.G.R.T. n. 421 del 26.05.2014**.

Poiché l'area in oggetto ricade in zona su cui è stato imposto il **vincolo idrogeologico** dal Corpo Forestale dello Stato (ai sensi dell'Art. 1 - Tit. 1 - Cap. 1 del **R.D. n. 3267 del 30.12.1923**), la presente relazione è stata opportunamente commisurata ed approfondita tenendo conto anche della **L.R. n. 39 del 21.03.2000 (Legge Forestale della Toscana)** ed ai sensi dell'Art. 75 del **D.P.G.R. n. 48/R del 08.08.2003 "Regolamento forestale della Toscana"** e s.m.i.

Come visibile nelle tavole di progetto, l'intervento in studio prevede la realizzazione di un fabbricato da destinare a cella di test (denominata **Cella 3**), costituito di due parti, quella di dimensioni maggiori avrà pianta rettangolare di 6,00 m x 14,00 m ed un piano fuori terra con altezza massima di 6,80 m; quella minore, adiacente alla precedente lungo il lato maggiore, avrà pianta all'incirca rettangolare di 5,20 x 14,00 m con altezza massima di 3,90 m. Il manufatto sarà realizzato nel piazzale dello stabilimento Sesta Lab, in adiacenza all'edificio esistente che ospita il compressore principale, ed avrà un volume lordo complessivo di 850 mc circa. Per tutti i chiarimenti sui dati tipologici e dimensionali si rimanda ovviamente alle tavole di progetto ed alle relazioni tecniche redatte dall'**Ing. P. Bonacorsi** e dall'**Ing. M. Segnini**, cui quanto segue farà sempre esplicito riferimento.

Il presente studio segue le indagini eseguite nel 2016 per **M&E s.r.l.** e relative alla realizzazione di un serbatoio interrato all'interno dello stesso stabilimento ("**Campagna geognostica e studio geologico di supporto al progetto di installazione di un serbatoio interrato per carburante jet-a1 avio da ubicarsi nello stabilimento Sesta Lab, nel territorio comunale di Radicondoli (Siena)**", Settembre 2016). Ne conseguono pertanto una serie di ovvie ripetizioni, trattandosi di indagini condotte, in definitiva, in una stessa area e quindi con le stesse caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e, di conseguenza, geologico-tecniche.

Lo studio attuale ha permesso quindi di relazionare, viste le tavole progettuali relative, sull'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geologico-tecnico dei terreni interessati, prima e a seguito degli interventi previsti.

Per la redazione delle note che seguono, quanto emerso dai sopralluoghi e rilievi eseguiti è stato integrato con i risultati della campagna geognostica recentemente eseguita nell'area di intervento (**n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo** eseguito mediante sonda a rotazione, **S.1-2018** di Tav. 8) e di quella eseguita nel 2016 all'interno dello stesso stabilimento (**n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo**, **S.1-2016** e **S.2-2016** di Tav. 8). Sono stati inoltre utilizzati i dati ricavati dalle indagini eseguite per **Sesta Lab - CO.SVI.G.** in un'area limitrofa a quella di intervento, grazie alla gentile concessione del **Dr. Geol. Marco Cugini** che le ha redatte nel 2016 (**n. 1 sondaggio geognostico e n. 1 prova geofisica in foro down-hole, DH** di Tav. 8, di cui si riporta nell'Allegato 2 la relazione tecnica sulle indagini geofisiche). È stato altresì tenuto conto del "**Piano Strutturale - Indagini geologiche**" del Comune di Radicondoli, redatte dal **Dr. Geol. E. Vannini** e dal **Dr. Geol. M. Cartocci** e comprendenti l'area in oggetto.

In funzione della prevista costruzione della **Cella 3**, l'area di intervento è stata sottoposta ad accurato rilievo geologico e geolitologico, nonché geomorfologico e, sulla base dei dati ricavati, geologico-tecnico. Nelle Tavole 2 e 3 che seguono nella presente relazione sono stati riportati rispettivamente gli estratti della **Carta geologica** e della **Carta geomorfologica**, relativi alle aree in studio, facenti parte degli studi a supporto del Piano Strutturale (Tav. 2 - **Carta geolitologica** e Tav. 3 - **Carta geomorfologica**, entrambe alla scala 1:10.000).

Per ciò che concerne la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, è stato riportato in Tavola 4 (**Carta della sensibilità degli acquiferi del PTC**) alla scala 1:10.000, che segue, un estratto della *Tavola ST IG 1 - Carta della sensibilità degli acquiferi* del PTC 2010 della Provincia di Siena, approvato con D.C.P. n. 124 del 14.12.2011, dalla quale emerge che l'area di intervento non ricade in *aree sensibili di classe 1* o di *classe 2*, per cui non è soggetta alla Disciplina del suddetto PTC 2010.

In relazione alla pericolosità idraulica, nella Tavola 5 alla scala 1:10.000, che segue, è stato riportato un estratto della **Carta della pericolosità idraulica**, cartografia facente parte delle Indagini a supporto del Piano Strutturale, nella quale la zona in studio ricade interamente in **Classe 1** di pericolosità idraulica (*"Pericolosità idraulica irrilevante"*), trattandosi di un'area collinare, in posizione di alto morfologico, nella quale non sono conosciute notizie storiche di precedenti inondazioni.

Relativamente alla pericolosità geomorfologica, è stato riportato nella Tavola 6 alla scala 1:10.000, che segue, un estratto della **Carta della pericolosità geomorfologica**, anch'essa facente parte delle citate Indagini. Come visibile nella Tavola 6, la zona del manufatto in progetto ricade in **Classe 2** di pericolosità geomorfologica, e cioè a *Pericolosità geomorfologica bassa*.

Come infine visibile nella Tavola 7 che segue, alla scala 1:10.000, sono state riportate le perimetrazioni di pericolosità idraulica e di pericolosità geomorfologica riportate nella *Carta di tutela del territorio* facente parte del **Piano di Assetto Idrogeologico** (P.A.I.) del Bacino Toscana Costa. Come visibile nelle stesse Carte, l'area di intervento non ricade né in aree definite *P.I.M.E. – Aree a pericolosità idraulica molto elevata* o *P.I.E. – Aree a pericolosità idraulica elevata* di pericolosità idraulica né in aree definite *P.F.M.E. – Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata* o *P.F.E. – Aree a pericolosità geomorfologica elevata*.

Per quanto concerne il rispetto del **D.P.G.R. n. 36/R del 09.07.2009**, secondo quanto riportato nel Comma 3 dell'Art. 7 *"Classi di indagine geologiche, geofisiche e geotecniche"* di tale Decreto, la *Classe di indagine* attribuita all'intervento previsto (realizzazione di un fabbricato destinato a cella di test di 850 mc circa) è la **Classe d'indagine n. 2**, riferita alle opere con volume lordo superiore a 150 mc ed inferiore a 1500 mc.

Nel caso in esame, le indagini dirette recentemente eseguite in corrispondenza del manufatto in progetto (*n. 1 sondaggio geognostico*) e quelle dirette ed indirette eseguite in aree limitrofe nel 2015-2016 (*n. 3 sondaggi geognostici e n. 1 indagine geofisica down-hole con onde P ed S fino a -30 m di profondità*) costituiscono evidentemente l'indagine richiesta dalla normativa in oggetto sopra citata, consentendo una sufficiente definizione della successione stratigrafica dei terreni di fondazione e delle loro caratteristiche fisico-meccaniche, come richiesto dalla classificazione di pericolosità geomorfologica (*Classe 2*) dell'area.

2. NOTE GEOLOGICHE, ASSETTO TETTONICO-STRUTTURALE E SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

Nella Tavola 2 alla scala 1:10.000, che segue, è riportato graficamente un estratto della **Carta geologica** facente parte delle citate indagini geologico-tecniche a supporto del Piano Strutturale del Comune di Radicondoli, comprendente un'ampia zona all'intorno dell'area in oggetto.

L'area si trova collocata all'interno dello stabilimento *Sesta Lab*, nel Comune di Radicondoli, a W del capoluogo comunale. Più precisamente la zona di intervento è posta, sul rilievo collinare del Bosco delle Roghicce presso la Loc. Fattoria Sesta, sul versante che degrada ad E verso il fondovalle del F.so Petriolo, alla quota di 423 m circa sul livello del mare.

Per un inquadramento cartografico, l'area è compresa nel Foglio 295, Sezione II "Pomarance" alla scala 1:25.000 della Carta d'Italia.

2.1 Cenni di geologia regionale

I rapporti geometrici tra le unità tettoniche presenti nell'area in esame sono la risultante di movimenti verificatisi in regimi tettonici diversi, che hanno portato, in fasi successive, all'attuale assetto strutturale. In quest'area sono infatti riconoscibili due stili tettonici principali. Il primo stile, caratterizzato da movimenti orizzontali in regime di compressione, è legato alle fasi tettonogenetiche del corrugamento appenninico, mentre durante il secondo si verificano dislocazioni prevalentemente verticali in regime di distensione.

Tali fenomeni si erano già impostati nel Cretaceo superiore, ma è stato nel Miocene inferiore che alcune unità "liguri", depositate in un bacino compreso tra l'attuale Corsica e la Liguria, a basamento oceanico, sono state abbinate su bacini a basamento continentale (Serie Toscana), interrompendone la sedimentazione e provocando un infaldamento di parte dei terreni di quest'ultimi (Falda Toscana).

Questi grandi fenomeni tettonici hanno comportato intense deformazioni plastiche nei terreni coinvolti, che si sono manifestate in pieghe di varia dimensione vergenti verso NE e in numerose faglie e fratture, anche di notevole sviluppo, disposte generalmente in senso normale (NW-SE) e in senso parallelo (SW-NE) alla vergenza.

Al secondo stile tettonico citato è riferibile la formazione dei bacini neautoctoni della Toscana; il quadro tettonico è caratterizzato da dislocazioni a carattere rigido distensivo a componente verticale, attribuibili alle fasi tardo-orogenetiche, successive al corrugamento della Catena Appenninica. E' in questa fase distensiva che si ha la formazione di alti e bassi strutturali (bacini), separati da faglie dirette ad andamento appenninico NNW-SSE, spesso interrotte da altre faglie ad andamento antiappenninico OSO-ENE.

Nelle aree strutturalmente più depresse si formano, in un primo momento (Miocene superiore), bacini lacustri e, successivamente, con l'accentuarsi degli sprofondamenti a partire dalla trasgressione del Pliocene, bacini lagunari e marini nei quali si accumulano sedimenti prevalentemente clastici del Complesso Neautoctono. Il generale sollevamento si ha nel Pleistocene, con movimenti verticali di alcune centinaia di metri. Le alluvioni si sono disposte indifferentemente al di sopra di tutte le Formazioni precedenti.

2.2 Successione stratigrafica locale

Da un punto di vista stratigrafico, nella porzione delle Colline Metallifere circostante la zona di intervento affiorano le Formazioni appartenenti a varie Unità tettoniche, ovvero il Complesso dei *Depositi Continentali Recenti*, rappresentato dai **Detriti della Formazione cpM** e dai **Depositi continentali fluvio-lacustri (dcpM e a di Tav. 2** rispettivamente), il *Complesso Neautoctono*, rappresentato dalle **Sabbie e arenarie** e dai **Conglomerati** (rispettivamente **ps** e **pc** di Tav. 2) del ciclo marino pliocenico, il *Complesso Ofiolitifero* con le **Argille a Palombini (cP** di Tav. 2) ed il *Complesso del Flysch di Monteverdi Marittimo* con il **Flysch calcareo marnoso di Monteverdi M.mo (cpM** di Tav. 2).

Complesso del Flysch di Monteverdi Marittimo

Il **Flysch calcareo marnoso di Monteverdi M.mo (cpM** di Tav. 2) costituisce estesi affioramenti sormontati dalle *Argille a Palombini*. Si presenta costituita da sequenze torbiditiche arenaceo-calcareo-marnose, talora molto potenti, in cui sono scarsamente rappresentati i litotipi a granulometria più grossolana. Il rapporto fra arenarie e peliti è infatti nettamente a favore di queste ultime.

La base delle sequenze è generalmente costituita da calcari detritici o da arenarie calcarifere con laminazione piano-parallela. Gli strati arenacei passano verso l'alto ad una marna (o ad un calcare marnoso) e poi ad una siltite che sfuma a sua volta in un'argillite.

Sebbene nella *Carta geologica* della Tav. 2 sia riportata, in corrispondenza dell'area di intervento, la presenza in affioramento di sedimenti detritici di età quaternaria (**dcpM** di Tav. 2), la terebrazione portata a termine in corrispondenza del futuro edificio ha invece evidenziato l'esistenza, al di sotto della

pavimentazione del piazzale e di uno strato superficiale di terreno di riporto per uno spessore di 2,00 m, direttamente dei litotipi del *Flysch di Monteverdi M.mo* (**cpM** di Tav. 2), localmente costituiti prevalentemente da argilliti alterate grigie e grigio-scure con frammenti e livelli di calcari, arenarie ed argilliti.

Complesso Ofiolitifero

Le **Argille a Palombini** (**cP** di Tav. 2), che rappresentano il litotipo più diffuso dell'Unità tettonica ed affiorano in varie porzioni del territorio, sono costituite da calcilutiti grigio ferro ("*Palombini*") e banchi e strati di argilliti laminitiche grigio-marroni molto scure; decisamente subordinati a questi, si ritrovano anche strati di calcilutiti marnose grigio-scuro, calcareniti arenacee e quarzareniti e siltiti gradate. Generalmente la frazione argillitica prevale sui calcari, che si presentano spesso fratturati e dislocati.

Complesso Neoautoctono

Il *Complesso Neoautoctono* si suddivide in un *Ciclo marino*, di età pliocenica, ed in un *Ciclo lacustre*, di età miocenica.

Ciclo Marino Pliocenico

I **Conglomerati** (**pc** di Tav. 2) sono formati, litologicamente e geopedologicamente, da elementi ben arrotondati ed appiattiti, eterometrici (con diametro medio variabile tra 3 e 10 cm) ed eterogenei. In generale la natura degli elementi è strettamente connessa alla natura degli affioramenti di substrato nelle vicinanze. La matrice, talora scarsa, e a livelli abbondante, è sabbiosa. La stratificazione non è sempre evidente, talora il deposito tende a riempire delle depressioni e fessure preesistenti nel substrato e a seguirne l'andamento. In alcuni punti il deposito si dispone mantenendo l'inclinazione del terreno su cui si deposita.

Depositi Continentali Recenti

Delle formazioni appartenenti ai *Depositi Continentali Recenti* sono presenti in affioramento i **Depositi continentali fluvio-lacustri** (**a** di Tav. 2). Si tratta di depositi caratterizzati, litologicamente, da percentuali variabili di argilla, limo, sabbia e ciottoli, ma con netta prevalenza di livelli psammitici e psammitici. La stratificazione, visibile soltanto lungo le sponde dei corsi d'acqua, è irregolare, con frequenti contatti eteropici tra i vari livelli. Lo spessore della copertura alluvionale è solitamente maggiore in vicinanza al corso d'acqua, mentre si assottiglia fino a zero alle estremità.

Sopra tutti i terreni sono inoltre presenti lembi detritici, generici o attribuibili alle Formazioni circostanti, per cui, da un punto di vista litologico, riflettono la composizione delle Formazioni da cui derivano. Localmente prevalgono i **detriti della F.ne del Flysch calcareo marnoso di Monteverdi M.mo** (**dcpM** di Tav. 2).

Come sopra accennato, seppure la *Carta geologica* della Tav. 2 indichi la presenza in affioramento, in corrispondenza dell'area di intervento, di tali sedimenti detritici, il sondaggio geognostico portato a termine ha invece evidenziato la presenza direttamente dei litotipi del *Flysch di Monteverdi M.mo* (**cpM** di Tav. 2), localmente costituiti prevalentemente da argilliti ed argilliti alterate grigie e grigio-scure con frammenti e livelli di calcari grigi.

2.3 Tettonica

Come precedentemente descritto, il territorio ha una morfologia derivante dalla struttura tettonica negativa su cui si è imposta tutta la sedimentazione pliocenica. I terreni del substrato e quelli del riempimento della fossa sono interessati da una fitta rete di dislocazioni rigide che hanno orientazione sia NNW-SSE (cioè appenninica) che NNE-SSW (antiappenninica).

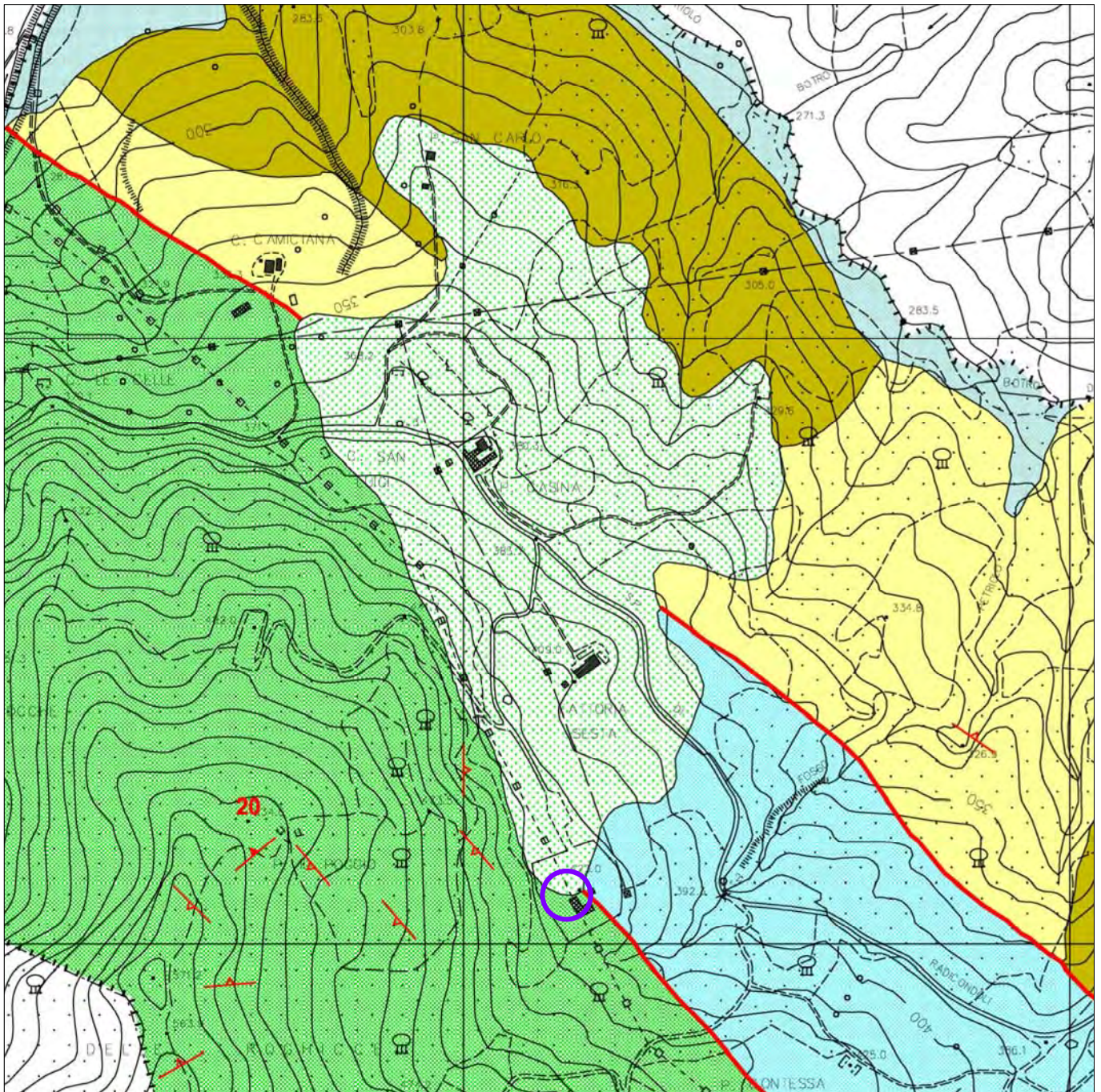
Nell'area investigata è stata rilevata la presenza di alcune di tali dislocazioni, una delle quali passa a circa 20 m ad Est dell'area di intervento.

TAVOLA 2











Carta geologica

(da: *Indagini geologiche - Piano Strutturale* del Comune di Radicondoli, Dr. Geol. E. Vannini)

Scala 1:10.000



LEGENDA

-  dcpM DETRITI DELLA FORMAZIONE cpM
-  a DEPOSITI CONTINENTALI FLUVIO LACUSTRI
-  ps SABBIE E ARENARIE
-  pc CONGLOMERATI
-  cP ARGILLE A PALOMBINI
-  cpM FLYSCH CALCAREO MARNOSO DI MONTEVERDI M.MO
-  CONTATTI STRATIGRAFICI
-  FAGLIE DIRETTE
-  Direzione ed immersione degli strati (immersione sconosciuta)
-  Direzione ed immersione degli strati (polarità sconosciuta)



Area in studio

3. NOTE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Nella Tavola 3 alla scala 1:10.000, che segue, è stato riportato un estratto della **Carta geomorfologica** relativa ai citati Studi geologici di supporto al Piano Strutturale di Radicondoli, sulla quale sono riportati gli accidenti geomorfologici più rilevanti, nel caso caratterizzati da forme e processi di versante molto semplici e comunque tipici della zona.

Come già indicato in premessa, l'intervento in studio prevede la realizzazione di un fabbricato da destinare a cella di test (denominata *Cella 3*), costituito di due parti, quella di dimensioni maggiori avrà pianta rettangolare di 6,00 m x 14,00 m ed un piano fuori terra con altezza massima di 6,80 m; quella minore, adiacente alla precedente lungo il lato maggiore, avrà pianta all'incirca rettangolare di 5,20 x 14,00 m con altezza massima di 3,90 m. Il manufatto sarà realizzato nel piazzale dello stabilimento Sesta Lab, in adiacenza all'edificio esistente che ospita il compressore principale, ed avrà un volume lordo complessivo di 850 mc circa. Per tutti i chiarimenti sui dati tipologici e dimensionali si rimanda ovviamente alle tavole di progetto ed alle relazioni tecniche redatte dall'Ing. P. Bonacorsi e dall'Ing. M. Segnini, cui quanto segue farà sempre esplicito riferimento.

3.1 Note geomorfologiche

Come più volte accennato in precedenza, la zona di intervento è collocata all'interno dello stabilimento Sesta Lab, nel Comune di Radicondoli, a W del capoluogo comunale.

Più precisamente, l'area in esame è posta sul rilievo collinare del Bosco delle Roghicce presso la Loc. Fattoria Sesta, sul versante che degrada ad E verso il fondovalle del F.so Petriolo, nel bacino idrografico del F. Cecina, alla quota di 423 m circa sul livello del mare.

Trattandosi di rilievi collinari, raramente l'acclività è bassa: solamente sui fondovalle dei corsi d'acqua maggiori della zona (T. Pavone, F.so Petriolo, etc.) e sulle sommità dei rilievi le pendenze assumono valori inferiori al 10%, mentre i versanti incisi dai fossi minori assumono generalmente pendenze elevate, con valori che superano molto spesso il 20%, fino ad oltre il 50%.

Localmente, trattandosi di un piazzale di uno stabilimento industriale, la pendenza nell'area di intervento è praticamente nulla, mentre il versante soprastante presenta acclività che variano dal 15-20% fino ad oltre il 35%.

Le forme ed i processi di versante della zona sono quelli tipici delle colline della Toscana centrale, con un paesaggio generalmente ondulato, nel quale lo scorrimento superficiale delle acque produce una serie di incisioni tuttora in corso di approfondimento, che, in concomitanza con molti altri fattori, contribuisce a mettere talvolta in crisi la stabilità dei versanti, con la genesi di fenomeni di erosione superficiale e di dissesto.

La situazione attuale dell'area di intervento mostra chiaramente i segni di rimodellamenti del versante effettuati per meglio inserire gli insediamenti e le strutture dello stabilimento Sesta Lab, evidenziati da una serie di muri di sostegno in c.a., talora di altezza notevole, e da estesi piazzali suborizzontali.

La stessa presenza di uno strato di terreno rimaneggiato e/o di riporto di spessore notevole in corrispondenza del sondaggio geognostico eseguito (2,00 m) è diretta testimonianza della avvenuta esecuzione di tale tipologia di interventi nell'area in studio.

Allo stato attuale delle conoscenze non sono osservabili frane o altri fenomeni di movimenti di massa gravitativi, oppure di erosione, nell'area interessata dal fabbricato in progetto, per cui l'area di intervento è da considerarsi stabile.

Nelle indagini di Piano Strutturale sono comunque riportati alcuni fenomeni gravitativi sul versante che degrada verso il F.so Petriolo. Fra questi, il più prossimo alla zona della *Cella 3* in progetto (una corona di frana attiva) si trova a 200 m circa dall'area di intervento ed è quindi posta a distanza tale da non avere alcuna influenza su quanto previsto.

3.2 Note idrogeologiche e vulnerabilità degli acquiferi

Dal punto di vista idrologico, all'intorno dell'area in studio sono presenti numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio e di modeste dimensioni, con direzioni preferenziali di scorrimento influenzate dalle strutture tettoniche prevalenti ed orientate da NE-SW a N-S. Gli spartiacque sono generalmente marcati, continui e poco arcuati, dovendo seguire le direzioni imposte dalla tettonica dell'area. I fianchi di queste linee di poggi sono solcati da vallecicole affluenti agli impluvi maggiori, maggiormente incise laddove i terreni sono formati prevalentemente da sedimenti grossolani.

Dal punto di vista idrogeologico, il rilievo del livello della falda misurato nel foro del sondaggio S.1-2018, dotato di piezometro a tubo aperto, ha permesso di definire tale livello alla profondità di -3,95 m dal p.d.c., mentre i due sondaggi realizzati nello stesso piazzale nel 2016 avevano permesso di misurare il livello statico della falda a profondità di -1,82/1,91 m dal p.d.c. (S.1-2016) e a -1,68/2,95 m (S.2-2016). Tali livelli, anche se non in grado di inficiare quanto previsto, sono comunque attualmente da considerarsi attentamente in fase di scelta e dimensionamento delle strutture fondali del fabbricato in progetto ed in

fase esecutiva. Dovrà infatti essere prevista una risalita dell'acqua di falda di proporzioni anche notevoli, specialmente in seguito a precipitazioni abbondanti.

Per ciò che concerne la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, è stato riportato in Tavola 4 (**Carta della sensibilità degli acquiferi del PTC**) alla scala 1:10.000, che segue, un estratto della *Tavola ST IG 1 - Carta della sensibilità degli acquiferi del PTC 2010 della Provincia di Siena*, approvato con D.C.P. n. 124 del 14.12.2011, dalla quale emerge che l'area di intervento non ricade in *aree sensibili di classe 1* o di *classe 2*, per cui non è soggetta alla Disciplina del suddetto PTC 2010.

4. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Come indicato in premessa, lo stabilimento *Sesta Lab* ricade interamente all'interno delle aree soggette a **Vincolo Idrogeologico** (V. Allegato 6 con riportato un estratto delle aree a Vincolo Idrogeologico tratto dal Geoscopio della Regione Toscana). A tale proposito, nella zona interessata dalla *Cella 3* in progetto, allo stato attuale delle conoscenze, non sono osservabili frane o altri fenomeni rilevanti di movimenti di massa gravitativi oppure di erosione, per cui l'area di intervento è da considerarsi stabile.

