

Gabriele Cutini

Geologo

VIA A. GENTILI, 9 63837 FALERONE (FM)

TEL/FAX 0734-759672 CELL. 347-5585539

e-mail: geologo.cutini@gmail.com - Pec: gabrielecutini@epap.sicurezzapostale.it

S
T
U
D
I
O

G
E
O
L
O

G
E
O
L
O

G
E
O
L
O

COMUNE DI FERMO
Provincia di Fermo



**PROGETTO PER LA COSTRUZIONE IMPIANTO DI DIGESTIONE
ANAEROBICA DEI RIFIUTI ORGANICI**

**INDAGINE FATTIBILITA' GEOLOGICA, SISMICA E
GEOTECNICA**



Fermo Ambiente Servizi Impianti Tecnologici Energia S.r.l. Unipersonale
Sede legale: Via Mazzini N° 4 - 63900 Fermo
Cod. Fisc. e P.IVA: 017 465 10 443
Tel. 0734 22 34 95 - Fax 0734 21 72 59
info: www.asiteonline.it

Il geologo
Dr. Gabriele Cutini
Ordine dei Geologi delle Marche
Geologo Specialista n° 665

Falerone, 25 maggio 2015

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO - IDROGEOLOGICO	7
2.1. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA	8
2.2. VINCOLISTICA PRINCIPALE DEL SITO	9
2.3. COERENZA CON PRG	11
3. STRATIGRAFIA DEL SITO E RICOSTRUZIONE SEZIONI GEOLOGICHE.....	12
4. MODELLAZIONE GEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	12
5. CLASSIFICAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	13
5.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE	14
5.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO e VS30 (vd. rel. sismica HVSR allegata)	16
5.3 AMPLIFICAZIONE LOCALE	17
5.3.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA	18
5.3.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	18
5.3.3 CONDIZIONI STRATIGRAFICHE	18
5.3.4 SPETTRI DI RISPOSTA SISMICA	19
6. IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA – descrizione generale	19
7. DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DELLE OPERE CIVILI.....	21
8. ANALISI STABILITA'	33
9. GESTIONE TERRE DA SCAVO	35
10. ANALISI DEGLI IMPATTI POTENZIALI	36
10.1 IDENTIFICAZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE SU SUOLO E SOTTOSUOLO.....	38
11. ANALISI DEGLI IMPATTI ATTESI.....	38
12. CONCLUSIONI	40

Il presente elaborato è composto da n° 41 pagine e dai seguenti elaborati:

Elaborati allegati al testo

- Planimetria CTR e foto aerea
- Stralcio catastale
- Stralcio PRG comune di Fermo
- Stralcio cartografia P.A.I.
- Estratto carta geologica-geomorfologica – Ambiente Fisico delle Marche
- Tabulati prove penetrometriche statiche eseguite e sondaggi geognostici
- Certificati prove di laboratorio
- Relazione sismica tomografia HVSR
- Documentazione fotografica

Elaborati allegati fuori testo

- Planimetria stato attuale ubicazione indagini – profili geolitologici
- Planimetria stato progetto – profili geolitologici di progetto
- Tabulati calcolo verifica di stabilità

1. PREMESSA

Su incarico della Società Fermo ASITE Srl Unipersonale è stata redatta la seguente analisi di fattibilità geologica, sismica e geotecnica relativa il **“progetto di un impianto di digestione anaerobica dei rifiuti organici”** da realizzarsi nelle aree di pertinenza del C.I.G.R.U. sito in località San Biagio nel Comune di Fermo. L'area oggetto di studio è ubicata nel Comune di Fermo in Contrada San Biagio (FM); e situata ad una quota di circa 200 mt s.l.m. ed è fortemente caratterizzata dalla presenza di un Centro Integrato per la Gestione di Rifiuti Urbani (CIGRU) comprensivo di una discarica attiva per rifiuti non pericolosi. L'area è posta in prossimità dei limiti amministrativi di altri due Comuni del territorio fermano da cui dista circa:

- 1050 mt lineari dal confine con il territorio comunale di Ponzano (FM);
- 1500 mt lineari dal confine con il territorio comunale di Monterubbiano (FM).

Ai sensi della lettera o) dell'articolo 2 della L.R. 3 del 26 marzo 2012, i Comuni interessati dall'intervento¹, sono pertanto:

il Comune di Fermo;

il Comune di Ponzano di Fermo;

il Comune di Monterubbiano.





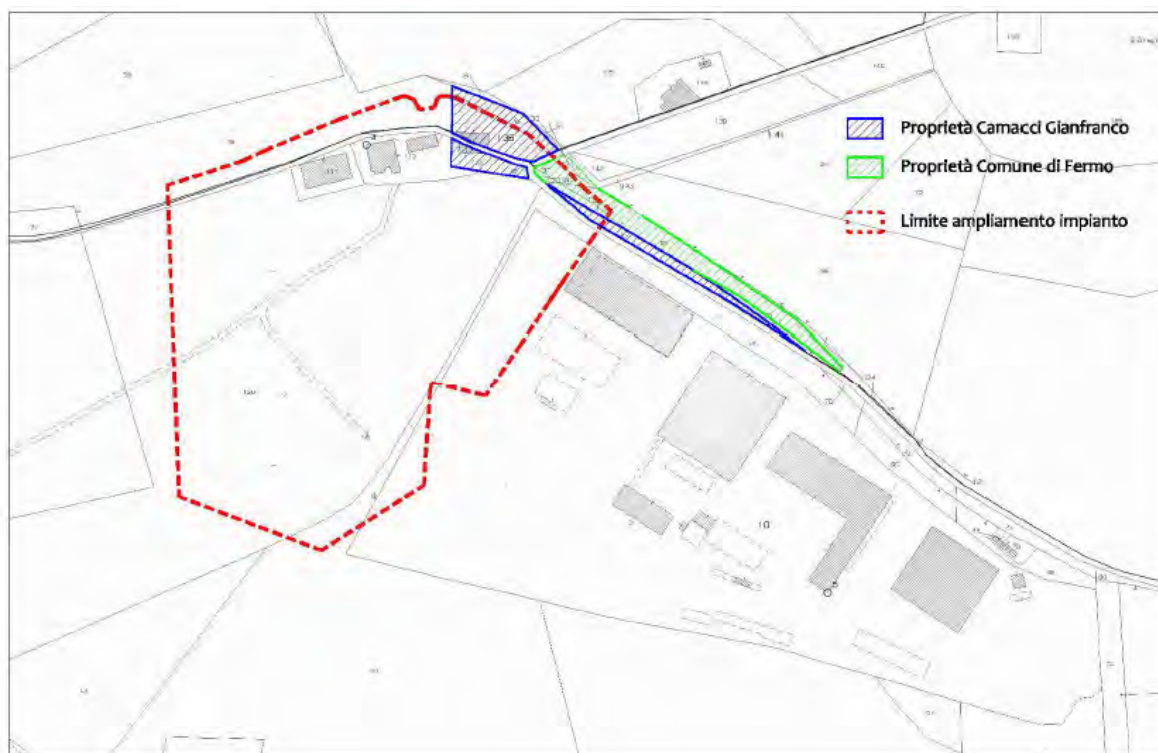
La zona di intervento interessa le particelle:

- Foglio n. 111 particelle n. 10, 85, 91, 116, 117, 119 e 120;
- Foglio n. 110 particelle n. 76, 93 e 136;
- Foglio n. 113 particelle n. 57, 95, 97, 132, 133 e 134.

La ditta Fermo Ambiente Servizi Impianti Tecnologici Energia S.R.L. con sede in Fermo e proprietaria di tutte le particelle ad eccezione delle seguenti:

- Foglio n. 111 particella n. 116;
 - Foglio n. 110 particelle n. 136 e 93;
 - Foglio n. 113 particella n. 57
- di proprietà del Sig. Camacci Gianfranco;

- Foglio n. 113 particelle n. 95, 97, 132, 133 e 134
- di proprietà del Comune di Fermo;



L'area oggetto d'intervento è stata recentemente acquistata da parte della ditta ASITE S.r.l.u.; era intenzione destinare l'area alla creazione di un nuovo corpo di discarica. Stante tale interesse da parte della ditta, a seguito dell'acquisto e della specifica richiesta, il Comune di Fermo aveva iniziato una Variante Urbanistica dell'area.

La Società ASITE, a seguito:

- di rivalutazione dei volumi disponibili in discarica per lo smaltimento;
- dei diversi flussi dei rifiuti che vengono conferiti che, a seguito di un costante aumento della raccolta differenziata sono costituiti da rifiuti recuperabili;
- delle nuove e più precise direttive ambientali circa il trattamento ed il recupero dei rifiuti, intende destinare l'area ad un impianto di Recupero destinato al trattamento preliminare di rifiuti organici.

La zona è posta a 188 metri s.l.m. e si sviluppa prevalentemente su di un versante collinare con pendenze medie del 24/25% per una superficie di circa 3,5 ha. La porzione di terreno è attualmente destinata all'attività agricola; infatti la famiglia Camacci che era precedentemente proprietaria del fondo, faceva dell'agricoltura la sua attività principale. Nel lotto sono dunque presenti elementi e strutture tipiche di quella realtà. La porzione a ridosso del crinale presenta cinque edifici: due sono destinati ad uso abitativo e presentano architettura, proporzioni, cromatismi e materiali tipici dei casolari della campagna marchigiana; tre sono capannoni utilizzati come rimessa di attrezzature e mezzi agricoli e per la dimora degli animali. Il versante collinare è destinato prevalentemente a vigneto.

Per la realizzazione dell'impianto dovranno essere eseguite opere di una certa entità vista la morfologia dell'area; tali opere interesseranno il versante e saranno articolate in consistenti sbancamenti e riporti, opere di consolidamento articolate in paratie ed opere fondali adeguate a quelle che sono le varie componenti impiantistiche, quali vasche di raccolta, impianti di pre-trattamento ecc., nonché relative alla accessibilità dei siti ossia alla fruibilità ed alla viabilità correlata anche all'impianto esistente del C.I.G.R.U.

La fattibilità degli interventi sotto il profilo geologico e sismico, è stata valutata in base alla seguente normativa:

Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008

Testo Unitario - "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare n. 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008;

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;

A tal proposito, sulla base delle informazioni acquisite dagli elaborati di progetto e dalle situazioni geologiche locali, nel corso della redazione del progetto delle indagini geognostiche si è predisposto un programma che ha avuto per obiettivi:

- definizione delle caratteristiche geologiche e strutturali dell'area, con la creazione di un modello geologico interpretativo nei settori di maggior interesse;
- determinazione delle velocità di propagazione onde sismiche Vs30;
- parametrizzazione geotecnica dei terreni;

Ai fini dell'espletamento del presente studio sono state anche esaminate le seguenti documentazioni tecniche riguardanti la Discarica San Biagio di Fermo, in quanto il nuovo impianto ricade all'interno della perimetrazione del C.I.G.R.U.:

1. Relazione geologica inerente il progetto definitivo, sistemazione, riqualificazione ambientale e ampliamento del Centro Integrato per la Gestione dei Rifiuti Urbani – Discarica sita in C.da San Biagio – Fermo a firma del Dott. Geol. Sergio Raccichini (progetto autorizzato Provincia di Fermo Det. N. 447/genn del 17/12/2009).
2. Sondaggi geognostici e prove di laboratorio, planimetrie e sezioni redatte dal Dott. Geol. Sergio Raccichini inerente il progetto definitivo, sistemazione, riqualificazione ambientale e ampliamento del Centro Integrato per la Gestione dei Rifiuti Urbani – Discarica sita in C.da San Biagio – Fermo (progetto autorizzato Provincia di Fermo Det. N. 447/genn del 17/12/2009).
3. Verifiche di stabilità fronti di abbancamento redatte dal Dott. Geol. Sergio Raccichini inerente il progetto definitivo, sistemazione, riqualificazione ambientale e ampliamento del Centro Integrato per la Gestione dei Rifiuti Urbani – Discarica sita in C.da San Biagio – Fermo (progetto autorizzato Provincia di Fermo Det. N. 447/genn del 17/12/2009).
4. Analisi di stabilità inerente un'area di versante (Piano di coltivazione – Porzione Settore C) della Discarica RSU sita in località San Biagio nel Comune di Fermo redatta dal sottoscritto Dott. Geol. Gabriele Cutini in data giugno 2013.

La fattibilità degli interventi sotto il profilo geologico-sismico, è stata valutata sulla base delle considerazioni emerse nel corso delle indagini effettuate in sito con il seguente programma di lavoro:

- esame della bibliografia geologica esistente;
- acquisizione dati da Relazione geologica inerente il progetto definitivo, sistemazione, riqualificazione ambientale e ampliamento del Centro Integrato per la Gestione dei Rifiuti Urbani – Discarica sita in C.da San Biagio – Fermo a firma del Dott. Geol. Sergio Raccichini (progetto autorizzato Provincia di Fermo Det. N. 447/genn del 17/12/2009), messa a disposizione dalla committenza, ed a cui si fa espressamente riferimento.

- Esecuzione di indagini geognostiche che chiaramente sono state scelte, ubicate e spinte in riferimento alla progettazione in corso e di fattibilità geologica:
 - esecuzione di n. 9 prove penetrometriche statiche P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9 in prossimità dell'area interessata dal progetto.
 - esecuzione di n. 4 sondaggi di tipo continuo a secco S1-S2-S3-S4 spinti fino alla profondità di 16.00 ml dal p.c.
 - esecuzione di una prova sismica di superficie con tomografo – HVSR.
 - rilievo plano-altimetrico dei punti di sondaggio, della linea tomografica e delle sezioni di riferimento progettuale.
- elaborazione di tavole, sezz. e tabelle tecnico esplicative;
- elaborazione di verifica di stabilità lungo le sezz. ritenute significative;
- stesura del rapporto preliminare.

2. **INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO - IDROGEOLOGICO**

L'area in esame si ubica nella CTR della Regione Marche Foglio n° 315 Fermo sezione n° 315050 San Biagio alla scala 1:10.000. Il sito in oggetto è individuabile su di una porzione di dorsale collinare ad una quota di circa 190-200 m slm. L'area ricade all'interno del bacino idrografico del F. Catalini tributario di dx idrografica del F. Ete Vivo. Sotto il profilo geologico l'area risulta caratterizzata da depositi terrigeni sia continentali (Colluvioni) che marini (Substrato) appartenenti all'Unità Pelitica e Pelitico-Arenacea del *Pleistocene inf.* Geomorfologicamente nell'area esaminata non si riscontrano processi morfogenetici in atto e/o potenziali che possano turbare la naturale stabilità dell'area oggetto di studio anche in virtù delle buone caratteristiche geotecniche che presenta sia la coltre che il substrato profondo. Si evidenziano comunque nel contorno in oggetto la presenza alcuni fenomeni di instabilità che interessano soprattutto i terreni superficiali dei cigli delle scarpate.

Dall'indagine geologica effettuata, correlata alla bibliografia esistente e reperita, a studi effettuati nella stessa zona dal sottoscritto, è stato possibile definire la presenza delle sotto elencate unità litostratigrafiche distinguibili in unità della copertura e unità del substrato.

- **Unità della copertura**

Riperti artificiali: terreni di riporto di qualsiasi natura di origine antropica.

Depositi colluviali: costituiti da accumuli detritici limoso argillosi e sabbioso limosi. Si tratta di materiale prodotto dall'alterazione chimica e dalla disgregazione fisica ad opera degli agenti meteorici delle unità cronologicamente inferiori e ricoprono gran parte del territorio. Di norma si ritrovano nelle zone d'impluvio e frequentemente lungo i versanti meno acclivi; con spessori ridotti si rinvencono anche sulle sommità delle dorsali più ampie. Tuttavia trattandosi di depositi secondari di ambiente continentale, la litologia dipende da quella dei litotipi primari affioranti a quote altimetriche superiori.

- **Unità del substrato**

Argilla marnosa: E' rappresentata dall'alternanza di peliti marnose di colore grigio con straterelli di sabbie fini grigie e beige. Le superfici di stratificazione si presentano generalmente piano parallele o con delle ondulazioni nella parte superiore, mentre i passaggi con gli orizzonti più grossolani intercalati sono raramente netti.

La stratificazione delle unità del substrato risulta non difforme: gli strati immergono verso NE con inclinazione variabile da 6 -10°.

2.1. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Le unità litostratigrafiche di cui al precedente paragrafo presentano caratteristiche di permeabilità primaria per porosità e/o permeabilità secondaria per fessurazione. I caratteri idrogeologici dei sedimenti presenti nell'immediato sottosuolo dell'area in oggetto, possono considerarsi piuttosto omogenei, con una tendenza a valori dell'indice di permeabilità della formazione pelitica integra di base pari a $k=10^{-7/-8}$ cm/sec e della formazione alterata pari a $k=4.71 \cdot 10^{-6}$ cm/sec.

Superficie piezometrica

In prossimità dei fossati e lungo la fascia terminale dei relativi versanti è da segnalare la presenza di irregolari e variabili falde freatiche, che generalmente interessano le coltri di copertura colluviale. Pertanto la superficie piezometrica risulta estremamente discontinua, non solo in relazione all'andamento stagionale del corso idrico e dei sedimenti presenti, ma anche in funzione dei processi idrogeologici, gravitativi e tettonici che caratterizzano la zona. A riguardo esistono quindi falde impostate a contatto tra i depositi di copertura colluviale con le unità di substrato prevalentemente argilloso, le quali visto anche lo spessore dei livelli stessi e la loro media permeabilità, acquistano una media trasmissività. Si tratta di falde collegate all'andamento meteorico dell'area e quindi alimentate dalle acque meteoriche che si infiltrano attraverso le coperture. Nel lotto in esame, durante le terebrazioni si sono riscontrate manifestazioni idriche soprattutto a contatto tra le coperture ed il substrato argilloso; in S.1 si rinviene una manifestazione idrica impostata a circa -13.00 m dal p.c., in S.2 a -5.50 m dal p.c. ed in S.4, sondaggio terebrato alla base del versante a -3.50 m dal p.c.

2.2. VINCOLISTICA PRINCIPALE DEL SITO

Viene riportata di seguito una sintesi della documentazione relativa al sistema vincolistico che potrebbe interessare il sito in oggetto di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico, ecc.

- **Piano Paesistico Ambientale Regionale (P.P.A.R.)**

Il PPAR delle Marche, approvato con D.A.C.R. n. 197 del 3 novembre 1989, si configura come un piano territoriale, riferito cioè all'intero territorio della regione e non soltanto ad aree di particolare pregio. Di seguito vengono segnalati i principali ambiti di pertinenza geologica.

Sottosistema geologico geomorfologico e idrogeologico

L'AREA IN OGGETTO E' SOTTOPOSTA HAI SEGUENTI VINCOLI:

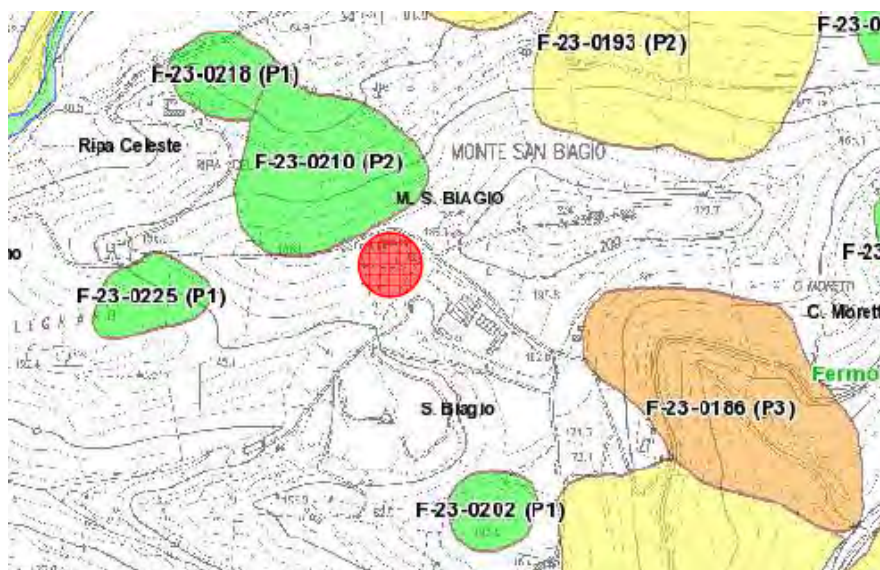
- ✓ AMBITO DI TUTELA DEI VERSANTI – ART. 30 NTA
- ✓ AMBITO TUTELA DEI CRINALI – ART. 29 NTA

Tabella riassuntiva dei vincoli definiti dal P.P.A.R.

	SI	NO
<u>SOTTOSISTEMI TEMATICI</u>	<u>SA</u> (SubAppenninica)	
- Sottosistema Botanico-Vegetazionale	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Sottosistema Storico-Culturale	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>SOTTOSISTEMA TERRITORIALE</u>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aree alta percettività visuale	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<u>CATEGORIE COSTITUTIVE DEL PAESAGGIO</u>		
- Emergenze geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Corsi d'acqua	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Crinali	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Versanti	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Aree floristiche	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Foreste Demaniali Regionali e Boschi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Pascoli	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Zone Umide	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Elementi diffusi del Paesaggio Agrario	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Paesaggio Agrario di interesse storico-ambientale	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Centri e Nuclei storici	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Edifici e Manufatti storici	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Zone Archeologiche e Strade Consolari	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Luoghi di memoria storica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- Punti panoramici e Strade panoramiche	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

- **Carta dell'Assetto idrogeologico (P.A.I.) (vd allegato)**

Piano per l'Assetto Idrogeologico PAI approvato con delibera di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004.



L'AREA IN ESAME RISULTA ESSERE ESENTE DA TALE PERIMETRAZIONE.

- **Vincolo idrogeologico R.D. 3267/1923**

Il Regio Decreto n. 3267/1923 recante "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani" vincola, per prevenire e/o limitare il dissesto idrogeologico, i terreni di qualsiasi natura e destinazione che per effetto di determinate forme di utilizzazione possono subire denudazioni, perdere la stabilit  o turbare il regime delle acque, recando danno pubblico. Le trasformazioni dei terreni soggetti a vincolo devono essere autorizzate.