Per quanto attiene alla regimazione delle acque superficiali, essendo l'area di intervento posta all'interno di un piazzale pavimentato con griglie di raccolta delle acque meteoriche, queste potranno essere smaltite seguendo le stesse direzioni preferenziali attuali, allo scopo di permettere un efficace smaltimento delle acque superficiali sopra citate, evitando il ristagno delle stesse.

Dal punto di vista idrogeologico, come sopra detto, il rilievo del livello della falda misurato nel foro del sondaggio S.1-2018, dotato di piezometro a tubo aperto, ha permesso di definire tale livello alla profondità di -3,95 m dal p.d.c., mentre i due sondaggi realizzati nello stesso piazzale nel 2016 avevano permesso di misurare il livello statico della falda a profondità di -1,82/1,91 m dal p.d.c. (S.1-2016) e a -1,68/2,95 m (S.2-2016). Tali livelli, anche se non in grado di inficiare quanto previsto, sono comunque attualmente da considerarsi attentamente in fase di scelta e dimensionamento delle strutture fondali del fabbricato in progetto ed in fase esecutiva. Dovrà infatti essere prevista una risalita dell'acqua di falda di proporzioni anche notevoli, specialmente in seguito a precipitazioni abbondanti.

Relativamente ai materiali derivanti dallo scavo per la realizzazione del manufatto, questi saranno gestiti secondo la Normativa vigente (D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.), come descritto nel prosieguo della presente relazione (V. Par. 9).

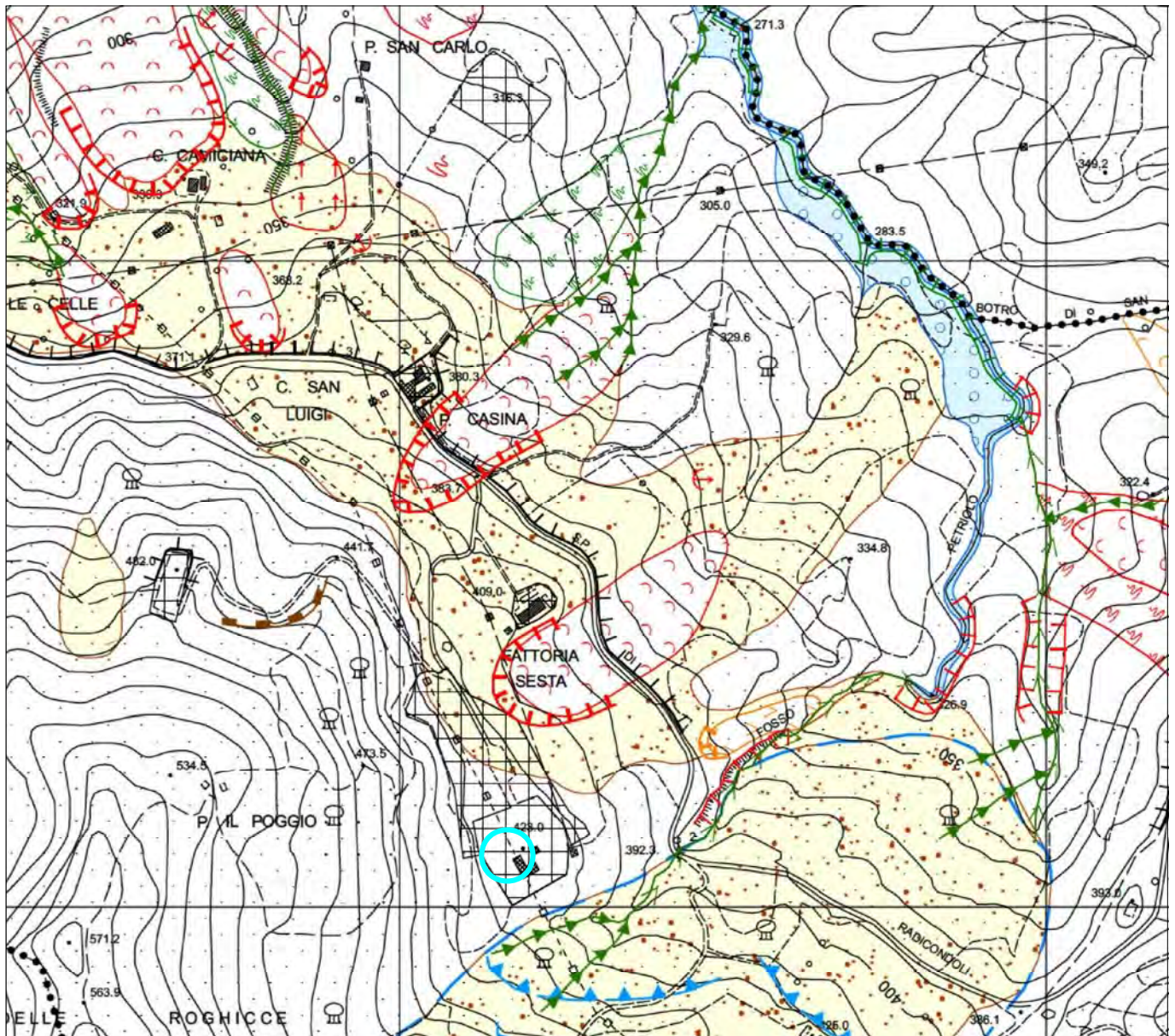
Concludendo, per la realizzazione del manufatto in progetto, sono stati previsti tutti gli accorgimenti per rendere il suddetto intervento perfettamente compatibile con la situazione morfologica ed idrogeologica attuale. Ne deriva pertanto la fattibilità e la compatibilità idrogeologica dell'intervento da realizzare con quanto previsto dalla normativa vigente in materia di Vincolo Idrogeologico.

TAVOLA 3

Carta geomorfologica

(da: Indagini geologiche - Piano Strutturale del Comune di Radicondoli, Dr. Geol. P. Cartocci)

Scala 1:10000



LEGENDA

1 - Forme e processi gravitativi

- Piccola frana
- Soliflusso
- Nicchia di distacco di frana attiva
- Nicchia di distacco di frana quiescente
- Gradino di frana inattivo
- Scarpata di degradazione di origine mista
- Frana per scivolamento quiescente
- Frana per colamento attiva
- Frana per colamento quiescente
- Soliflusso
- Reptazione intensa
- paleofrane

2 - forme e processi di dilavamento

- Orlo di terrazzo alluvionale
- Fosso con alveo in approfondimento
- Fosso di ruscellamento concentrato
- Erosione di sponda
- Scarpata di erosione fluvio-torrentizia
- Area con forme di erosione concentrata
- Area con forme di erosione diffusa

4 - Forme e processi antropici

- Scarpata di origine antropica
- Modellazioni e forme antropiche
- Sbancamenti

Depositi fluvio torrentizi e di versante

- Alluvioni terrazzate recenti
- Detrito di versante
- Depositi eluvio-colluviali

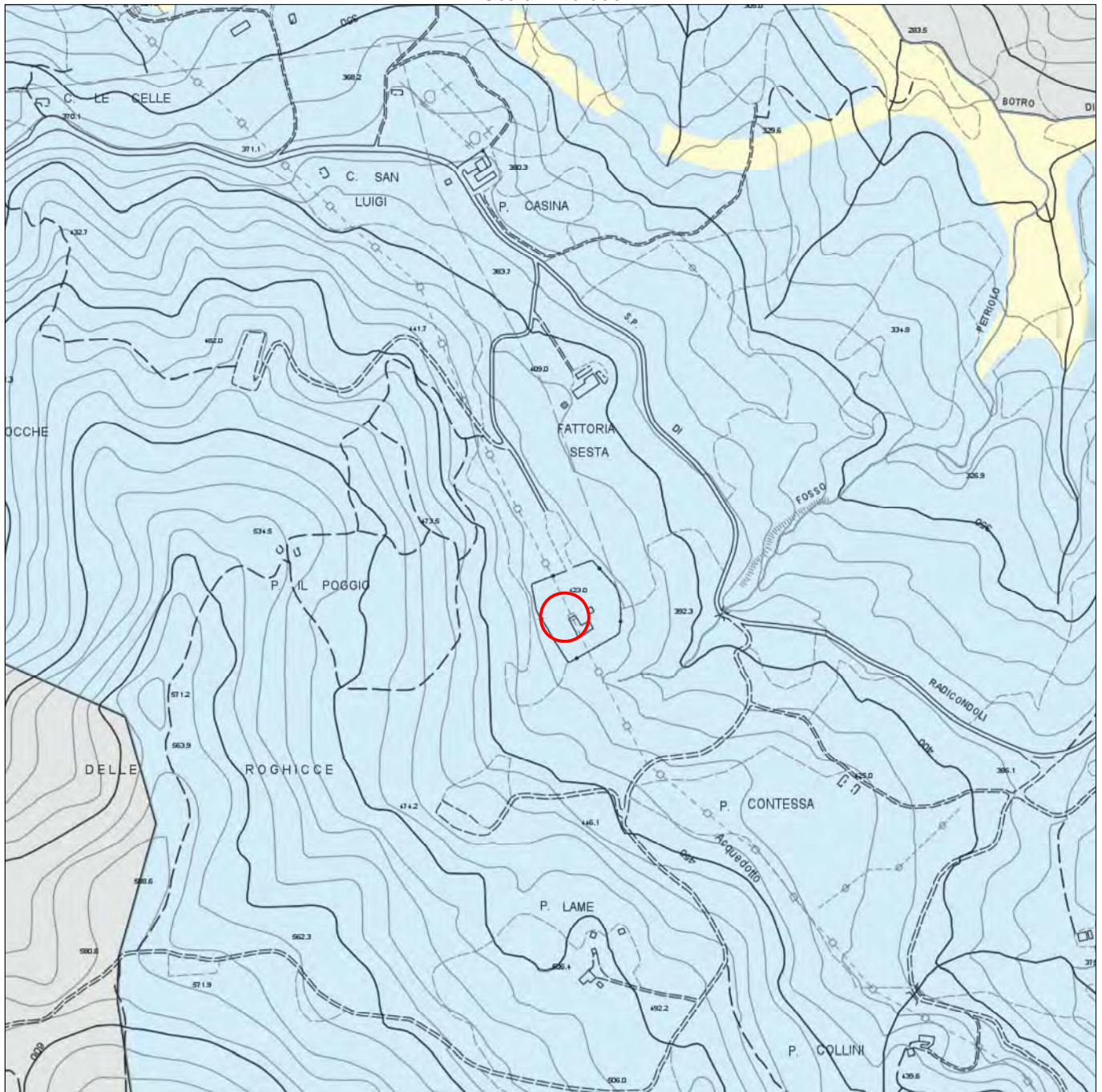
Area in studio

TAVOLA 4

Carta della sensibilità degli acquiferi del PTC

(Estratto dalla Tav. ST IG 1 - Carta della sensibilità degli acquiferi del PTC 2010 della Provincia di Siena)

Scala 1:10.000



LEGENDA

Classe e Grado di Sensibilità

-  1 - Vincolo Elevato
-  2 - Vincolo Medio
-  3 - Nessun Vincolo
-  N.C. - Non Classificabile

 Area in studio

5. PERICOLOSITÀ DI P.R.G.

In relazione alla pericolosità idraulica, nella Tavola 5 alla scala 1:10.000, che segue, è stato riportato un estratto della **Carta della pericolosità idraulica**, cartografia facente parte delle Indagini a supporto del Piano Strutturale, nella quale la zona in studio ricade interamente in **Classe 1** di pericolosità idraulica (*“Pericolosità idraulica irrilevante”*), trattandosi di un’area collinare, in posizione di alto morfologico, nella quale non sono conosciute notizie storiche di precedenti inondazioni.

Relativamente alla pericolosità geomorfologica, è stato riportato nella Tavola 6 alla scala 1:10.000, che segue, un estratto della **Carta della pericolosità geomorfologica**, anch’essa facente parte delle citate Indagini. Come visibile nella Tavola 6, la zona del manufatto in progetto ricade in **Classe 2** di pericolosità geomorfologica, e cioè a *Pericolosità geomorfologica bassa*.

Come infine visibile nella Tavola 7 che segue, alla scala 1:10.000, sono state riportate le perimetrazioni di pericolosità idraulica e di pericolosità geomorfologica riportate nella *Carta di tutela del territorio* facente parte del **Piano di Assetto Idrogeologico** (P.A.I.) del Bacino Toscana Costa. Come visibile nelle stesse Carte, l’area di intervento non ricade né in aree definite *P.I.M.E. – Aree a pericolosità idraulica molto elevata* o *P.I.E. – Aree a pericolosità idraulica elevata* di pericolosità idraulica né in aree definite *P.F.M.E. – Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata* o *P.F.E. – Aree a pericolosità geomorfologica elevata*.

Per quanto concerne il rispetto del **D.P.G.R. n. 36/R del 09.07.2009**, secondo quanto riportato nel Comma 3 dell’Art. 7 *“Classi di indagine geologiche, geofisiche e geotecniche”* di tale Decreto, la *Classe di indagine* attribuita all’intervento previsto (realizzazione di un fabbricato destinato a cella di test con volume lordo di circa 850 mc) è la **Classe d’indagine n. 2**, riferita alle opere con volume lordo superiore a 150 mc ed inferiore a 1500 mc.

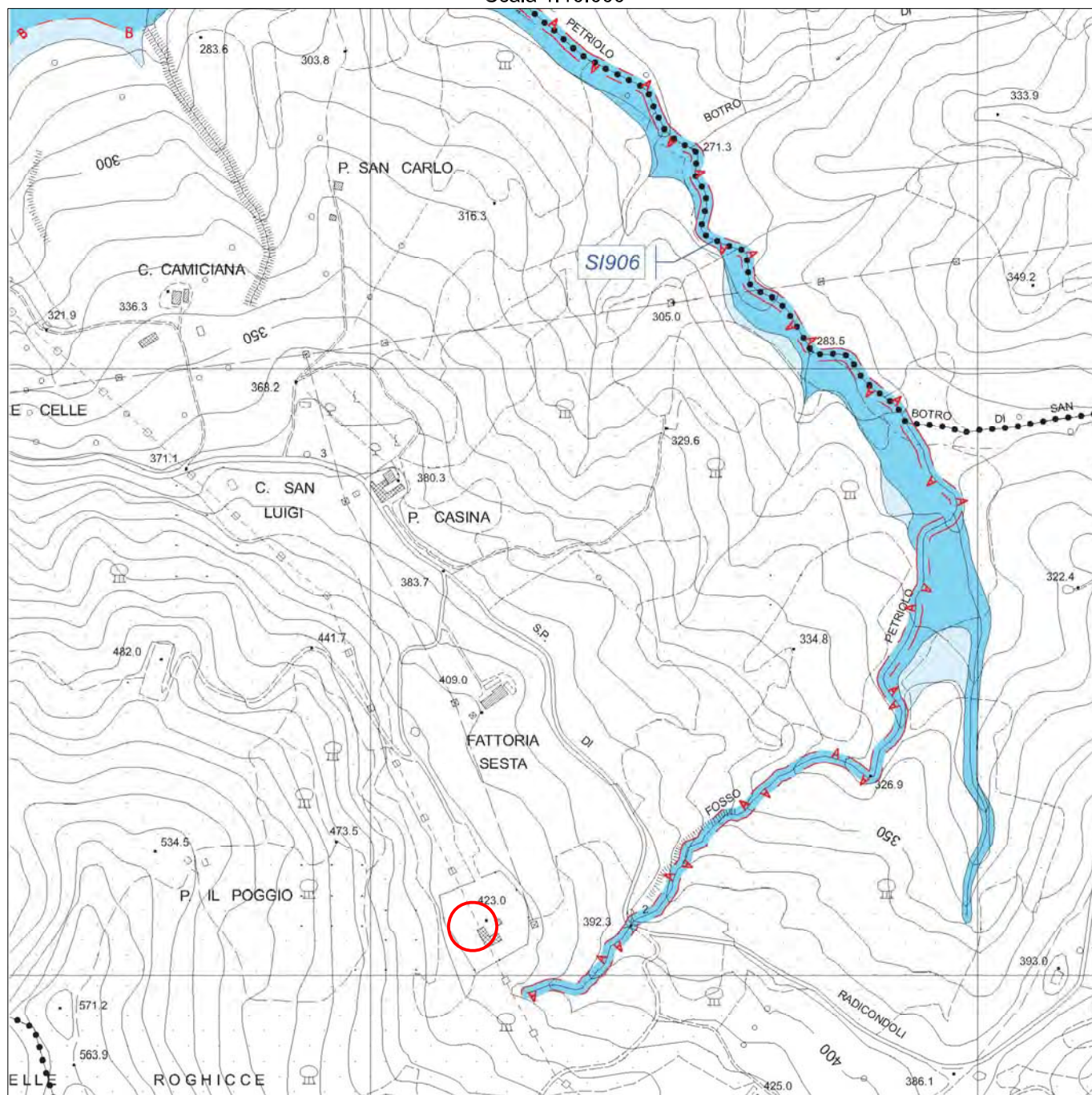
Nel caso in esame, le indagini dirette recentemente eseguite in corrispondenza del manufatto in progetto (*n. 1 sondaggio geognostico*) e quelle dirette ed indirette eseguite in aree limitrofe nel 2015-2016 (*n. 3 sondaggi geognostici e n. 1 indagine geofisica down-hole con onde P ed S fino a -30 m di profondità*) costituiscono evidentemente l’indagine richiesta dalla normativa in oggetto sopra citata, consentendo una sufficiente definizione della successione stratigrafica dei terreni di fondazione e delle loro caratteristiche fisico-meccaniche, come richiesto dalla classificazione di pericolosità geomorfologica (*Classe 2*) dell’area.

TAVOLA 5

Carta della pericolosità idraulica

(da: Indagini geologiche - Piano Strutturale del Comune di Radicondoli, Dr. Geol. P. Cartocci)

Scala 1:10.000



LEGENDA

AMBITI IDRAULICI

- Ambito idraulico A1
- Ambito idraulico B

CLASSI DI PERICOLOSITA'

- Classe 1: pericolosità irrilevante
- Classe 2: pericolosità bassa
- Classe 3: pericolosità media
- Classe 4: pericolosità elevata

AMBITI DI SALVAGUARDIA P.A.I. DEL FIUME CECINA

- Aree a Pericolosità idraulica elevata (P.I.E.)
- Aree a Pericolosità idraulica molto elevata (P.I.M.E.)

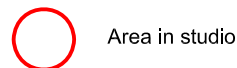
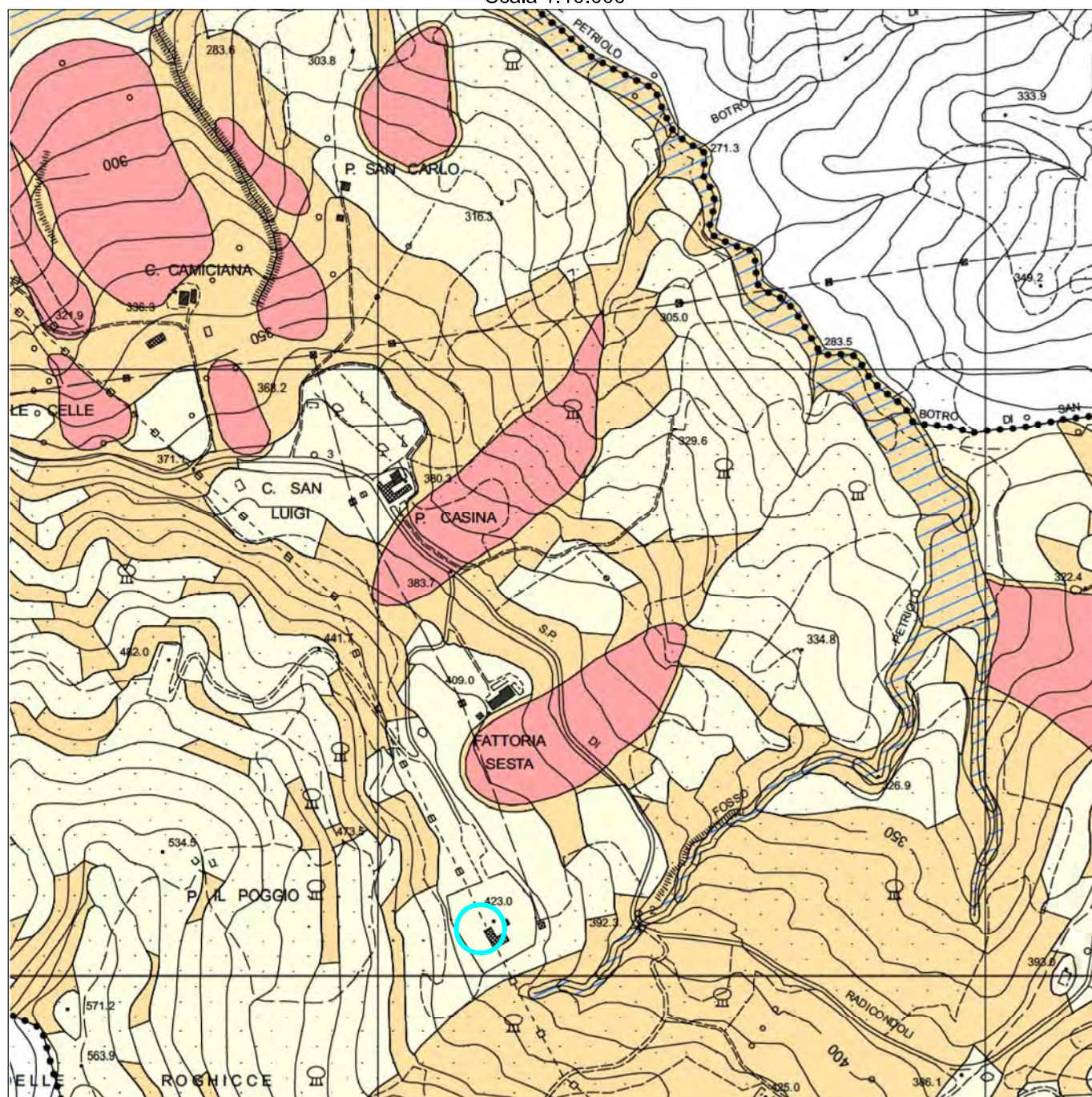


TAVOLA 6

Carta della pericolosità geomorfologica






(da: Indagini geologiche - Piano Strutturale del Comune di Radicondoli, Dr. Geol. P. Cartocci)

Scala 1:10.000



LEGENDA

CLASSI DI PERICOLOSITA'

-  Classe 2 - Pericolosità bassa
-  Classe 3 - Pericolosità media per fattori geomorfologici
-  Classe 3i - Pericolosità media per fattori idraulici
-  Classe 4 - Pericolosità elevata per fenomeni geomorfologici attivi
-  Classe 4i - Pericolosità elevata per esondazione



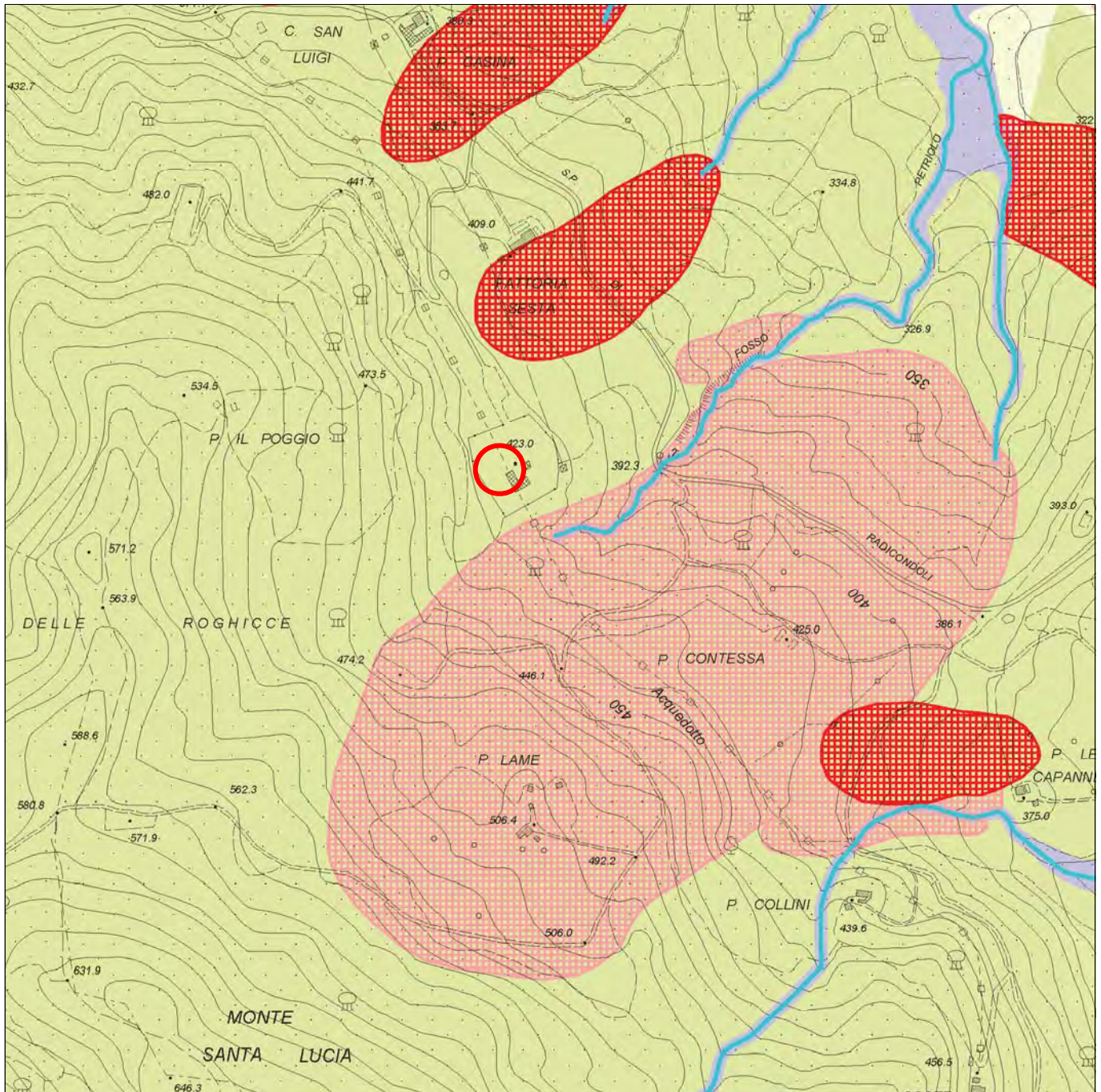
Area in studio

TAVOLA 7

Carta di Tutela del Territorio

(da: Bacino Toscana Costa - Piano di Assetto Idrogeologico - Carta di Tutela del Territorio - Tavola n. 19)

Scala 1:10.000



LEGENDA

- Reticolo significativo ai fini della difesa del suolo
- Pericolosità geomorfologica
 - Molto elevata (P.F.M.E.)
 - Elevata (P.F.E.)
- Pericolosità idraulica
 - Molto elevata (P.I.M.E.)
 - Elevata (P.I.E.)
- Aree di particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici
- Aree di particolare attenzione per la prevenzione da allagamenti



Area in studio

6. STRATIGRAFIE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Come accennato in premessa, nell'area di intervento è stata recentemente eseguita, su nostra indicazione ed a spese della Committenza, una campagna geognostica costituita da **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo** eseguito mediante sonda a rotazione (S.1-2018 di Tav. 8) e spinto fino alla profondità di 12,30 m dal p.d.c. (V. Tav. 9 - *Stratigrafia del sondaggio S.1-2018*), mentre nella campagna geognostica eseguita nel 2016, in un'area limitrofa sempre all'interno dello stabilimento Sesta Lab, erano stati eseguiti **n. 2 sondaggi a carotaggio continuo** eseguiti sempre mediante sonda a rotazione (S.1-2016 e S.2-2016 di Tav. 8) e spinti fino alla profondità di 6,50/10,00 m dal p.d.c..