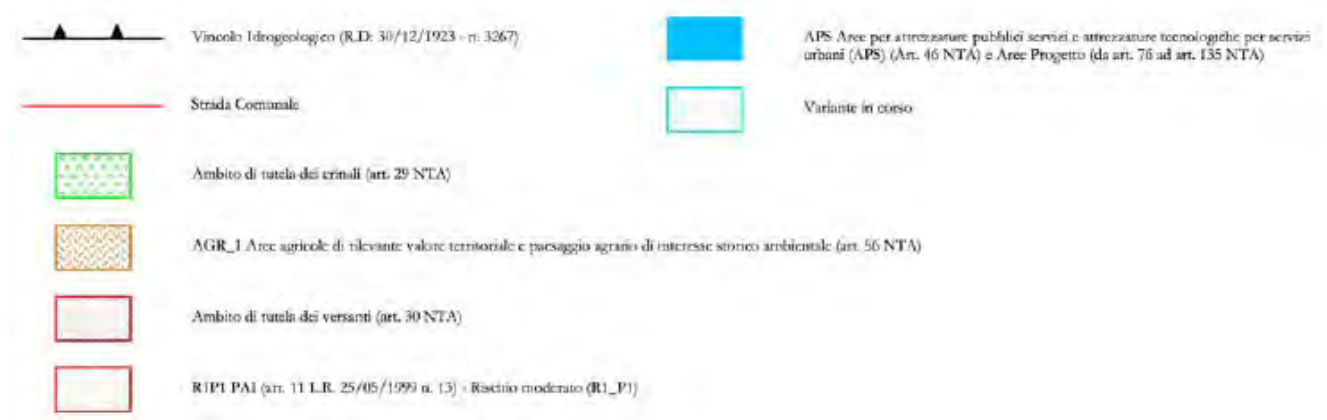
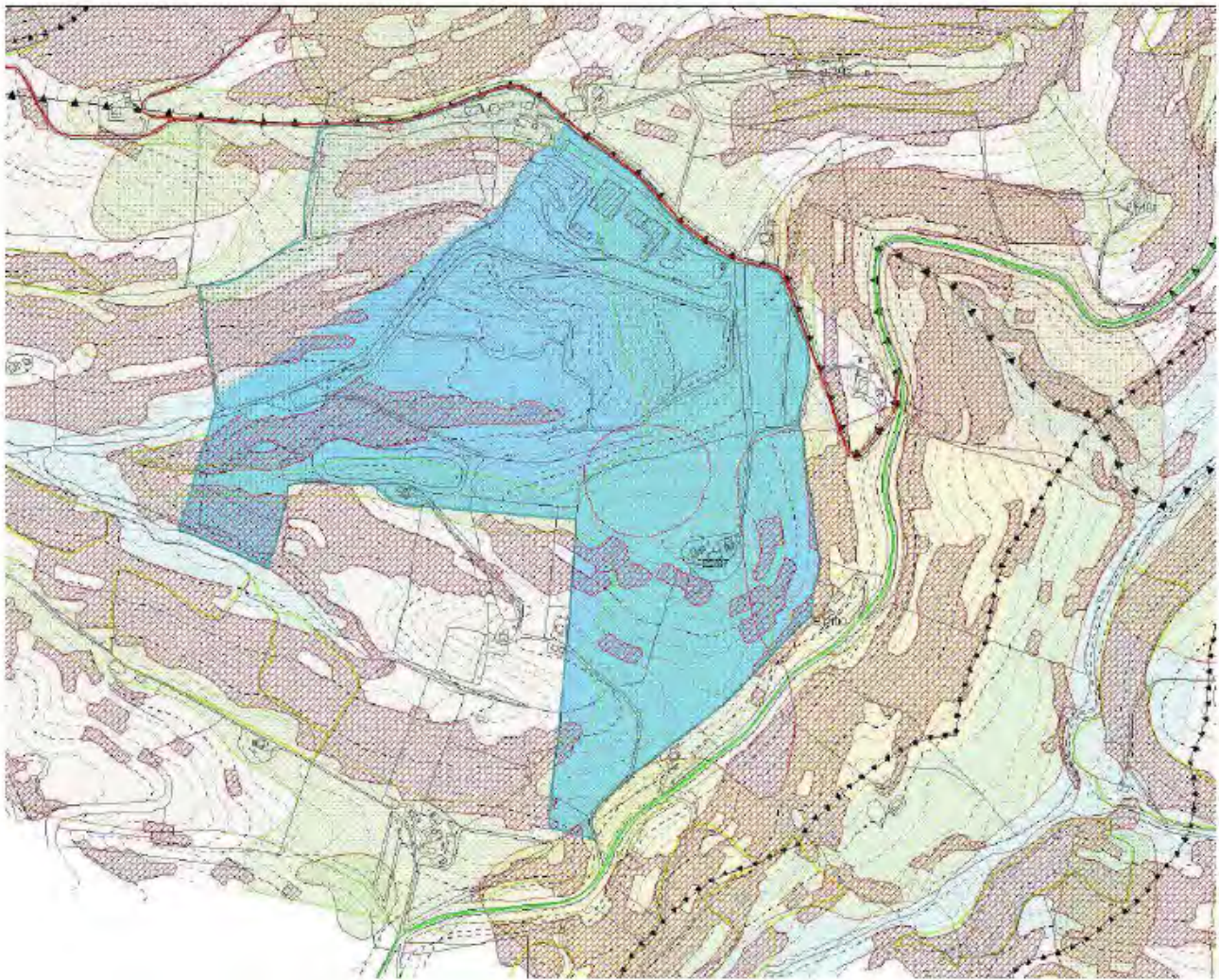
L'AREA IN ESAME RISULTA ESSERE ESENTE DA TALE PERIMETRAZIONE.

- **L. R. 12 giugno 2007, n. 6 - Disposizioni in materia ambientale e Rete Natura 2000**

Con il termine SIC (Siti di Interesse Comunitario) e ZPS (Zone di Protezione Speciale) vengono designate le zone della rete "Natura 2000", derivanti dalle Direttive europee "Uccelli" del 1979 ed "Habitat" del 1992.

L'AREA IN ESAME RISULTA ESSERE ESENTE DA TALE PERIMETRAZIONE.

2.3. COERENZA CON PRG



3. STRATIGRAFIA DEL SITO E RICOSTRUZIONE SEZIONI GEOLOGICHE

A tal proposito per il progetto di realizzazione dell'impianto di digestione anaerobica dei rifiuti organici, da realizzarsi nelle aree di pertinenza del C.I.G.R.U. e di proprietà di ASITE srl unipersonale, sono state eseguite una serie di indagini geognostiche finalizzate alla modellazione geologica, idrogeologica, sismica e geotecnica del sito in generale, e nello specifico nell'area in cui sarà realizzato il nuovo impianto. In particolare sono state eseguite n.9 prove penetrometriche statiche ubicate lungo il versante spinte fino a 11 m (P5) dal piano campagna; n. 4 sondaggi geognostici con prelievo di campioni di terreno sottoposti a prove geotecniche di laboratorio e per la modellazione sismica del sito è stata eseguita n.1 prova sismica di superficie con tomografo digitale (prova HVSR). La stratigrafia del sito e quindi la ricostruzione delle sezioni geologiche utilizzate con gli spessori dei vari livelli individuati, è stata ricostruita correlando tra loro tutte le informazioni utili derivate dalle indagini geognostiche eseguite in passato a partire dal 1986 successivamente nel 2000 e 2001, correlate a quelle eseguite dal sottoscritto nel giugno 2013 ed alle prove penetrometriche statiche e sondaggi eseguite in data sett. 2013 – dic. 2013. I sondaggi geognostici, eseguiti in data dic. 2013 mostrano una stratigrafia del tutto comparabile, evidenziando una copertura colluviale di spessore variabile e comunque talora fino ai 8-10 m posta al tetto della formazione argillosa alterata e fratturata che sovrasta la formazione argillosa integra il cui tetto in zona talora si rinviene a profondità variabile e comunque a partire dai 13 m circa in S1, 11 m in S2, 12 m in S3.

4. MODELLAZIONE GEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica dei terreni interessati, è fondamentale per ottenere risultati il più vicini alla realtà in relazione alle opere che dovranno realizzarsi in fase definitiva. La caratterizzazione dei terreni naturali presenti in sito è stata fatta considerando le risultanze delle indagini e delle prove di laboratorio eseguite nelle campagne di indagini pregresse, e di quelle derivanti dalla presente indagine eseguita dal sottoscritto.

Di seguito si forniscono quelli che sono i parametri medi dei terreni investigati fino alle profondità ritenute utili ai fini di una progettazione desunti dalle prove penetrometriche statiche P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 e quelli derivati da analisi di laboratorio eseguite nello stesso contesto attraverso il prelievo di campioni di terreno indisturbato nei sondaggi S1 S2 S3 S4:

o **Corpo geologico 1 - DEPOSITI DI COPERTURA – colluvioni**

Colluvioni sabbioso argillose e limoso argillose: depositi continentali di copertura, costituiti da sabbia ed argilla; si rinviene nel lotto per uno spessore variabile e comunque talora fino a 10 m.

Peso di volume	$\gamma \equiv$	1.85-1.95 g/cm ³
Angolo di attrito	$\phi' \equiv$	24-28°
Coesione non drenata	$c_u =$	0.6-1.0 Kg/cm ²
Coesione	$c' =$	0.01 kg/cm ²
Modulo edometrico	$E_u =$	100-150 kg/cm ²

o **Corpo geologico 2** - **BEDROCK ARGILLOSO** (porzione alterata e fratturata)

Argilla limosa nocciola grigiastra: litotipo con stratificazione sub orizzontale con intercalati livelli millimetrici di sabbie fini di colore ocra a tratti ossidate; presenza di giunti, litotipo consistente.

Peso di volume	$\gamma \cong$	2.0-2.1 g/cm ³
Peso di volume secco	$\gamma_d \cong$	1.7 g/cm ³
Angolo di attrito	$\phi' \cong$	29-31°
Angolo di attrito residuo	$\phi'_r \cong$	17.2°
Coesione non drenata	$c_u =$	1.5-2.0 Kg/cm ²
Coesione	$c' =$	0.06 kg/cm ²
Coesione residua	$c'_r =$	0.00 kg/cm ²
Modulo edometrico	$E_u =$	150-200 kg/cm ²
Contenuto in acqua	$W_n =$	21.70 %
Ceff. permeabilità	$K =$	$k=4.71 \cdot 10^{-6}$ cm/sec.

o **Corpo geologico 3** - **BEDROCK ARGILLOSO** (porzione integra)

Argilla limosa grigio piombo: litotipo con stratificazione sub orizzontale con intercalati livelli millimetrici di sabbie fini di colore ocra a tratti ossidate; litotipo molto consistente.

Peso di volume	$\gamma \cong$	2.0-2.1 g/cm ³
Peso di volume secco	$\gamma_d \cong$	1.7-1.8 g/cm ³
Angolo di attrito	$\phi' \cong$	28-29°
Angolo di attrito residuo	$\phi'_r \cong$	19.3°
Coesione non drenata	$c_u =$	2.68 Kg/cm ²
Coesione	$c' =$	0.21 kg/cm ²
Coesione residua	$c'_r =$	0.05 kg/cm ²
Resistenza compressione semplice	$q_u =$	5.35 kg/cm ²
Modulo edometrico	$E_u =$	>200 kg/cm ²
Contenuto in acqua	$W_n =$	17.32 %

5. CLASSIFICAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Secondo la classificazione sismica della Regione Marche del 2006, il Comune di Fermo rientra in categoria 2 per la quale si prevede una accelerazione massima al suolo di 0.25 ag/g. Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli SLU, vengono considerate le componenti orizzontale (Fh) e verticale (Fv) della forza applicata al baricentro della massa (W), secondo **coefficienti di spinta sismica** nelle due direzioni (rispettivamente **Kh** e **Kv**) che dipendono da un **coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito** (β_s - tabella 7.11.I delle NTC), dall'**accelerazione orizzontale massima attesa al sito (amax)**. In particolare l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito dipende sia dall'accelerazione orizzontale massima al sito ag che dalla risposta sismica locale definita da coefficienti relativi alla possibile **amplificazione topografica (ST)** e **stratigrafica (Ss)**.

Per la stima dell'accelerazione massima del sito si fa riferimento ai Criteri del CSLP n.36 del 27.07.2007. È stato pertanto utilizzato il software fornito dal Consiglio Nazionale dei Lavori Pubblici *Azioni Sismiche – Spettri di risposta – versione 1.0.3*, il quale permette di ricavare la pericolosità sismica del sito interpolando tra i quattro punti di una maglia a valori nota una volta indicata l'ubicazione del sito.

Per fare ciò è necessario l'inserimento dei seguenti dati:

- a. Accelerazione massima orizzontale su suolo rigido;
- b. Categoria di sottosuolo;
- c. Amplificazione locale.

5.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per la sua definizione si è proceduto all'identificazione delle coordinate del sito d'intervento (nel sistema ED50), che sono risultate le seguenti:

latitudine:	43,123265
longitudine:	13,678174
Classe:	2
Vita nominale:	50

Queste, a loro volta, sono state confrontate con i punti della griglia di accelerazioni stabilite dall'INGV per l'intero territorio nazionale, secondo quello che viene definito approccio "sito dipendente".

I valori risultanti della griglia sono:

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,052	g
Fo:	2,450	
Tc*:	0,273	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]

ag:	0,066 g
Fo:	2,436
Tc*:	0,294 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,180 g	
Fo:	2,456	
Tc*:	0,328	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,237 g	
Fo:	2,466	
Tc*:	0,335	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,610
St:	1,200
Kh:	0,036
Kv:	0,000
Amax:	0,920
Beta:	0,385

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,570
St:	1,200
Kh:	0,046
Kv:	0,000
Amax:	1,167
Beta:	0,385

SLV:

Ss:	1,440
Cc:	1,520

St: 1,200
Kh: 0,119
Kv: 0,000
Amax: 3,044
Beta: 0,385

SLC:

Ss: 1,350
Cc: 1,510
St: 1,200
Kh: 0,148
Kv: 0,000
Amax: 3,770
Beta: 0,385

5.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO e VS30 (vd. rel. sismica HVSR allegata)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Nel presente elaborato è stata valutata la zonazione preliminare del sito in prospettiva sismica nonché la caratterizzazione delle Vs30 in virtù del DM 14/01/2008; nello specifico è stata eseguita una prova sismica HVSR.

La prova HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica passiva e misura il "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, allo scopo di fornire dati sulle caratteristiche geofisiche del sito investigato.

L'acquisizione del segnale, per un intervallo che può andare dai dodici ai venti minuti, avviene, ponendo sul terreno un tomografo digitale (tromino) al cui interno ci sono tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alto guadagno disposti nelle tre direzioni dello spazio. I segnali acquisiti a loro volta sono sottoposti ad una fase di processing che porta alla individuazione della curva dalla media dei rapporti delle componenti H/V, per mezzo della quale è possibile individuare le frequenze di risonanza del sito, correlabili ai cambi sismostratigrafici. Dallo spettro così ottenuto si hanno immediatamente informazioni sulle frequenze caratteristiche del sito e da queste, avendo un vincolo, è possibile risalire a una stima delle Vs30. La modellazione sintetica dello spettro H/V, che avviene utilizzando un'apposita tabella di input e correlando i picchi spettrali significativi, permette di ricavare spessore, profondità e le relative velocità. Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente Vs,30 di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità 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. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $NSPT_{30}$ (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente Cu_{30} (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle presenti norme.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Nel caso specifico, da dati acquisiti in sito nell'area attraverso prove penetrometriche e prova sismica HVSR, il sito può essere caratterizzato per la definizione dell'azione sismica, con una categoria di sottosuolo di riferimento di tipo C in quanto si ha una $Vs30=345$ m/s ed una frequenza caratteristica del sito di 1.84 ± 0.09 Hz.

5.3 AMPLIFICAZIONE LOCALE

Una volta definiti i valori per il nostro sito d'interesse, si passa al successivo punto 3, ovvero alla valutazione di quelle che sono le possibili amplificazioni locali. Si ricorda che i parametri calcolati dalla griglia sono riferiti a suolo rigido, ovvero a bedrock sismico. In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione spettrale massima è valutata con la seguente espressione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = SS \cdot ST \cdot a_g$$

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (SS) e topografica (ST).

Per quanto riguarda il parametro **ST**, si fa riferimento alla tabella seguente delle NTC 2008.

5.3.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Tali categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore a 30 m.

Per quanto attiene all'amplificazione determinata dalle condizioni morfologiche del sito:

- il profilo di superficie risulta avere una pendenza media $>15^\circ$

Si attribuisce pertanto al sito una **categoria topografica T2**

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

5.3.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano valori del coefficiente topografico S_T , riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche precedentemente riportate e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Si attribuisce pertanto al sito un **coefficiente d'amplificazione topografica $S_T=1,2$**

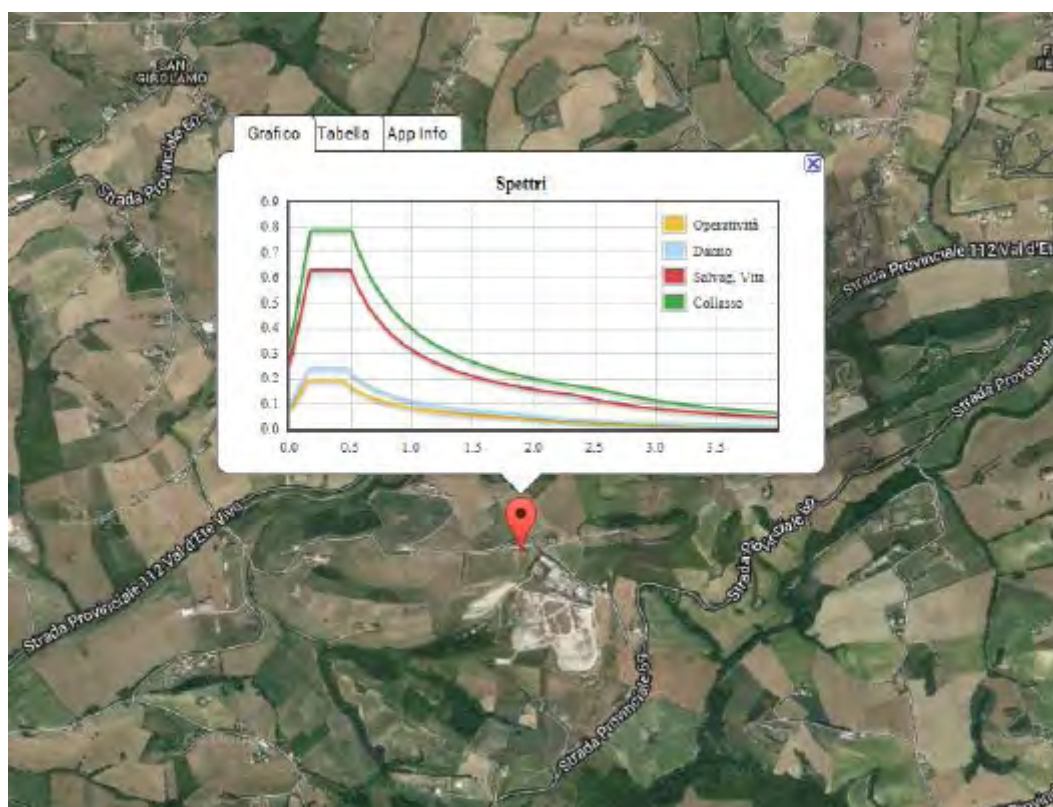
5.3.3 CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

5.3.4 SPETTRI DI RISPOSTA SISMICA



6. IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA – descrizione generale

L'impianto di digestione anaerobica in oggetto di autorizzazione è di tipo ad umido, con fasi biologiche separate; si ritiene che la soluzione migliore sia quella di far lavorare il reattore in termofilia dove la produzione di biogas è favorita.

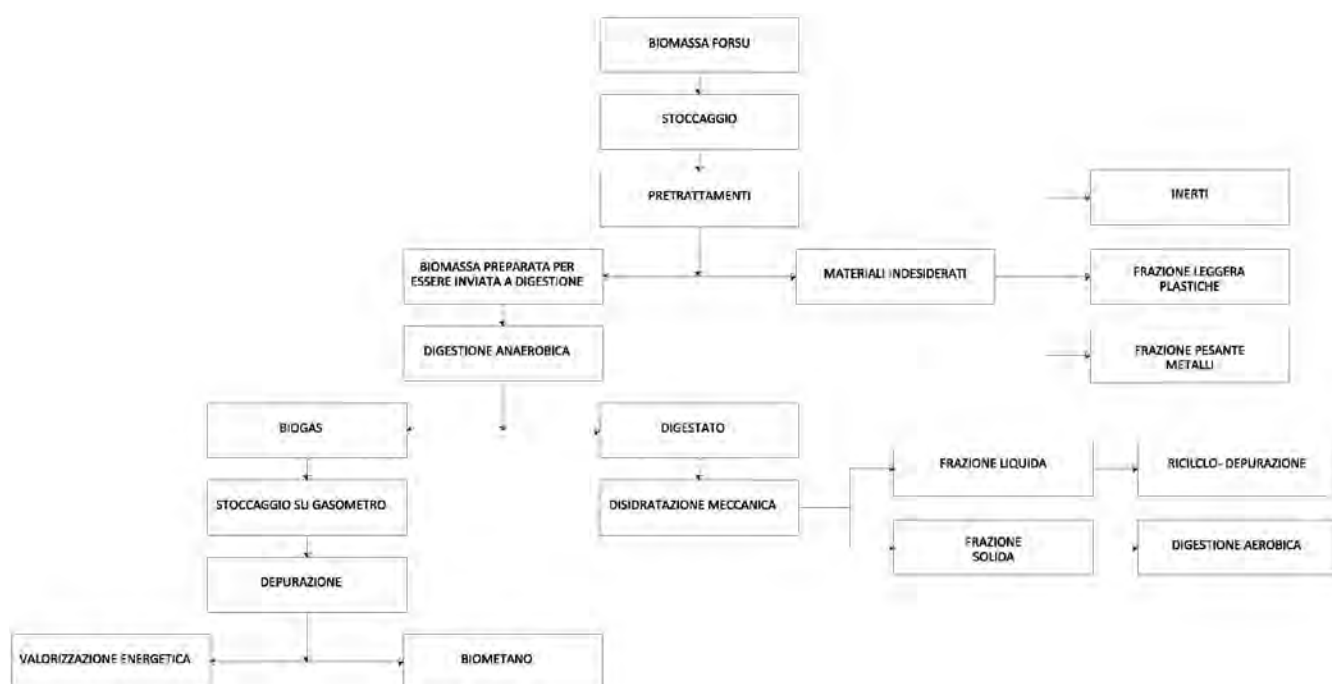
La scelta di tale sistema ad umido nei confronti dei sistemi a secco o semisecco è stata fatta sulla base delle seguenti esigenze:

- degli investimenti iniziali necessari per le varie tecnologie impiantistiche;
- degli spazi a disposizione della ditta;
- delle tecnologie presenti sul mercato;
- delle caratteristiche del successivo impianto di compostaggio (di proprietà ASITE) cui sarà inviato il digestato in uscita dal digestore;

L'impianto di Digestione Anaerobica oggetto di valutazione sarà composta da :

- Edificio chiuso ed aspirato per lo scarico della FORSU- biomassa;
- Macchinari per i pretrattamenti;
- Sistema di captazione e trattamento arie esauste capannone di stoccaggio e lavorazione;
- Stazione di pompaggio;
- Serbatoio stoccaggio per idrolisi;
- 2 fermentatori isolati riscaldati e completamente miscelati;
- 1 Gasometro
- Trattamento biogas (desolforazione e raffreddamento);
- Cogeneratore con relativo container insonorizzante;
- Torcia di emergenza;
- Impianto di upgrading biometano;
- Sistema di separazione solido/liquido del digestato;
- Sistema di trattamento acque;
- Depuratore;
- ✓ Vasca di prima pioggia;
- ✓ Vasca di laminazione;

IL PROCESSO ANAEROBICO VIENE DI SEGUITO SINTETIZZATO CON IL SEGUENTE DIAGRAMMA DI FLUSSO



7. DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DELLE OPERE CIVILI

L'impianto di digestione anaerobica in oggetto verrà ubicato su di un'area di versante di proprietà Asite e prospiciente la porzione di territorio dove si pone il CIGRU in località San Biagio nel Comune di Fermo.

Il progetto sarà costituito dalle seguenti componenti:

- Palazzina uffici, spogliatoi, pesa;
- Edificio industriale per:
 - la ricezione della FORSU-biomassa,
 - pretrattamenti della Biomassa
 - separazione parte solida-parte liquida del digestato;
- Impianto di trattamento delle arie esauste dell'edificio di cui al punto 2;
- Impianto di Digestione Anaerobica completo di :
 - Serbatoio-reattore per Idrolisi
 - Due reattori completamente miscelati;
 - Gasometro per lo stoccaggio del Biogas;
 - Torcia;
- Impianto di up-grading completo di:
 - Depurazione biogas;
 - Immissione in rete del biometano;
- Impianto di cogenerazione per produzione di energia elettrica e termica.
- Impianto di trattamento acque:
 - Depuratore;
 - Vasca di prima pioggia;
 - Vasca di laminazione.