Lo scopo delle campagne geognostiche dirette, sia recenti che passate, come di consueto, è stato quello di controllare la litologia dei materiali, il loro assetto stratigrafico e di risalire, mediante le elaborazioni del caso, alla definizione dei parametri fisici e fisico-meccanici dei terreni investigati.

Si ricorda inoltre che in prossimità dell'area in studio è stata portata a termine nel 2015 una ulteriore indagine geognostica di tipo indiretto, composta da **n. 1 prova geofisica down-hole** (DH di Tav. 8) eseguita nel foro di un sondaggio appositamente attrezzato, spinto fino a 30 m di profondità dal relativo p.d.c., la cui relazione tecnica è riportata nell'Allegato 2 alla presente relazione, per gentile concessione del Dr. Geol. Marco Cugini, sotto la cui direzione erano state eseguite tali indagini per conto di *Sesta Lab-COSVIG*.

6.1 Risultati del sondaggio geognostico

Nel corso della terebrazione recentemente eseguita, approfondita compatibilmente alla natura del terreno ed ai carichi previsti, i materiali di fondazione, superato lo strato rimaneggiato superficiale, sono risultati essere formati da litotipi essenzialmente pelitici, come evidenziati nella sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa A-A' (V. Tav. 10), su cui è riportato l'ingombro del fabbricato in progetto.

Per quanto riguarda l'area in studio, quindi, come appare evidente dalle tavole sopra citate, alle quali viene fatto esplicito riferimento, i materiali di fondazione sono formati dalla successione stratigrafica di seguito riportata, dal piano di campagna verso il basso.

Lo strato superficiale di terreno rimaneggiato o di riporto (**R** di Tav. 10) è risultato essere costituito (oltre che della pavimentazione del piazzale) da frammenti litici di dimensioni millimetriche e centimetriche in matrice limo-sabbiosa di colore grigio e da limi argillo-sabbiosi di colore marrone-verdastro con abbondanti frammenti litici millimetrici e centimetrici, con tracce rossastre di ossidazione e resti organici nerastrati, evidentemente rimaneggiati, per uno spessore complessivo di 2,00 m. Appare evidente che tale spessore, pur essendo rappresentativo dell'intera area, è unicamente riferito alla terebrazione eseguita ed andrà accuratamente controllato, in fase esecutiva, in modo da impostare uniformemente sul terreno in posto le strutture fondali del manufatto in progetto.

Al di sotto del terreno rimaneggiato o di riporto sono presenti, fino alla profondità di 6,40 m dal p.d.c., limi argillosi (**La** di Tav. 10) di colore variabile dal verdastro-ocraceo al marrone-ocraceo, con fiamme ocracee e grigie, con frammenti litici anche pluricentimetrici e, talora, con sottili livelli limo-sabbiosi intercalati.

Di seguito, e fino al termine del sondaggio S.1-2018 (-12,30 m) sono state infatti rinvenute argilliti (**Ag** di Tav. 10), talora alterate, di colore variabile dal rossastro al grigio, contenenti livelli e frammenti di calcari, questi ultimi immersi in una matrice limo-argillosa di colore marrone-ocraceo e grigio-verdastro.

Le prove Pocket Penetrometer (P.P.) portate a termine sui materiali campionati sono risultate, di per sé, particolarmente significative, essendo conferma delle caratteristiche fisico-meccaniche prima citate, data la variazione della consistenza dei materiali.

Come già accennato, il rilievo del livello della falda misurato nel foro del sondaggio S.1-2018, dotato di piezometro a tubo aperto, ha permesso di definire tale livello alla profondità di -3,95 m dal p.d.c., mentre i due sondaggi realizzati nel 2016 all'interno dell'area Sesta Lab, non lontano dalla zona di intervento, avevano permesso di misurare il livello statico della falda a profondità di -1,82/1,91 m dal p.d.c. (S.1-2016) e a -1,68/2,95 m (S.2-2016). Tali livelli, anche se non in grado di inficiare quanto previsto, sono comunque attualmente da considerarsi attentamente in fase di scelta e dimensionamento delle strutture fondali del fabbricato in progetto ed in fase esecutiva. Dovrà infatti essere prevista una risalita dell'acqua di falda di proporzioni anche notevoli, specialmente in seguito a precipitazioni abbondanti.

6.2 Risultati dell'indagine geofisica

Nel Settembre 2015 venne portata a termine nell'area limitrofa allo stabilimento Sesta Lab, su indicazione del Dr. Geol. Marco Cugini ed a spese di *Sesta Lab - COSVIG*, una indagine geofisica **down-hole** eseguita all'interno del foro di un sondaggio, fatto eseguire dallo stesso Geol. Cugini, spinto fino a 30 m di profondità, foro che era stato opportunamente attrezzato a questo scopo. La prova down-hole consiste nella misura dei tempi di arrivo di impulsi sismici (generati in superficie) ad un ricevitore posto all'interno di un foro di sondaggio, adeguatamente predisposto con apposita tubazione. La prova

consente la misura diretta delle velocità di propagazione V_p delle onde di compressione (onde P) e V_s delle onde di taglio (onde S) e la determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche. La procedura di indagine prevede di calare in foro e bloccare la sonda sismica in corrispondenza del primo punto di prova, solitamente alla massima profondità. Si procede all'energizzazione e registrazione degli impulsi sismici per le onde P, poi per le onde S. La sonda sismica viene quindi sbloccata e portata al punto di prova successivo dove è ripetuta la sequenza sopra descritta. Nel caso specifico le prove sismiche sono state effettuate a intervalli di 1 metro per una lunghezza di 30 metri. La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde sismiche) sia per le onde P che per le onde S, con intervalli verticali di 1 metro.

In allegato viene riportata la relazione relativa alla prova eseguita dalla ditta *GeoTirreno s.r.l.* (V. All. 2). Come visibile dalla dromocrona relativa alle onde S allegata, sono stati individuati otto diversi strati sismici, con velocità delle onde S sempre crescenti.

L'analisi delle onde P ed S tramite la prova down-hole ha quindi consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità (V_p e V_s), permettendo di calcolare il valore $V_{s,30}$ per la realizzazione dell'intervento allora in progetto. Considerando che ad una profondità di 28 m dal p.d.c. della prova down-hole è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) e che il p.d.c. del sondaggio nel cui foro è stata eseguita l'indagine down-hole è posto ad una quota di circa 4 m superiore a quella del piazzale dello stabilimento Sesta Lab, dove sarà realizzata la *Cella 3* in progetto, è stato possibile ricavare il valore del parametro $V_{s,eq}$ relativo all'intervento in oggetto. Sulla base di tale valore è stata definita la relativa categoria di sottosuolo, che è stata a sua volta fornita al tecnico progettista delle strutture, unitamente ai parametri fisico-meccanici dei terreni ricavati dalle indagini di laboratorio, per il calcolo dell'azione sismica di progetto.

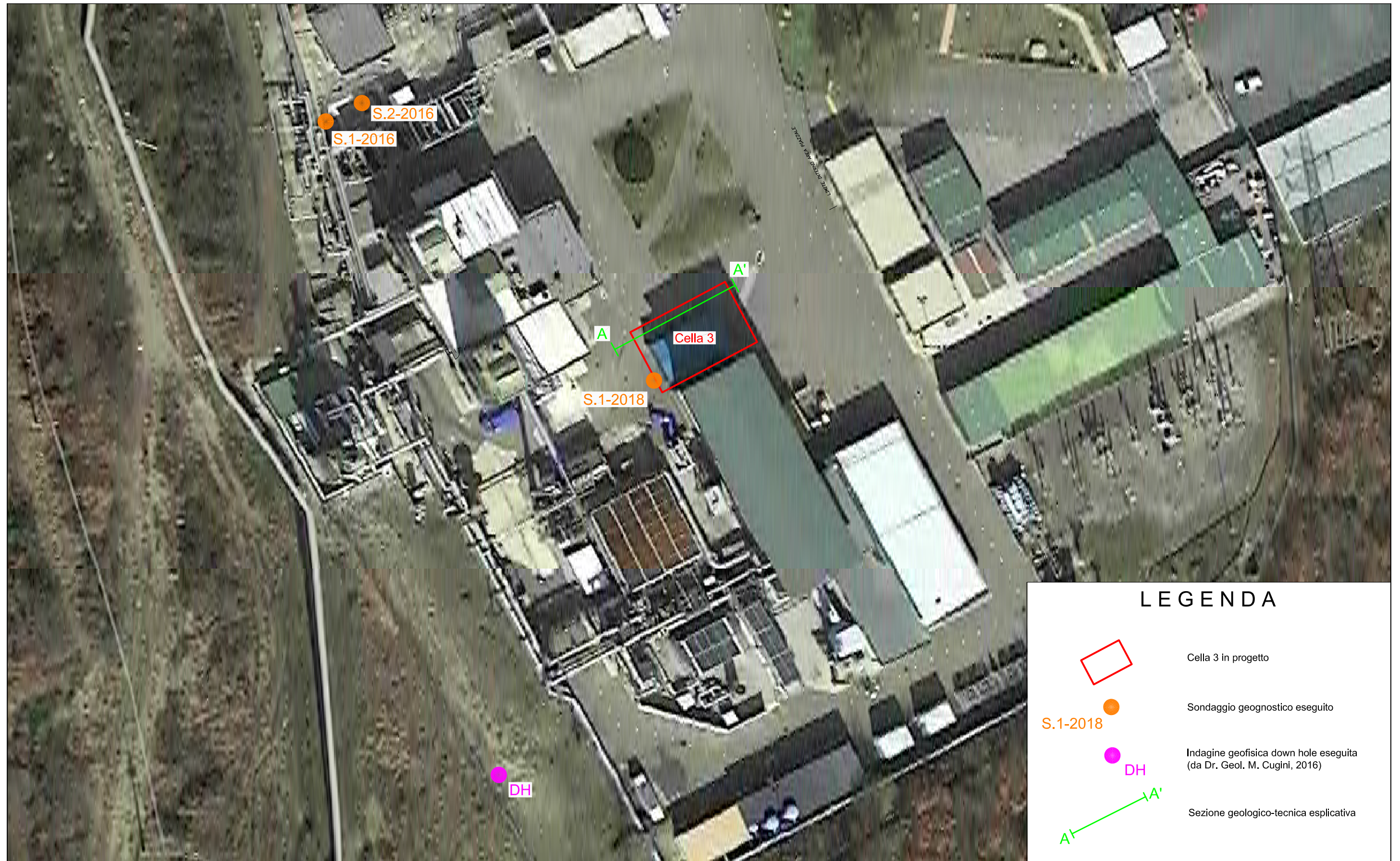
Da quanto sopra detto, emerge chiaramente che fra i fattori essenziali da considerare, in sede di scelta della tipologia fondale più appropriata per l'intervento in progetto, è la successione dei terreni, la quale è costituita, al di sotto di uno strato di terreno rimaneggiato o di riporto (dello spessore di 2,00 m nel sondaggio e da verificare in fase esecutiva) e fino ad una profondità di -6,40 m dal p.d.c., da limi argillosi, talvolta argillo-sabbiosi, con frammenti litici (**La** di Tav. 10), passanti, oltre i 6,40 m di profondità e fino al termine della terebrazione eseguita, ad argilliti (**Ag** di Tav. 10), talora alterate.

Per quanto concerne la tipologia di fondazione da utilizzare per il fabbricato previsto, quindi, quanto accertato relativamente alla situazione litostratigrafica nell'area rende utilizzabile (con tutte le verifiche del caso in fase esecutiva ed anche alla luce della situazione litostratigrafica e delle caratteristiche geotecniche dei materiali) **fondazioni dirette continue**, a condizione che il piano di imposta sia sempre e comunque a contatto con i terreni in posto, superando sempre e comunque lo strato superficiale di terreno rimaneggiato o di riporto, da verificarsi in fase di scavo.

Relativamente ai sedimenti costituenti la successione stratigrafica, sono stati forniti, e schematizzati nella sezione geolitologica e geologico-tecnica A-A' della Tav. 10, i parametri utilizzabili per tali litotipi, così come ricavati dai dati analitici di seguito riassunti, al fine di permetterne al tecnico progettista delle opere strutturali un più chiaro utilizzo nel calcolo e dimensionamento dell'opera prevista e nelle verifiche relative.

TAVOLA 8

Foto aerea dell'area Sesta Lab con ubicazione della Cella 3 in progetto, del sondaggio geognostico eseguito nel 2018 (S.1-2018), dei sondaggi geognostici eseguiti nel 2016 (S.1-2016, S.2-2016), della prova geofisica in foro down hole (DH) eseguita nel 2016 e con la traccia della sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa A-A' scala 1:500



LEGENDA

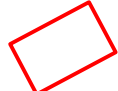


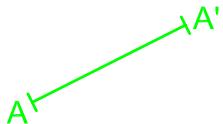
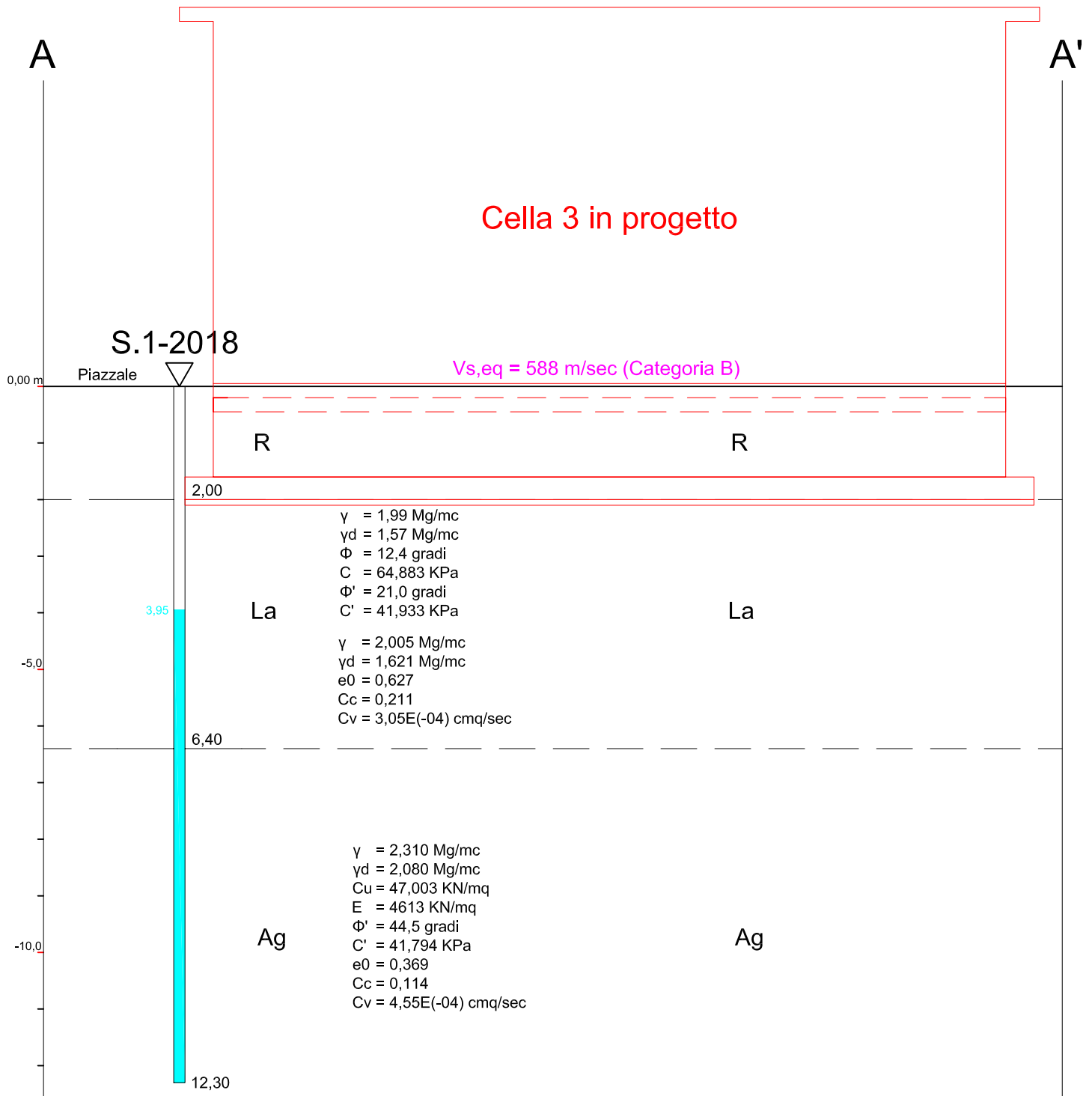
	Cella 3 in progetto
 S.1-2018	Sondaggio geognostico eseguito
 DH	Indagine geofisica down hole eseguita (da Dr. Geol. M. Cugini, 2016)
	Sezione geologico-tecnica esplicativa

TAVOLA 10

Sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa A-A'

Scala 1:100



LEGENDA

- R Terreno rimaneggiato o di riporto
- La Limi argillosi e argillo-sabbiosi con frammenti litici
- Ag Argilliti e argilliti alterate con intercalazioni calcaree
- S.1
▽ Sondaggio geognostico

- γ = Massa volumica apparente
- γ_d = Massa volumica apparente secca
- Φ = Angolo di attrito interno totale
- C = Coesione totale
- Φ' = Angolo di attrito interno efficace
- C' = Coesione efficace
- C_u = Coesione non drenata
- E = Modulo di Young non drenato
- e_0 = Indice dei vuoti iniziale
- C_c = Indice di compressione
- C_v = Coefficiente di consolidazione

7. PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL SOTTOSUOLO

Il sondaggio S.1-2018 recentemente eseguito in corrispondenza dell'area della *Cella 3* in progetto ed i sondaggi S.1-2016 e S.2-2016 precedentemente eseguiti all'interno dello stesso stabilimento Sesta Lab, hanno permesso non solo di eseguire un accertamento geognostico dei terreni di fondazione, ma anche di portare a termine un campionamento mirato dei litotipi rinvenuti, sui quali sono state condotte a termine specifiche analisi di laboratorio per la determinazione dei parametri fisico-meccanici dei materiali e le conseguenti caratteristiche geotecniche.

Nel corso della perforazione del sondaggio S.1-2018 sono stati prelevati **n. 6** campioni semidisturbati (V. Tav. 9 - *Stratigrafia*), mentre durante le perforazioni dei sondaggi S.1-2016 ed S.2-2016 furono prelevati rispettivamente **n. 5** e **n. 4** campioni semidisturbati ed indisturbati. Tutti i campioni sono stati considerati significativi e rappresentativi dei litotipi incontrati, e complessivamente **5** di essi sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio (V. Tavv. 11-12):

Sondaggio S.1-2018

Campione 1 prelevato a -2,7/3,0 m

Campione 2 prelevato a -4,4/4,7 m

Sondaggio S.1-2016

Campione 2 prelevato a -3,0/3,4 m

Campione 3 prelevato a -6,0/6,4 m

Sondaggio S.2-2016

Campione 2 prelevato a -2,1/2,4 m

Sui campioni prescelti sono state complessivamente eseguite da un laboratorio specializzato (PANGEO - Poggibonsi), le seguenti analisi (V. Tavv. 11-12 ed All. 3): *Peso di volume, contenuto di umidità naturale, prove di taglio diretto consolidato drenato, prove di taglio diretto non consolidato non drenato, prove di compressione semplice (espansione laterale libera), prove di compressione edometrica con cicli di carico e scarico fino a 16 Kg/cmq e determinazione dei cedimenti-tempo.*

Sulla scorta dei risultati analitici di laboratorio, i cui certificati sono riportati in allegato alla presente relazione (V. Allegato 3) e le cui tavole riassuntive sono riportate in Tavola 11 (relativamente alla campagna geognostica del 2018) ed in Tavola 12 (per quelli del 2016) che seguono, risulta possibile affermare che i materiali in oggetto hanno confermato le caratteristiche descritte in fase di definizione stratigrafica, si tratta infatti di termini prevalentemente limo-argillosi per i campioni del 2018 e di rocce alterate per i campioni del 2016.

Nelle Tavole 11 e 12, che seguono, vengono riassunti i parametri fisico-meccanici dei terreni ricavati dalle analisi sopra citate, mentre le certificazioni relative ai campioni utilizzati per caratterizzare, dal punto di vista fisico-meccanico, i terreni investigati sono riportati nell'Allegato 3 alla presente relazione.

In quest'ottica, per la parametrizzazione geotecnica dei limi argillosi, talvolta argillo-sabbiosi, con frammenti litici (**La** di Tav. 10), presenti al di sotto del terreno rimaneggiato o di riporto e fino -6,40 m dal p.d.c., sono stati utilizzati i parametri ottenuti dalla prova di *taglio diretto consolidato drenato* e dalla prova di *taglio diretto non consolidato non drenato* eseguite sul campione n. 1/S.1-2018 e dalla prova di *compressione edometrica* portata a termine sul camp. n. 2/S.1-2018. Tali prove hanno portato ai seguenti risultati: angolo di attrito interno efficace (Φ') di 21,0 gradi, con correlata coesione efficace (**C'**) di 41,933 KPa, angolo di attrito interno totale (Φ) di 12,4 gradi, con correlata coesione totale (**C**) di 64,883 KPa. L'elaborazione della prova edometrica, ha infine permesso di determinare come tali terreni siano da considerarsi, in teoria, come "compressibili" con un valore dell'indice di compressione (**Cc**) pari a 0,211.

Per caratterizzare dal punto di vista geotecnico le argilliti e le argilliti alterate (**Ag** di Tav. 10), presenti da -6,40 m fino al termine del sondaggio (-12,30 m), sono stati utilizzati i parametri a suo tempo ottenuti dalla prova di *taglio diretto consolidato drenato* eseguita sul campione n. 2/S.1-2016, dalla prova di *compressione edometrica* portata a termine sul camp. n. 3/S.1-2016 e dalla prova di *espansione laterale libera* eseguita sul camp. n. 2/S.2-2016. Da tali prove emersero i seguenti risultati: angolo di attrito interno efficace (Φ') di 44,5 gradi, con correlata coesione efficace (**C'**) di 41,794 KPa, valore di resistenza al taglio non drenata (**Su**) pari a 94,005 KPa, coesione non drenata (**Cu**), pari a metà di Su, di 47,003 KN/mq e Modulo di Young non drenato (**E**) di 4613 KN/mq. L'elaborazione della prova edometrica, permise di determinare come tali terreni siano da considerarsi, in teoria, come "mediamente compressibili" con un valore dell'indice di compressione (**Cc**) pari a 0,114.

Esaminando di seguito il diagramma relativo alle prove di compressione edometrica, è emerso che i limi argillosi, talvolta argillo-sabbiosi, con frammenti litici (**La** di Tav. 10) sono risultati essere sovraconsolidati secondo il metodo grafico di Casagrande, con un valore di O.C.R. (grado di sovraconsolidazione) pari a 2,302 (camp. n. 2/S.1-2018), mentre le argilliti e argilliti alterate (**Ag** di Tav.

10) non risultano essere sovraconsolidate secondo lo stesso metodo, con valore di O.C.R. pari a 0,837 (camp. n. 3/S.1-2016). Non si è ritenuto necessario sottoporre il campione citato a prove di compressibilità più elaborate, tenuto conto della situazione litostratigrafica, delle caratteristiche granulometriche e delle quote di prelievo.

Per quanto riguarda la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione nel sottosuolo interessato dal fabbricato, tale pericolo appare essere non rilevante perché non sono state riscontrate caratteristiche granulometriche dei terreni del tipo previsto nelle specifiche tecniche della normativa in materia (D.M. 17.01.2018).

Per quanto riguarda i sedimenti costituenti la successione stratigrafica, sono stati forniti al tecnico progettista delle strutture (riportandoli inoltre nella sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa A-A' di Tav. 10) i parametri utilizzabili per tali litotipi, così come ricavati dai dati analitici sopra riassunti al fine di permetterne un più chiaro utilizzo nel calcolo e dimensionamento delle fondazioni prescelte.



Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)



Laboratorio
Qualificato
N. 100

Committente: Studio Geologico Dott. Silvano Becattelli
Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta
Data: 31/05/2018

Sond.	Camp.	Prof. (m)	W (%)	P (Mg/m ³)	ρd (Mg/m ³)	C (KPa)	Φ (°)	C' (KPa)	Φ' (°)	Cu (KN/m ²)	E (KN/m ²)	e0	Cc	Cv (cm ² /sec)	K (cm/sec)
S.1	C.1	2,70-3,00	26,10	1,99	1,58	64,883	12,4	41,933	21,0						
S.1	C.2	4,40-4,70	9,14	2,005	1,621							0,627	0,211	3,05E-04	4,25E-09

TAVOLA 11 : Risultati delle analisi di laboratorio (Campagna 2018)



Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio
Qualificato
N. 100

Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Committente: Studio Geologico Dott. Silvano Becattelli
Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta
Data: 10/08/2016

Sond.	Camp.	Prof. (m)	W (%)	ρ (Mg/m ³)	ρ_d (Mg/m ³)	C (KPa)	Φ (°)	C' (KPa)	Φ' (°)	Cu (KN/m ²)	E (KN/m ²)	e0	Cc	Cv (cm ² /sec)	K (cm/sec)
S.1	C.2	3,00-3,40	7,64	2,31	2,08			41,794	44,5						
S.1	C.3	6,00-6,40	9,14	2,167	1,925							0,369	0,114	4,55E-04	6,42E-09
S.2	C.2	2,10-2,40	22,10	2,011	1,611					47,003	4613				

TAVOLA 12 : Risultati delle analisi di laboratorio (Campagna 2016)

8. ELABORAZIONE DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI E DEI DATI GEOFISICI

8.1 Elaborazione dei parametri fisico-meccanici

Tenuta presente la situazione litostratigrafica e geomorfologica accertata, così come evidenziata nei paragrafi che precedono, risulta importante considerare, in sede di scelta e dimensionamento della tipologia di fondazione più appropriata per il manufatto in studio, la successione stratigrafica dei terreni, la quale è caratterizzata, al di sotto di uno strato di terreno rimaneggiato o di riporto (dello spessore di 2,00 m nel sondaggio S.1-2018 e da verificare in fase esecutiva) e fino ad una profondità di -6,40 m dal p.d.c., da limi argillosi, talvolta argillo-sabbiosi, con frammenti litici (**La** di Tav. 10), passanti, oltre i 6,40 m di profondità e fino al termine della terebrazione eseguita, ad argilliti (**Ag** di Tav. 10), talora alterate, come risulta evidente dalla stratigrafia del sondaggio e dalla sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa (V. Tav. 9: *Stratigrafia* e Tav. 10: *Sezione*).