Oltre a quanto sopra si rendono necessarie importanti opere di Urbanizzazione e terrazzamenti nonché opere per la viabilità interna.

Opere di urbanizzazione e terrazzamenti

Come precedentemente osservato l'area di progetto si sviluppa su di un versante collinare con pendenza media del 24/25%. Una tipologia territoriale con simili caratteristiche non è di facile "antropizzazione" e ciò ha richiesto un'attenta analisi ingegneristico/geotecnica per ricercare una soluzione ottimale dal punto di vista costruttivo, ambientale ed economico.

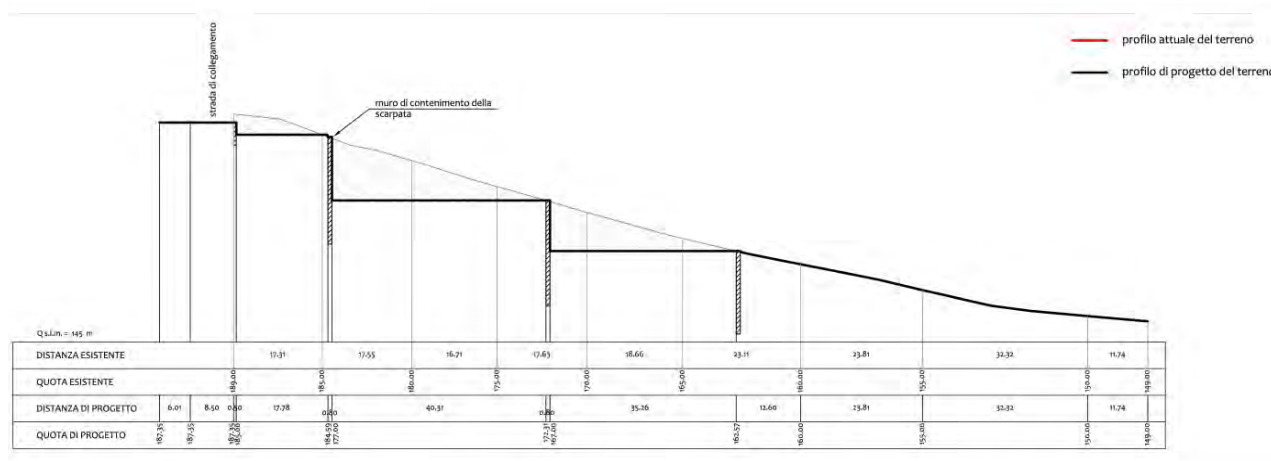
L'analisi ha orientato la scelta verso la realizzazione di una serie di terrazzamenti che permettessero lo sfruttamento in piano del terreno anche per ampie zone e ciò è sembrato ottimale anche in relazione alla destinazione del progetto. Dover progettare un impianto di digestione anaerobica da rifiuti urbani necessita obbligatoriamente di ampi spazi per l'installazione dei macchinari, dei sistemi di depurazione, delle zone di stoccaggio e trattamento dei rifiuti, nonché ampi spazi di manovra per i numerosi mezzi che circolano all'interno dell'impianto.

Tutto ciò ha portato alla progettazione di quattro terrazzamenti ognuno con una destinazione funzionale precisa:

1. il primo con livello di quota maggiore è adibito all'ingresso dei rifiuti e dei mezzi conferitori, nonché munito di edificio per uffici e spogliatoi per i dipendenti e zona parcheggio per i dipendenti e visitatori esterni;
2. il secondo ospita il capannone per lo stoccaggio ed il trattamento preliminare dei rifiuti, nonché il biofiltro per il trattamento di deodorizzazione delle emissioni gassose generate nel capannone ed un cogeneratore;
3. il terzo è riservato ai macchinari ed attrezzature proprie della digestione anaerobica;
4. il quarto ed ultimo terrazzamento è adibito ai sistemi di depurazione delle acque sia di sistema che raccolte dalle superfici impermeabili.

Tali opere ingegneristiche sono sicuramente importanti sotto il profilo tecnico, in quanto richiedono un'attenta analisi dei parametri geotecnici dei terreni, della stratigrafia, della stabilità locale e globale del versante, verifiche strutturali delle paratie di sostegno ma anche sotto il profilo della matrice suolo, sottosuolo e paesaggio in quanto necessitano di rilevanti opere di scavo e riporto che modificano in maniera importante il versante collinare e con esso la percezione visiva del paesaggio circostante.

A seguito dell'analisi di tutti questi aspetti è stata eliminata la prima e più immediata soluzione di realizzare esclusivamente delle paratie costituite da palificata tirantata per la creazione dei terrazzamenti. Come si vede nella sezione sottostante, ciò avrebbe comportato unicamente opere di scavo con decine di migliaia di mc di terre e rocce da scavo.

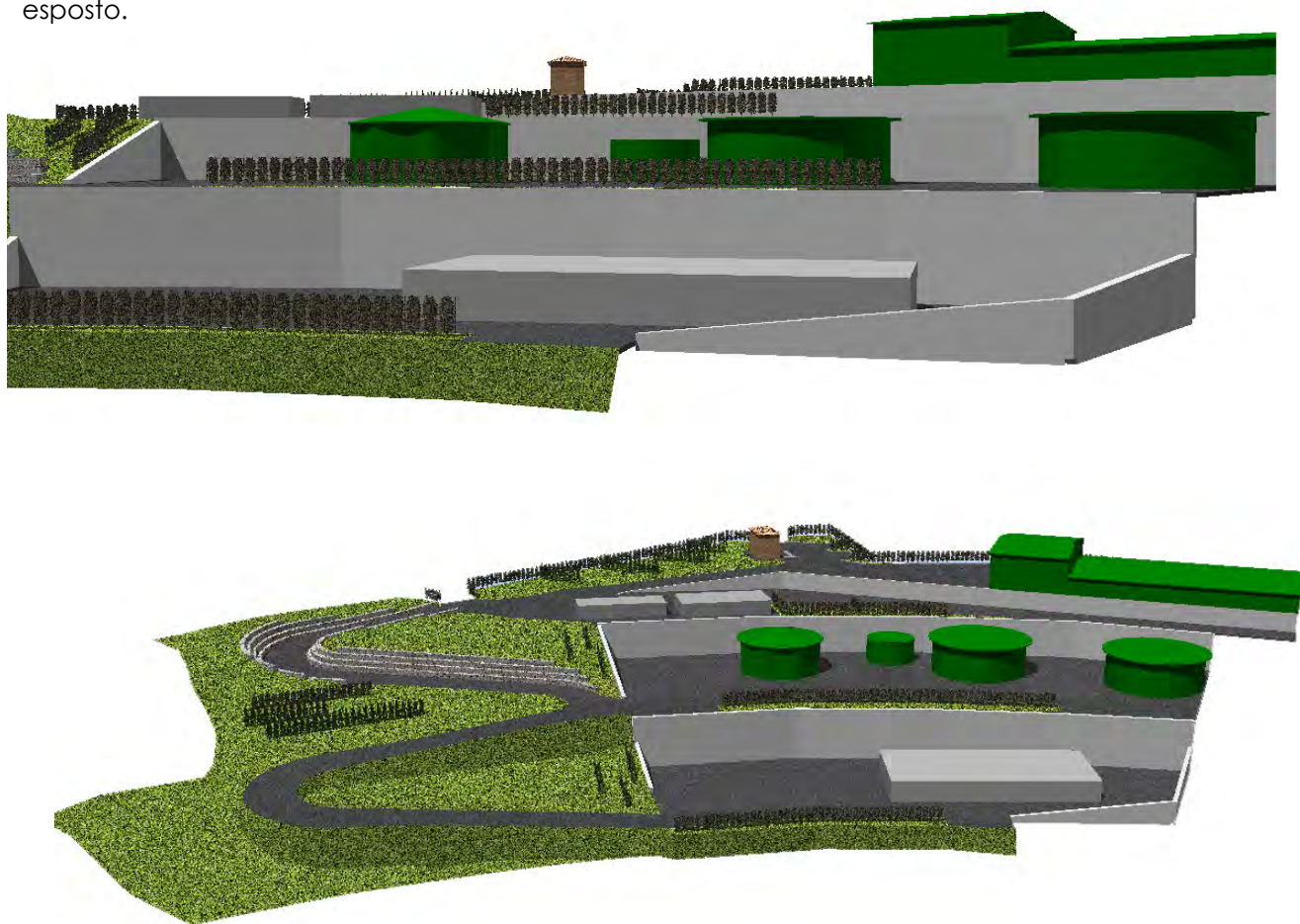


soluzione 1 per i terrazzamenti

Il fatto di avere grandi quantità di terre derivate dagli scavi, oltre ad avere delle ragionamenti da un punto di classificazione o meno come rifiuto ai sensi del D.M.161 del 2012, vista l'impossibilità di

sistemare tutta la terra all'interno dell'area di proprietà per la riprofilatura del versante, avrebbe implicato la necessità di selezionare una destinazione, possibilmente limitrofa, che fosse in grado di accogliere tale quantità di materiale, enormi costi per il suo trasporto, senza considerare anche il maggiore flusso esterno di automezzi, con ricadute negative sui ricettori sensibili limitrofi in merito a rumore, inquinamento dell'aria, difficoltà nella normale circolazione.

Si sarebbero inoltre create delle paratie in c.a. di altezze considerevoli, nell'ordine dei 10,00 metri fuori terra, che avrebbero comportato ingenti sforzi dal punto di vista statico, necessitando di particolari attenzioni ed accorgimenti nella fase esecutiva. Dal punto di vista dell'inserimento dell'impianto nel paesaggio, la presenza di fronti in c.a. così elevati sarebbero sicuramente molto impattivi, denotando maggiormente la presenza dell'intervento umano sul contesto circostante, seppur già fortemente antropizzato. In merito a quest'ultimo aspetto si allegano alcune viste assometriche relative ad un modello 3D dell'impianto, che possono meglio chiarire quanto precedentemente esposto.

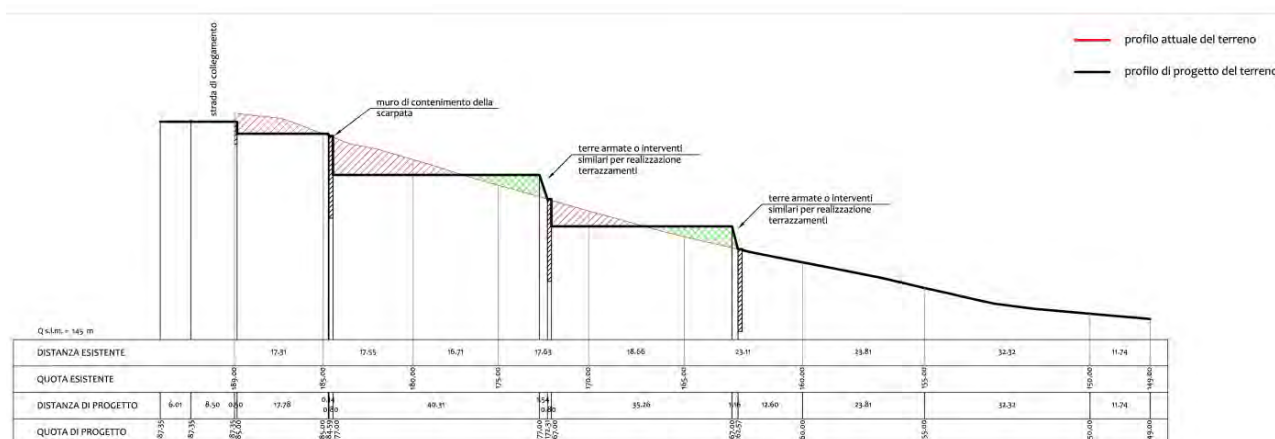


Vista assometrica Soluzione 1

Alla luce di quanto appena esposto, si è preferito dunque adottare una soluzione che prevedesse l'uso di "terre armate" in affiancamento alla realizzazione delle paratie in c.a. al fine di avere un minore volume di sbancamenti ed un paramento verticale a verde.

Le "terre armate" o "terre rinforzate" sono un'opera di sostegno costituita da terreno ed elementi sintetici di rinforzo. L'opera che si realizza associa la capacità di resistere a compressione tipica dei terreni con quella a trazione degli elementi sintetici. Il rinforzo del terreno con l'inserimento di geogriglie permette di realizzare rilevati in terra con paramento fortemente inclinato, completamente rinverdibile. Le strutture in "terra rinforzata" si pongono pertanto come effettiva alternativa tecnico/strutturale a muri di cemento armato o cellulari prefabbricati, rispetto ai quali possono vantare, oltre ad un minor impatto ambientale, anche una maggiore competitività anche dal punto di vista economico ed una maggiore capacità deformativa. Quest'ultima peculiarità gli conferisce, oltre ad una maggiore versatilità di impiego anche su terreni a bassa portanza ed elevata deformabilità, anche una grande resistenza sismica intrinseca.

Come si può notare nella sezione sottostante, parte del terreno scavato (evidenziato in rosso) verrà riutilizzato per le operazioni di riporto (evidenziato in verde) previa esecuzione di prove per determinarne e valutarne le proprietà meccaniche; si prevedono fin da ora dei trattamenti con stabilizzazione a calce del terreno per la realizzazione del piano di posa.



Soluzione2 per i terrazzamenti

Minori quantitativi di terreno scavato, implicano minori costi di trasporto del materiale verso la discarica e conseguenti minori impatti sui ricettori sensibili limitrofi in merito alle componenti rumore, aria, traffico. Tale soluzione consente anche di eseguire scavi a minore profondità essendo i piani di imposta dei terrazzamenti posti a quota più elevata rispetto alla precedente soluzione. Questo con sicuri minori impatti sulla componente sottosuolo e su quella acque sotterranee. Dal punto di vista ingegneristico le paratie in c.a. con tale soluzione avranno sviluppi in altezza alquanto minori con conseguenti facilitazioni nelle verifiche e nella realizzazione delle stesse.

L'inserimento dell'impianto nel paesaggio è sicuramente migliore in quanto le strutture in c.a. di sostegno risultano smorzate da elementi rinverditi che ne interrompono la continuità, come dimostrano le viste assonometriche del modello tridimensionale dell'impianto sottostanti.



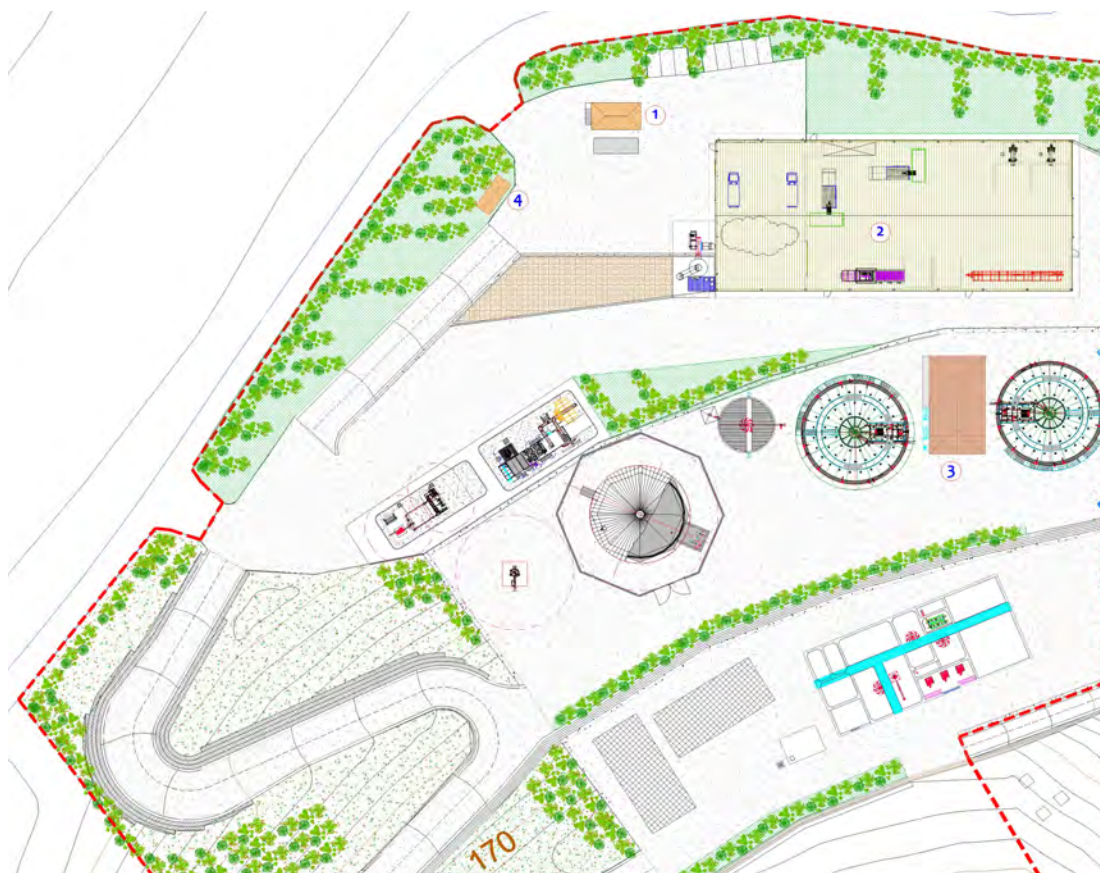
Vista Assonometrica Soluzione 2

Strutture/edifici

All' interno del nuovo impianto saranno presenti 4 strutture edifici civili:

- una palazzina uffici- spogliatoio –pesa;
- un edificio per lo stoccaggio e la lavorazione della Forsu;
- un edificio di controllo, laboratorio analisi e locale pompe;
- una cabina elettrica.

Nella planimetria successiva vengono identificate le 4 strutture disposte in pianta.



Edificio Uffici, Spogliatoio, Pesa

E' prevista la realizzazione di un edificio per uffici posto in prossimità dell'ingresso dell'impianto. La struttura si svilupperà su due livelli ed ospiterà gli uffici per la parte amministrativa al piano primo e gli spogliatoi per i dipendenti e l'ufficio pesa per le misurazioni di pesa in ingresso ed uscita dei mezzi pesanti al piano terra. E' posto in prossimità dell'ingresso principale in modo che possano essere



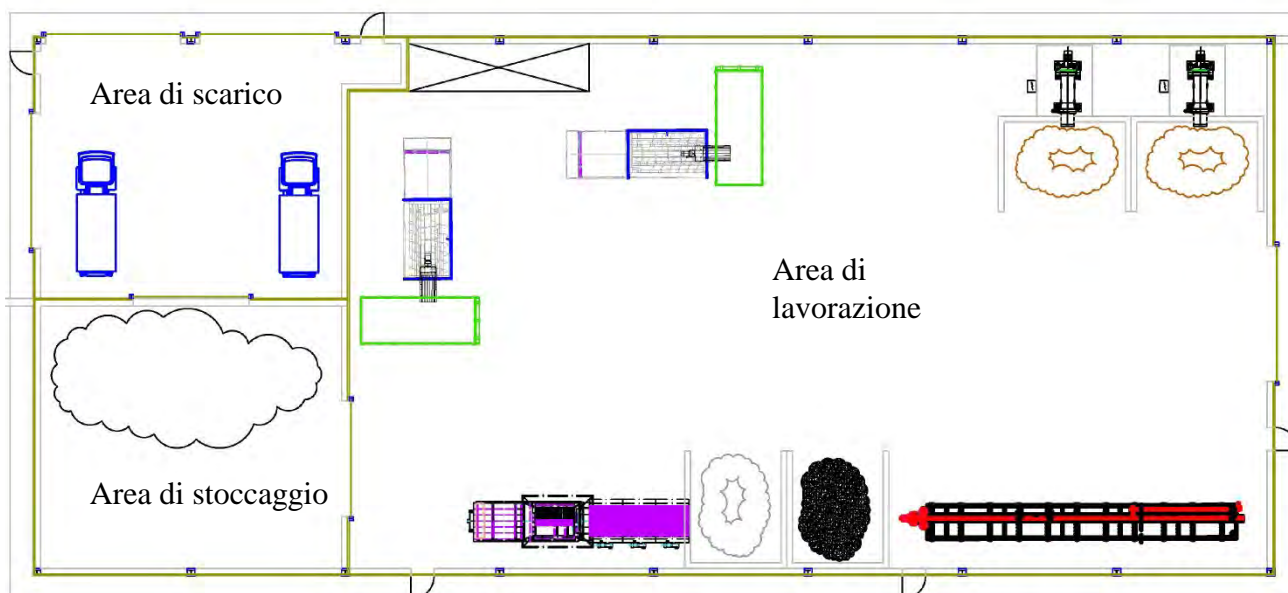
controllati agevolmente i flussi in ingresso ed uscita dei mezzi. La struttura sarà a pianta rettangolare, di modeste dimensioni, nell'ordine di 7,00 x 10,00 metri ed avrà caratteristiche, cromatismi, materiali tipici dei casolari della campagna marchigiana. L'utilizzo di tecniche, tipologie, cromatismi e materiali tipici delle costruzioni locali e di elementi caratteristici del paesaggio circostante sono di per se garanzia di

mitigazione e compensazione delle opere. Si riutilizzeranno probabilmente materiali provenienti dalla demolizione delle strutture esistenti (mattoni per la tamponatura e tegole per la copertura).

Edificio Stoccaggio e Lavorazione FORSU

Non vengono descritte dettagliatamente le caratteristiche strutturali ed architettoniche del capannone in questa fase in quanto non inerenti in questo ambito ma si sottolineeranno le scelte tecniche, progettuali che possono influire sulle componenti ambientali e che si ritengono necessarie per una migliore valutazione del progetto. Si andranno ad analizzare dunque quegli elementi e soluzioni adottate che possano andare ad interagire ed intervenire sulle varie componenti ambientali, dopo una breve descrizione della struttura e del ciclo di funzionamento. Il capannone è adibito alla ricezione della FORSU (Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano) ossia il materiale raccolto dalla raccolta differenziata dell'organico ed al suo trattamento prima e dopo la digestione anaerobica. Il capannone è posto sulla porzione nord dell'area, in prossimità dell'edificio uffici e dell'ingresso principale. E' un edificio a pianta rettangolare delle dimensioni di 28,00 x 64,40 metri con l'asse longitudinale in direzione est-ovest. Ha struttura in c.a. alla base costituita da un muro dell'altezza di 4 metri e dello spessore di 40 cm su cui sono appoggiati profili metallici che vanno a formare la struttura superiore e la copertura.

Internamente sono identificabili 3 zone, con diverse finalità: la porzione più ad ovest (sinistra) prevede due aree, una per il conferimento e lavaggio automezzi, l'altra con una vasca di stoccaggio della FORSU; quella più ad est adibita al trattamento del materiale prima e dopo la digestione anaerobica, con una serie di macchinari adibiti al compito.