A ciò va aggiunto, come già riportato nei paragrafi precedenti, che il rilievo del livello della falda misurato nel foro del sondaggio S.1-2018, ha permesso di definire tale livello alla profondità di -3,95 m dal p.d.c., mentre i due sondaggi realizzati nel 2016 non lontano dalla zona di intervento, avevano permesso di misurare il livello statico della falda a profondità di -1,82/1,91 m dal p.d.c. (S.1-2016) e a -1,68/2,95 m (S.2-2016). Tali livelli, anche se non in grado di inficiare quanto previsto, sono comunque attualmente da considerarsi attentamente in fase di scelta e dimensionamento delle strutture ed in fase esecutiva. Dovrà infatti essere prevista una risalita dell'acqua di falda di proporzioni anche notevoli, specialmente in seguito a precipitazioni abbondanti. Sarà dunque obbligo considerare tale presenza in fase di scavo, adottando tecniche appropriate di sostegno delle scarpate risultanti e di allontanamento delle acque dal cantiere mantenendolo in condizioni di sicurezza.

Da tutto quanto sopra riportato, ne consegue che, per quanto riguarda la tipologia di fondazione del fabbricato in oggetto, è consigliabile una **fondazione diretta continua**, a condizione che venga raggiunto un piano di imposta posizionato a profondità tale da raggiungere uniformemente il terreno in posto, da verificarsi in fase di scavo.

Come comunicatoci dal tecnico progettista delle strutture, *Ing. M. Segnini*, l'edificio previsto avrà una fondazione diretta continua tipo *zattera* o *platea* con quota di imposta a -2,10 m e spessore di 40 cm, suddivisa in due parti (per la presenza di cavi elettrici interrati ad alta tensione passanti al di sotto della Cella 3) di dimensioni 2,00x15,00 m e 4,20x15,00 m e raccordate da una soletta in c.a. spessa 25 cm, come visibile nello schema delle fondazioni, del quale un estratto è stato riportato nella Tavola 13, che segue.

Senza entrare nel merito di quanto definito dal tecnico progettista delle strutture, alle cui scelte si rimanda per competenza, vengono di seguito proposti i dati fisico-meccanici, già a suo tempo forniti allo stesso tecnico e di cui ha potuto fare uso per la ricostruzione del modello geotecnico e nel calcolo e dimensionamento delle strutture di fondazione prescelte, ricordando naturalmente la presenza di terreno rimaneggiato o di riporto (fino a -2,00 m nel sondaggio S.1-2018 e da verificarsi in fase di scavo) da superarsi in ogni punto, facendo esplicito riferimento alla sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa A-A' della Tavola 10:

Sondaggio S.1-2018 di riferimento

da p.d.c. a -2,00 m: terreno rimaneggiato o di riporto (frammenti litici e limi argillo-sabbiosi)

*da -2,00 m a -6,40 m: limi argillosi, talvolta argillo-sabbiosi, con frammenti litici (**La** di Tav. 10)*

Massa volumica apparente (γ)	= 1,990 Mg/mc
Massa volumica apparente secca (γ_d)	= 1,570 Mg/mc
Angolo di attrito interno totale (Φ)	= 12,4 gradi
Coesione totale (C)	= 64,883 KPa
Angolo di attrito interno efficace (Φ')	= 21,0 gradi
Coesione efficace (C')	= 41,933 KPa
Indice iniziale dei vuoti (e_0)	= 0,627
Indice di compressione	= 0,211
Coefficiente di consolidazione (C_v)	= 3,05E(-04) cmq/sec

*da -6,40 m a -12,30 m: argilliti e argilliti alterate con intercalazioni calcaree (**Ag** di Tav. 10)*

Massa volumica apparente (γ)	= 2,310 Mg/mc
Massa volumica apparente secca (γ_d)	= 2,080 Mg/mc

Angolo di attrito interno efficace (Φ')	= 44,5 gradi
Coesione efficace (C')	= 41,794 KPa
Coesione non drenata (C_u)	= 47,003 KN/mq
Modulo di Young non drenato (E)	= 4613 KN/mq
Indice iniziale dei vuoti (e_0)	= 0,369
Indice di compressione	= 0,114
Coefficiente di consolidazione (C_v)	= 4,55E(-04) cmq/sec

Per il calcolo della portanza o carico ammissibile, dei cedimenti possibili, dei tempi di consolidazione e per accertare la compatibilità delle fondazioni prescelte con le strutture in elevazione, sono quindi stati forniti al tecnico progettista delle strutture (e riportati nella sezione geolitologica e geologico-tecnica esplicativa A-A' della Tav. 10) i dati geotecnici necessari per i livelli interessati.

Per quanto riguarda la possibilità che si verifichino nel sottosuolo interessato dalla costruzione, fenomeni di liquefazione, tale pericolo appare essere non rilevante, perché non si sono riscontrate caratteristiche granulometriche dei terreni del tipo previsto nelle specifiche tecniche della normativa regionale in materia (D.M. 17.01.2018).

Essendo previsto di realizzare il nuovo fabbricato in aderenza a quello dove è ubicato il compressore, ed in considerazione dell'entità degli sbancamenti necessari per il raggiungimento del piano di imposta fondale (-2,10 m dal p.d.c., da verificare in fase esecutiva), ai fini sia della sicurezza del cantiere e della stabilità dell'edificio esistente appare opportuno considerare attentamente le modalità di scavo e le eventuali conseguenze dello stesso e del suo procedere sia sulle scarpate risultanti sia sull'edificio esistente. Dovrà quindi essere valutata la necessità di eseguire un'opera di sostegno provvisoria e/o definitiva (attentamente dimensionata e posizionata e spinta fino ad una profondità sufficiente) oppure di quanto altro si possa rendere necessario per garantire la sicurezza del cantiere e la stabilità dell'edificio attuale (sbancamenti a settori, pendenze adeguate delle scarpate risultanti dagli scavi, giunti sismici adeguatamente dimensionati ed opportunamente posizionati sia sulle strutture in elevazione che in fondazione, etc.).

8.2 Elaborazione dei dati geofisici

Il **D.M. 17.01.2018** (*Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*) richiede di individuare la **categoria di sottosuolo** per un edificio, al fine di valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie nel caso di sisma e per definire, di conseguenza, l'azione sismica di progetto da considerare. La classificazione della categoria di sottosuolo *"si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s , eq. 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"* (D.M. 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche"). A seconda dei valori medi raggiunti dal parametro sopra citato, i suoli di fondazione si suddividono nelle seguenti categorie (tratte dal D.M. 17.01.2018):

- A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/sec, 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 fina molto consistenti**, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C) Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- D) Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti**, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- 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.

Come sopra riportato, la classificazione del sottosuolo, definita mediante la individuazione della categoria che comprende il sito di interesse, si rende necessaria al tecnico progettista delle opere strutturali, con la classificazione della zona sismica del Comune in cui si interviene, per il calcolo dell'azione sismica di progetto da introdurre nel calcolo e dimensionamento delle strutture dell'opera prevista.

Nel caso in esame sono stati presi in considerazione i risultati di una prospezione geognostica indiretta, di tipo sismico, a suo tempo portata a termine in un'area limitrofa a quella di intervento sotto la direzione del Dr. Geol. M. Cugini (che ne ha gentilmente concesso l'utilizzo), al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione attraverso la determinazione della $V_{s,eq}$ caratteristica del sito di indagine. Come accennato in precedenza, tale indagine è stata eseguita mediante **sismica down-hole** eseguita nel foro di un sondaggio appositamente attrezzato allo scopo, per una lunghezza di 30 m.

In allegato viene riportata la relazione relativa alla prova eseguita dalla ditta *GeoTirreno s.r.l.* (V. All. 2). Come visibile dalla dromocrona relativa alle onde S allegata, sono stati individuati otto diversi strati sismici con velocità delle onde S sempre crescenti.

L'analisi delle onde P ed S tramite la prova down-hole ha quindi consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità (V_p e V_s), permettendo di calcolare il valore $V_{s,30}$ per la realizzazione dell'intervento allora in progetto.

Considerando che ad una profondità di 28 m dal p.d.c. della prova down-hole è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) e che il p.d.c. del sondaggio nel cui foro è stata eseguita l'indagine down-hole è posto ad una quota di circa 4 m superiore a quella del piazzale dello stabilimento Sesta Lab, dove sarà realizzata la *Cella 3* in progetto, è stato possibile ricavare il valore del parametro $V_{s,eq}$ relativo all'intervento in oggetto, risultato essere pari a **588 m/sec**. Tale valore permette di attribuire i terreni in oggetto alla **Categoria B** di sottosuolo, ai sensi della normativa sopra citata.

Si ricorda infine che, come comunicatoci dal progettista delle opere strutturali, *Ing. M. Segnini*, il *Tipo di Costruzione* è il **Tipo 2**, con *Vita Nominale* $V_n \geq 50$ anni, la *Classe d'Uso* è la **II Classe**, il *Coefficiente d'uso* è $C_u = 1,0$, la *Vita di riferimento* è $V_r \geq 50$ anni e la *Categoria di superficie topografica* da considerare è la **T1**.

Sulla base dei dati suddetti sono stati determinati, tramite apposito programma di calcolo (*Geostru-PS*) i parametri ed i coefficienti sismici caratteristici del sito, necessari al tecnico progettista per il calcolo dell'azione sismica di progetto. Vengono qui di seguito elencati i coefficienti sismici relativi ai vari Stati Limite, mentre nell'Allegato 4 alla presente relazione sono riportati per esteso i risultati delle elaborazioni eseguite:

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,480	Cc: 1,460	Cc: 1,430	Cc: 1,420
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,011	Kh: 0,014	Kh: 0,040	Kh: 0,050
Kv: 0,005	Kv: 0,007	Kv: 0,020	Kv: 0,025
Amax: 0,524	Amax: 0,667	Amax: 1,640	Amax: 2,055
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,240	Beta: 0,240

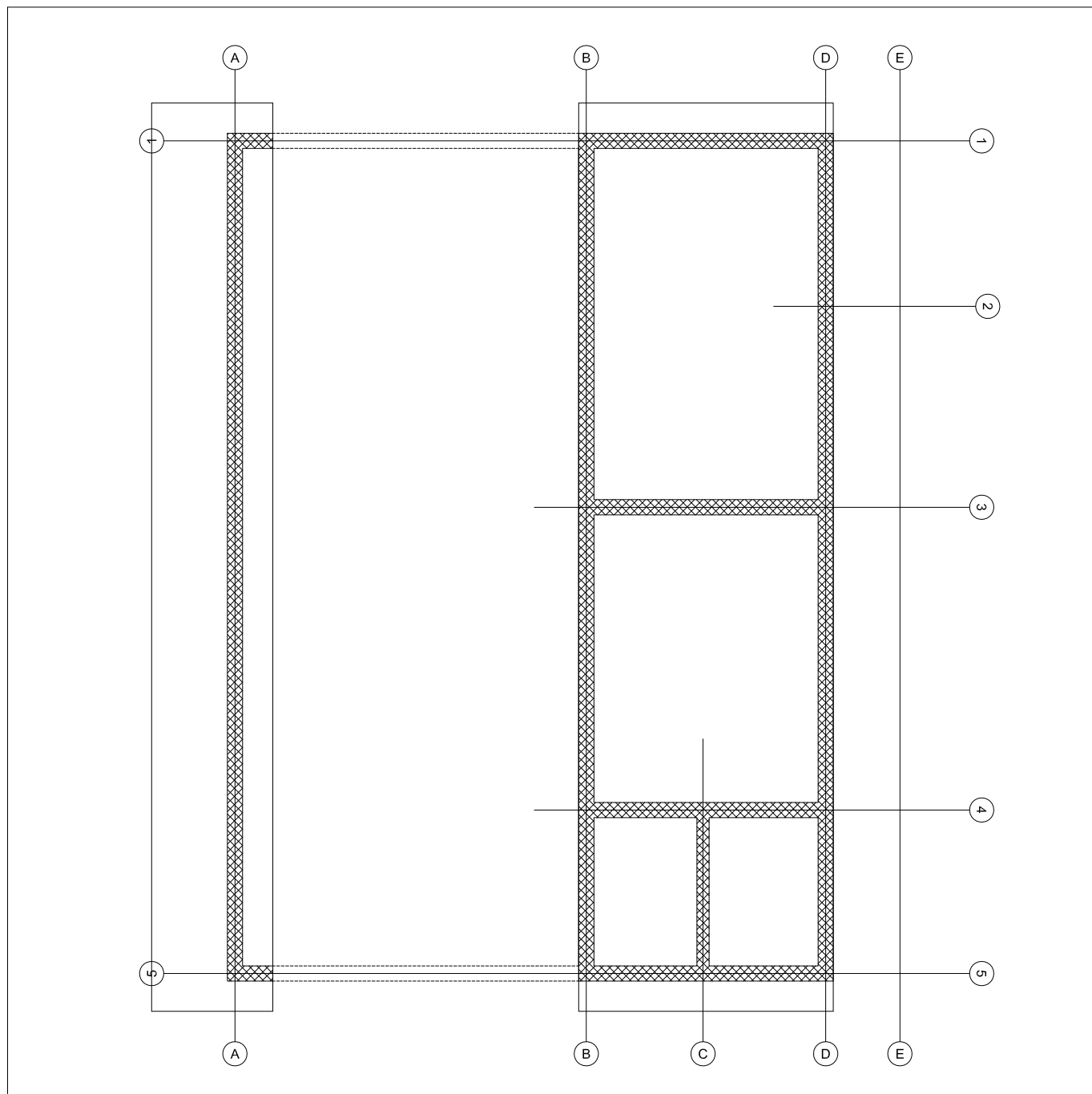
Si rimanda quindi, per competenza, alle scelte del tecnico progettista delle strutture circa il calcolo dell'azione sismica di progetto sulla base della categoria di sottosuolo definita sulla base dell'indagine sismica e degli altri dati sopra citati, fra i quali è da considerare la classificazione sismica del Comune di Radicondoli, posto in **Zona 3, Sottozona 3.4** (accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni a_g/g variabile tra 0,125 e 0,150) dalla **D.G.R.T. n. 421 del 26.05.2014**.

TAVOLA 13

Carpenteria delle fondazioni

(da Ing. M. Segnini)

Scala 1:100



9. RIUTILIZZO DELLE TERRE DERIVANTI DALLO SCAVO

Allo scopo di accertare che i materiali da scavare non provengano da siti contaminati e per determinare le loro caratteristiche qualitative, e quindi permettere il riutilizzo dei materiali scavati senza che ciò comporti rischi per la salute (come richiesto dal D.Lgs. n. 152/2006), sono stati campionati i terreni in oggetto, sui quali sono state portate a termine le necessarie analisi chimico-fisiche da *Gracci Laboratori s.r.l.* di Empoli (FI).

In pratica, allo scopo di caratterizzare (per quanto possibile) l'intera massa dei terreni da scavare, durante l'esecuzione del sondaggio geognostico S.1-2018 sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno del peso di circa 3 kg ciascuno, variando la quota di prelievo tra 0,0 e 3,0 m in modo da campionare tutti i materiali che saranno interessati dallo scavo. I 2 campioni prelevati, il **campione S1-A**, costituito da materiale prelevato tra 0,00 e -2,00 m di profondità nel sondaggio (**terreno rimaneggiato e/o di riporto**) ed il **campione S1-B**, prelevato tra -2,00 e -3,00 m di profondità (**terreno in posto**), sono stati inviati al sopra citato laboratorio per le analisi chimico-fisiche. Le certificazioni di tali analisi sono riportate nell'Allegato 5 alla presente relazione.

Le analisi portate a termine hanno evidenziato (V. All. 5), nel campione S1-A, il superamento dei limiti della colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006 relativamente al **Cobalto** (risultato essere pari a **32 mg/kg** nel campione contro un limite di **20 mg/kg**), al **Cromo totale** (risultato essere pari a **374 mg/kg** nel campione contro un limite di **150 mg/kg**) ed al **Nichel** (risultato essere pari a **446 mg/kg** nel campione contro un limite di **120 mg/kg**). Tali valori risultano comunque inferiori ai limiti della Colonna B della stessa Tabella 1.

Per i materiali costituenti il terreno rimaneggiato o di riporto, sarebbe quindi possibile **un riutilizzo presso un sito autorizzato per ricevere terre da scavo rientranti nella Colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006.**

Tutti i parametri relativi al campione S1-B rientrano invece nei limiti della sopracitata Colonna A, per cui i materiali costituenti il terreno in posto potrebbero essere **riutilizzati presso un sito autorizzato per ricevere terre da scavo rientranti nella Colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006.**

Vista la profondità di scavo prevista in progetto, che di fatto interessa ambedue i terreni campionati, **è comunque consigliabile prevedere un riutilizzo di tutte le terre di scavo risultanti presso un sito autorizzato per ricevere terre da scavo rientranti nella Colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006.**

10. NOTE FINALI SULL'INTERVENTO PREVISTO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Tenuto conto dei dati emersi dalla campagna geognostica diretta recentemente eseguita nell'area, dalle campagne geognostiche dirette ed indirette precedentemente portate a termine in aree limitrofe e dalle indagini geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche parallelamente condotte, si possono trarre le seguenti conclusioni corredate da alcune considerazioni, anche ai fini del Vincolo Idrogeologico, sul progetto di realizzazione di **una cella di test (denominata Cella 3)**, nel piazzale dello stabilimento Sesta Lab, in adiacenza ad un edificio esistente, nel territorio comunale di Radicondoli (Siena), del quale sono state prese in esame le tavole progettuali redatte dall'Ing. Paolo Bonacorsi per la M&E s.r.l. e dall'Ing. Matteo Segnini. Quanto eseguito può essere così riassunto:

Dal punto di vista geologico, dell'assetto tettonico-strutturale e per la situazione litostratigrafica riscontrata, l'area è idonea alla realizzazione delle opere in studio secondo lo schema progettuale proposto, tenendo naturalmente conto di quanto riscontrato nella terebrazione e delle caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo. I litotipi affioranti nell'area sono formati dalla Formazione del *Flysch di Monteverdi M.mo* (cpM di Tav. 2), localmente costituiti prevalentemente da argilliti ed argilliti alterate grigie e grigio-scure con frammenti e livelli di calcari grigi. Il sondaggio geognostico portato a termine nell'area ha permesso di determinare come la Formazione sia localmente costituita, al di sotto di uno strato di terreno rimaneggiato o di riporto (dello spessore di 2,00 m nel sondaggio e da verificare in fase esecutiva) e fino ad una profondità di -6,40 m dal p.d.c., da limi argillosi, talvolta argillo-sabbiosi, con frammenti litici, passanti, oltre i 6,40 m di profondità e fino al termine della terebrazione eseguita, ad argilliti, talora alterate, con intercalazioni calcaree.

Dal punto di vista geomorfologico, dal rilievo eseguito nell'area non sono osservabili frane o altri fenomeni rilevanti di movimenti di massa gravitativi oppure di erosione nell'area interessata dal manufatto in progetto, per cui l'area di intervento è da considerarsi stabile. Nelle indagini di Piano Strutturale sono comunque riportati alcuni fenomeni gravitativi sul versante che degrada verso il F.so Petriolo. Fra questi, il più prossimo alla zona del serbatoio previsto (una corona di frana attiva) si trova a 200 m circa dall'area di intervento ed è quindi posta a distanza tale da non avere alcuna influenza su quanto in progetto.

Dal punto di vista idrologico, all'intorno dell'area in studio sono presenti numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio e di modeste dimensioni, con direzioni preferenziali di scorrimento influenzate dalle strutture tettoniche prevalenti ed orientate da NE-SW a N-S. Gli spartiacque sono generalmente marcati, continui e poco arcuati, dovendo seguire le direzioni imposte dalla tettonica dell'area. I fianchi di queste linee di poggi sono solcati da vallecole affluenti agli impluvi maggiori, maggiormente incise laddove i terreni sono formati prevalentemente da sedimenti grossolani.

Dal punto di vista idrogeologico, il rilievo del livello della falda misurato nel foro del sondaggio S.1-2018, dotato di piezometro a tubo aperto, ha permesso di definire tale livello alla profondità di -3,95 m dal p.d.c., mentre i due sondaggi realizzati nello stesso piazzale nel 2016 avevano permesso di misurare il livello statico della falda a profondità di -1,82/1,91 m dal p.d.c. (S.1-2016) e a -1,68/2,95 m (S.2-2016). Tali livelli, anche se non in grado di inficiare quanto previsto, sono comunque attualmente da considerarsi attentamente in fase di scelta e dimensionamento delle strutture ed in fase esecutiva. Dovrà infatti essere prevista una risalita dell'acqua di falda di proporzioni anche notevoli, specialmente in seguito a precipitazioni abbondanti.

Per ciò che concerne la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, l'area di intervento non ricade in aree sensibili di classe 1 o di classe 2, per cui non è soggetta alla Disciplina del suddetto PTC 2010.

Per quanto riguarda il Vincolo Idrogeologico, come indicato all'Art. 75 Comma 8 del D.P.G.R. n. 48R/2003 e s.m.i., per la realizzazione del fabbricato in progetto, sono stati previsti tutti gli accorgimenti per rendere il suddetto intervento perfettamente compatibile con la situazione morfologica ed idrogeologica attuale. Ne deriva pertanto **la fattibilità e la compatibilità idrogeologica dell'intervento da realizzare con quanto previsto dalla normativa vigente in materia di Vincolo Idrogeologico**.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, la zona in studio ricade interamente in **Classe 1** di pericolosità idraulica ("*Pericolosità idraulica irrilevante*"), trattandosi di un'area collinare, in posizione di alto morfologico, nella quale non sono conosciute notizie storiche di precedenti inondazioni.

Relativamente alla pericolosità geomorfologica, la zona ricade in **Classe 2** di pericolosità geomorfologica, e cioè a *Pericolosità geomorfologica bassa*.

Per quanto riguarda la classificazione di pericolosità relativa al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Toscana Costa, l'area di intervento non ricade né in aree definite *P.I.M.E. – Aree a pericolosità idraulica molto elevata* o *P.I.E. – Aree a pericolosità idraulica elevata* di pericolosità idraulica né in aree definite *P.F.M.E. – Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata* o *P.F.E. – Aree a pericolosità geomorfologica elevata*.

Per quanto concerne il rispetto del D.P.G.R. n. 36/R del 09.07.2009, secondo quanto riportato nel Comma 3 dell'Art. 7 "Classi di indagine geologiche, geofisiche e geotecniche" di tale Decreto, la *Classe di indagine* attribuita all'intervento previsto (realizzazione di un fabbricato destinato a cella di test) è la **Classe d'indagine n. 2**, riferita alle opere con volume lordo superiore a 150 mc ed inferiore a 1500 mc.

Nel caso in esame, le indagini dirette recentemente eseguite in corrispondenza del manufatto in progetto (*n. 1 sondaggio geognostico*) e quelle dirette ed indirette eseguite in aree limitrofe nel 2015-2016 (*n. 3 sondaggi geognostici e n. 1 indagine geofisica down-hole con onde P ed S fino a -30 m di profondità*) costituiscono evidentemente l'indagine richiesta dalla normativa in oggetto sopra citata, consentendo una sufficiente definizione della successione stratigrafica dei terreni di fondazione e delle loro caratteristiche fisico-meccaniche, come richiesto dalla classificazione di pericolosità geomorfologica (Classe 2) dell'area.

Dal punto di vista geotecnico e dei parametri fisico-meccanici, le verifiche eseguite con le indagini geognostiche portate a termine nell'area dimostrano l'idoneità dei terreni che costituiscono la successione stratigrafica alla realizzazione del manufatto in studio. Per quanto riguarda la possibilità che si verifichino nel sottosuolo interessato dall'edificio in progetto, fenomeni di liquefazione, tale pericolo appare essere non rilevante, perché non si sono riscontrate caratteristiche granulometriche delle sabbie del tipo previsto nelle specifiche tecniche della normativa regionale in materia (D.M. 17.01.2018).

Per quanto concerne la tipologia di fondazione da utilizzare per il fabbricato previsto, quanto accertato relativamente alla situazione litostratigrafica nell'area rende utilizzabili **fondazioni dirette continue**, a condizione che il piano di imposta sia sempre e comunque a contatto con i terreni in posto, superando sempre e comunque lo strato superficiale di terreno rimaneggiato o di riporto, da verificarsi in fase di scavo.

Come comunicati dal tecnico progettista delle strutture, *Ing. M. Segnini*, l'edificio previsto avrà una fondazione diretta continua tipo *zattera o platea* con quota di imposta a -2,10 m e spessore di 40 cm, suddivisa in due parti (per scavalcare i cavi elettrici dell'alta tensione interrati) di dimensioni 2,00x15,00 m e 4,20x15,00 m e raccordate da una soletta in c.a. spessa 25 cm.

Senza entrare nel merito di quanto definito dal tecnico progettista delle strutture, alle cui scelte si rimanda per competenza, sono stati proposti nel Par. 8 i dati fisico-meccanici, a suo tempo forniti allo stesso tecnico e di cui ha potuto fare uso per la definizione del modello geotecnico e nel calcolo e dimensionamento delle strutture di fondazione prescelte e per le verifiche relative.

Si ricorda infine che, essendo previsto di realizzare il nuovo fabbricato in aderenza a quello dove è ubicato il compressore, ed in considerazione dell'entità degli sbancamenti necessari per il raggiungimento del piano di imposta fondale (-2,10 m dal p.d.c., da verificare in fase esecutiva), ai fini sia della sicurezza del cantiere e della stabilità dell'edificio esistente appare opportuno considerare attentamente le modalità di scavo e le eventuali conseguenze dello stesso e del suo procedere sia sulle scarpate risultanti sia sull'edificio esistente. Dovrà quindi essere valutata la necessità di eseguire un'opera di sostegno provvisoria e/o definitiva (attentamente dimensionata e posizionata e spinta fino ad una profondità sufficiente) oppure di quanto altro si possa rendere necessario per garantire la sicurezza del cantiere e la stabilità dell'edificio attuale (sbancamenti a settori, pendenze adeguate delle scarpate risultanti dagli scavi, giunti sismici adeguatamente dimensionati ed opportunamente posizionati sia sulle strutture in elevazione che in fondazione, etc.).

Relativamente alla categoria di sottosuolo, sono stati presi in considerazione i risultati di una prospezione geognostica indiretta, di tipo sismico, a suo tempo portata a termine in un'area limitrofa a quella di intervento sotto la direzione del Dr. Geol. M. Cugini (che ne ha gentilmente concesso l'utilizzo), al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione attraverso la determinazione della $V_{s,eq}$ caratteristica del sito di indagine. Tale indagine è stata eseguita mediante *sismica down-hole* eseguita nel foro di un sondaggio appositamente attrezzato allo scopo, per una lunghezza di 30 m.

L'analisi delle onde P ed S tramite la prova down-hole ha quindi consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità (V_p e V_s). Considerando che ad una profondità di 28 m dal p.d.c. della prova down-hole è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) e che il p.d.c. del sondaggio nel cui foro è stata eseguita l'indagine down-hole è posto ad una quota di circa 4 m superiore a quella del piazzale dello stabilimento Sesta Lab, dove sarà realizzata la Cella 3 in progetto, è stato possibile ricavare il valore del parametro $V_{s,eq}$ relativo all'intervento in oggetto, risultato essere pari a **588 m/sec**. Tale valore permette di attribuire i terreni in oggetto alla **Categoria B** di sottosuolo, ai sensi della normativa sopra citata.

Si ricorda che, come comunicatoci dal tecnico progettista delle strutture, *Ing. M. Segnini*, il *Tipo di Costruzione* è il **Tipo 2**, con *Vita Nominale* $V_n \geq 50$ anni, la *Classe d'Uso* è la **II Classe**, il *Coefficiente d'uso* è $C_u = 1$, la *Vita di riferimento* è $V_r \geq 50$ anni e la *Categoria di superficie topografica* è la **T1**. Sono quindi stati calcolati, riportandoli per esteso nell'Allegato 4 alla presente relazione, i parametri ed i coefficienti sismici caratteristici del sito, necessari al tecnico progettista per il calcolo dell'azione sismica di progetto. Si rimanda quindi, per competenza, alle scelte del tecnico progettista circa il calcolo dell'azione sismica di progetto sulla base della categoria di sottosuolo definita dall'indagine sismica e degli altri dati sopra citati, sulla base della classificazione sismica del Comune di Radicondoli, posto in **Zona 3, Sottozona 3.4** (accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni a_g/g variabile tra 0,125 e 0,150) dalla **D.G.R.T. n. 421 del 26.05.2014**.

Per quanto attiene il riutilizzo delle terre derivanti dallo scavo, sono stati campionati i terreni in oggetto, sui quali sono state portate a termine le necessarie analisi chimico-fisiche. Le analisi eseguite hanno evidenziato (V. All. 5), nel campione S1-A prelevato nel terreno rimaneggiato o di riporto, il superamento dei limiti della colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006 relativamente al **Cobalto** (risultato essere pari a **32 mg/kg** nel campione contro un limite di **20 mg/kg**), al **Cromo totale** (risultato essere pari a **374 mg/kg** nel campione contro un limite di **150 mg/kg**) ed al **Nichel** (risultato essere pari a **446 mg/kg** nel campione contro un limite di **120 mg/kg**). Tali valori risultano comunque inferiori ai limiti della Colonna B della stessa Tabella 1. Gli altri parametri analizzati nel campione S1-A e tutti i parametri relativi al campione S1-B rientrano invece nei limiti della sopracitata Colonna A.

Per i materiali costituenti il terreno rimaneggiato o di riporto, sarebbe quindi possibile un riutilizzo presso un sito autorizzato per ricevere terre da scavo rientranti nella Colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006.

Tutti i parametri relativi al campione S1-B rientrano invece nei limiti della sopracitata Colonna A, per cui i materiali costituenti il terreno in posto potrebbero essere riutilizzati presso un sito autorizzato per ricevere terre da scavo rientranti nella Colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006.

Vista la profondità di scavo prevista in progetto, che di fatto interessa ambedue i terreni campionati, è comunque consigliabile prevedere un riutilizzo di tutte le terre di scavo risultanti presso un sito autorizzato per ricevere terre da scavo rientranti nella Colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V, del D.Lgs. 152/2006.

DR. GEOL. SILVANO BECATELLI



ALLEGATI DEL TESTO

1. Documentazione fotografica del sondaggio S.1-2018.
2. *Relazione tecnica sulle indagini geofisiche* eseguite per il Dr. Geol. M. Cugini presso la centrale Sesta Lab, Radicondoli - Siena (*GeoTirreno s.r.l.* - Massa, 2015).
3. Certificazioni delle analisi di laboratorio (*Pangeo* – Poggibonsi, 2018, 2016).
4. Determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici.
5. Certificazioni delle analisi chimiche (*Gracci Laboratori s.r.l.* - Empoli, 2018).
6. Aree a Vincolo Idrogeologico (da Regione Toscana - SITA).

ALLEGATO 1

Documentazione fotografica del sondaggio S.1



Foto n. 1: ubicazione del sondaggio S.1



Foto n. 2: sondaggio S.1, cassetta n. 1 (da p.d.c. a -5,00 m)



Foto n. 3: sondaggio S.1, cassetta n. 2 (da -5,00 m a -10,00 m)



Foto n. 4: sondaggio S.1, cassetta n. 3 (da -10,00 m a -12,30 m)

ALLEGATO 2

***Relazione tecnica sulle indagini geofisiche eseguite per il Dr. Geol.
M. Cugini presso la centrale Sesta Lab, Radicondoli - Siena
(GeoTirreno s.r.l. - Massa, 2015)***

Progetto:

Titolo documento:

RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI GEOFISICHE

Cliente:

COMMITTENTE: **DOTT. GEOL. MARCO CUGINI**
RICHIEDENTE:

Inoltro al cliente:

CHIUSURA COMMESSA
PER INFORMAZIONE
NON RICHiesto

Località:

centrale Sesta Lab.

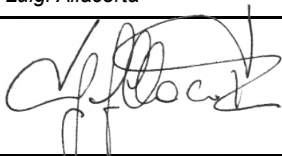
Comune/i:

Radicondoli

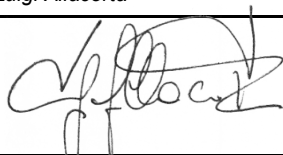
Provincia:

Siena

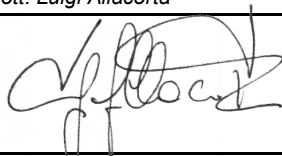
Responsabile indagini
Dott. Luigi Allacorta



Elaborazione
Dott. Luigi Allacorta



Redazione documento
Dott. Luigi Allacorta



Revisione
Dott. Paolo Cosseddu



Approvazione
Dott. Riccardo Barbieri

Dott. Geol. Riccardo Barbieri

GEO TIRRENO s.r.l.
Viale Stazione, 39
54100 MASSA
C.F. e P. IVA 00713690451

Descrizione delle revisioni:

00	Prima emissione - bozza
01	Versione finale per approvazione
02	Versione definitiva

Prima emissione: 00 20settembre 2015

Revisione 02 26 settembre 2015

Pagine:

Denominazione file:

RelTec_DH_porto.docx

Elaborato:

A

SOMMARIO

PREMESSA	3
INDAGINI GEOFISICHE	3
Sismica in foro con metodologia Down Hole.....	3
Strumentazione	4
Sismografo.....	4
Geofono da foro	4
Sorgente onde sismiche	4
Manutenzioni e tarature	4
Validazione dei software	5
UBICAZIONE INDAGINI	5
RISULTATI	6
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

Premessa

GeoTirreno S.r.l. è stata incaricata dal Dott. Geol. Marco Cugini, di eseguire n.1 prova sismica in foro tipo Down Hole, profondità 30 m. per conto di Sesta Lab presso l'omonima centrale di Radicondoli.

Questo documento costituisce la relazione tecnica redatta a chiusura della commessa e riporta la descrizione delle attività svolte in cantiere, le specifiche tecniche delle attrezzature impiegate, i dati di campagna ed i risultati delle prove eseguite in sito.

Indagini geofisiche

Sismica in foro con metodologia Down Hole

Le prove *down-hole* vengono eseguite allo scopo di ricostruire la colonna sismo-stratigrafica nelle immediate vicinanze del foro d'indagine misurando la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità. Il metodo prevede l'inserimento di un ricevitore (geofono triassiale) in un foro di sondaggio appositamente attrezzato, e la generazione di fronti d'onda dalla superficie, in prossimità del bocca-foro.

Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente alla orientazione di uno dei due trasduttori orizzontali). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (P) che si propagano in profondità per compressione-dilatazione e vengono registrate al meglio dal geofono verticale. Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde S o di taglio (moto delle particelle sollecitate ortogonale alla direzione di propagazione), visibili

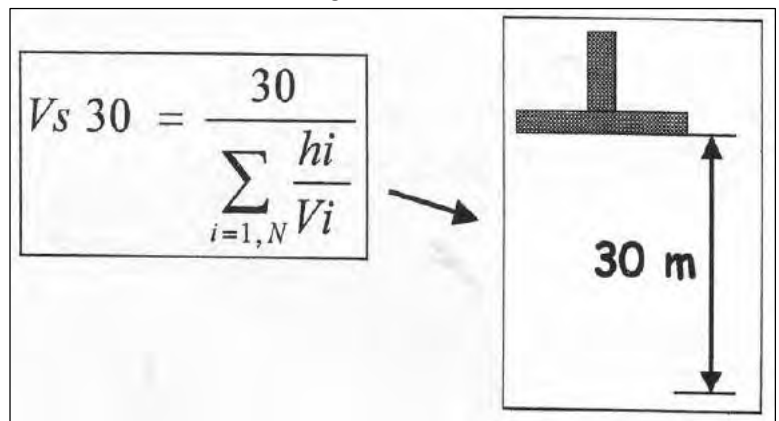
$$V_{s\ 30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$


Fig. 1 Relazione utilizzata per il calcolo del parametro Vs30

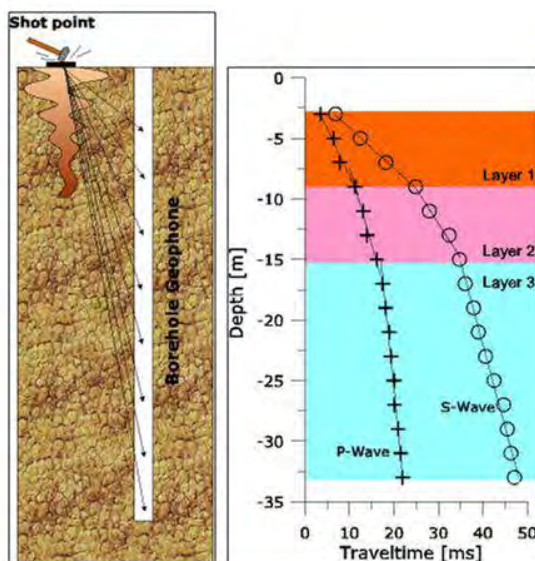


Fig. 2 Esempio di analisi con metodo dello pseudo-intervallo

principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente. Queste ultime, avendo velocità inferiori a quelle compressive raggiungono la terna geofonica quando già il fronte d'onda P è transitato. Questo passaggio costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda trasversale. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva e l'energia dell'onda trasversale a favore di quest'ultima, si esegue una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. Questa procedura permette poi, in fase di elaborazione dati di poter eseguire il confronto delle singole forme d'onda acquisite con la forma d'onda elaborata tramite la sottrazione delle onde relative alle acquisizioni trasversali. In pratica nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, sottratte le registrazioni "battuta destra e battuta sinistra", il primo arrivo sarà costituito principalmente dalle onde di taglio poiché le onde compressive, provocate durante l'energizzazione tenderanno, con l'operazione differenza, a ridursi in ampiezza, mentre le onde di taglio (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno a sommarsi aumentando così l'ampiezza.

L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti vengano raccolte a ricostruire un unico sismogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di tanti geofoni quante sono le quote di misura nel foro. In particolare vengono raggruppate in un unico sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni verticali (Onde P) e in un altro sismogramma le forme d'onda

relative ai geofoni orizzontali (Onde S).

Il calcolo delle velocità, essendo misure acquisite con terna geofonica singola si esegue con il **metodo delle dromocrone**, o dello **pseudo-intervallo**, secondo cui, ad ogni cambio di pendenza dell'involuppo dei tempi di primo arrivo, corrisponde una variazione di velocità dei terreni attraversati.

I risultati e le relative correlazioni numeriche sono illustrati in allegato. Per minimizzare l'errore insito nel metodo, non vengono calcolate le velocità per ogni quota di misura, ma attraverso l'analisi delle dromocrone vengono individuati strati omogenei per i quali si calcolano i valori medi.

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate nella tabella dei risultati, è possibile ottenere anche il valore di **Vs30** calcolato secondo la formula sopra esplicitata (Fig. 2). Per il calcolo dei parametri elastici dei terreni indagati, dove necessario si sono assunti i valori di densità relativa forniti dal geologo incaricato.

Strumentazione

Sismografo¹

L'apparecchiatura d'indagine utilizzata da GeoTirreno S.r.l. per l'esecuzione di indagini sismiche a rifrazione è costituita da: sismografo **Seismic Source**, Modello **DAQLink III**, 24 canali, con risoluzione di acquisizione a 24 bit, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Conversion A/D: convertitori sigma delta ad alta velocità a 24 bit;
- Rumore di fondo: 0.2 microVolt RMS (a 2 msec);
- Precisione trigger: +/- 1 microsecondo a qualsiasi frequenza di campionamento;
- Intervallo di campionamento: da 0.0208 a 16,0 millisecondi;
- Frequenza di campionamento: da 48.000 a 62.5 campioni/secondo;

L'attrezzatura per prove sismiche è completata da:

- 1 set di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 10 Hz;
- 1 set di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz;
- 1 set di 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 10 Hz;
- 2 coppie di cavi sismici, passo 2,0 e 5,0 m, dotati ognuno di 12 take out.

Geofono da foro

Il geofono da foro impiegato è il modello **BGK5** prodotto da Geotomographie con cavo da 50 m, sistema di ancoraggio pneumatico e dotato di 5 ricevitori con frequenza propria di risposta 10 Hz. 4 ricevitori nel piano orizzontale disposti a 45° uno dall'altro ed uno verticale.



Fig. 3 Geofono da foro BGK5 per prove fino a 50 m.

Sorgente onde sismiche

La generazione delle onde di compressione "P", delle onde di taglio "S", e delle onde di superficie, avviene mediante idonei strumenti di contrasto, utili per enfatizzare prevalentemente la propagazione delle diverse tipologie di perturbazione elastica. Per quanto riguarda le onde trasversali S, la sorgente è costituita da un trave che viene colpita lateralmente con una massa pesante, solitamente una mazza da 10 kg per gli stendimenti di modesta lunghezza (fino a 60 m circa), o un pendolo da 30 kg per gli stendimenti di lunghezza superiore. Nel caso delle onde longitudinali (onde P) o di superficie (onde di Rayleigh), l'onda elastica si genera percuotendo il terreno con una mazza da 8 kg, per stese di modesta lunghezza, oppure, nel caso di stendimenti più lunghi, con gravi di massa adeguata, o anche con un fucile sismico.

Manutenzioni e tarature

Per garantire il corretto stato di efficienza degli strumenti utilizzati, GeoTirreno adotta, secondo quanto previsto dal Sistema Gestione Qualità, un piano di manutenzione e taratura. Modalità e tempistiche generali sono definite in

¹ Per garantire il corretto stato di efficienza degli strumenti utilizzati, GeoTirreno adotta, secondo quanto previsto dal Sistema Gestione Qualità, un piano di manutenzione e taratura. Modalità e tempistiche generali sono definite in base alle indicazioni delle case di produzione, ma possono variare in funzione della frequenza di utilizzo. I sismografi impiegati per le indagini geofisiche vengono inviati almeno una volta ogni due anni, alla casa costruttrice per una verifica del corretto funzionamento. **SISMOGRAFO DAQLink III**: ultimo controllo con esito positivo effettuato il 12 maggio 2011, presso sede Idrogeostudi di Catania. Prossimo controllo, salvo imprevisti, entro il 12 maggio 2013.

SEZ. 7.5: "PRODUZIONE ED EROGAZIONE SERVIZI"

PROVE IN SITO - INDAGINI GEOFISICHE

base alle indicazioni delle case di produzione, ma possono variare in funzione della frequenza di utilizzo. Sismografi e georesistivimetri impiegati per le indagini sismiche ed elettriche vengono inviati almeno una volta ogni due anni, alla casa costruttrice per una verifica del corretto funzionamento.

- *DAQLink III: ultimo controllo con esito positivo effettuato il 28 aprile 2014, frequenza di taratura triennale. Il prossimo controllo sarà effettuato entro il 28 aprile 2016.*

Validazione dei software

Secondo quanto previsto dal Sistema Gestione Qualità, il corretto funzionamento dei *software* utilizzati viene validato a cadenza annuale, o in occasione di aggiornamenti. Si riporta di seguito lo stato di validazione dei *software* utilizzati:

1. **WinDownHole**: validazione effettuata a dicembre 2014, da effettuarsi il prossimo controllo, salvo imprevisti entro dicembre 2015;
2. **Microsoft Excel 2008**: validazione effettuata a dicembre 2014, da effettuarsi il prossimo controllo, salvo imprevisti entro dicembre 2015.

Ubicazione Indagini

Il programma iniziale è stato portato a compimento senza particolari variazioni rispetto alle richieste della Committenza. La posizione del foro di prova è stata indicata ai tecnici di GeoTirreno dal Professionista incaricato dalla Committenza, Dott. Geol. Marco Zollini, mediante planimetria di dettaglio.

Fig. 4 Ubicazione del foro a carotaggio continuo in cui è stata eseguita la prova DH (ripresa satellitare mostrante lo stato di fatto al momento dell'esecuzione dell'indagine).



SEZ. 7.5: "PRODUZIONE ED EROGAZIONE SERVIZI"

PROVE IN SITO - INDAGINI GEOFISICHE

Risultati

I risultati sono dettagliatamente illustrati nelle pagine seguenti. In particolare nell'analisi delle dromocrone si è adottato un modello a più strati caratterizzati da velocità delle onde sismiche rappresentative di ciascuno. Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate nella tabella dei risultati, è possibile ottenere il valore di V_{S30} calcolato secondo la formula precedentemente esplicitata.

Tempi di primo arrivo, velocità intervallari e moduli dinamici calcolati sono riportati sia in forma tabulare, sia grafica, nelle seguenti pagine.

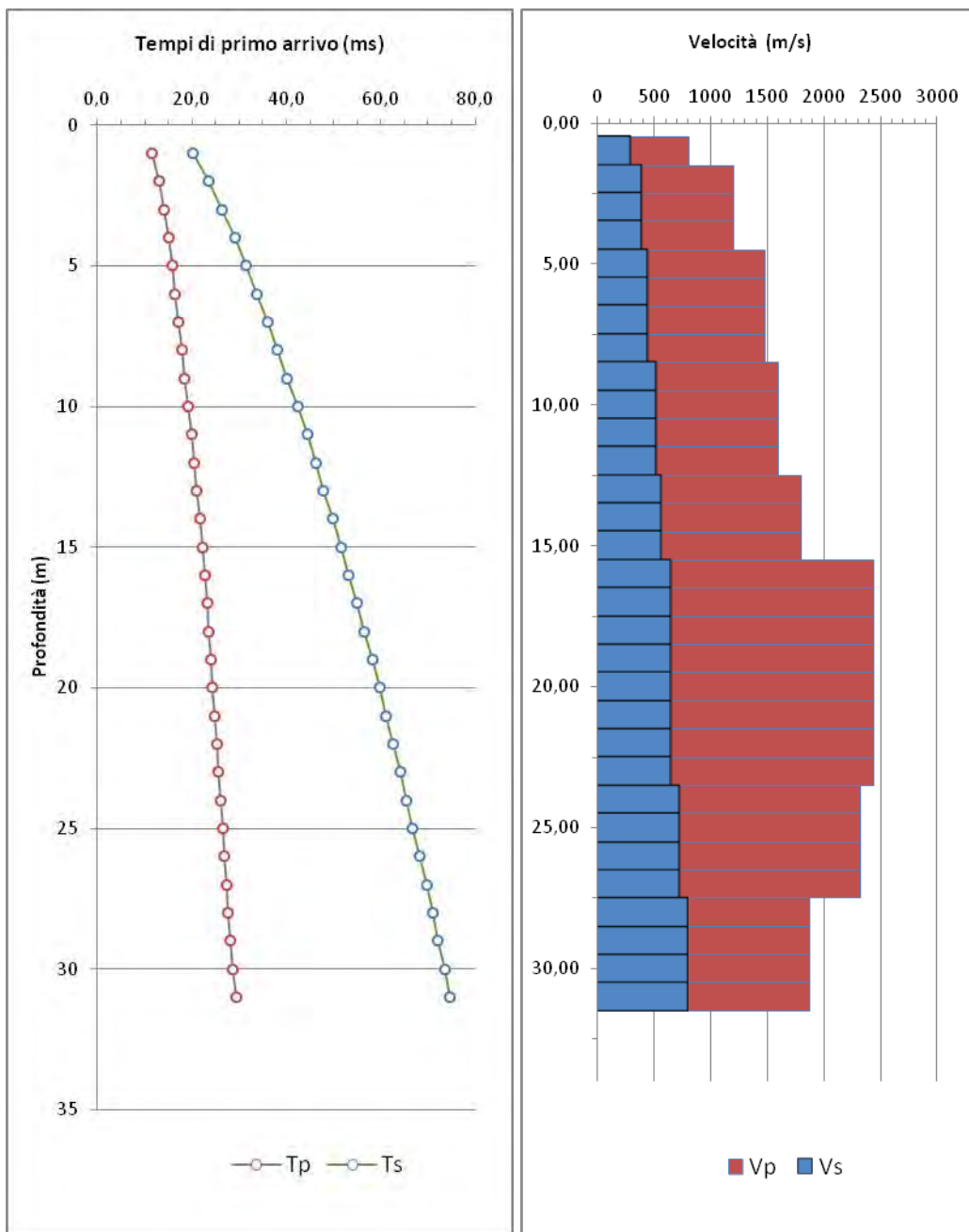
Indagine DH - Località: Sesta La., Com. Radicondoli (SI)

Vs30 (m/s)	559
-----------------------------	------------

Depth	Layer	Tp	Ts	Vp	Vs	Density	Poisson	Shear M.	Young M.	Bulk M.	1/h
0,00											
1,00	1	11,6	20,2	806	301	1,90	0,41	172	485	898	0,0033
2,00	1	13,1	23,6	1200	397	1,95	0,43	307	878	2090	0,0025
3,00	2	14,1	26,5	1200	397	1,95	0,43	307	878	2090	0,0025
4,00	2	15,1	29,1	1200	397	1,95	0,43	307	878	2090	0,0025
5,00	2	15,8	31,4	1484	455	1,95	0,44	403	1160	3222	0,0022
6,00	3	16,5	33,7	1484	455	1,95	0,44	403	1160	3222	0,0022
7,00	3	17,1	36,0	1484	455	1,95	0,44	403	1160	3222	0,0022
8,00	3	17,9	38,1	1484	455	1,95	0,44	403	1160	3222	0,0022
9,00	3	18,5	40,2	1593	531	1,95	0,43	549	1570	3738	0,0019
10,00	4	19,1	42,4	1593	531	1,95	0,43	549	1570	3738	0,0019
11,00	4	19,9	44,5	1593	531	1,95	0,43	549	1570	3738	0,0019
12,00	4	20,5	46,2	1593	531	1,95	0,43	549	1570	3738	0,0019
13,00	4	21,0	47,9	1801	570	1,95	0,44	633	1823	5064	0,0018
14,00	5	21,7	49,7	1801	570	1,95	0,44	633	1823	5064	0,0018
15,00	5	22,2	51,5	1801	570	1,95	0,44	633	1823	5064	0,0018
16,00	5	22,8	53,2	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
17,00	6	23,2	54,9	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
18,00	6	23,6	56,6	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
19,00	6	24,0	58,2	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
20,00	6	24,4	59,7	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
21,00	6	24,8	61,1	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
22,00	6	25,3	62,7	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
23,00	6	25,6	64,2	2437	661	1,98	0,46	865	2525	10521	0,0015
24,00	6	26,0	65,5	2328	735	1,98	0,44	1069	3078	8550	0,0014
25,00	7	26,5	66,8	2328	735	1,98	0,44	1069	3078	8550	0,0014
26,00	7	26,9	68,3	2328	735	1,98	0,44	1069	3078	8550	0,0014
27,00	7	27,3	69,8	2328	735	1,98	0,44	1069	3078	8550	0,0014
28,00	7	27,7	71,0	1872	811	1,98	0,38	1302	3593	4990	0,0012
29,00	8	28,2	72,1	1872	811	1,98	0,38	1302	3593	4990	0,0012
30,00	8	28,7	73,6	1872	811	1,98	0,38	1302	3593	4990	0,0012
31,00	8	29,31	74,66	1872	811	1,98	0,38	1302	3593	4990,27	0,0012

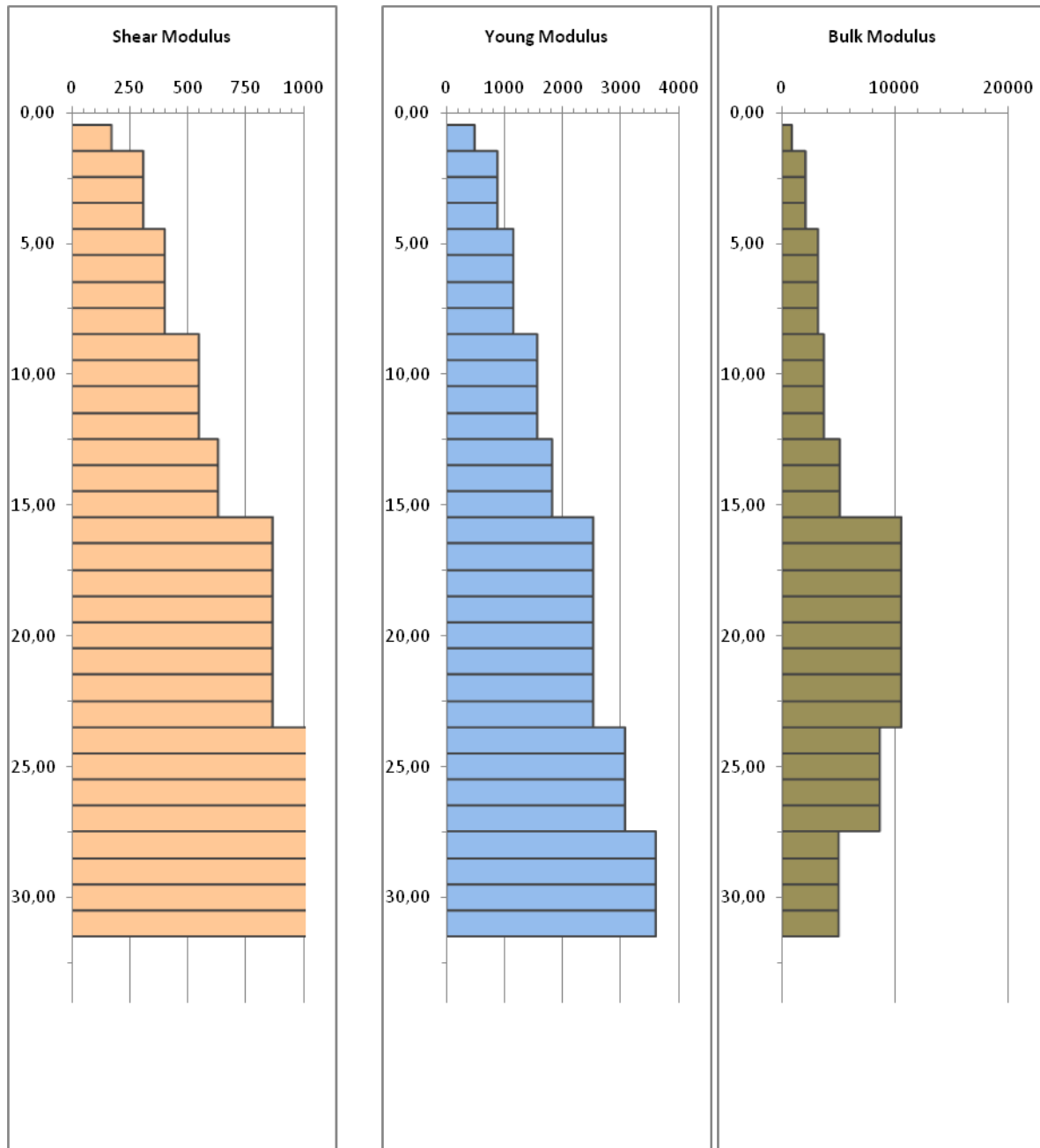
SEZ. 7.5: "PRODUZIONE ED EROGAZIONE SERVIZI"

PROVE IN SITO - INDAGINI GEOFISICHE



SEZ. 7.5: "PRODUZIONE ED EROGAZIONE SERVIZI"

PROVE IN SITO - INDAGINI GEOFISICHE



ALLEGATO 3

Certificazioni delle analisi di laboratorio (*Pangeo* – Poggibonsi, 2018, 2016)

Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli
Canitere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta
Data consegna: 08/05/2018 **Data apertura:** 18/05/2018
V.Acc. N. 114/18 **del** 08/05/2018
Sigla: SIC1
Prof. (m): 2.70-3.00
Tipo di campione Camp. Spezzone
Qualità campione (se dichiarata): n.d.