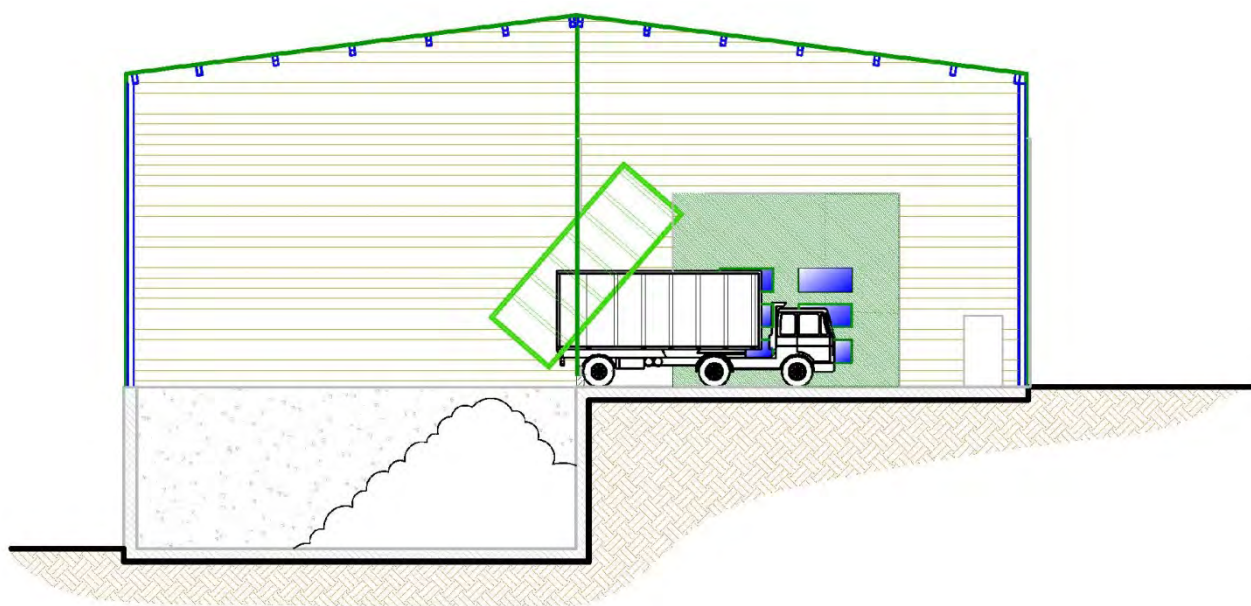


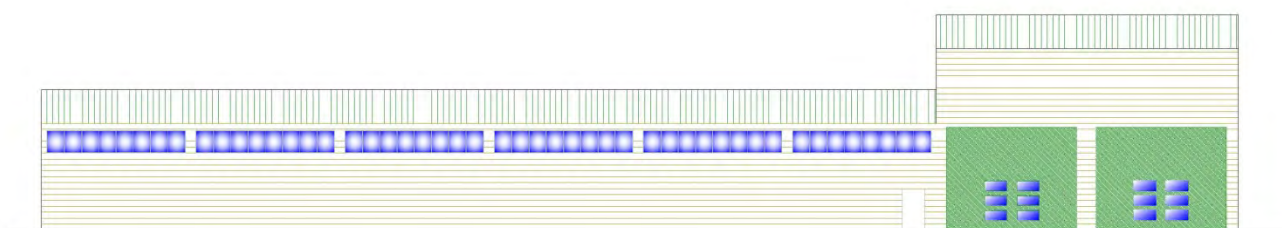
Edificio Stoccaggio e Lavorazione

Caratteristiche architettoniche capannone

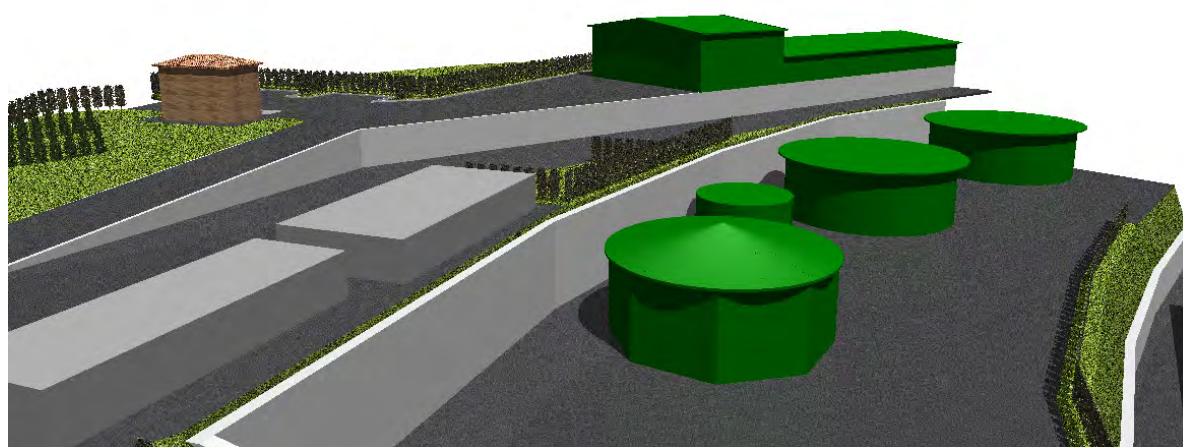
Il capannone, come evidenziato, è suddiviso in 3 aree: quella per l'arrivo e la manovra dei mezzi, per lo stoccaggio della FORSU e quello per il suo trattamento. La zona di manovra è posta in piano rispetto l'area di ingresso dell'impianto che si trova a quota + 189,00 metri s.l.m. in modo da consentire il facile ingresso dei mezzi conferitori. La fossa di stoccaggio dei rifiuti è posta alla quota altimetrica di + 185,00 metri s.l.m., ossia allo stesso livello della porzione di trattamento e del secondo terrazzamento contenente il biofiltro ed il cogeneratore. Risulta dunque un dislivello di 4,00 metri tra le due porzioni. I mezzi che conferiscono il materiale potrebbero essere dotati di cassone scarrabile che richiede altezze di movimentazione pari a 8,00 metri. E' necessario dunque, al fine di agevolare il più possibile tali operazioni, realizzare una struttura che abbia luci libere sotto la trave di copertura pari ad almeno 8,00 metri. Alla luce di quanto esposto, si configurerebbe una struttura di altezza, sotto trave, pari a 12,00 metri, dati dalla somma delle altezze di 8,00 metri per lo scarico del materiale e di 4,00 del dislivello tra piani.

Si ricorda che il capannone è posto nella parte alta dell'impianto e che la zona è caratterizzata dalla presenza di un crinale di classe III, come evidenziato dall'analisi della componente paesaggio. Sia per le sue dimensioni di ingombro che per le altezze di progetto, tale edificio sarebbe sicuramente un elemento di caratterizzazione del paesaggio. Al fine di mitigare il più possibile l'inserimento di tale opera, progettualmente si è deciso di realizzare una struttura composta da due volumi di altezza differente: la porzione di stoccaggio dei rifiuti, delle dimensioni limitate di 28,00 x 16,00 metri, con un'altezza di 12,00 metri sotto trave e la restante parte, pari a 28,00 x 48,40 metri, con altezza di 8,00 metri sotto trave.





Vista assonometrica



Come analizzato nel quadro ambientale circa la matrice paesaggio, l'impianto non è visibile dalla valle del Fiume Ete Vivo data la geomorfologia del territorio e l'articolazione dell'intervento. L'area di maggiore visibilità è il crinale frontale, posto a sud ovest. Nelle foto sottostanti è riportata una rappresentazione con inserimento dell'impianto ante e post intervento.



Foto stato attuale



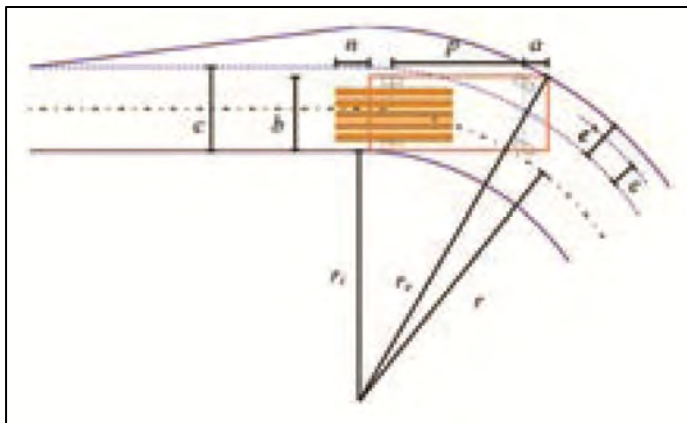
Foto inserimento dell'intervento

Viabilità

L'accesso all'impianto avviene attraverso una strada comunale asfaltata che si dirama dalla S.P. n. 69 Ponzano di Fermo e che si collega con la S.P. n. 112 Ete Vivo. L'imbocco sulla S.P. n. 69 avviene in un tratto stradale misto, che presenta una serie di curve, ma risulta ben visibile e segnalato. Lo stesso è ampio e adeguato per l'ingresso e l'immissione di mezzi pesanti sulla provinciale.

Strada di collegamento tra terrazzamenti

La strada mette in collegamento il primo e secondo terrazzamento più a valle con la zona di ingresso; è a doppio senso di marcia, con ampiezza di carreggiata pari a 7,00 metri ed ha una pendenza dell'8% adeguata per il transito anche di mezzi pesanti. Per la sua progettazione sono state seguite le direttive del D.M. LL.PP. 5 Novembre 2001 - *Norme funzionali e geometriche per la*



costruzione delle strade ed in particolare si è posta attenzione alla progettazione dei due tornanti, in considerazione del transito di mezzi pesanti. Infatti, si deve prevedere che il raggio della curva non deve essere inferiore al raggio minimo di sterzata, che è una caratteristica del veicolo (da 4 m per autoveicoli a passo corto a 6-7 m per autoarticolati e autotreni).

Anche per la realizzazione di tale viabilità di raccordo, risulta necessario ricorrere ad opere di sostegno o di difesa dall'erosione della scarpata in scavo di nuova costituzione ed opere per la costruzione in rilevato, per esempio terre rinforzate. Come già esposto la progettazione di tali opere deve considerare i fattori geotecnici (angolo di attrito interno, tessitura), pedoclimatici (precipitazioni, gelo, fertilità ed umidità del suolo vegetale), microidrografici (presenza di affioramenti di falda, di acque di deflusso superficiale) e vegetazionali (corredo floristico e possibilità di rinverdimento naturale). In ciascun caso naturalmente occorre eseguire un adeguato dimensionamento dell'opera ed eseguire i calcoli per le verifiche di stabilità in sede definitiva.

Le gabbionate sono tecniche di ingegneria naturalistica per il sostegno e la protezione che presentano notevole plasticità, elevata flessibilità e permeabilità, dando adito nel tempo a processi di rinaturazione spontanea. A seguito della crescita vegetativa vi è una forte diminuzione dell'impatto ambientale di tali opere. Nel tempo la vegetazione arriva ad inglobare completamente le strutture in gabbioni creando anche microhabitat locali. Si tratta quindi di strutture che bene si prestano all'utilizzo di tecniche finalizzate alla rivegetazione attraverso lo sviluppo di essenze sia erbacee che arbustive.



Il progetto ha previsto un ulteriore collegamento la zona di ingresso, uffici e pesa con quella del cogeneratore e del capannone di ricezione al fine di agevolare il più possibile l'utilizzo dei terrazzamenti, migliorare la viabilità interna, ridurre i tempi di intervento. La strada presenta le medesime caratteristiche sopra esposte.

8. ANALISI STABILITA'

INTRODUZIONE ALL'ANALISI DI STABILITA'

Il movimento di una porzione di terreno o roccia avviene in genere quando si ha rottura per taglio lungo una superficie di scivolamento o per scorrimento viscoso. Il movimento dei vari punti coinvolti nel fenomeno può avvenire con varie modalità che dipendono, oltre che dalle caratteristiche meccaniche dei terreni interessati, dallo stato tensionale preesistente, dall'entità delle pressioni neutrali, dal percorso tensionale seguito per arrivare alla rottura e dalle condizioni al contorno. Le cause che provocano instabilità e conseguente movimentazione di materiale sono varie fra le quali si ricordano le modifiche della superficie topografica per azioni naturali od artificiali, le modifiche del regime delle pressioni neutrali per azioni naturali od artificiali, le variazioni nel tempo delle caratteristiche di resistenza del terreno e l'azione sismica. Se il pendio è in equilibrio, la resistenza al taglio mobilitata lungo ogni possibile superficie di scorrimento supera le tensioni indotte. In ogni caso le problematiche maggiori si hanno in relazione alla complessità relativa alla determinazione dei parametri di resistenza al taglio del terreno. L'analisi di stabilità impostata nella presente relazione, prende in esame le possibili condizioni di criticità del pendio in relazione alle modifiche della morfologia e dei carichi sul terreno per opera antropica, in condizioni sismiche. I diversi metodi di calcolo si basano sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura, supposta nota, è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare in modo agevole, le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive. Tutti i metodi adottano come criterio di rottura il criterio di Mohr-Coulomb assieme al criterio delle tensioni efficaci di Terzaghi. La resistenza al taglio disponibile è valutata secondo l'espressione :

$$\tau_r = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \phi' = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi'$$

dove

c' e ϕ' = coesione e angolo di attrito efficaci;

σ = tensione normale totale

u = pressione neutra.

Il fattore di sicurezza è quindi definito come rapporto tra resistenza a taglio disponibile e la resistenza a taglio mobilitata, cioè

$$F = \frac{\text{resistenza a taglio disponibile}}{\text{resistenza a taglio mobilitata}} = \frac{\tau_r}{\tau}$$

Da ciò si deduce che il fattore di sicurezza per la condizione limite di equilibrio stabile è pari ad 1. Secondo la normativa vigente, il valore minimo che deve assumere il fattore di sicurezza affinché si

abbia condizione di piena e garantita stabilità è pari a 1,1 (secondo il coefficiente correttivo $R_2=1,1$).
(vd. verifica allegata)

Nell'area investigata, la presenza di pendenze medie e medio-alte ha imposto la elaborazione di verifiche analitiche di stabilità dei versanti condotte in corrispondenza dei profili di progetto in cui erano previsti incrementi di carico. L'area è stata pertanto oggetto di verifiche analitiche di stabilità di versante condotte in condizioni di pendio originario e modificato in base ai dettagli progettuali elaborati secondo 3 metodi.

Delle verifiche condotte in condizioni di pendio naturale, quattro di esse hanno fornito valore del coefficiente di sicurezza compreso tra 1,10 e 1,30 e solo inferiore ad 1,0 in alcune porzioni corrispondenti a terreno superficiale e suolo agrario; le verifiche condotte in condizioni di pendio modificato prevedono interventi di consolidamento dei versanti allo scopo di garantire idonea stabilità all'area e fornendo in tal caso valore del coefficiente di sicurezza superiore a 1,10.

Si precisa che gli interventi di consolidamento, indicati come derivanti dalle verifiche di stabilità di versante di cui nello specifico allegato, dovranno prevedere la realizzazione, lì dove previsto ed indicato, di paratie di pali, muri di contenimento, rinforzi con terre armate, e fondazioni di tipo profondo. La realizzazione di tali opere, sarà supportata da specifica progettazione esecutiva e naturalmente da specifica procedura di verifica a livello geologico e geotecnico nonché di interazione con il sottosuolo.

I parametri geotecnici inseriti nelle verifiche elaborate derivano dalle analisi di laboratorio geotecnico effettuate sui campioni di suolo prelevati dalle indagini condotte.

CALCOLO VERIFICA STABILITA'(NTC 2008)

- STATO ATTUALE - IPOTESI DI PROGETTO -

COMPARTO: IMPIANTO DI BIODIGESTIONE - DISCARICA SAN BIAGIO - Fermo

PROGRAMMA DI VERIFICA UTILIZZATO: SLOPE by GeoStru Software

METODI DI VERIFICA UTILIZZATI:
Metodo di Fellenius
Metodo di Bishop
Metodo di Jambu

SEZIONI DI VERIFICA: Profilo B

9. GESTIONE TERRE DA SCAVO

Le opere previste per la realizzazione dell'impianto prevedono importanti opere di movimentazione di terra. Come evidenziato nel paragrafo "Terrazzamenti" la loro realizzazione necessita di importanti opere di scavo e di riporto, come avviene del resto per l'esecuzione della strada ovest di collegamento che risulta in trincea nella porzione più a monte ed in rilevato in quella a valle.

Successivamente vengono stimati i quantitativi delle opere da quantificare le terre e rocce da scavo risultanti dal progetto dando indicazione del loro trattamento. Si evidenzia che le quantità stimate sono indicative in ragione dell'assenza di un progetto esecutivo dell'intero impianto ed in particolare delle varie opere civili; comunque tali valori possono assolutamente essere presi come riferimento attendibile.

In merito alle quantità, si hanno volumi di scavo pari a:

- TERRAZZAMENTI	
- a quota + 167,00 m s.l.m.	4.700 m ³ ;
- a quota + 177,00 m s.l.m.	11.700 m ³ ;
- a quota + 184,00 m s.l.m.	11.500 m ³ ;
- a quota + 189,00 m s.l.m.	2.000 m ³ ;
	29.900 m ³
- STRADA OVEST DI COLLEGAMENTO	
- porzione tracciato in trincea	2.400 m ³ ;
- opere di contenimento	1.200 m ³ ;
	3.600 m ³
- STRUTTURE CIVILI	
	<hr/> 350 m ³
TOTALE VOLUMI SCAVO	33.850 m ³

Come illustrato nei paragrafi precedenti, porzione di quantità di terreno scavato, previa esecuzione di prove per determinarne e valutarne le proprietà meccaniche, sarà utilizzata come materiale di riempimento per le "terre rinforzate" sia nei terrazzamenti che nel rilievo della strada di collegamento. La restante parte di materiale sarà utilizzato per la riprofilatura di porzioni di terreno a ridosso della strada ovest di collegamento e per la porzione di terreno posto alla fine della scarpata oggetto di intervento.

Nello specifico le quantità interessate sono:

- TERRAZZAMENTI	
- a quota + 167,00 m s.l.m.	3.700 m ³ ;
- a quota + 177,00 m s.l.m.	4.300 m ³ ;
- a quota + 189,00 m s.l.m.	1.500 m ³ ;
	9.500 m ³
- STRADA OVEST DI COLLEGAMENTO	
- porzione tracciato in rilevato	6.000 m ³ ;
	6.000 m ³
- RIPROFILATURA TERRENO	
- porzioni a ridosso strada	3.000 m ³ ;
- porzioni fine scarpata	15.350 m ³ ;
	<u>18.350 m³</u>
TOTALE VOLUMI RIPOORTO	33.850 m³

Visto le caratteristiche delle terre e le modalità di trattamento delle stesse si ritiene di rientrare nei casi previsti dall'art. 186 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e che le stesse non siano sottoposte alle disposizioni in materia di rifiuti di cui alla parte quarta del Decreto Legislativo.

Si precisa che sin da ora è previsto il completo riutilizzo dei materiali di sterro in loco per il ripristino delle superfici modificate e per la sistemazione definitiva dell'area di intervento e che quindi non si dovrebbero prevedere trasporti ex-situ di materiale.

10. ANALISI DEGLI IMPATTI POTENZIALI

Noto lo stato di qualità della componente ambientale, si individuano di seguito i fattori specifici di pressione utili per quantificare e descrivere le cause delle modificazioni e/o trasformazioni ambientali, generate dall'attività antropica determinata dal progetto, che altereranno dal punto di vista quantitativo e qualitativo lo stato della componente.

Le fonti di pressione e/o impatto che agiscono direttamente o indirettamente sulla componente, determinate dalla realizzazione dell'area del progetto, possono essere individuate nelle attività antropiche che prevedono una significativa occupazione del suolo e la trasformazione di superfici esistenti. I parametri specifici di pressione relativi alla componente sono stati individuati nel livello di compromissione e attuale utilizzo del territorio e nelle interruzioni della continuità del suolo, in special modo nelle aree dove la modifica d'uso e la trasformazione del suolo diventa un importante parametro di pressione come nel caso di ubicazione di nuovi manufatti ed infrastrutture.

Nella fase di screening, per la specifica competenza, vengono individuati i seguenti fattori di pressione:

Potenziali effetti negativi

- Parziale o totale danneggiamento di singolarità geologiche (geotopi)
- Erosione e dissesti superficiali
- Alterazione delle condizioni di permeabilità complessiva del suolo
- Riduzione della stabilità complessiva del sottosuolo

Potenziali effetti positivi

Riduzione dei rischi POTENZIALI di dissesto idrogeologico attraverso azioni STRUTTURALI collegate al progetto.

Nella realizzazione di un impianto le azioni elementari che possono determinare impatti sugli equilibri geologici e geomorfologici dell'area interessata possono essere ricondotti a due fattori prevalenti:

- scavi e movimenti terra;
- interazioni opere-terreno.

Di questi si può ritenere che la prima azione determini i suoi effetti prevalentemente nella fase di costruzione, mentre la seconda azione risulterà efficace sia nella fase di costruzione sia in quella di esercizio.

Gli impatti più importanti che insistono sulla componente suolo e sottosuolo possono quindi essere ricondotti in via generale a:

- ✓ parziale o totale danneggiamento di singolarità geologiche (geotopi)
- ✓ modifica degli equilibri della componente stessa nel suo insieme (rischio idrogeologico)

Verificata l'assenza di peculiarità geologiche di rilievo nell'area e comunque esclusa la possibilità che l'intervento possa in qualche modo danneggiare gli elementi geologici di possibile interesse scientifico e naturalistico, l'analisi si concentra sugli impatti che si riferiscono alla possibile alterazione degli equilibri geologici s.l. locali, con particolare riferimento alla stabilità delle aree interferite dal progetto e al possibile incremento del rischio ambientale nella zona, così come definito ai punti precedenti.

Per quanto riguarda la linea di impatto potenziale riferita al possibile incremento del rischio idrogeologico, la destinazione d'uso dell'area considerata pone il problema di accertare, al fine di garantire la tutela della pubblica incolumità, i fenomeni di instabilità e di prevedere, quindi di prevenire, quelli potenziali. Vanno quindi premesse una serie di definizioni utili a comprendere il criterio che ha guidato questa indagine.

Il concetto di rischio geologico, definito nel corso degli anni da diversi autori, viene così riassunto (M.Govi, Banca Dati Geologica della Regione Piemonte, 1990):

“probabilità che un determinato evento naturale si verifichi, incidendo sull'ambiente fisico in modo da recare danno all'uomo e alle sue attività.”

Tale concetto implica la definizione di pericolosità ambientale intesa come “probabilità che un certo fenomeno (naturale o indotto più o meno direttamente dall'antropizzazione) si verifichi in un certo qual territorio, in un determinato intervallo di tempo” (Panizza, 1988).

La pericolosità diventa rischio quando i fenomeni di instabilità interagiscono con le attività umane, determinando un "costo" sia dal punto di vista umano-sociale che dal punto di vista economico. La valutazione di questo costo definisce i diversi gradi del rischio ambientale.

L'area oggetto di intervento risulta di fatto priva di insediamenti abitativi stabili, ad esclusione di alcuni insediamenti rurali utilizzati allo stato attuale ma che saranno oggetto di demolizione e ricostruzione.

10.1 IDENTIFICAZIONE DEI FATTORI DI PRESSIONE SU SUOLO E SOTTOSUOLO

Per meglio definire le linee di impatto potenziale è opportuna un'analisi separata dei diversi moduli che costituiscono l'impianto per la cui realizzazione può essere identificata una differente sensibilità del territorio. Nei punti seguenti saranno inoltre eseguite le verifiche geotecniche di cui al D.M. 14.01.2008 relative alla parti dell'impianto che le richiedono, con particolare riferimento alla verifica di stabilità dei versanti interessati dalle opere; per il calcolo del carico ammissibile e dei cedimenti delle opere fondali si rimanda alla modellazione geotecnica definitiva/esecutiva.

Prima della realizzazione dei diversi moduli di cui sopra il primo fattore di impatto è costituito dalla formazione della viabilità di cantiere che tuttavia potrà contare sulla presenza di una viabilità molto sviluppata che attualmente consente l'agevole accesso alle aree di previsto intervento.