Descrizione visuale:

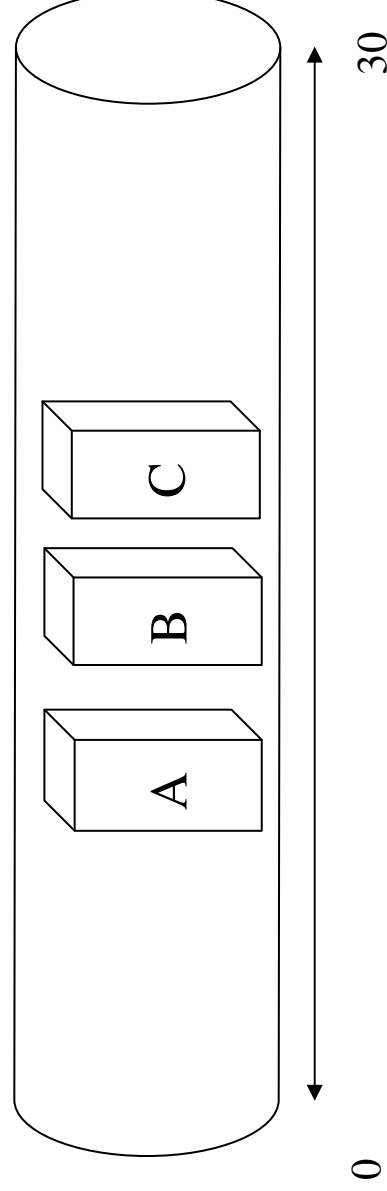
Limo con argilla marrone grigiastro
(Rif. Munsell 2.5Y5/2 Grayish Brown)
Clasti concrezionali plurimillimetrici.

Prove richieste:

Prova di taglio diretto Casagrande

A	<i>Provino per:</i>	Taglio diretto
B	<i>Provino per:</i>	Taglio diretto
C	<i>Provino per:</i>	Taglio diretto

Alto



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta

Data consegna campione: 08/05/2018

Data apertura campione: 18/05/2018

Verb. Acc. N. 114/18 *del* 08/05/2018

Sigla: SIC1

Prof: (m) 2.70-3.00

Descrizione Limo con argilla marrone grigiastro
 (Rif: Munsell 2.5Y5/2 Grayish Brown)

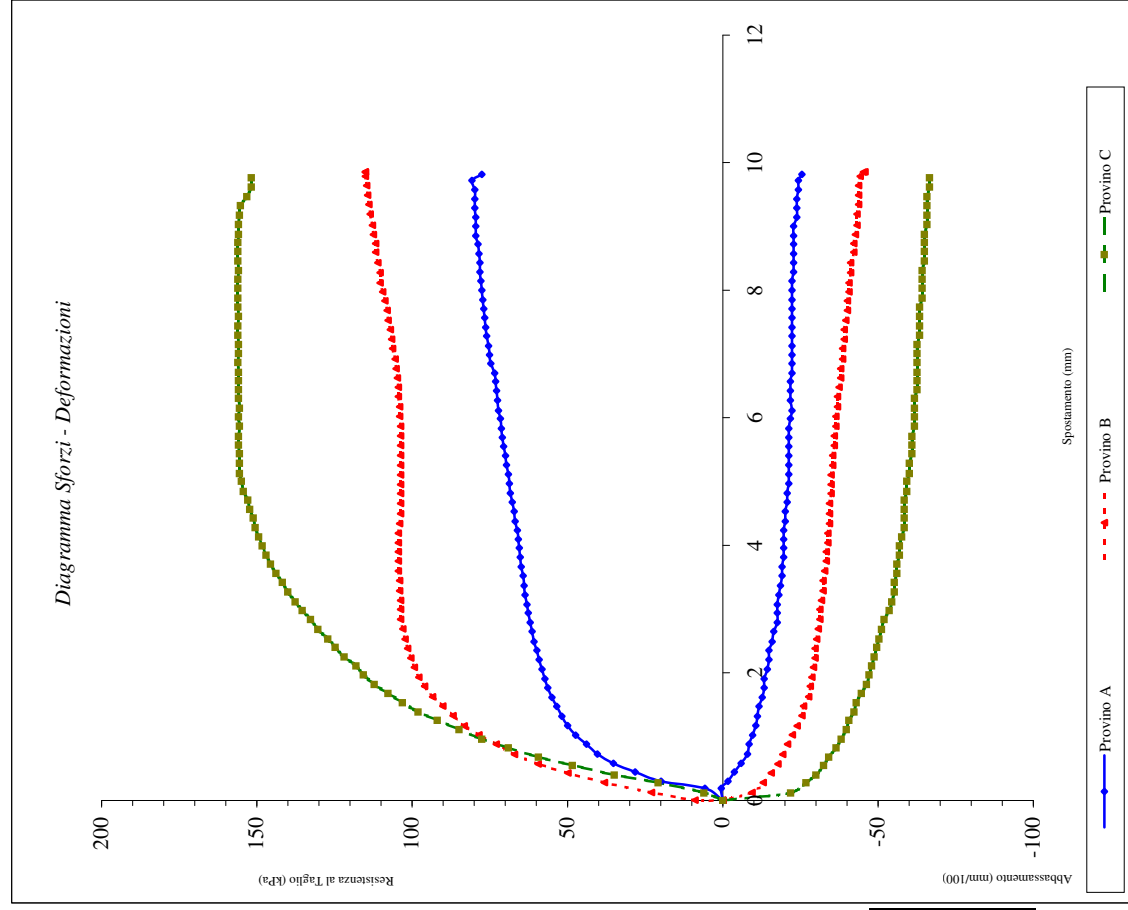
Data inizio prova 18/05/2018

Data fine prova 22/05/18

Velocità di deform. media : (mm/min) 0.002

Dimensione dei provini(L,l,h) : (mm) 60*60*20

Umidità media del campione: 26.1%



Provino		A	B	C
Umidità naturale	W in.	26.27%	26.29%	27.12%
Umidità naturale	W fin.	24.99%	24.56%	24.02%
Massa volumica apparente	ρ (Mg/m ³)	2.00	1.99	1.98
Massa volumica apparente secca	pd (Mg/m ³)	1.58	1.58	1.56

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

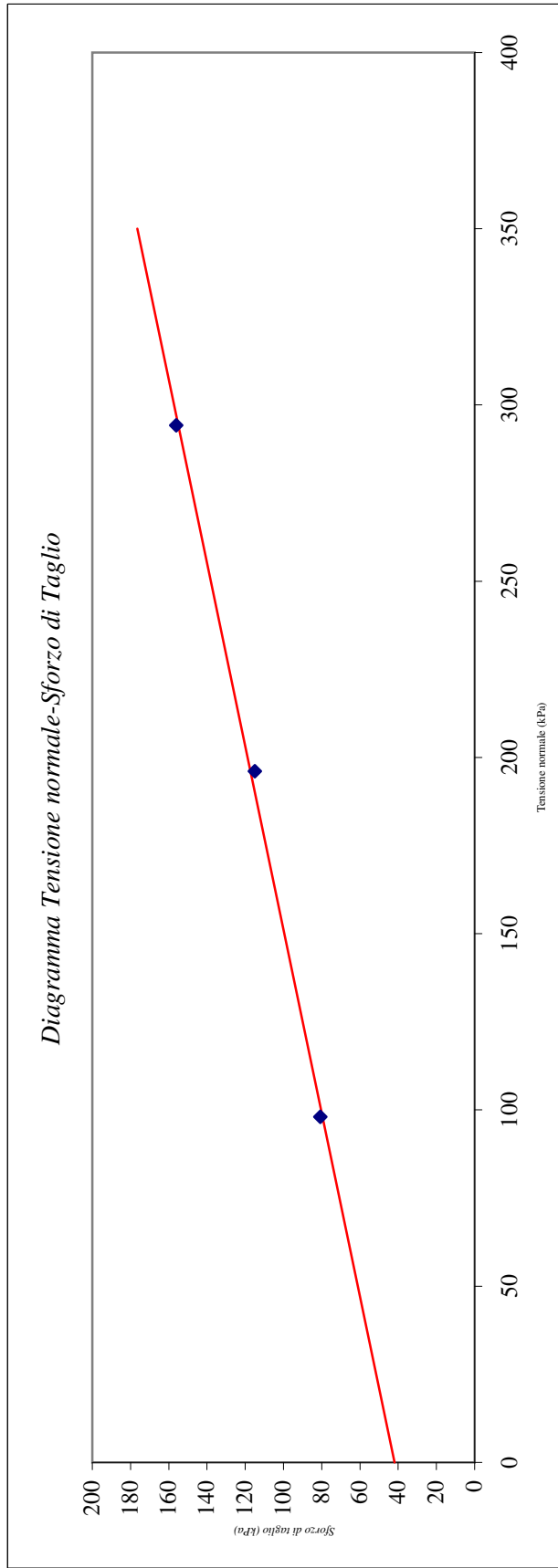
Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli
Cantiere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta
Sigla: SIC1

Massa volumica apparente media ρ (Mg/m³) 1.99
 Massa volumica apparente secca media ρ_d (Mg/m³) 1.57
 Umidità media del campione (%) 26.06%

Prof: (m) 2.70-3.00

Provino		A	B	C
Tensione verticale σ_v (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di picco	Sforzo di taglio max. τ_f (kPa)	80.76	115.05	156.13
	Spostamento (mm)	9.720	9.788	6.872
	Abbassamento (mm)	-0.244	-0.443	-0.626

Attrito Interno ϕ'	21.0°
Coesione c' (kPa)	41.933



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta

Data consegna campione: 08/05/2018

Data apertura campione: 18/05/2018

Verb. Acc. N. 114/18 del 08/05/2018

Sigla: SIC1

Prof: (m) 2.70-3.00

Descrizione Limo con argilla marrone grigiastro
 (Rif: Munsell 2.5Y5/2 Grayish Brown)

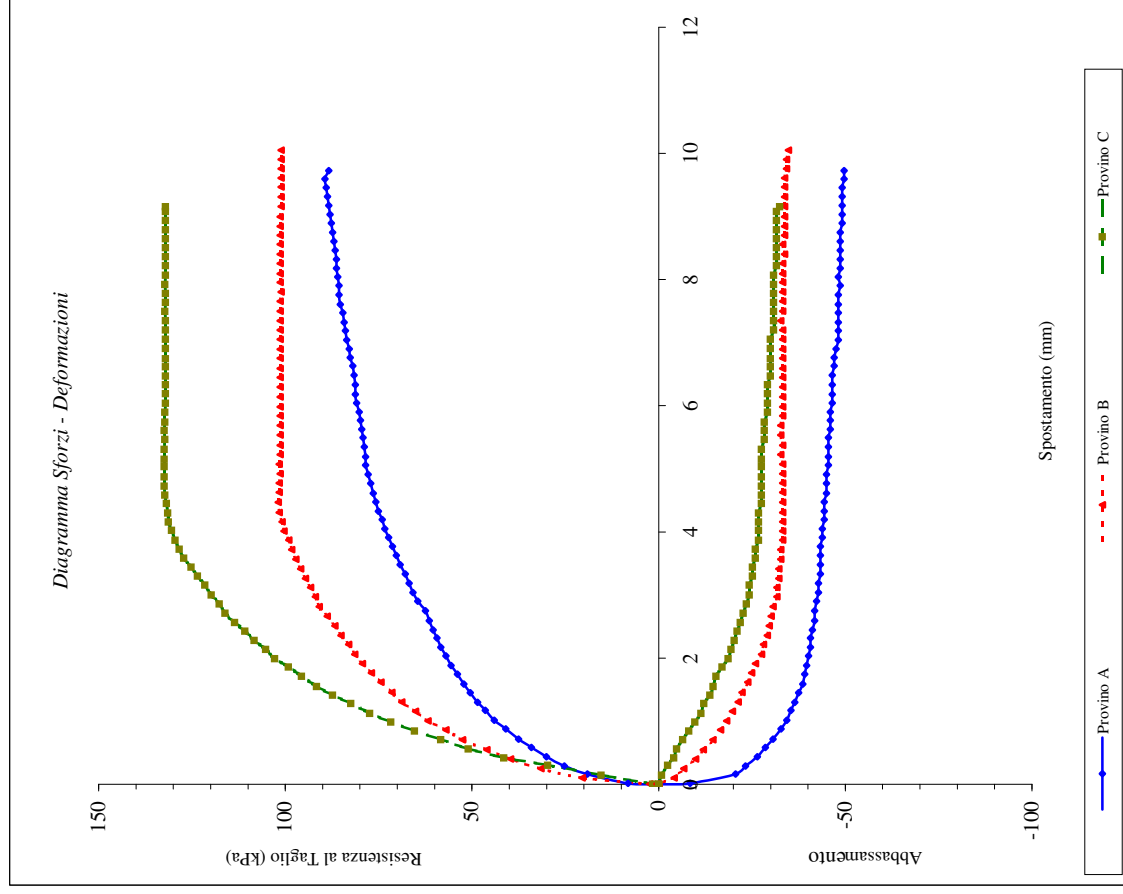
Data inizio prova 30/05/2018

Data fine prova 31/05/18

Velocità di deform. media : (mm/min) 0.02

Dimensione dei provini(L,l,h) : (mm) 60*60*20

Umidità media del campione: 26.1%



Provino		A	B	C
Umidità naturale	W in.	25.69%	25.50%	25.85%
Umidità naturale	W fin.	25.64%	25.33%	25.59%
Massa volumica apparente	ρ (Mg/m ³)	1.988	1.980	1.994
Massa volumica apparente secca	ρ_d (Mg/m ³)	1.582	1.578	1.585

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

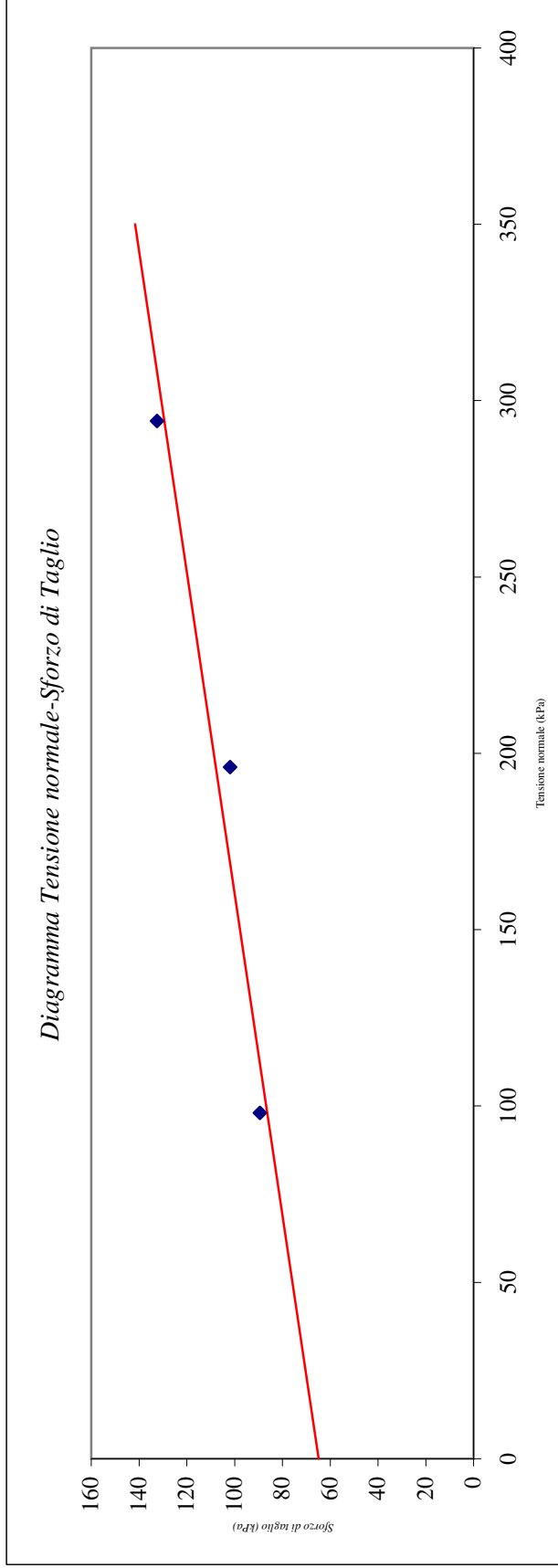
Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli
Cantiere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta
Sigla: SIC1

Massa volumica apparente media ρ (Mg/m³) 1.99
 Massa volumica apparente secca media ρ_d (Mg/m³) 1.58

Prof: (m) 2.70-3.00

Provino		A	B	C
Tensione verticale σ_v (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di picco	Sforzo di taglio max. τ_f (kPa)	89.40	101.95	132.44
	Deformazione provino (%)	9.596	4.473	4.728
	Abbassamento (mm)	-0.497	-0.332	-0.276

Atrito Interno ϕ	12.4°
Coesione c (kPa)	64.883



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli
Canitere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta
Data consegna: 08/05/2018 **Data apertura:** 11/05/2018
V.Acc. N. 115/18 **del** 08/05/2018
Sigla: SIC2
Prof. (m): 4.40-4.70
Tipo di campione Camp. Spezzone
Qualità campione (se dichiarata): n.d.

A **Provino per:** Edometria

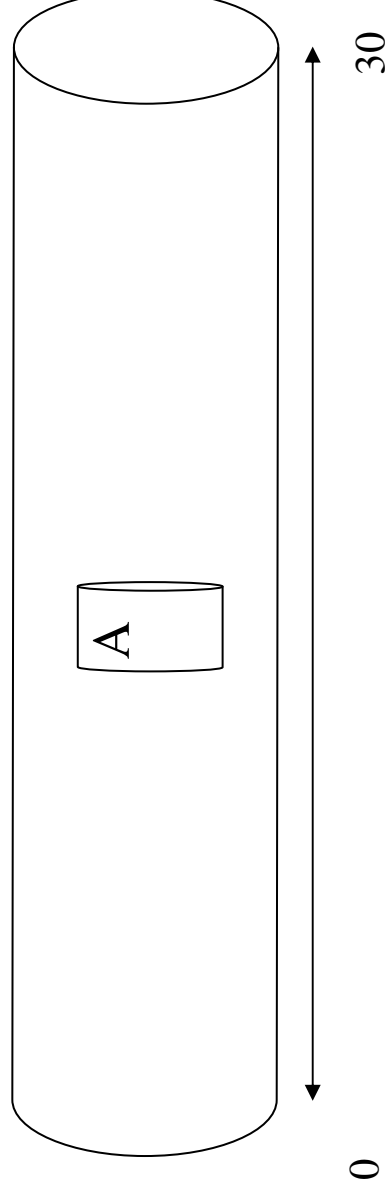
Descrizione visuale:

Limo argilloso marrone chiaro
(Rif. Munsell 2.5Y5/4 Light Olive Brown)

Prove richieste:

Prova di Compressione Edometrica

Alto



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Sest'Lab - Loc. Sesta

Data consegna campione: 08/05/2018

Data apertura campione: 11/05/2018

V.Acc. N. 115/18 *del* 08/05/2018

Sigla: SIC2

Profondità (m): 4.40-4.70

Descrizione: Limo argilloso marrone chiaro
(Rif. Munsell 2.5Y5/4 Light Olive Brown)

Data inizio prova: 11/05/2018

Data fine prova: 29/05/2018

Umidità
W iniziale: 25.02%

W finale: 23.29%

M. Volum. apparente: ρ 2.005 Mg/m³

Densità secca: ρ_d 1.621 Mg/m³

Indice dei Vuoti iniziale: e_0 0.627

Gravità Specifica (a 20°C) 2.642

Dimensioni provino: D;h 70*20 mm

Diagramma Log Carico - Cedimento

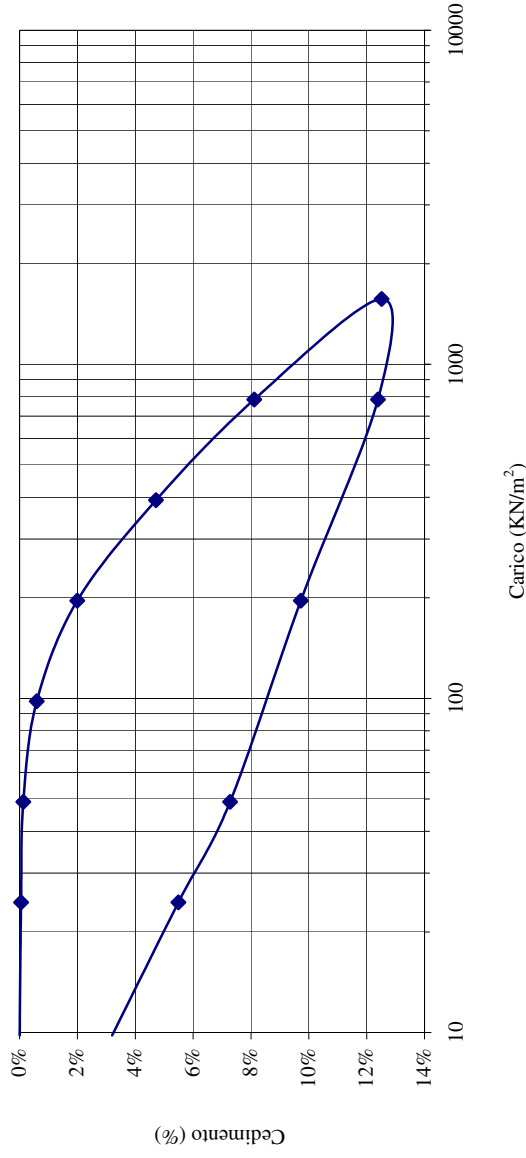
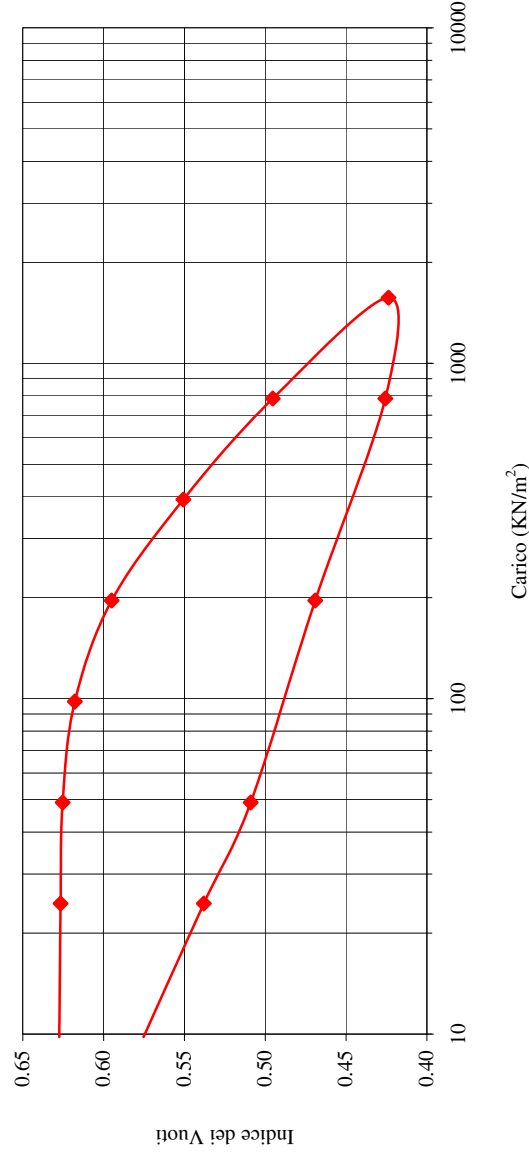


Diagramma Log Carico - Indice dei Vuoti



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta

Data consegna campione: 08/05/2018

Data apertura campione: 11/05/2018

V.Acc. N.: 115/18 *del* 08/05/2018

Sigla: SIC2

Profondità (m): 4.40-4.70

Descrizione: Limo argilloso marrone chiaro
(Rif. Munsell 2.5Y5/4 Light Olive Brown)