Nei settori in cui le pendenze sono più elevate è prevista la realizzazione di opere di consolidamento al piede della scarpata di valle realizzata con il riporto del materiale di sterro proveniente da monte; si prevede in particolare di realizzare opere di ingegneria naturalistica di semplice struttura.

Il fattore di impatto più invasivo è costituito dall'esecuzione degli scavi necessari per la realizzazione dei comparti dell'impianto e la realizzazione di opere di consolidamento più strutturate (palificate) per un tratto sotteso all'ampio settore dell'impianto articolate su più ordini.

Come evidenziato in sede di analisi geologica si tratta di settori di territorio caratterizzati da pendenze mediamente intorno a 25%, dalla presenza di coperture di origine colluviale posta su substrato alterato argilloso/sabbioso e dall'assenza di fenomeni distensivi in atto o potenziali.

La corretta gestione dei deflussi superficiali relativi alle acque meteoriche in particolare rappresenta un elemento di fondamentale importanza ai fini di garantire la stabilità nel tempo delle opere in progetto nonché la sicurezza a breve termine delle piste provvisorie e dei tratti oggetto di scavo.

11. ANALISI DEGLI IMPATTI ATTESI

In relazione alla matrice ambientale Litosfera, con particolare riferimento al Sottosuolo, erano state individuate come principali linee di impatto potenziale le seguenti:

- ✓ parziale o totale danneggiamento di singolarità geologiche (geotopi)

- ✓ modifica degli equilibri della componente stessa nel suo insieme (rischio idrogeologico)

Per quanto riguarda il primo tema è già stata evidenziata l'assenza di peculiarità geologiche di rilievo nell'area; in effetti l'intervento in ogni caso non limiterà la fruizione degli elementi di interesse geologico e scientifico presenti nella zona. Per questi motivi l'impatto indotto dall'intervento rispetto a questi aspetti può essere considerato nullo.

In riferimento al secondo tema all'interno della definizione generale devono essere distinti impatti più specifici che si riferiscono a una serie di effetti diretti e indiretti sulla componente sottosuolo che possono determinare alterazioni sugli equilibri generali del sito con particolare riferimento alle condizioni di stabilità geomorfologica delle aree interessate.

Questi impatti possono essere presenti sia nelle fasi di cantierizzazione delle opere sia in fase di esercizio e possono essere riassunti nei seguenti temi principali:

Erosione e dissesti superficiali

Alterazione delle condizioni di permeabilità complessiva del suolo.

Riduzione della stabilità complessiva del sottosuolo

Si tratta evidentemente di una serie di potenziali effetti sul territorio strettamente correlati tra di loro la cui eventuale sussistenza determina impatti negativi sulle condizioni di rischio idrogeologico.

Per quanto riguarda i potenziali effetti positivi essi vengono ricondotti sinteticamente a tutte le azioni collegate al progetto che possono in qualche modo contribuire a migliorare le condizioni generali e locali di rischio idrogeologico nel territorio interessato dal progetto.

Le azioni elementari che possono contribuire a determinare gli impatti di cui sopra sono le seguenti:

- ✓ Fase di Cantiere
- ✓ Occupazione di suolo
- ✓ Stoccaggio di materiali di cantiere e di scavo
- ✓ Esecuzione di scavi
- ✓ Esecuzione di scavi per posa condotte e costruzione manufatti
- ✓ Ripristino, manutenzione e realizzazione opere di regimazione
- ✓ Fase di Esercizio
- ✓ Presenza manufatti in senso generale
- ✓ Manutenzione ordinaria e straordinaria impianto e infrastrutture collegate

Le soluzioni realizzative hanno previsto la scelta delle migliori tecnologie esistenti, l'utilizzazione di soluzioni nel rispetto dei livelli di sicurezza, la minimizzazione dell'utilizzo di materiali cementizi e, per quanto possibile, l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica.

L'analisi eseguita sui diversi moduli dell'impianto ha consentito di verificare, secondo i criteri di cui al D.M. 14.01.2008, le interazioni tra le opere in progetto e il terreno con particolare riferimento alla verifica della stabilità globale dei versanti in corrispondenza dei settori in cui sensibile risultava l'impatto degli scavi sui pendii oppure la modifica degli originali assetti geometrici del pendio.

Le geometrie dei tratti in scavo derivano da un procedimento iterativo di verifiche finalizzate all'ottenimento del miglior compromesso tra stabilità del versante e contenimento dei volumi di scavo e di superfici interessate dall'intervento.

In sostanza l'approccio risulta improntato alla sinergia tra progettista s.s. e progettista geologo/geotecnico al fine di ottimizzare le soluzioni, tenendo in preminente conto gli impatti sulla componente suolo e sottosuolo derivanti dall'esecuzione delle opere nel loro insieme, con attenzione particolare alle condizioni generali di stabilità del territorio.

12. CONCLUSIONI

Si ritiene che non sussistano impedimenti di natura geologica, sismica, ecc. per l'esecuzione dell'intervento in oggetto secondo le modalità di sistemazione del versante secondo quanto specificato e quindi si attribuisce allo stesso un buona fattibilità.

Si porta a conoscenza che dall'analisi comparativa della cartografia PAI (Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 "Carta del rischio idrogeologico") e dai rilievi effettuati, il sito oggetto di intervento non risulta ricadere all'interno di un'area perimetrata dal piano per l'assetto idrogeologico PAI.

Al fine di ottimizzare le scelte progettuali successive si riporta di seguito uno schema di sintesi, sulla base delle caratteristiche geologiche geomorfologiche e geotecniche descritte nei capitoli precedenti:

- Volume significativo:

"Il volume significativo è quello nel quale si osserva una influenza non trascurabile delle sollecitazioni meccaniche o idrauliche provocate dall'opera". **Pertanto considerando la fase progettuale attuale, sarà opportuno determinare lo stesso in fase definitiva-esecutiva sulla base delle effettive opere da realizzarsi in relazione ai carichi trasmessi.**

- Superficie topografica:

La superficie topografica di insieme della zona, comprendente l'area oggetto di studio si presenta pendente con pendenze max di circa 25-26% ..

- Profondità della falda:

Nel lotto in esame, durante le terebrazioni si sono riscontrate manifestazioni idriche soprattutto a contatto tra le coperture ed il substrato argilloso; in S.1 si rinviene una manifestazione idrica impostata a circa -13.00 m dal p.c., in S.2 a -5.50 m dal p.c. ed in S.4, sondaggio terebrato alla base del versante a -3.50 m dal p.c.

- Terreno di fondazione:

Il terreno di fondazione delle opere finalizzate all'intervento è costituito dall'unità litologica argillosa integra il cui tetto in zona talora si rinviene a profondità variabile e comunque a partire dai 13 m circa in S1, 11 m in S2, 12 m in S3.

Verifica di stabilità del pendio:

In considerazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, e dell'andamento della superficie topografica, sono state condotte verifiche in condizioni di pendio naturale, quattro di esse hanno fornito valore del coefficiente di sicurezza compreso tra 1,10 e 1,30 e solo inferiore ad 1,0 in alcune porzioni corrispondenti a terreno superficiale e suolo agrario; le verifiche condotte in condizioni di pendio modificato prevedendo interventi di consolidamento allo scopo di garantire idonea stabilità all'area e fornendo in tal caso valore del coefficiente di sicurezza superiore a 1,10; sarà comunque rielaborare le verifiche di stabilità del pendio sia globale che puntuale a seconda delle opere da realizzarsi.

- Verifiche degli stati limite ultimi:

Per le verifiche degli stati limite ultimi delle fondazioni, possono essere utilizzati come riferimento i **valori caratteristici (V_m)**, i **parametri geotecnici medi riportati nel paragrafo 4.0.**

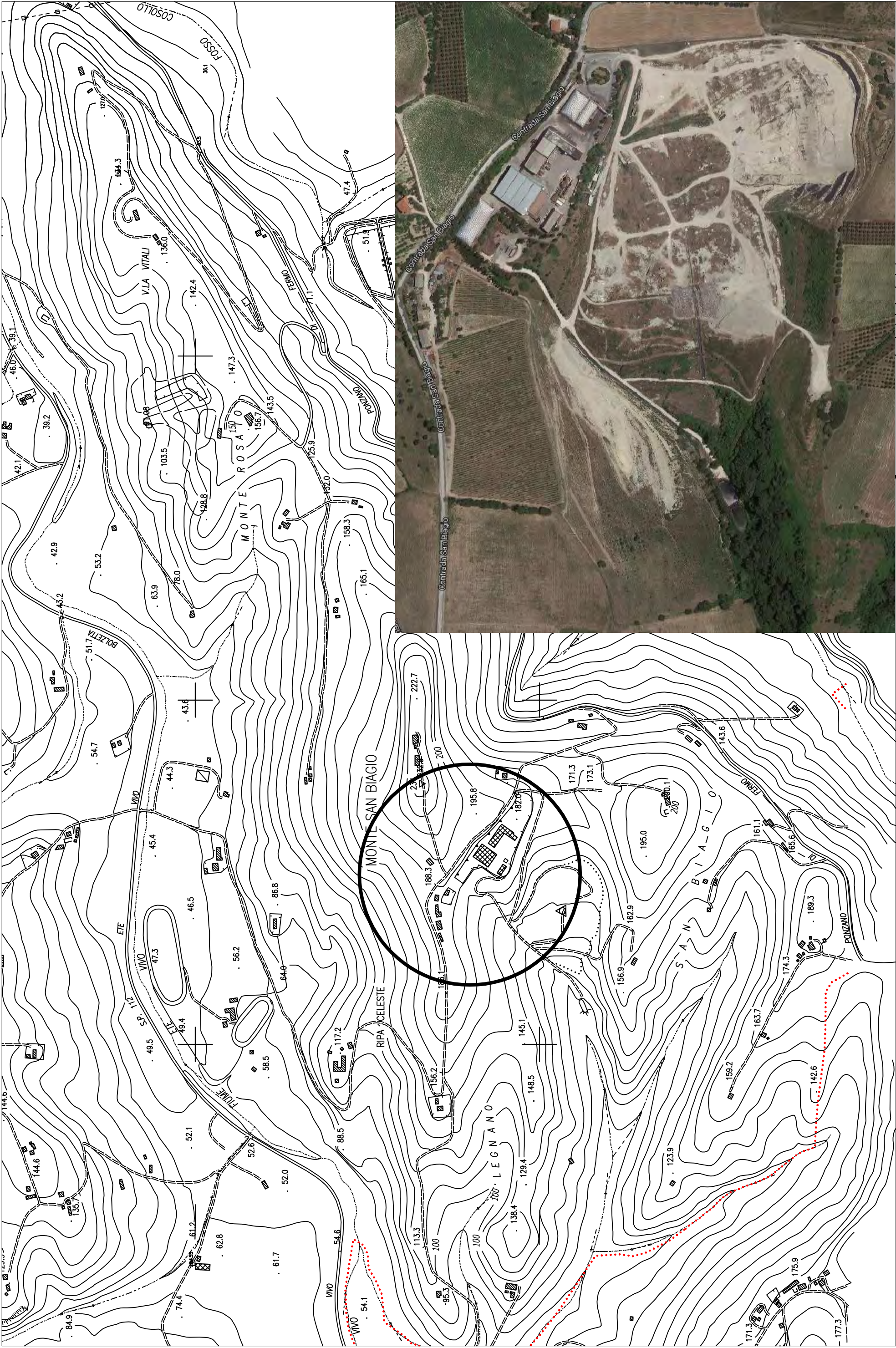
Di certo dovranno essere eseguiti ulteriori approfondimenti geotecnici in fase progettuale esecutiva e mirati all'intervento da eseguirsi, attraverso specifiche indagini geognostiche e prove di laboratorio soprattutto in relazione alla stabilizzazione chimico fisica dei terreni di riporto previsti.

Per quanto detto sopra si consiglia:

1. Adottare tutte le prescrizioni previste nella normativa sulla sicurezza nei cantieri;
2. Prevedere adeguate opere per l'intercettazione e lo smaltimento delle acque di circolazione superficiale nonché profonda;
3. Ai fini delle verifiche sismiche, sulla base dell'assetto morfologico e topografico del sito in oggetto, si ritiene opportuno associare lo stesso ad **una categoria topografica di tipo T2 con coefficiente d'amplificazione topografica $ST=1,2$** . In virtù della presa visione dei dati specifici circa le velocità caratteristiche dei terreni investigati nell'area, visto il valore di V_{s30} ottenuto a seguito del processing dei dati registrati a seguito di prove in sito in tale fase, si consiglia l'utilizzo della categoria di suolo **Categoria di suolo C.**
4. **Le indagini eseguite hanno permesso di definire con un buon grado di attendibilità la modellazione del sottosuolo rispetto alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche del sito. Si ritiene comunque necessario, qualora le condizioni progettuali della fase esecutiva/ definitiva lo richiedessero, un approfondimento puntuale nelle aree di maggiore criticità "geologico-geotecnica" in relazione agli interventi da realizzarsi.**

Falerone, 25 maggio 2015

Il geologo
Dr. Gabriele Cutini
Ordine dei Geologi delle Marche
Geologo Specialista n° 665



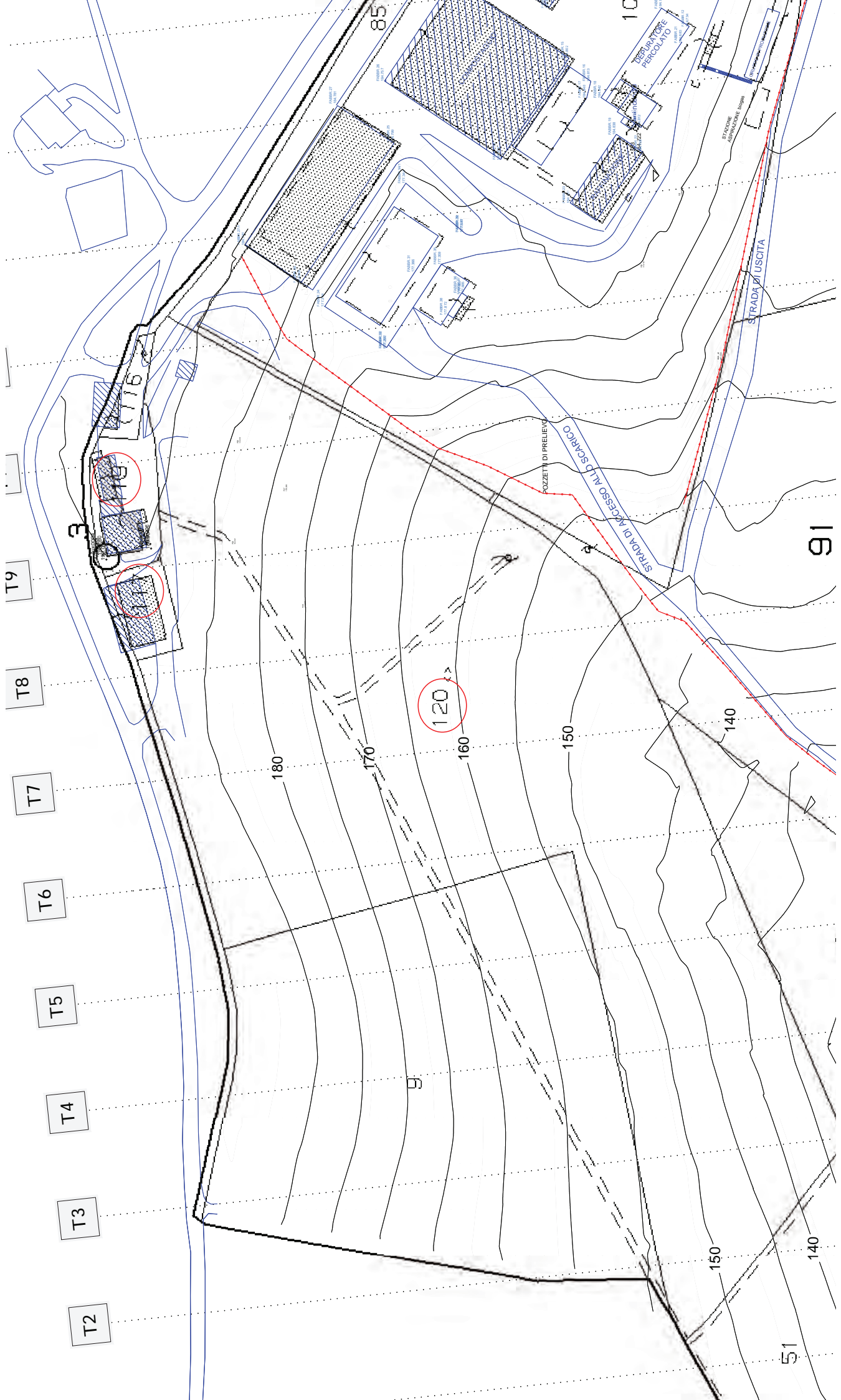
STRALCIO C.T.R. - FOTO AEREA

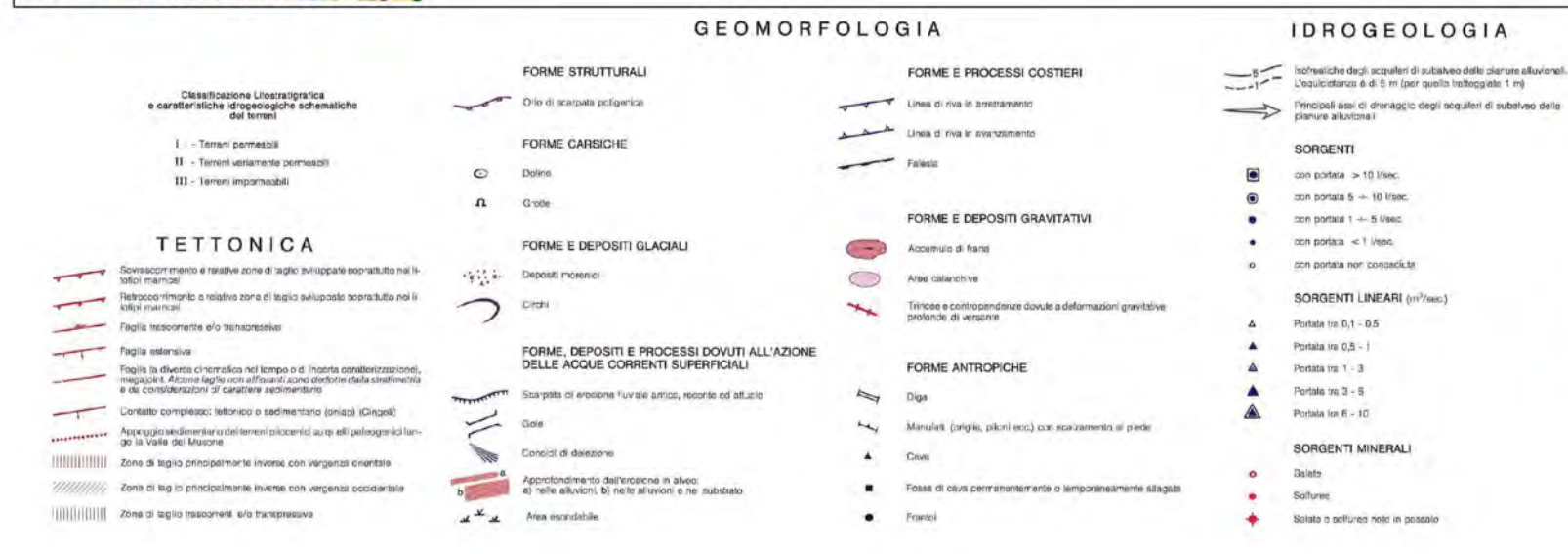
Discarica S. Biagio - C.I.G.R.U.

Comune di Fermo - ESTRATTO PRG



scala 1:2000





CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA



dicembre 2013

CANTIERE: "Impianto Biodigestione" - San Biagio - Fermo

Quota s.l.m.:189.049 m

PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	CAROTAGGIO	PROVE PENETROMETRICHE												QUOTA		Simbolo grafico	TERRENO ATTRAVERSATO		
			S.P.T												POKET	FALDA		Assoluta m.s.m	relativa	Classificazione litologica e condizioni fisiche
			5	10	15	20	25	30	35	40	45									
Rotazione Ø 220 mm		Trivelsonda												2.5			1.00	2.00	TERRENO DI RIPOORTO	
														3.5					Argille e sabbie frammiste prive di struttura interna di colore beige.	
														3.5					DEPOSITI COLLUVIALI	
														3.5			7.00		Alternanza di argille marnose grigio/avana a stratificazione sub-orizzontale con intercalati livelli e/o strati di sabbie fini ocra a tratti ossidate;	
														3.5					Alternanza di argille marnose grigie a stratificazione sub-orizzontale con sabbia.	
																	10.00		A circa -10.00 m il litotipo si presenta più sabbioso di colore beige con presenza a 13 m di venuta idrica abbondante.	
																	13.00		FORMAZIONE ALTERATA	
																	13.50		Alternanza di argille marnose grigie a stratificazione sub-orizzontale con intercalati livelli millimetrici di sabbie fini di colore grigio; litotipo molto consistente.	
																	15.00		FORMAZIONE INTEGRA	
																	15.45			
																	16.00		A -16.00 m fine sondaggio	

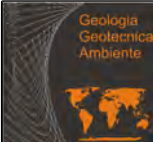


dicembre 2013

CANTIERE: "Impianto Biodigestione" - San Biagio - Fermo

Quota s.l.m.: 186.71 m

PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	CAROTAGGIO	PROVE PENETROMETRICHE														QUOTA		Simbolo grafico	TERRENO ATTRAVERSATO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			S.P.T												POKET	FALDA	campioni	relativa		Classificazione litologica e condizioni fisiche																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			5	10	15	20	25	30	35	40	45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Rotazione Ø 220 mm		Trivelsonda													2.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														



Dr. Gabriele Cutini
Geologo
Via A. Gentili, 9 63837 Falerone (FM)
Tel 0734-759672 cell 347-5585539
e-mail: gabriele.cutini67@gmail.it

SONDAGGIO **S3**

dicembre 2013

COMMITTENTE: FERMO ASITE SRL
CANTIERE: "Impianto Biodigestione" - San Biagio - Fermo

Profondità m 15.00
Quota s.l.m.: 186.58 m

PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	CAROTAGGIO	PROVE PENETROMETRICHE												QUOTA		Simbolo grafico	TERRENO ATTRAVERSATO		
			S.P.T												POKET	FALDA		campioni	relativa	Classificazione litologica e condizioni fisiche
			5	10	15	20	25	30	35	40	45									
Rotazione Ø 220 mm		Trivelsonda													2.3		2.00		Argille e sabbie frammiste prive di struttura interna di colore beige. DEPOSITI COLLUVIALI	
															2.5			4.00		Sabbia prevalente alternata a livelli di argille marnose grigie stratificate.
																3			9.00	
																3.5		12.00		
																			15.00	
			</																	



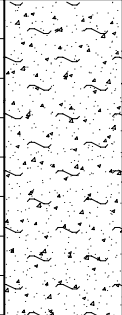
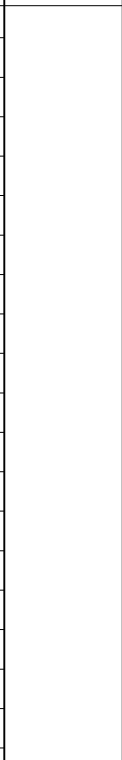
Dr. Gabriele Cutini
Geologo
Via A. Gentili, 9 63837 Falerone (FM)
Tel 0734-759672 cell 347-5585539
e-mail: gabriele.cutini67@gmail.it