Data inizio prova: 11/05/2018

Data fine prova: 29/05/2018

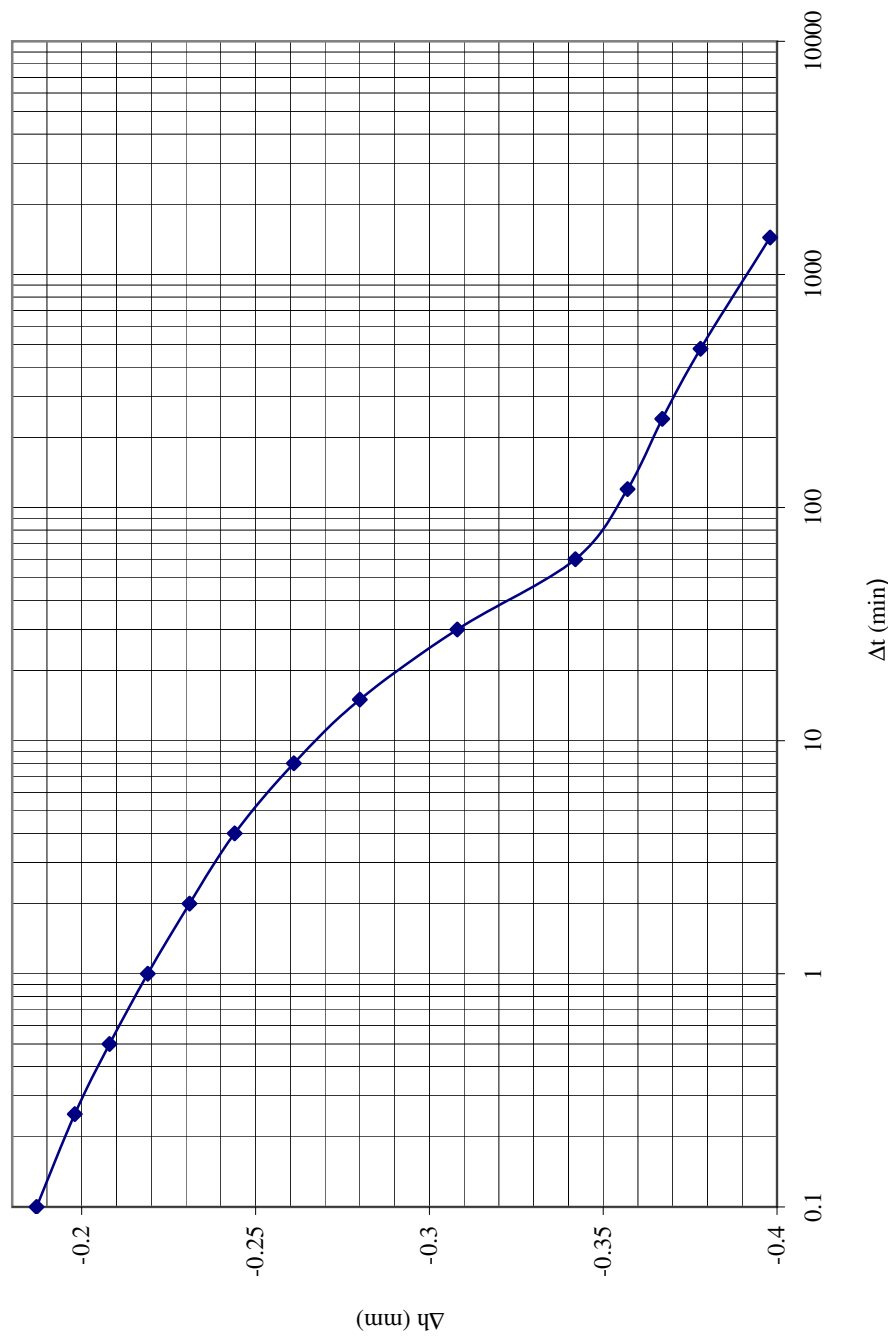
Intervallo di carico

da 98.07 KN/m²

a 196.14 KN/m²

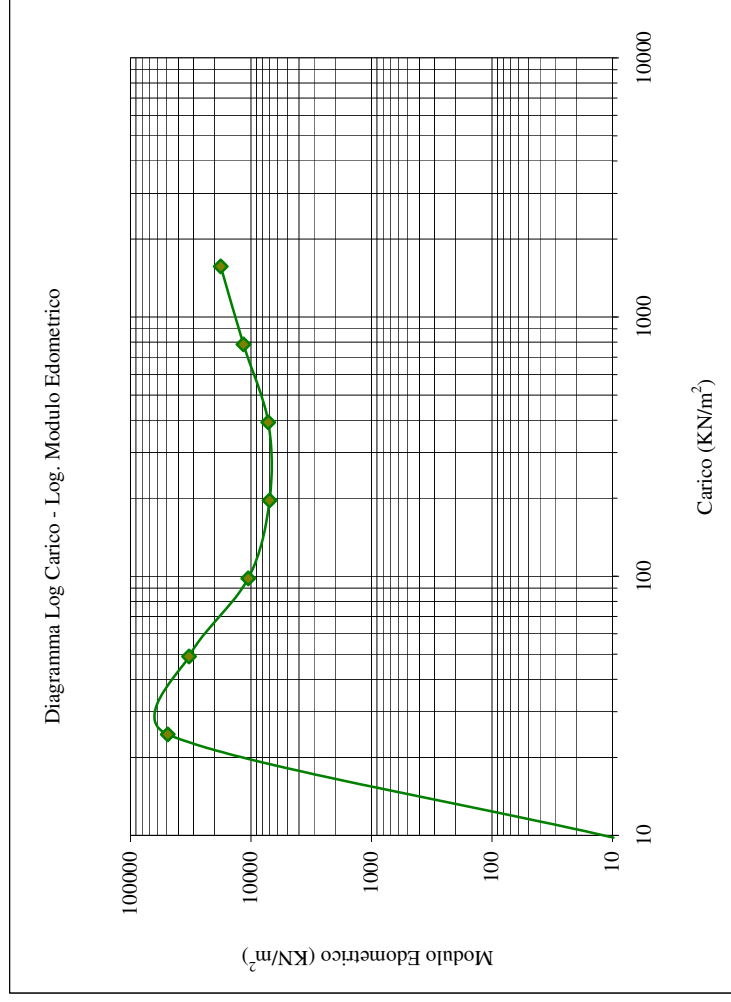
Δt (min)	Δh (mm)
0.1	-0.187
0.25	-0.198
0.5	-0.208
1	-0.219
2	-0.231
4	-0.244
8	-0.261
15	-0.28
30	-0.308
60	-0.342
120	-0.357
240	-0.367
480	-0.378
1440	-0.398

Diagramma Cedimenti-Log Tempo



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli
Cantiere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta
Data consegna campione: 08/05/2018
V.Acc. N. 115/18 *del* 08/05/2018
Sigla: SIC2
Profondità (m): 4.40-4.70
Descrizione: Limo argilloso marrone chiaro
(Rif. Munsell 2.5Y5/4 Light Olive Brown)

Data inizio prova: 11/05/2018
Data fine prova: 29/05/2018



σ_v (KN/m ²) da	σ_v a	ΔH (cm)	$\Delta H/H_0$ %	e (-)	mv (m ² /KN)	Med (KN/m ²)	av (m ² /KN)
0	24.518	0.001	0.050%	0.627	0.00002	49035	0.00003
24.518	49.035	0.0025	0.125%	0.625	0.00003	32690	0.00005
49.035	98.07	0.0118	0.590%	0.618	0.00009	10545	0.00015
98.07	196.14	0.0398	1.990%	0.595	0.00014	7005	0.00023
196.14	392.28	0.0943	4.715%	0.551	0.00014	7198	0.00023
392.28	784.56	0.1623	8.115%	0.495	0.00009	11538	0.00014
784.56	1569.1	0.2503	12.515%	0.424	0.00006	17831	0.00009
1569.12	784.56	0.2478	12.390%	0.426			
784.56	196.14	0.1945	9.725%	0.469	0.00005	22080	0.00007
196.14	49.035	0.1455	7.275%	0.509	0.00017	6004	0.00027
49.035	24.518	0.1098	5.490%	0.538	0.00073	1374	0.00118
24.5175	9.807	0.064	3.200%	0.575	0.00156	642	0.00253

Prova Edometrica: Interpretazione risultati

Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) SestaLab - Loc. Sesta

Sigla: S1C2

Profondità (m): 4.40-4.70

Indice di compressione Cc: 0.211 Rapporto di compressione CR 0.130
 Indice di ricomprensione Cr: 0.0041 Rapporto di ricomprensione RR 0.0025
 Indice di rigonfiamento Cs: 0.063 Rapporto di rigonfiamento SR 0.039

Umidità
 W iniziale: 25.02%

W finale: 23.29%

M. Volum. apparente: ρ 2.005 Mg/m³

Densità secca: ρ_s 1.621 Mg/m³

Indice dei Vuoti iniziale: e₀ 0.627

Gravità Specifica (a 20°C) 2.642

Calcolo di Cv (Metodo di Casagrande)
 e del Coefficiente di Permeabilità

Int carico (KPa)	Cv cm ² /sec	K cm/sec
100-200	3.05E-04	4.25E-09

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0426/16
AL N.
0426/16

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/08/2016

Intestatario certificati: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Verbale di accettazione: VA 148/16 *del:* 26/07/2016

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Sigla: S1C2 *Profondità (m):* 3.0-3.40

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **2** *fogli esclusa la copertina.*


Il Direttore del Laboratorio

Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Data consegna: 26/07/2016 **Data apertura:** 02/08/2016

V.Acc. N. 148/16 **del** 26/07/2016

Sigla: SIC2

Prof. (m): 3.0-3.40

Tipo di campione Camp. Spezzone

Qualità campione (se dichiarata): n.d.

Descrizione visuale:

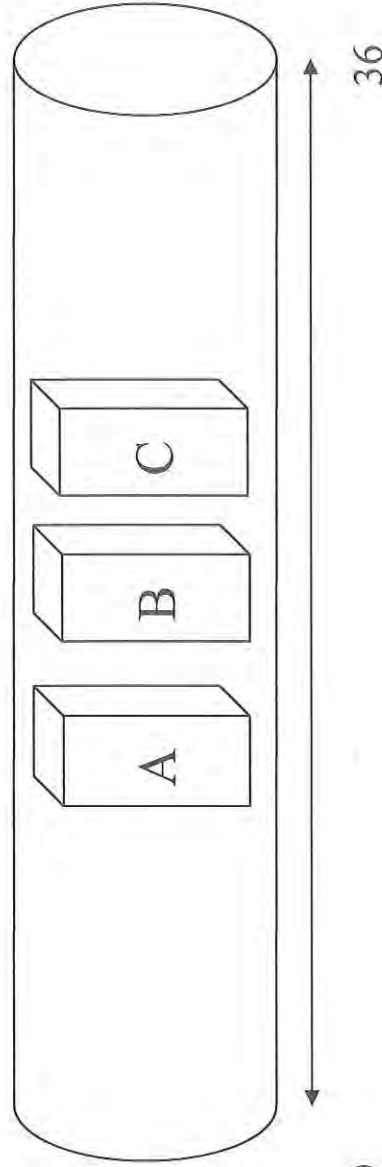
Roccia alterata in matrice limoso argillosa grigio scuro
(Rif. Munsell N4/ Dark Gray)

Prove richieste:

Prova di taglio diretto Casagrande

A *Provino per:* Taglio diretto
B *Provino per:* Taglio diretto
C *Provino per:* Taglio diretto

Alto



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Data consegna campione: 26/07/2016

Data apertura campione: 02/08/2016

Verb. Acc. N. 148/16 **del** 26/07/2016

Sigla: SIC2

Prof. (m) 3.0-3.40

Descrizione Roccia alterata in matrice limoso argillosa grigio scuro
 (Rif. Munsell N4/ Dark Gray)

Data inizio prova 02/08/2016

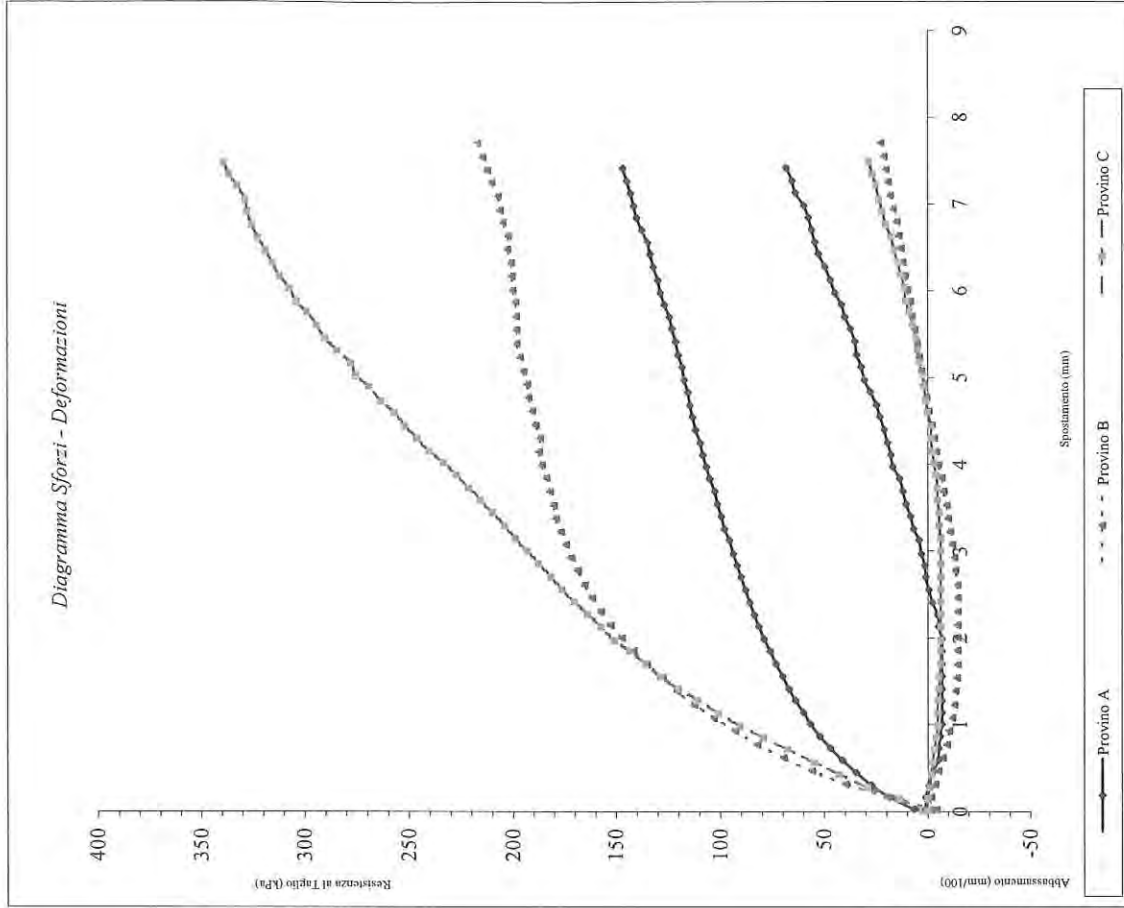
Data fine prova 05/08/16

Velocità di deform. media : (mm/min) 0.002

Dimensione dei provini(L,l,h) : (mm) 60*60*20

Umidità media del campione: 7.6%

Umidità naturale	Provino		Iniziale	A	B	C
	W in.	W fin.				
Umidità naturale			finale	11.02%	11.06%	11.18%
Massa volumica apparente			p (Mg/m ³)	8.81%	8.68%	8.49%
Massa volumica apparente secca			pd (Mg/m ³)	2.31	2.33	2.29
				2.08	2.09	2.06



Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

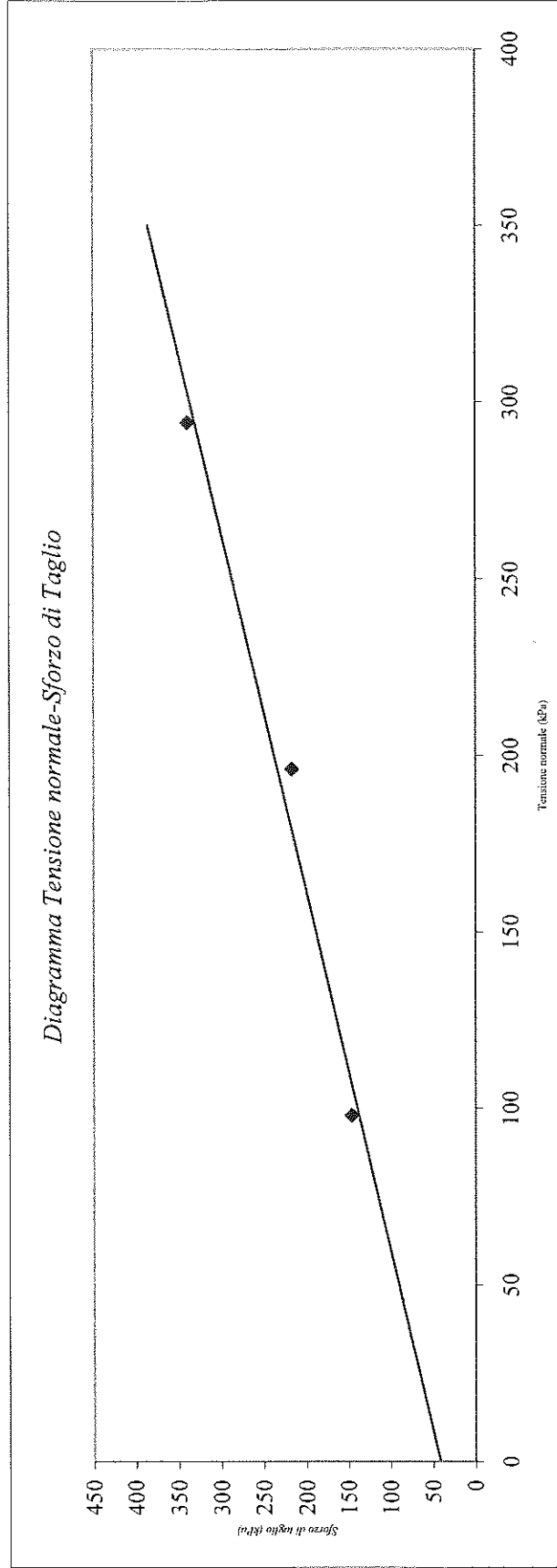
Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli
Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta
Sigla: SIC2

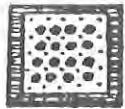
Massa volumica apparente media ρ (Mg/m³) 2.31
 Massa volumica apparente secca media ρ_d (Mg/m³) 2.08
 Umidità media del campione (%) 7.64%

Prof. (m) 3.0-3.40

		A	B	C
Provino				
Tensione verticale σ_v (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di ricco	Sforzo di taglio max. τ_f (kPa)	146.59	217.27	339.12
	Spostamento (mm)	7.419	7.710	7.488
	Abbassamento (mm)	0.682	0.228	0.285

Attrito Interno ϕ'	44.5°
Coesione c' (kPa)	41.794





PANGEO
LABORATORIO GEOTECNICO

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N. 54065 del 07/11/2005

Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Laboratorio
Qualificato
N. 100



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0427/16
AL N.
0427/16

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/08/2016

Intestatario certificati: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Verbale di accettazione: VA 149/16 *del:* 26/07/2016

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Sigla: S1C3 *Profondità (m):* 6.0-6.40

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **4** *fogli esclusa la copertina.*

Il Direttore del Laboratorio

Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Data consegna: 26/07/2016 **Data apertura:** 27/07/2016

V.Acc. N. 149/16 **del** 26/07/2016

Sigla: SIC3

Prof. (m): 6.0-6.40

Tipo di campione Camp. Spezzone

Qualità campione (se dichiarata): n.d.

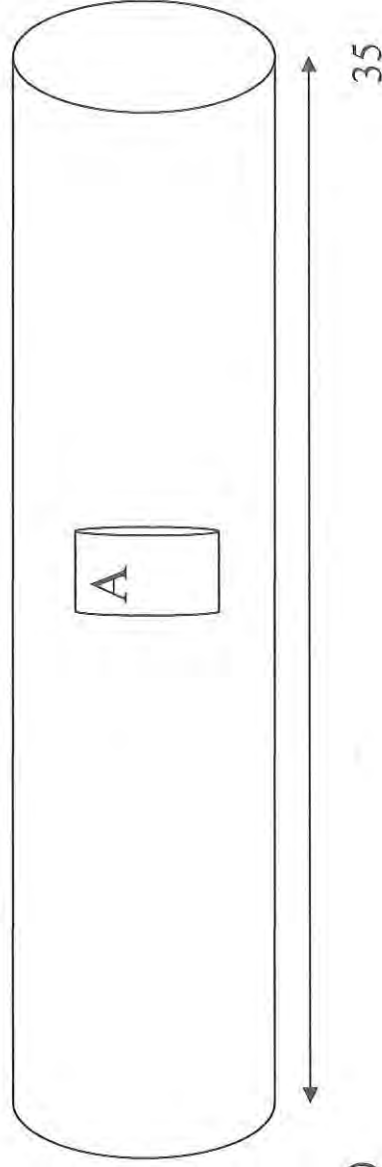
Descrizione visuale:

Roccia alterata in matrice limosa argillosa grigio scuro
(Rif. Munsell N4/ Dark Gray)

Prove richieste:

Prova di Compressione Edometrica

Alto



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Data consegna campione: 26/07/2016

Data apertura campione: 27/07/2016

V.Acc. N. 149/16 del 26/07/2016

Sigla: SIC3

Profondità (m): 6.0-6.40

Descrizione: Roccia alterata in matrice limoso argillosa grigio scuro
(Rif. Munsell N4/ Dark Gray)

Data inizio prova: 27/07/2016

Data fine prova: 10/08/2016

Umidità: W iniziale: 9.14%

W finale: 11.85%

M. Volum. apparente: p Mg/m³

Densità secca: pd 1.925 Mg/m³

Indice dei Vuoti iniziale: e0 0.369

Gravità Specifica (a 20°C): 2.64

Dimensioni provino: D:h 70*20 mm

Diagramma Log Carico - Cedimento

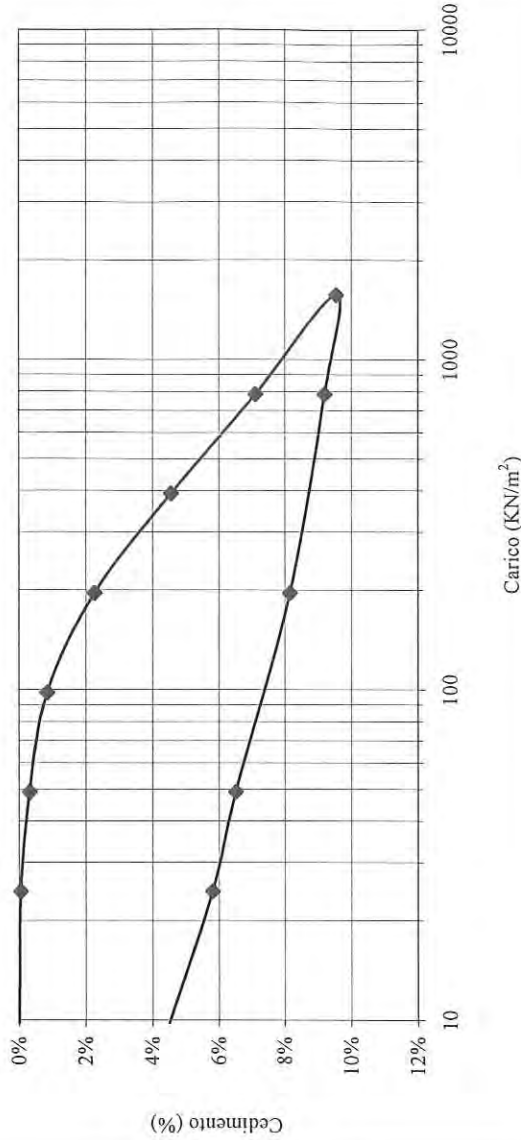
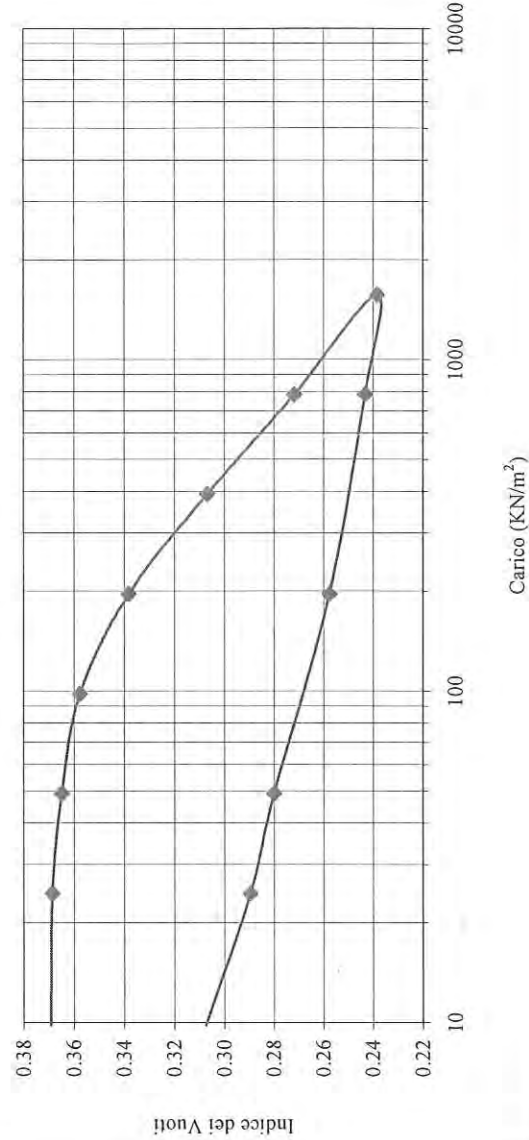
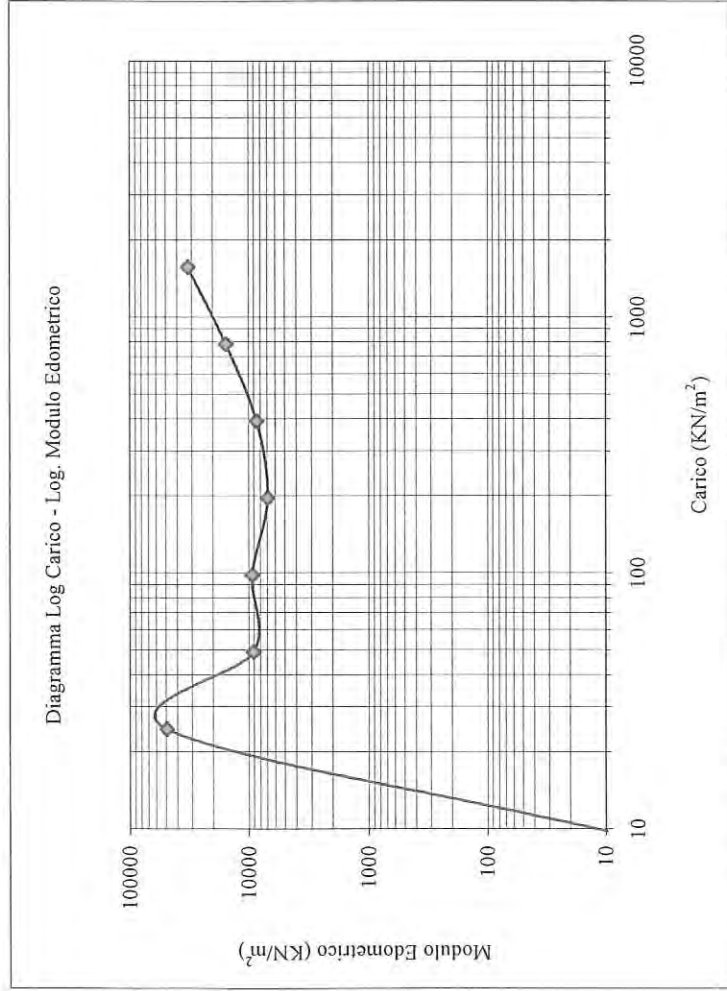


Diagramma Log Carico - Indice dei Vuoti



Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli
Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta
Data consegna campione: 26/07/2016
V. Acc. N. 149/16 *del* 26/07/2016
Sigla: SIC3
Profondità (m): 6.0-6.40
Descrizione: Roccia alterata in matrice limoso argillosa grigio scuro
(Rif. Munsell N4/ Dark Gray)

Data inizio prova: 27/07/2016
Data fine prova: 10/08/2016



σ_v (KN/ m ²) da	ΔH (cm)	$\Delta H/H_0$ %	e (-)	mv (m ² /KN)	Med (KN/m ²)	av (m ² /KN)
0	24.518	0.001	0.369	0.00002	49035	0.00003
24.518	49.035	0.0064	0.365	0.00011	9081	0.00015
49.035	98.07	0.0169	0.358	0.00011	9340	0.00015
98.07	196.14	0.0452	0.338	0.00014	6931	0.00020
196.14	392.28	0.0911	0.307	0.00012	8546	0.00016
392.28	784.56	0.1422	0.272	0.00007	15353	0.00009
784.56	1569.1	0.191	0.238	0.00003	32154	0.00004
1569.12	784.56	0.184	0.243			
784.56	196.14	0.163	0.258	0.00002	56040	0.00002
196.14	49.035	0.1302	0.280	0.00011	8970	0.00015
49.035	24.518	0.1162	0.290	0.00029	3503	0.00039
24.5175	9.807	0.09	0.308	0.00089	1123	0.00122

Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Data consegna campione: 26/07/2016

Data apertura campione: 27/07/2016

V.Acc. N. 149/16 del 26/07/2016

Sigla: SIC3

Profondità (m): 6.0-6.40

Descrizione: Roccia alterata in matrice limoso argillosa grigio scuro
(Rif. Munsell N4/ Dark Gray)

Data inizio prova: 27/07/2016

Data fine prova: 10/08/2016

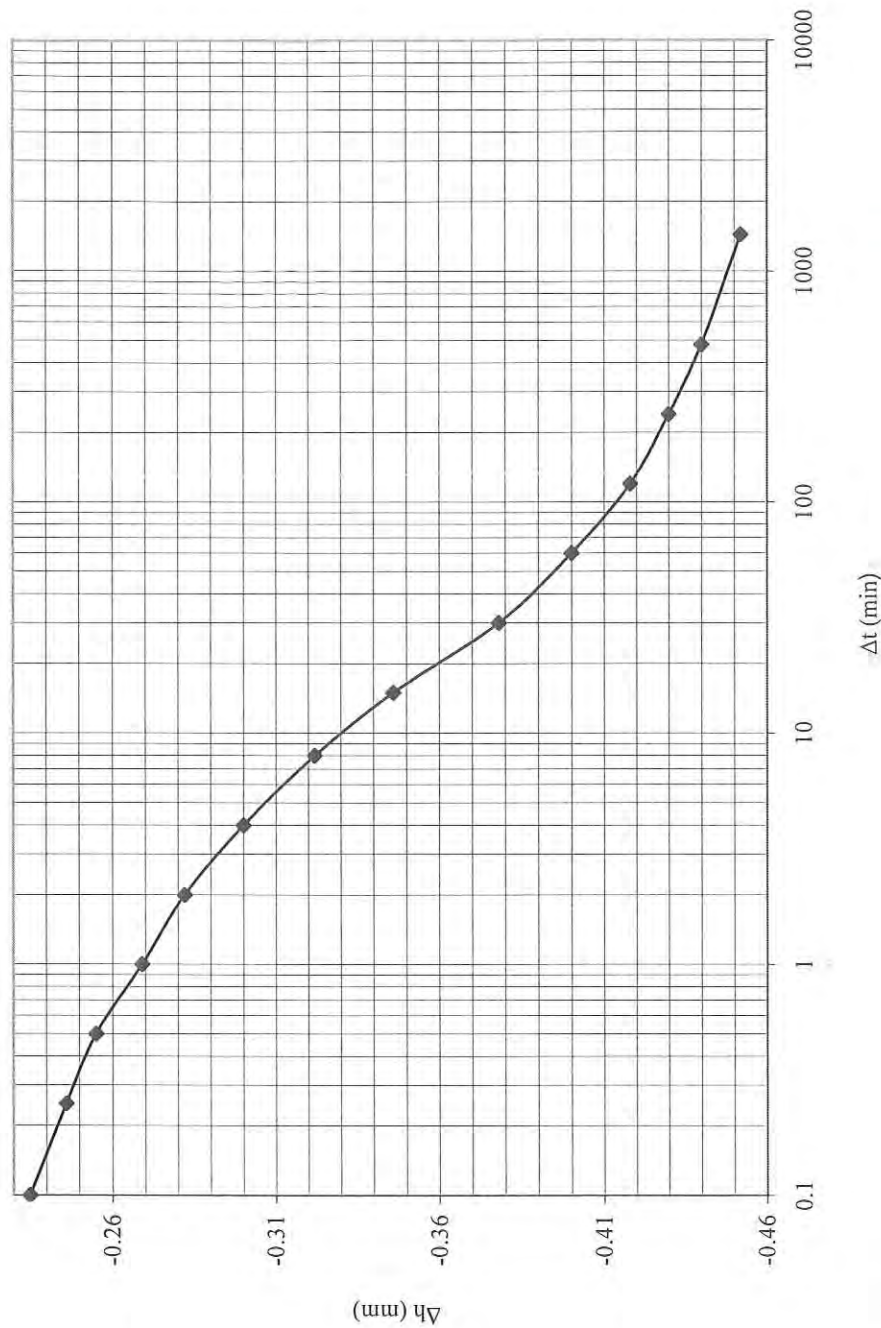
Intervallo di carico

da 98.07 KN/m²

a 196.14 KN/m²

Δt (min)	Δh (mm)
0.1	-0.235
0.25	-0.246
0.5	-0.255
1	-0.269
2	-0.282
4	-0.3
8	-0.322
15	-0.346
30	-0.378
60	-0.4
120	-0.418
240	-0.43
480	-0.44
1440	-0.452

Diagramma Cedimenti-Log Tempo



Prova Edometrica: Interpretazione risultati

Commitente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Sigla: SIC3

Profondità (m): 6.0-6.40

Indice di compressione Cc: 0.114 Rapporto di compressione CR 0.083
 Indice di ricompresione Cr: 0.0123 Rapporto di ricompresione RR 0.0090
 Indice di rigonfiamento Cs: 0.028 Rapporto di rigonfiamento SR 0.021

W iniziale: 9.14%

W finale: 11.85%

M. Volum. apparente: ρ 2.167 Mg/m3

Densità secca: ρ_s 1.925 Mg/m3

Indice dei Vuoti iniziale: e₀ 0.369

Gravità Specifica (a 20°C) 2.640

Calcolo di Cv (Metodo di Casagrande)
 e del Coefficiente di Permeabilità

Int carico (KPa)	Cv cm2/sec	K cm/sec
100-200	4.55E-04	6.42E-09

RACCOLTA CERTIFICATI DI PROVA

DAL N.
0428/16
AL N.
0428/16

EMESSI IN POGGIBONSI IL:
10/08/2016

Intestatario certificati: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Verbale di accettazione: VA 150/16 *del:* 26/07/2016

Categoria: PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Sigla: S2C2 *Profondità (m):* 2.10-2.40

Nelle pagine seguenti sono riportati:

- * le date di esecuzione delle prove;
- * il tipo di prova;
- * l'indicazione della norma o della specifica di riferimento;
- * i risultati ottenuti

Le incertezze di misura sono compatibili con quelle indicate dalle normative di riferimento

Questa raccolta consta di n. **2** *fogli esclusa la copertina.*



Il Direttore del Laboratorio



PANGEO S.n.c.
di Campielloni Leonardo & C.

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Poggibonisi (SI)

Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it

P. I.V.A. 0087076 052 7 Iser. C.C.I.A.A n° 96924

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005

Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente: Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere: Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Data consegna: 26/07/2016 **Data apertura:** 02/08/2016

V. Acc. N. 150/16 **del** 26/07/2016

Sigla: S2C2

Prof. (m): 2.10-2.40

Tipo di campione Camp. Spezzone

Qualità campione (se dichiarata): n.d.

Descrizione visuale:

Argilla e limo grigio scuro

(Rif. Munsell 5Y4/1 Dark Gray)

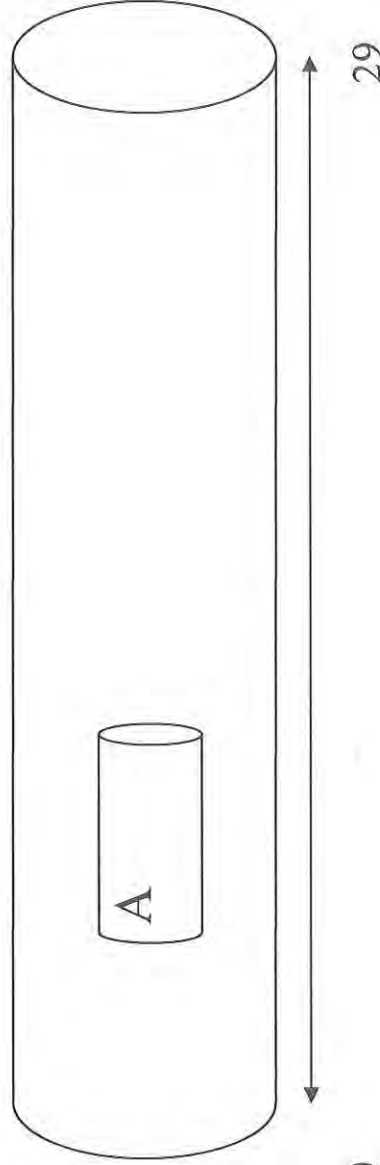
abbondanti frammenti litici, anche oltre il cm.

Prove richieste:

Compressione semplice

A **Provino per:** Compressione semplice

Alto





PANGEO S.n.c.

di *Campanelli Leonardo & C.*

Laboratorio e Uffici: Via Sangallo 110/A - 53036 Pogibonisi (SI)

Tel 0577983430 - Fax 0577997537 - www.pangeo.it

P. I.V.A. 0087076 052 7 Iser. C.C.I.A.A. n° 96924

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - con Decreto N. 54065 del 07/11/2005

Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Committente Studio geologico Dott. Silvano Becattelli

Cantiere Radicondoli (SI) Loc. Sesta

Data consegna campione 26/07/2016

Data apertura campione 02/08/2016

V.Acc. N. 150/16 **del** 26/07/2016

Sigla S2C2

Profondità (m) 2.10-2.40

Descrizione: Argilla e limo grigio scuro
(Rif. Munsell 5Y4/1 Dark Gray)



6.075

0

Prova di Compressione semplice (UNI CEN ISO/TS 17892-7:2005)

Umidità media del campione W (%) 22.10%

Umidità del provino W (%) 24.78%

Massa volumica app. ρ (Mg/m³) 2.011

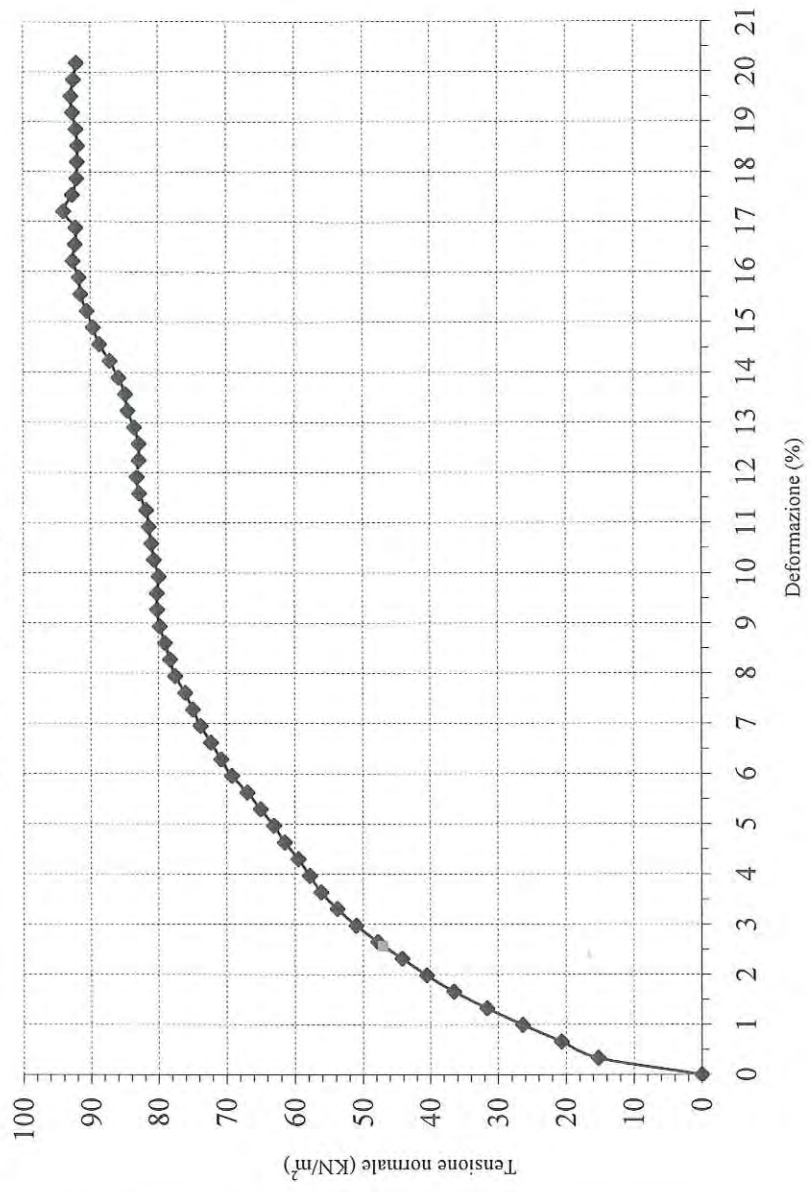
M. volumica app. secca ρ_d (Mg/m³) 1.611

Dimensioni provino: D;h 35*76 mm

Data inizio prova 02/08/2016

Data fine prova 02/08/16

Diagramma Sforzi - Deformazioni



Certificato Ufficiale N° 428 pag. 1 di 1

Data Certificato 10/08/2016

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Prova di Compressione semplice: interpretazione risultati

Committente	Studio geologico Dott. Silvano Becattelli	Umidità med. campione	W (%)	22.10%
Cantiere	Radicondoli (SI) Loc. Sesta	Massa volumica app.	ρ (Mg/m ³)	2.01
Sigla	S2C2	M. volumica app. secca	ρ_d (Mg/m ³)	1.61
Profondità (m)	2.10-2.40			

Resistenza al Taglio non drenata Su	94.005 (KN/m ²)
Coesione non drenata Cu <small>(assunta come 1/2 Su)</small>	47.003 (KN/m ²)
Modulo di Young	4613 (KN/m ²)
Modulo secante EU50	1825 (KN/m ²)

ALLEGATO 4

Determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici

Tipo di elaborazione:

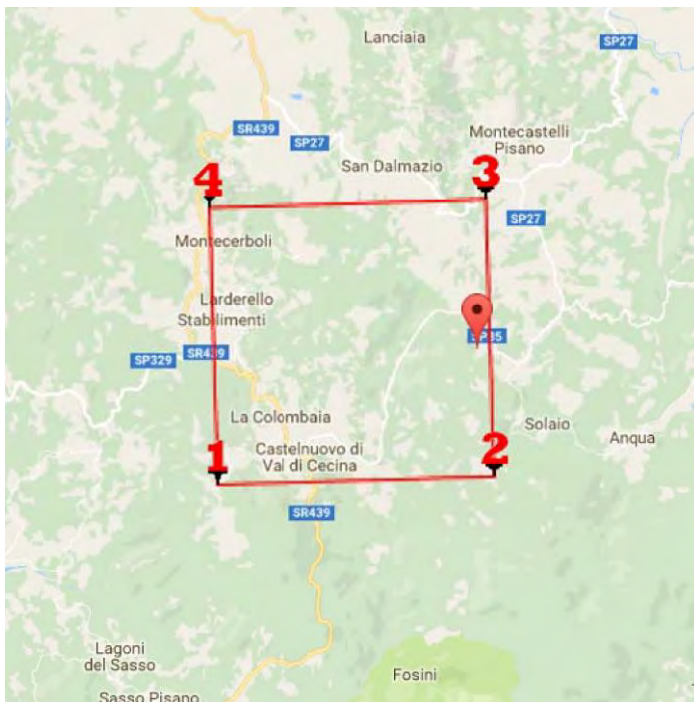
Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame

latitudine: 43,229787
longitudine: 10,948496
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 22495	Lat: 43,2056	Lon: 10,8833	Distanza: 5927,698
Sito 2	ID: 22496	Lat: 43,2072	Lon: 10,9519	Distanza: 2531,837
Sito 3	ID: 22274	Lat: 43,2571	Lon: 10,9498	Distanza: 3042,209
Sito 4	ID: 22273	Lat: 43,2556	Lon: 10,8811	Distanza: 6166,592



PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,044 g
Fo: 2,478
Tc*: 0,224 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,057 g
Fo: 2,500
Tc*: 0,243 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	475 [anni]
ag:	0,139 g
Fo:	2,476
Tc*:	0,272 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	975 [anni]
ag:	0,175 g
Fo:	2,510
Tc*:	0,279 [s]

COEFFICIENTI SISMICI

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,480
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,005
Amax:	0,524
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,460
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,667
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,430
St:	1,000
Kh:	0,040
Kv:	0,020
Amax:	1,640
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,420
St:	1,000
Kh:	0,050
Kv:	0,025
Amax:	2,055
Beta:	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84:

latitudine: 43.228814

longitudine: 10.947515

ALLEGATO 5

Certificazioni delle analisi chimiche (*Gracci Laboratori s.r.l.* - Empoli, 2018)

Empoli, 29 maggio 2018

Spett.

Studio Geologico Dott. Becattelli

via Gorizia 8/A

53036 Poggibonsi (SI)

Commissionato da Pangeo s.n.c.

RAPPORTO DI PROVA N° 631-2018

N° Accettazione del Laboratorio:	n° 625/18
Denominazione del campione:	VA116 S1-A
Aspetto del campione:	terra di colore marrone, inodore.
Data del campionamento:	a cura del cliente
Metodica di campionamento:	a cura del cliente
Campione consegnato da:	Pangeo s.n.c.
Luogo campionamento:	Radicondoli (SI) Loc. Sesta
Data di accettazione del campione:	10/05/2018
Temperatura del campione in accettazione:	ambiente
Data inizio prove: 10/05/2018	Data fine prove: 28/05/2018

RISULTATI ANALITICI

Denominazione della prova	Risultato	U.M.	Metodo di prova	CSC	
				Colonna A	Colonna B
Scheletro	53,3	%	D.M. 13/9/99 Met. II.1	---	---
Residuo a 105°C	96,04	%	D.M. 13/9/99 Met. II.2	---	---
Arsenico ⁽¹⁾⁽²⁾	2	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	20	50
Cadmio ⁽¹⁾⁽²⁾	< 1	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	2	15
Cobalto ⁽¹⁾⁽²⁾	32	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3140A	20	250
Cromo Totale ⁽¹⁾⁽²⁾	374	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	150	800
Cromo VI ⁽¹⁾⁽²⁾	< 0,4	mg/kg ss	EPA 3060A	2	15
Mercurio ⁽¹⁾⁽²⁾	0,07	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	1	5
Nichel ⁽¹⁾⁽²⁾	466	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	120	500
Piombo ⁽¹⁾⁽²⁾	< 25	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	100	1000

Continua alla pagina seguente



RISULTATI ANALITICI

Denominazione della prova	Risultato	U.M.	Metodo di prova	CSC	
				D.Lvo 152/2006 Parte Quarta, Titolo V, All. 5 Tabella 1: Suolo	
				Colonna A	Colonna B
Rame ⁽¹⁾⁽²⁾	10	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	120	600
Zinco ⁽¹⁾⁽²⁾	12	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	150	1500
Idrocarburi pesanti C > 12 ⁽²⁾	16,5	mg/kg ss	ISO 16703:2004	50	750

NOTE ED EVENTUALI DICHIARAZIONI DI CONFORMITA' AI REQUISITI:

(1) = digestione UNI EN 13657: 2004

(2) = analisi sul campione vagliato a 2 mm e risultati espressi sul totale secco

U.M. = unità di misura

s.s. = sul secco

Il valore "inferiore a (<)" corrisponde al limite di rilevabilità del metodo calcolato rispetto al peso del campione

Si segnala che:

° questo rapporto di prova riguarda solo il campione sottoposto a prova;

° questo rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta di questo Laboratorio.

Tecnico che ha redatto il RdP

Dott.ssa Biol. Mag. M. Maddalena Di Somma



Il Responsabile del Laboratorio Chimico

Dott. Chim. Mag. Patrizio Gracci



La Direzione

Dott. Chim. Mag. Patrizio Gracci

Dott. Patrizio Gracci

Fine del Rapporto di Prova

Empoli, 29 maggio 2018

Spett.

Studio Geologico Dott. Becattelli

via Gorizia 8/A

53036 Poggibonsi (SI)

Commissionato da Pangeo s.n.c.**RAPPORTO DI PROVA N° 632-2018**

N° Accettazione del Laboratorio:	n° 626/18
Denominazione del campione:	VA117 S1-B
Aspetto del campione:	terra di colore marrone, inodore.
Data del campionamento:	a cura del cliente
Metodica di campionamento:	a cura del cliente
Campione consegnato da:	Pangeo s.n.c.
Luogo campionamento:	Radicondoli (SI) Loc. Sesta
Data di accettazione del campione:	10/05/2018
Temperatura del campione in accettazione:	ambiente
Data inizio prove: 10/05/2018	Data fine prove: 28/05/2018

RISULTATI ANALITICI

Denominazione della prova	Risultato	U.M.	Metodo di prova	CSC	
				Colonna A	Colonna B
Scheletro	14,6	%	D.M. 13/9/99 Met. II.1	---	---
Residuo a 105°C	85,41	%	D.M. 13/9/99 Met. II.2	---	---
Arsenico ⁽¹⁾⁽²⁾	1,3	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	20	50
Cadmio ⁽¹⁾⁽²⁾	< 1	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	2	15
Cobalto ⁽¹⁾⁽²⁾	1	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3140A	20	250
Cromo Totale ⁽¹⁾⁽²⁾	39	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	150	800
Cromo VI ⁽¹⁾⁽²⁾	< 0,4	mg/kg ss	EPA 3060A	2	15
Mercurio ⁽¹⁾⁽²⁾	< 0,05	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	1	5
Nichel ⁽¹⁾⁽²⁾	45	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	120	500
Piombo ⁽¹⁾⁽²⁾	21	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	100	1000

Continua alla pagina seguente

RISULTATI ANALITICI

Denominazione della prova	Risultato	U.M.	Metodo di prova	CSC D.Lvo 152/2006 Parte Quarta, Titolo V, All. 5 Tabella 1: Suolo	
				Colonna A	Colonna B
Rame ⁽¹⁾⁽²⁾	35	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	120	600
Zinco ⁽¹⁾⁽²⁾	76	mg/kg ss	IRSA 29/2003 3020	150	1500
Idrocarburi pesanti C > 12 ⁽²⁾	41	mg/kg ss	ISO 16703:2004	50	750

NOTE ED EVENTUALI DICHIARAZIONI DI CONFORMITA' AI REQUISITI:

(1) = digestione UNI EN 13657: 2004

(2) = analisi sul campione vagliato a 2 mm e risultati espressi sul totale secco

U.M. = unità di misura

s.s. = sul secco

Il valore "inferiore a (<)" corrisponde al limite di rilevabilità del metodo calcolato rispetto al peso del campione

Si segnala che:

° questo rapporto di prova riguarda solo il campione sottoposto a prova;

° questo rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta di questo Laboratorio.

Tecnico che ha redatto il RdP

Dott.ssa Biol. Mag. M. Maddalena Di Somma



Il Responsabile del Laboratorio Chimico

Dott. Chim. Mag. Patrizio Gracci



La Direzione

Dott. Chim. Mag. Patrizio Gracci

Fine del Rapporto di Prova

ALLEGATO 6

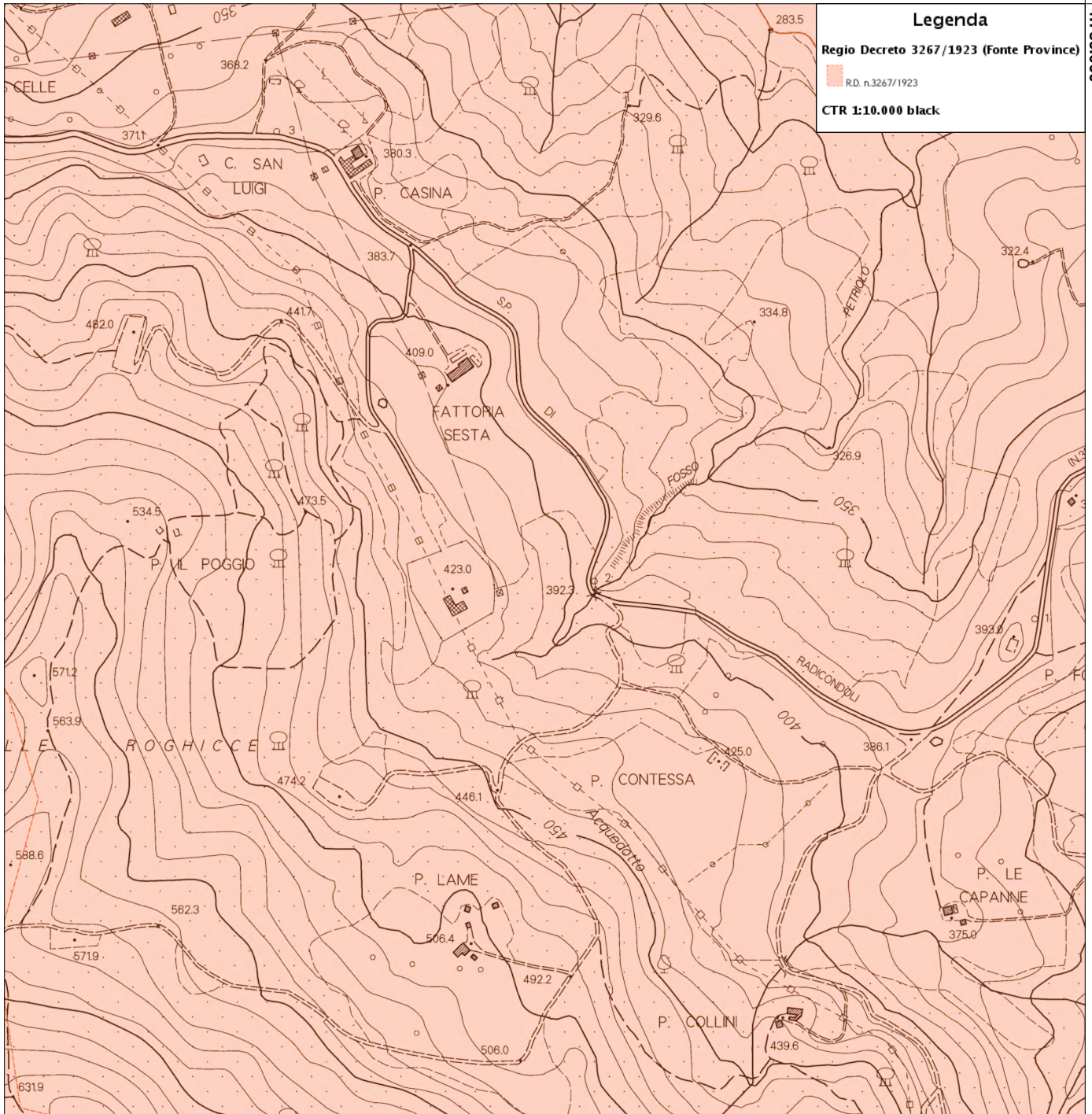
Aree a Vincolo Idrogeologico (da *Regione Toscana - SITA*)



Regione Toscana - SITa: Aree a Vincolo idrogeologico

Scala 1 :10.000

659.224



4.789.060

4.787.190

657.407,1

EPSG:25832