SONDAGGIO **S4**

dicembre 2013

COMMITTENTE: FERMO ASITE SRL
CANTIERE: "Impianto Biodigestione" - San Biagio - Fermo

Profondità m 11.00
Quota s.l.m.: 150. m

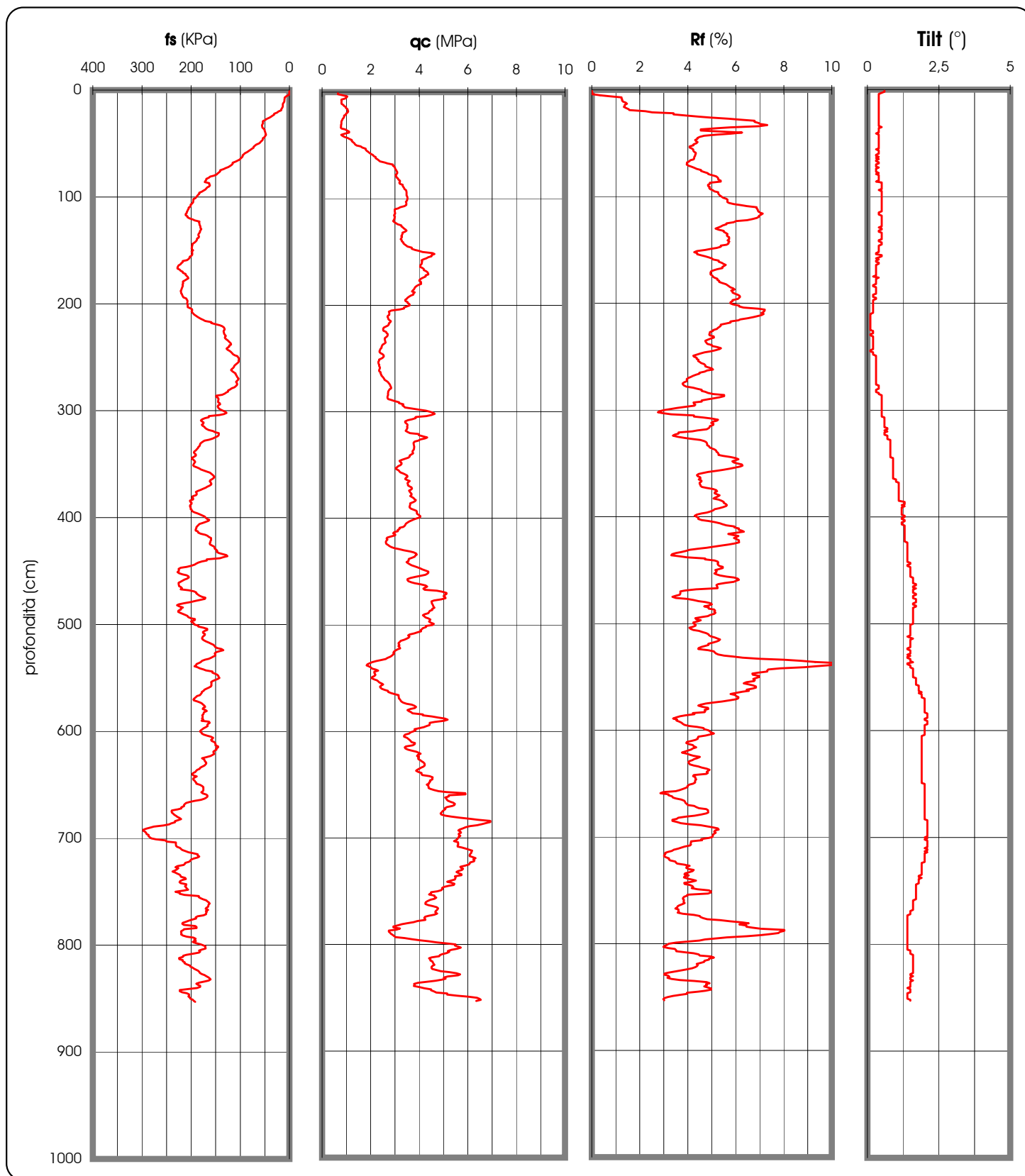
PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	CAROTAGGIO	PROVE PENETROMETRICHE														QUOTA		Simbolo grafico	TERRENO ATTRAVERSATO	
			S.P.T												POKET	FALDA	campioni	relativa		Classificazione litologica e condizioni fisiche	
			5	10	15	20	25	30	35	40	45										
Rotazione Ø 220 mm		Trivelsonda															3.50	4.00		TERRENO DI RIPORTO	
																					Argille e sabbie frammiste prive di struttura interna di colore marroni scuro beige. Litotipo plastico da -4.50m. Acqua in foro a partire dai -3.50 m
																					DEPOSITI COLLUVIALI
																					Alternanza di argille marnose a stratificazione sub-orizzontale con intercalati livelli di sabbie fini ; A partire dai -6.50 m il litotipo diviene più consistente all'aumentare della componente argillosa. Montaggio arpione a circa 10.00 m - forte presenza di acqua in foro.
																				Alternanza di sabbie fini beige con livelli argillosi grigi a stratificazione sub-orizzontale FORMAZIONE ALTERATA	
																		11.00		A -11.00 m fine sondaggio x problemi di avanzamento per forte presenza di acqua in foro	

COMMITTENTE:ASITE s.r.l.

CANTIERE:Ex Area Camacci - Fermo

PROVA P1 del 30/08/2013 PROF.: 8,53 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Geodrill s.a.s.
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
 60043 Cerreto d'Esi(AN)
 P.IVA: 02334920424
 E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta (q_c)	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq. 10
Attrito laterale (f_s)	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,58
		Area manicotto di attrito	cmq. 150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0,014
		Diametro	mm. 36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg. 3,5
		Lunghezza totale	mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s = resistenza specifica locale al manicotto
 q_c = resistenza specifica al cono statico
 R_f = rapporto della resistenza (f_s/q_c)
 Tilt = inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c = resistenza specifica al cono statico
 q_{cm} = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
 $\sigma_{v\text{ eff}}$ = pressione verticale efficace (stima)
 Dr = densità relativa (Lancellotta, 1983)
 ϕ = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
 E = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
 C_u = coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
 M = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
 V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
 M_t = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomachi)
 E_u = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 8,53 m

[illegible]

**Geodrill**

s.a.s.

Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.

SERVIZI GEOLOGICI

Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888

60043 Cerreto d'Esi (AN)

P.IVA: 02334920424

E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.,
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

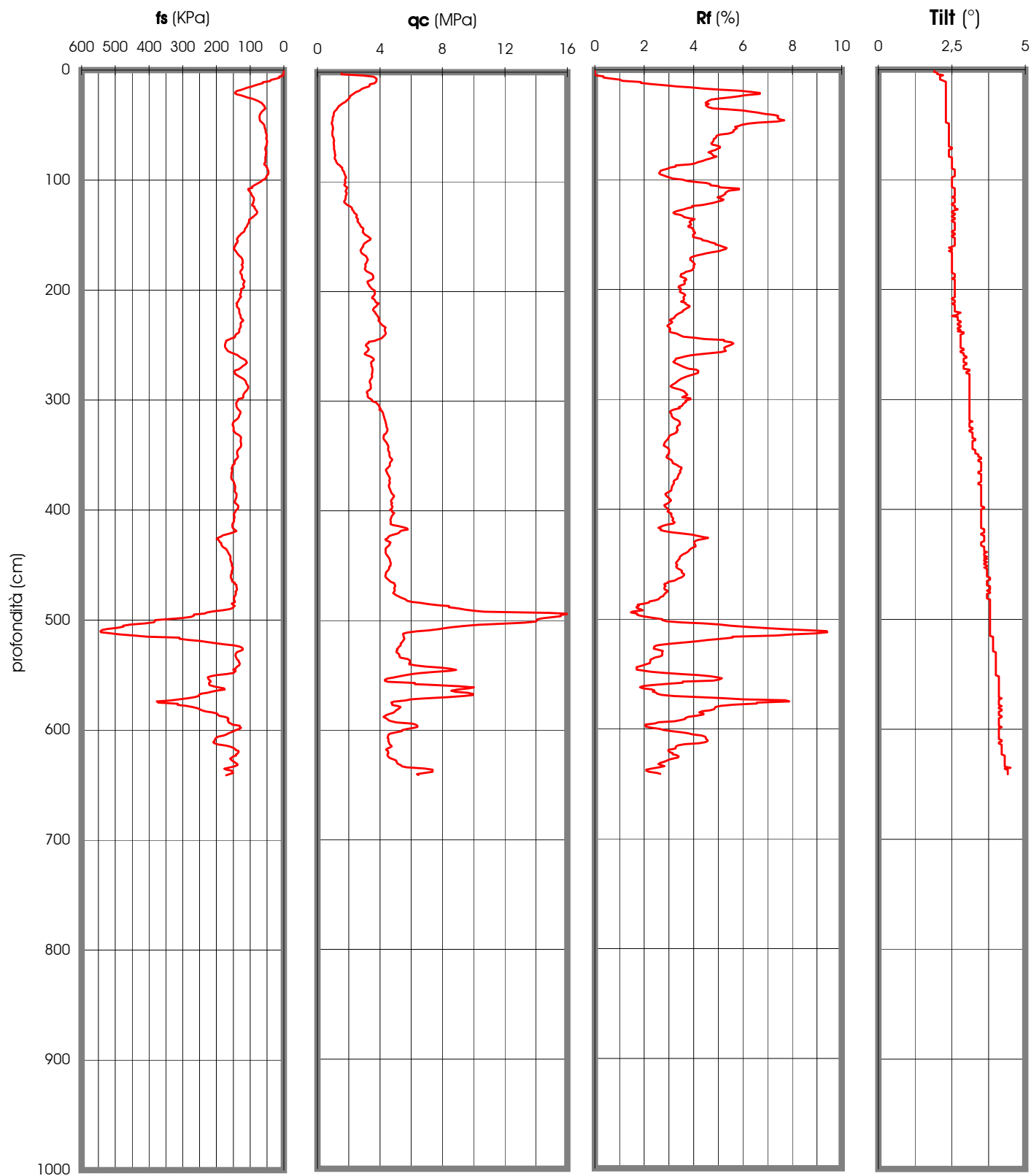
Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE:ASITE s.r.l.

CANTIERE:Ex Area Camacci - Fermo

PROVA P2 del 30/08/2013 PROF.: 6,41 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura	Dimensioni
Resistenza di punta (q_c) 50 Mpa	Apertura cono 60°
	Area punta cmq. 10
Attrito laterale (f_s) 0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a) 0,58
	Area manicotto di attrito cmq. 150
Pressione nei pori (u) 2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b) 0,014
	Diametro mm. 36
inclinazione 0°-20°	Peso Kg. 3,5
	Lunghezza totale mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s =	resistenza specifica locale al manicotto
q_c =	resistenza specifica al cono statico
R_f =	rapporto della resistenza (f_s/q_c)
Tilt =	inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c =	resistenza specifica al cono statico
q_{cm} =	resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
$\sigma_{v\text{ eff}}$ =	pressione verticale efficace (stima)
D_r =	densità relativa (Lancellotta, 1983)
ϕ =	angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
E =	modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
C_u =	coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
M =	modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
V_s =	velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
M_t =	modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomauchi)
E_u =	modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 6,41 m

[illegible]



Geodrill s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi (AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

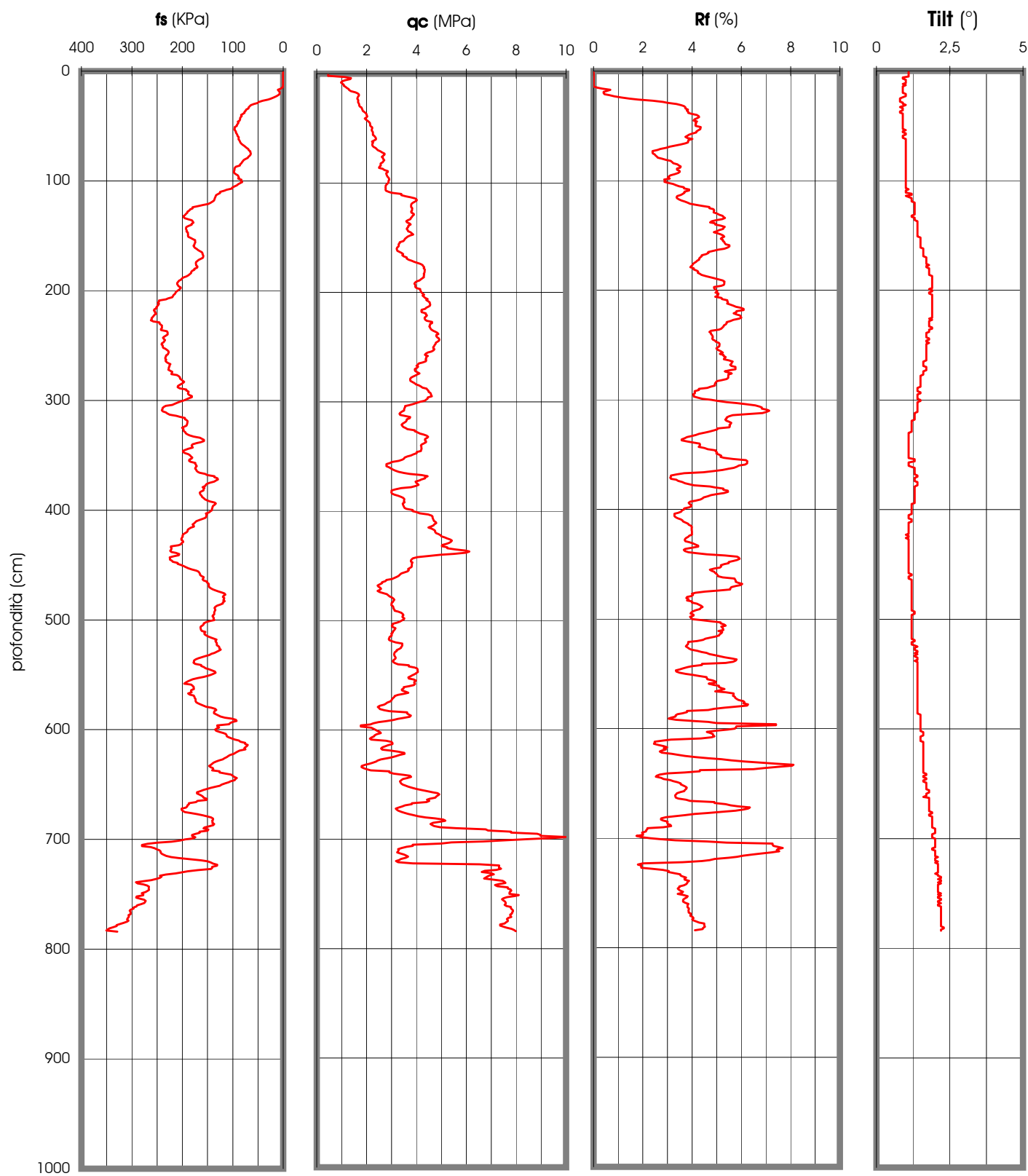
Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE:ASITE s.r.l.

CANTIERE:Ex Area Camacci - Fermo

PROVA P3 del 30/08/2013 PROF.: 7,84 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta (q_c)	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq. 10
Attrito laterale (f_s)	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,58
		Area manicotto di attrito	cmq. 150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0,014
		Diametro	mm. 36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg. 3,5
		Lunghezza totale	mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s =	resistenza specifica locale al manicotto
q_c =	resistenza specifica al cono statico
R_f =	rapporto della resistenza (f_s/q_c)
Tilt =	inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c =	resistenza specifica al cono statico
q_{cm} =	resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
$\sigma_{v\text{ eff}}$ =	pressione verticale efficace (stima)
Dr =	densità relativa (Lancellotta, 1983)
ϕ =	angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
E =	modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
C_u =	coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
M =	modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
Vs =	velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
Mt =	modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomachi)
Eu =	modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 7,84 m

[illegible]



Geodrill s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.,
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

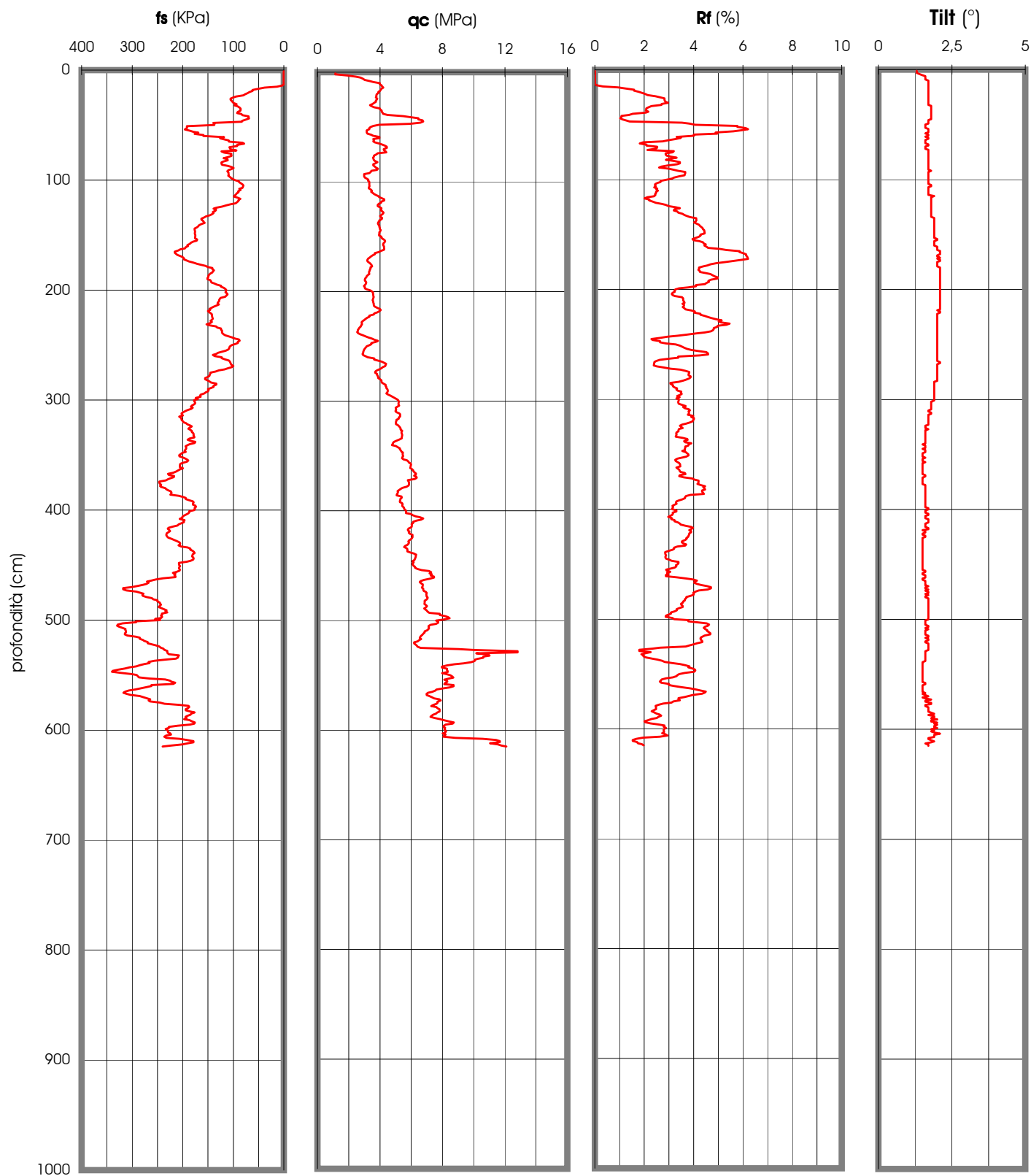
Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE:ASITE s.r.l.

CANTIERE:Ex Area Camacci - Fermo

PROVA P4 del 30/08/2013 PROF.: 6,15 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura	Dimensioni
Resistenza di punta (q_c) 50 Mpa	Apertura cono 60°
	Area punta cmq. 10
Attrito laterale (f_s) 0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a) 0,58
	Area manicotto di attrito cmq. 150
Pressione nei pori (u) 2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b) 0,014
	Diametro mm. 36
inclinazione 0°-20°	Peso Kg. 3,5
	Lunghezza totale mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s =	resistenza specifica locale al manicotto
q_c =	resistenza specifica al cono statico
R_f =	rapporto della resistenza (f_s/q_c)
Tilt =	inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c =	resistenza specifica al cono statico
q_{cm} =	resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
$\sigma_{v\text{ eff}}$ =	pressione verticale efficace (stima)
D_r =	densità relativa (Lancellotta, 1983)
ϕ =	angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
E =	modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
C_u =	coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
M =	modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
V_s =	velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
M_t =	modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomachi)
E_u =	modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 6,15 m

[illegible]



Geodrill s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi (AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 03 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Cerreto d'Esi, il 06 settembre 2013

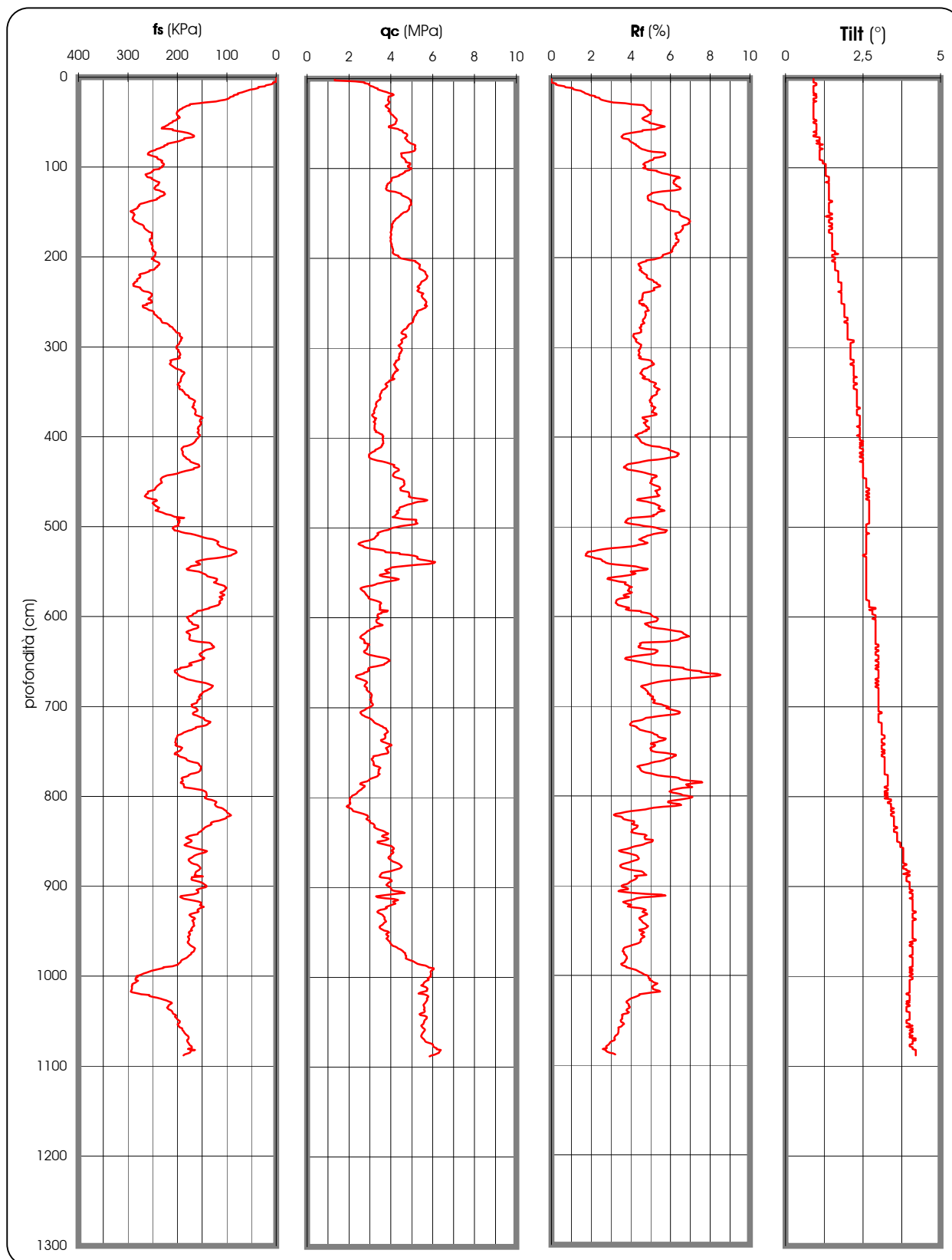
COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA N.5 del 02/09/2013

PROF.: 10,88 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Cerreto d'Esi, il 06 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta (q_c)	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq.10
Attrito laterale (f_s)	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,58
		Area manicotto di attrito	cmq.150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0,014
		Diametro	mm.36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg.3,5
		Lunghezza totale	mm.855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s =	resistenza specifica locale al manicotto
q_c =	resistenza specifica al cono statico
R_f =	rapporto della resistenza (f_s/q_c)
Tilt =	inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c =	resistenza specifica al cono statico
q_{cm} =	resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
$\sigma_{v\text{eff}}$ =	pressione verticale efficace (stima)
D_r =	densità relativa (Lancellotta, 1983)
ϕ =	angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
E =	modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
C_u =	coesione non drenata (Terzaghi, $((q_{cm} - \sigma_{v\text{eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
M =	modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
V_s =	velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
M_t =	modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomauchi)
E_u =	modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)

[illegible]

| | | | | | | |



Geodrill s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 06 settembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

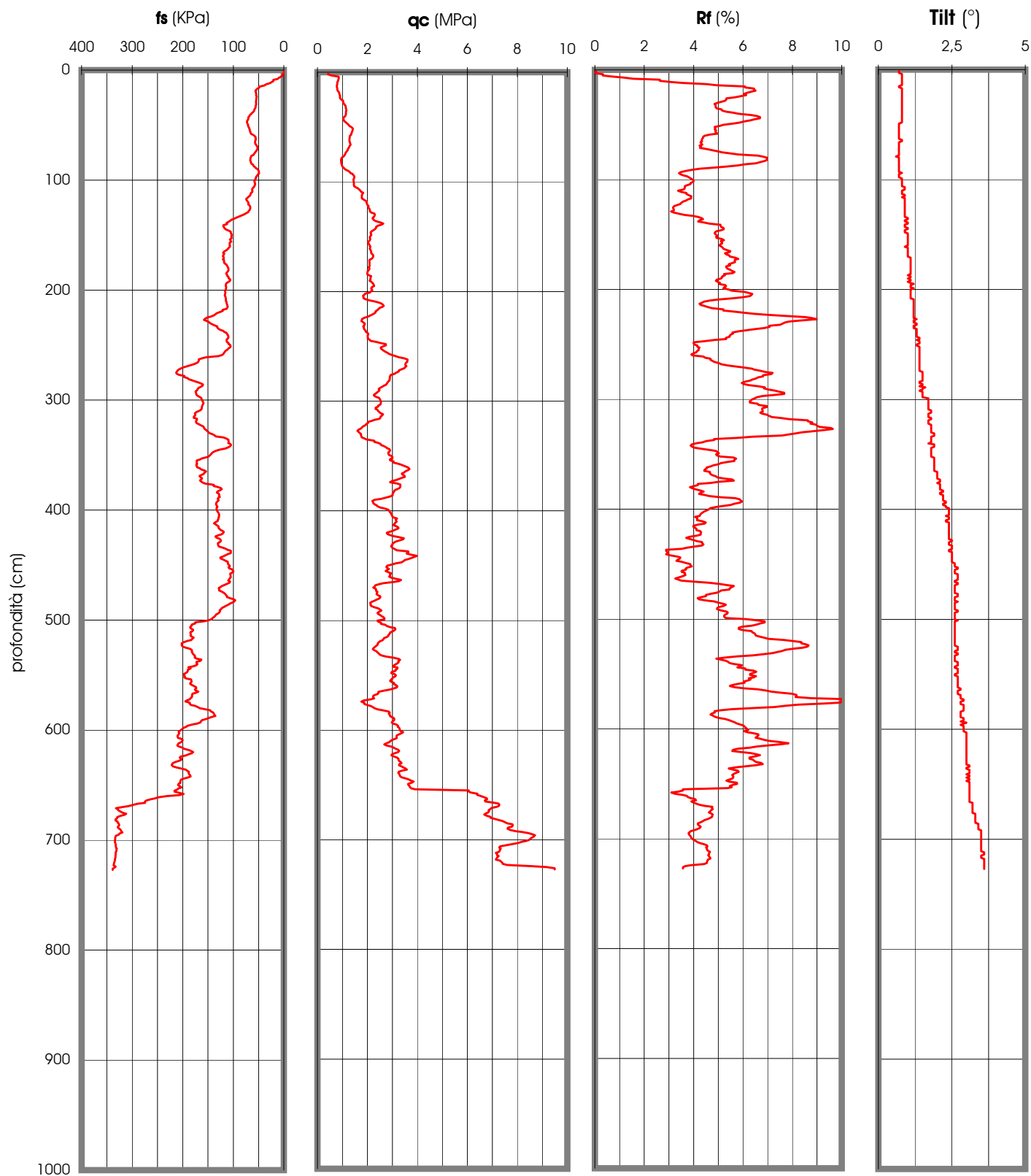
COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA P6 del 12/12/2013

PROF.: 7,27 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Geodrill s.a.s.
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
 60043 Cerreto d'Esi(AN)
 P.IVA: 02334920424
 E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta (q_c)	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq. 10
Attrito laterale (f_s)	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,58
		Area manicotto di attrito	cmq. 150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0,014
		Diametro	mm. 36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg. 3,5
		Lunghezza totale	mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s = resistenza specifica locale al manicotto
 q_c = resistenza specifica al cono statico
 R_f = rapporto della resistenza (f_s/q_c)
 Tilt = inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c = resistenza specifica al cono statico
 q_{cm} = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
 $\sigma_{v\text{ eff}}$ = pressione verticale efficace (stima)
 D_r = densità relativa (Lancellotta, 1983)
 ϕ = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
 E = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
 C_u = coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
 M = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
 V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
 M_t = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomauchi)
 E_u = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 7,27 m

[illegible]



Geodrill s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Geodrill s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 16 dicembre 2013

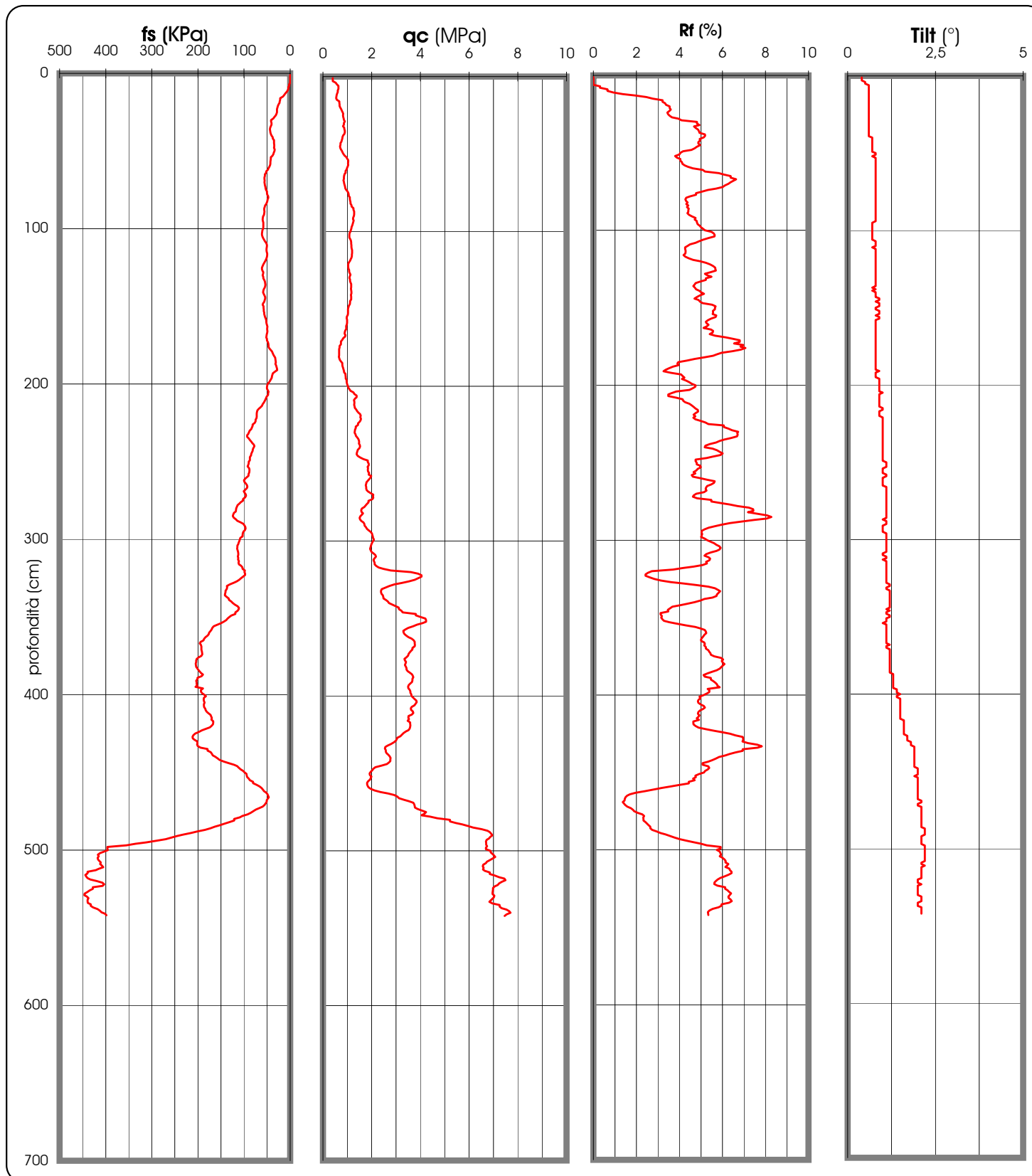
COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA N 7 del 12/12/2013

PROF.: 5,42 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Cerreto d'Esi, 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta (q_c)	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq. 10
Attrito laterale (f_s)	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,58
		Area manicotto di attrito	cmq. 150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0,014
		Diametro	mm. 36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg. 3,5
		Lunghezza totale	mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s = resistenza specifica locale al manicotto
 q_c = resistenza specifica al cono statico
 R_f = rapporto della resistenza (f_s/q_c)
Tilt = inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c = resistenza specifica al cono statico
 q_{cm} = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
 $\sigma_{v\text{ eff}}$ = pressione verticale efficace (stima)
 D_r = densità relativa (Lancellotta, 1983)
 ϕ = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
 E = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
 C_u = coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
 M = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
 V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
 M_t = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomauchi)
 E_u = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE:Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 5,42 m

[illegible]

Geodrill s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi (AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Geodrill s.a.s.
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
 60043 Cerreto d'Esi(AN)
 P.IVA: 02334920424
 E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

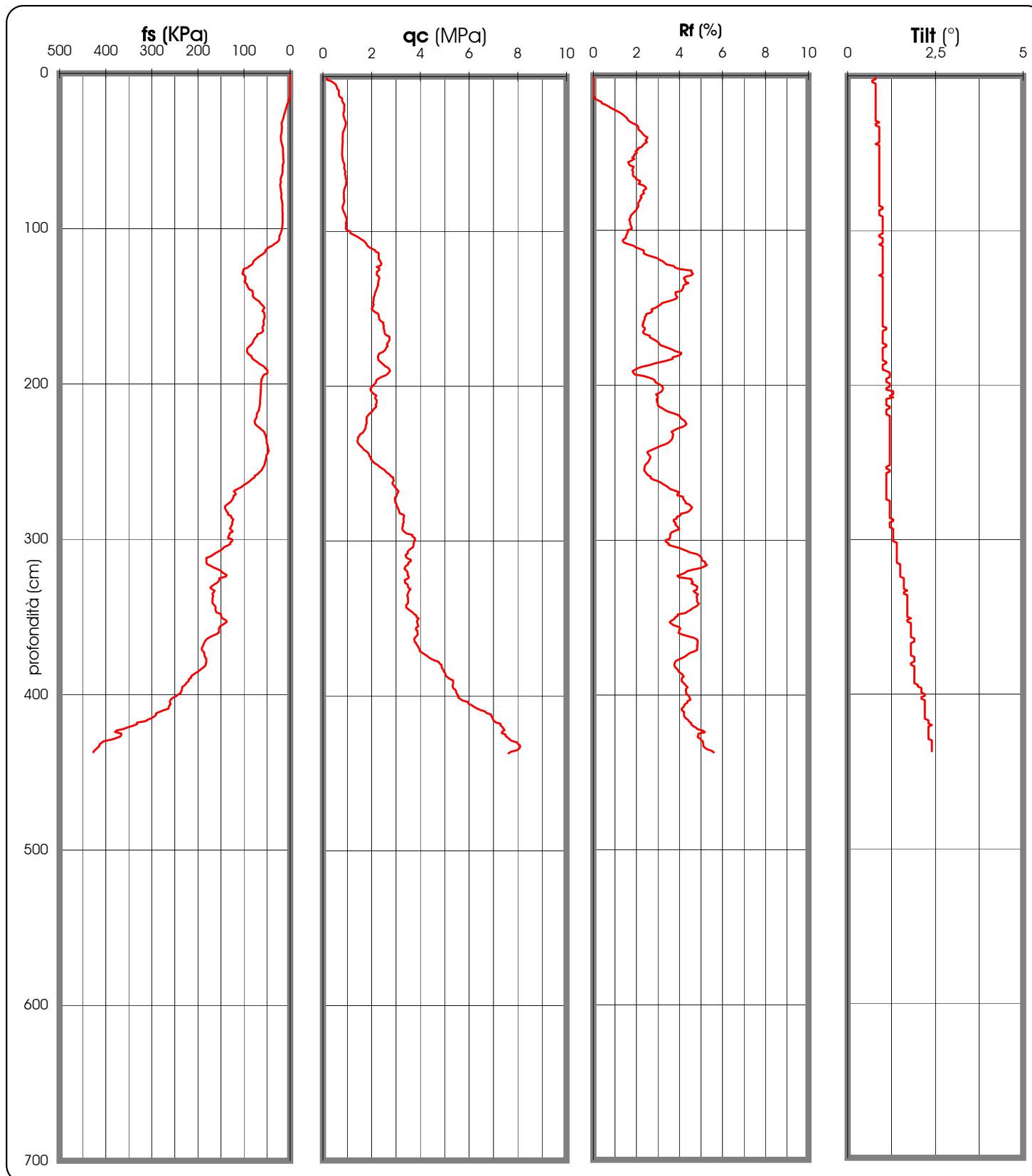
COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA N 8 del 12/12/2013

PROF.: 4,37 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Cerreto d'Esi, 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta (q_c)	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq. 10
Attrito laterale (f_s)	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,58
		Area manicotto di attrito	cmq. 150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0,014
		Diametro	mm. 36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg. 3,5
		Lunghezza totale	mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s = resistenza specifica locale al manicotto
 q_c = resistenza specifica al cono statico
 R_f = rapporto della resistenza (f_s/q_c)
Tilt = inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c = resistenza specifica al cono statico
 q_{cm} = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
 $\sigma_{v\text{ eff}}$ = pressione verticale efficace (stima)
 D_r = densità relativa (Lancellotta, 1983)
 ϕ = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
 E = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
 C_u = coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
 M = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
 V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
 M_t = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomauchi)
 E_u = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE:Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 4,37 m

[illegible]

**Geodrill** s.a.s.
Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

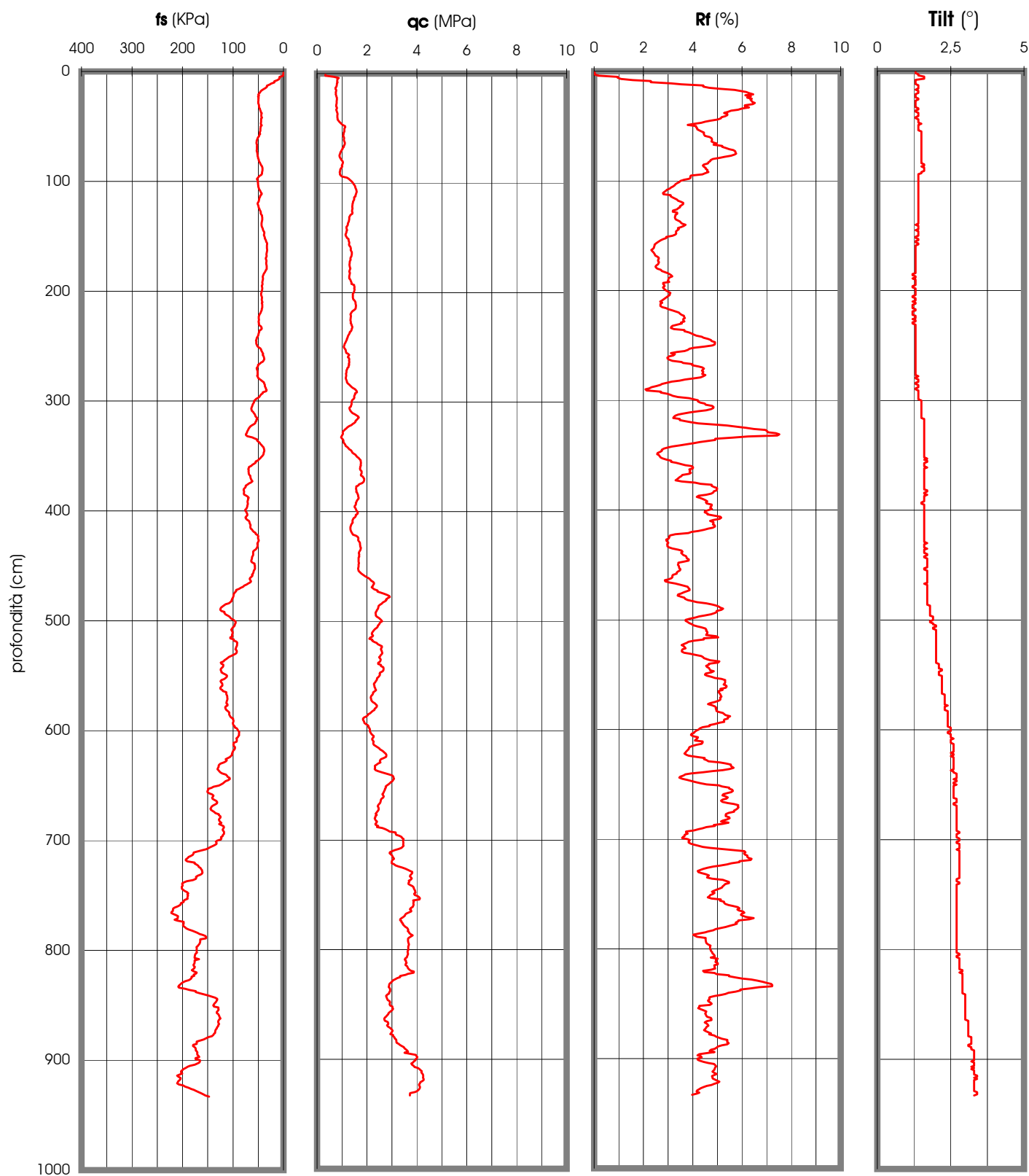
COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA P9 del 16/12/2013

PROF.: 9,33 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA





Geodrill s.a.s.
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
 60043 Cerreto d'Esi(AN)
 P.IVA: 02334920424
 E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

Punta digitale PAGANI

Sensori di misura		Dimensioni	
Resistenza di punta (q_c)	50 Mpa	Apertura cono	60°
		Area punta	cmq. 10
Attrito laterale (f_s)	0,5 Mpa	Rapporto delle aree di punta (a)	0,58
		Area manicotto di attrito	cmq. 150
Pressione nei pori (u)	2,5 Mpa	Rapporto delle aree del manicotto (b)	0,014
		Diametro	mm. 36
inclinazione	0°-20°	Peso	Kg. 3,5
		Lunghezza totale	mm. 855

legenda per la rappresentazione grafica

f_s = resistenza specifica locale al manicotto
 q_c = resistenza specifica al cono statico
 R_f = rapporto della resistenza (f_s/q_c)
 Tilt = inclinazione

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

q_c = resistenza specifica al cono statico
 q_{cm} = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato
 $\sigma_{v\text{ eff}}$ = pressione verticale efficace (stima)
 D_r = densità relativa (Lancellotta, 1983)
 ϕ = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)
 E = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)
 C_u = coesione non drenata (Terzaghi, $((Q_{cm} - \sigma_{v\text{ eff}})/N_k)$; Lunne, Robertson, Powell 1977)
 M = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)
 V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)
 M_t = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomauchi)
 E_u = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

PROF.: 9,33 m

[illegible]



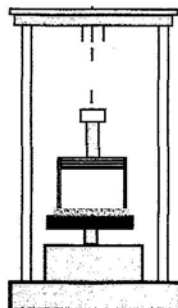
Cerreto d'Esi, il 16 dicembre 2013

COMMITTENTE: ASITE s.r.l.

CANTIERE: Ex Area Camacci - Fermo

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





GEOTECNO

di Dr. Bellesi Roberto

LABORATORIO GEOTECNICO

Via Cluentina, 57 62100 Piediripa (MC)

Tel e Fax 0733/283589

P. I.V.A. 01737150431 C.F.:BLLRRT66E18E783P

DATI DELLE PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Richiedente:

Dott. Cutini Gabriele

Indagine:

ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM)

Biodigestore

20 Dicembre 2013

Roberto Bellesi
Geologo
Dr. Geol. Bellesi Roberto
ALBO SEZIONE A

Richiedente: Dott. Cutini Gabriele			
con sede in:			
Indagine: ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore			
Sondaggio: S1	Campione: C1	Profondità prelievo m	15,00-15,45
Dimensione del campione:		Diametro 85 mm	lunghezza 440 mm

Caratteristiche generali del campione

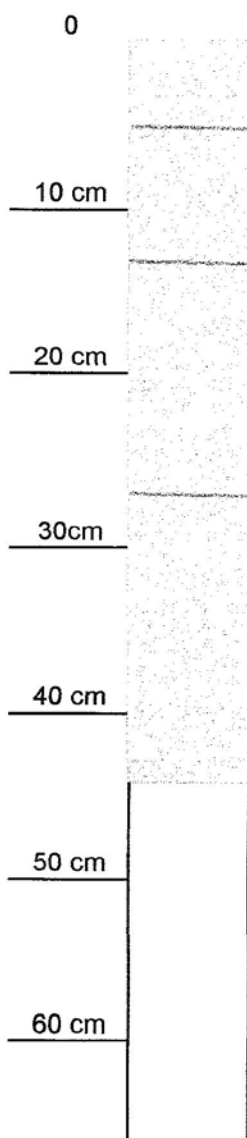
Stato del campione	indisturbato
	rimaneggiato

Data di prelievo	
Data di apertura	13/12/2013

Prove eseguite

Rp=	>4,50	kg/cm ²
Alto		
Tv=		kg/cm ²

Rp=	>4,50	kg/cm ²
Basso		
Tv=		kg/cm ²

**Identificazione****Descrizione visuale**

Argilla limosa grigio piombo con screziature di ossidazione, stratificata (strat.suborizzontale) intercalati livelli millimetrici di sabbie fini grigio scuro, molto consistente,

2,08	Peso di volume γ	Limite liquido WI
17,32	Contenuto in acqua Wn	Limite plastico Wp
	Grado di saturazione Sr	Indice plastico Ip
1,77	Peso volume secco γ_d	Indice di consistenza Ic
	Indice dei vuoti e	Indice di liquidità IL
	Porosità n	Limite di ritiro Ws
	Peso specifico dei grani Gs	Attività A

Granulometria

Argilla Limo Sabbia Ghiaia

Classificazione

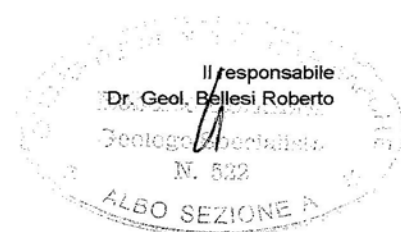
USCS (AGI)

AASHTO (CNR UNI 10006)

Caratterizzazione meccanica

X	Compressione laterale libera
X	Taglio diretto CD
X	Taglio diretto RS
	Consolidazione edometrica
	Compressione triassiale UU
	Compressione triassiale CU
	Compressione triassiale CD
	Costipamento Proctor standard
	Costipamento Proctor Modificata
	Permeabilità diretta a carico variabile in cella edometrica
	Permeabilità diretta a carico variabile
	Permeabilità diretta a carico costante

Argilla limosa
 Sabbie fini



Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
con sede in:			
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S1	Campione:	C1 Profondità prelievo m 15,00-15,45

COMPRESSIONE LATERALE LIBERA

CARATTERISTICHE INIZIALI DEI PROVINI

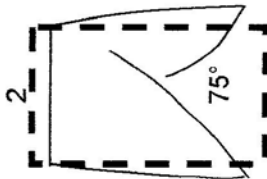
	1	2	3	
ϕ iniziale	3,81	3,81	3,81	cm
H ₀	7,62	7,62	7,62	cm
P _i	180,21	180,56	180,34	gr
γ	2,08	2,08	2,08	gr/cm ³
W	17,34	17,29	17,31	%

CARATTERISTICHE MECCANICHE

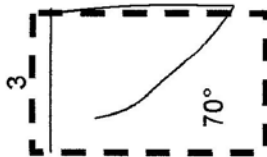
	1	2	3	
Velocità di deformazione	1,2	1,2	1,2	mm/min.
Pressione a rottura	5,03	5,48	5,54	Kg/cm ²
Deformazione a rottura	5,90	6,56	7,21	%
Angolo a rottura	80°	75°	70°	
Moduli elastici E _i	184,33	210,11	213,93	Kg/cm ²



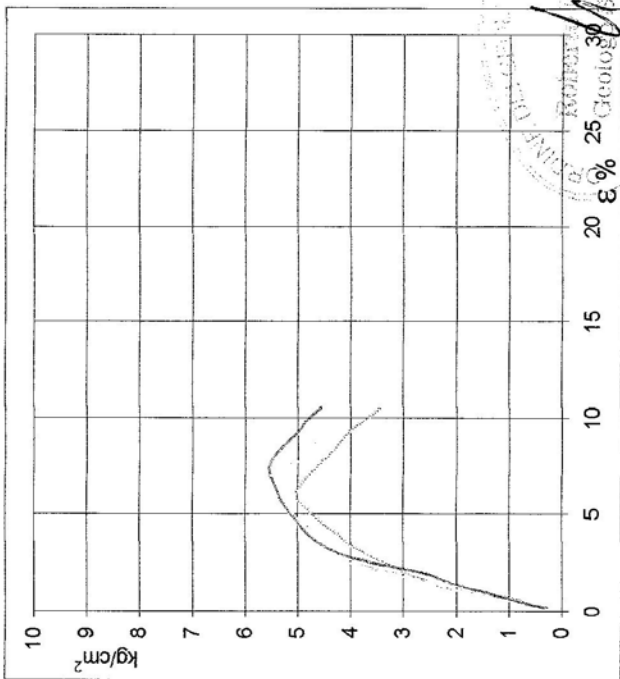
campione composto da
argilla limosa grigia
rottura fragile



campione composto da
argilla limosa grigia
rottura fragile



campione composto da
argilla limosa grigia
rottura fragile



CARATTERISTICHE MECCANICHE MEDIE

qu:	5,35	Kg/cm ²
cu:	2,68	Kg/cm ²
ϵ :	6,56	%

Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
con sede in:			
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S1	Campione:	C1
			Profondità prelievo m 15,00-15,45

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Caratteristiche iniziali medie dei provini

Peso:	=	149,75	g
Peso dell'unità di volume:	Y=	2,08	g/cm³
Peso specifico dei grani:	Ys=		g/cm³
Contenuto in acqua:	W=	17,35	%
Indice dei vuoti:	e=		%
Porosità:	n=		%
Grado di saturazione:	Si=		

Velocità di deformazione: 0,004 mm/min

Dimensione dei provini:

L= 60 mm

altezza 20 mm

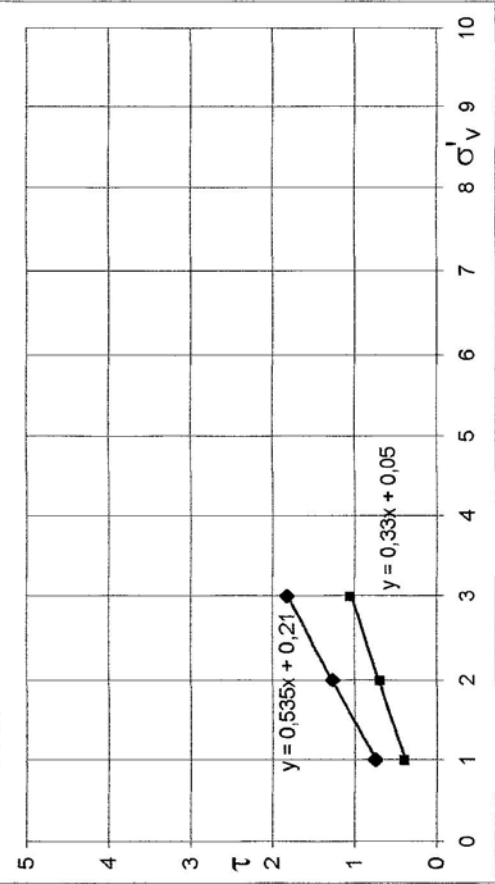
Stato del campione:

indisturbato
rimaneggiato
costipato

Tipo della prova:

Non consolidata-non drenata
Consolidata-non drenata
Consolidata-drenata

PROVINO		1	2	3
CONSOLIDAZIONE				
Pressione verticale	σ	1,00	2,00	3,00
Tempo di consolidazione	h	24,00	24,00	24,00
Cedimento finale	δ_i	0,21	0,69	1,03
ROTTURA				
Sollecitazione tangenziale di picco	τ	0,75	1,27	1,82
Deformazione trasversale	$\delta\tau$	1,23	1,78	1,96
Deformazione normale	$\delta\sigma$	0,07	0,09	0,11
Sollecitazione tangenziale residua	τ	0,39	0,69	1,05
Deformazione trasversale	$\delta\tau$	1,56	2,16	2,90
Deformazione normale	$\delta\sigma$	0,01	0,06	0,29
Contenuti in acqua finale	Wf	20,67	20,21	19,56

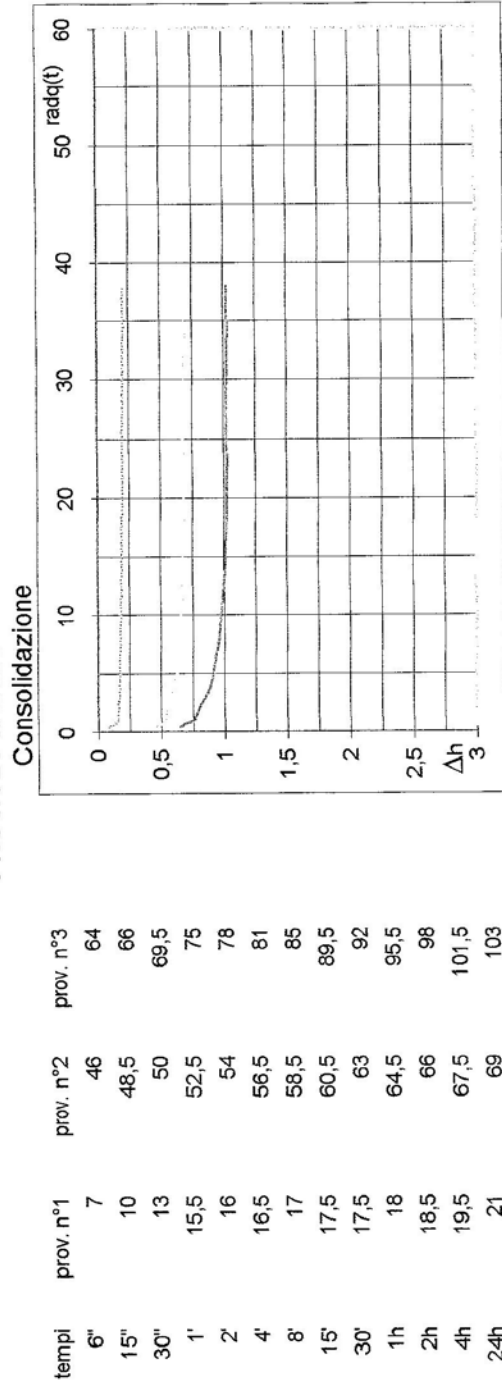


$\Phi' = 28,1^\circ$ $c' = 0,21 \text{ Kg/cm}^2$

$\Phi'r = 19,3^\circ$ $c'r = 0,05 \text{ Kg/cm}^2$

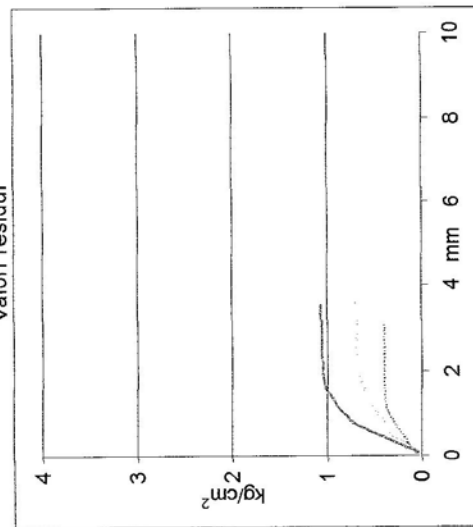
Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S1	C1	Profondità prelievo m 15,00-15,45
	Campione:		

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

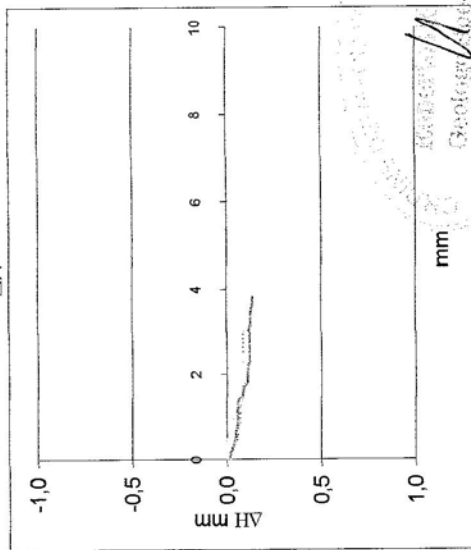


Rottura

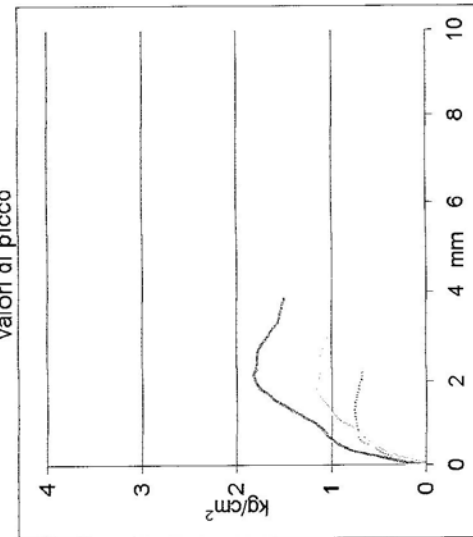
valori residui



Δh



valori di picco



Il responsabile
Dr. Geol. Bellesi Roberto

Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
con sede in:			
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S2	Campione:	C1
		Profondità prelievo m	8,00-8,35
Dimensione del campione:		Diametro	85 mm
		lunghezza	340 mm

Caratteristiche generali del campione

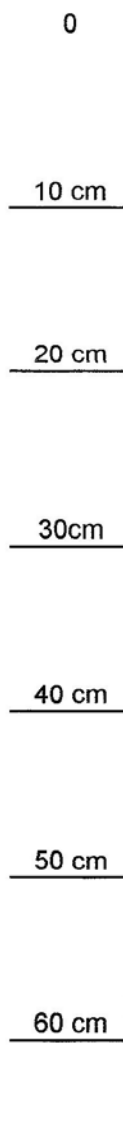
Stato del campione	indisturbato
	rimaneggiato

Data di prelievo	
Data di apertura	13/12/2013

Prove eseguite

Rp=	3,80	kg/cm ²
Alto		
Tv=		kg/cm ²

Rp=	4,00	kg/cm ²
Basso		
Tv=		kg/cm ²



Identificazione

Descrizione visuale

Argilla limosa beige-nocciola finemente stratificata (strat.suborizzontale) con intercalati livelli millimetrici di sabbie fini grigie, presenti fratture subverticali grigiastre, variamente orientate, molto consistente.

2,08	Peso di volume γ	Limite liquido WI
21,70	Contenuto in acqua Wn	Limite plastico Wp
	Grado di saturazione Sr	Indice plastico Ip
1,71	Peso volume secco γ_d	Indice di consistenza Ic
	Indice dei vuoti e	Indice di liquidità IL
	Porosità n	Limite di ritiro Ws
	Peso specifico dei grani Gs	Attività A

Granulometria

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia
57,75%	40,53%	1,72%	0,00%

Classificazione

USCS (AGI)

AASHTO (CNR UNI 10006)

Caratterizzazione meccanica

	Compressione laterale libera
X	Taglio diretto CD
X	Taglio diretto RS
	Consolidazione edometrica
	Compressione triassiale UU
	Compressione triassiale CU
	Compressione triassiale CD
	Costipamento Proctor standard
	Costipamento Proctor Modificata
X	Permeabilità diretta a carico variabile in cella edometrica
	Permeabilità diretta a carico variabile
	Permeabilità diretta a carico costante

Argilla limosa
Sabbie fini

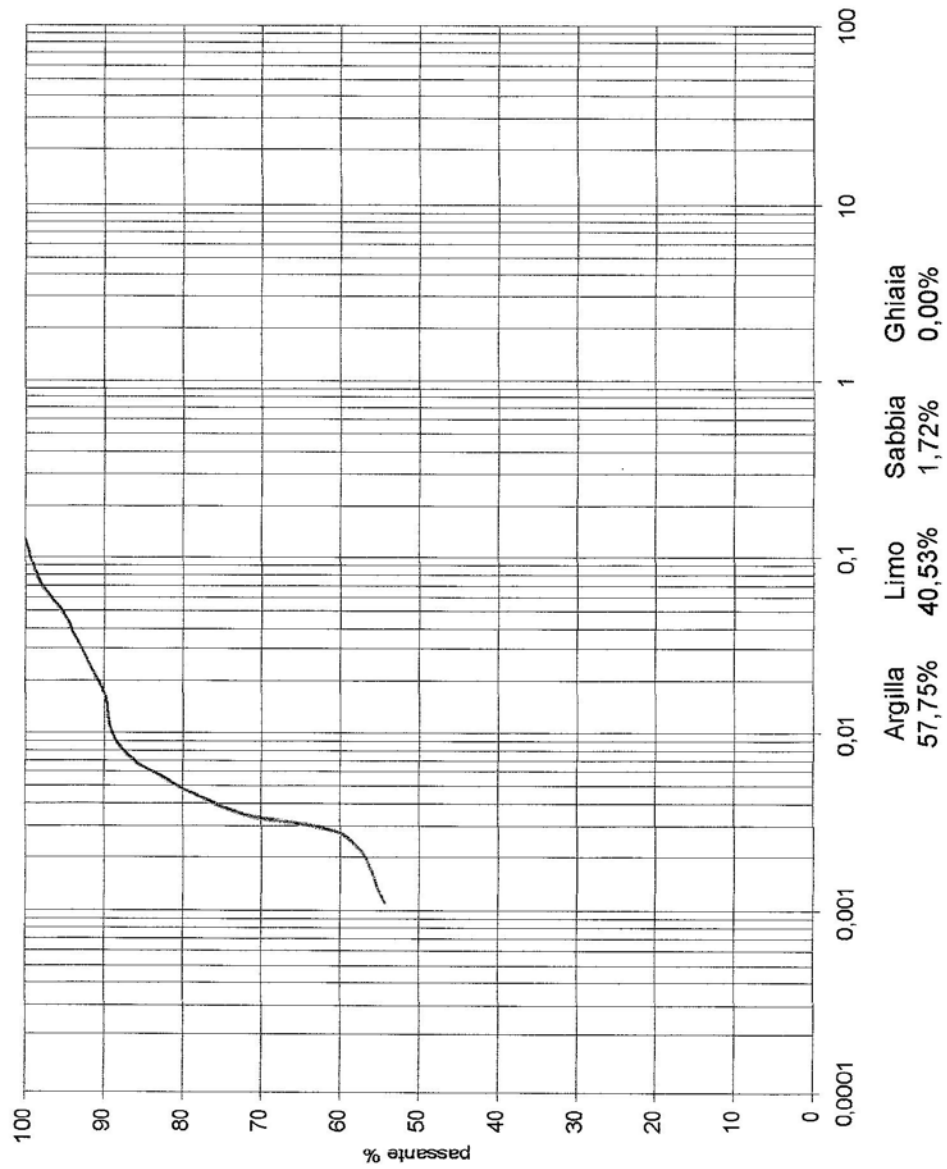
Il responsabile
Dr. Geol. Bellesi Roberto

EL 522

ALBO SEZIONE A

Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
con sede in:			
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S2	Campione: C1	Profondità prelievo m 8,00-8,35

ANALISI GRANULOMETRICA
Classifica UNI



Setaccio	Apertura	Tratt.	Tratt.	Passante
n°	mm	g	%	%
2/1/2"	64,00			
1/1/4"	32,00			
5/8"	16,00			
5/16"	8,00			
5	4,00			
10	2,00			
18	1,00			
35	0,500			
60	0,250			
120	0,125	0,00	0,00	100,00
200	0,074	1,03	1,72	98,28
fondo		58,97		
Peso totale iniziale g		60,00		
Peso totale finale g		60,00		
Materiale disperso g		0,00		

Il responsabile
Dr. Geol. Bellesi Roberto
SEZIONE

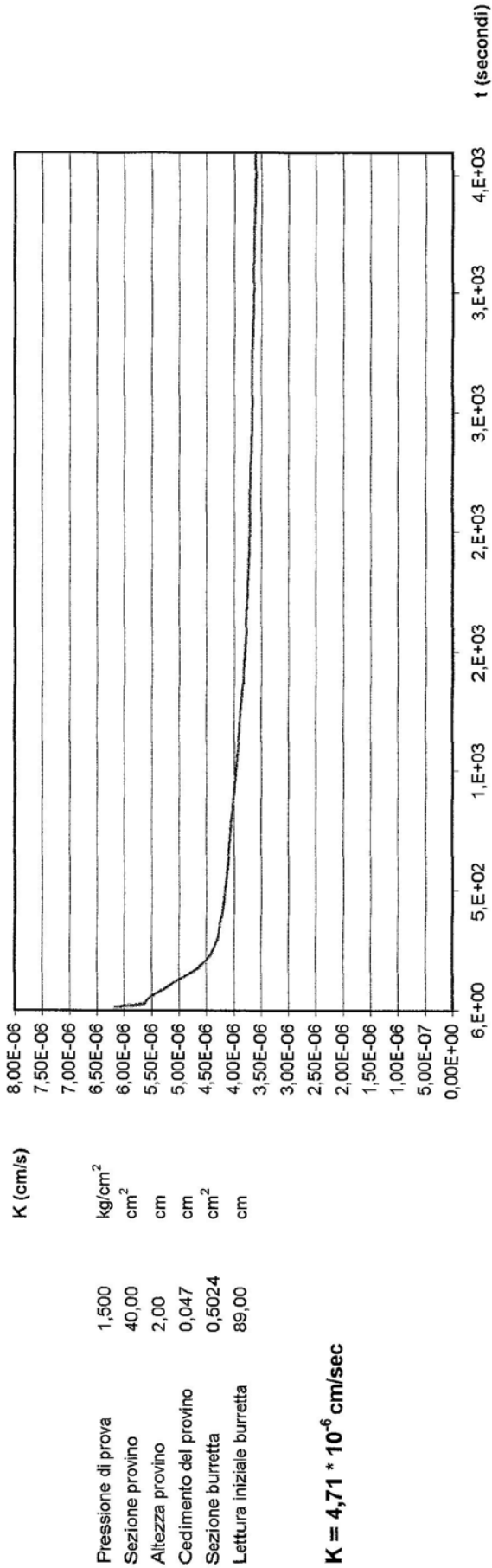
Il responsabile
Dr. Geol. Bellesi Roberto

Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
con sede in:			
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S2	Campione: C1	Profondità prelievo m 8,00-8,35

PROVA DI PERMEABILITA' DIRETTA

Stato del campione	Indisturbato
	rimaneggiato

EDOMETRO N° 1



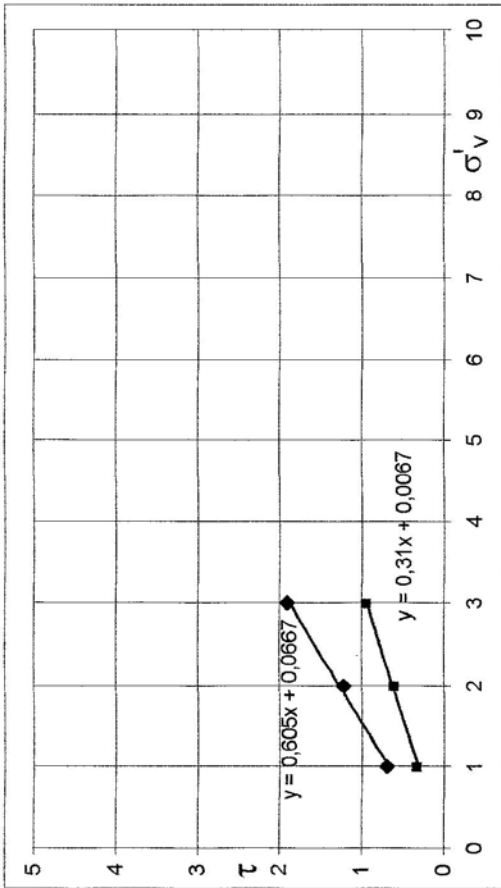
Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
con sede in:			
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S2	Campione:	C1
			Profondità prelievo m 8,00-8,35

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Caratteristiche iniziali medie dei provini

Peso:		Velocità di deformazione:		Stato del campione:		indisturbato	
=	149,73	g		0,004	mm/min	rimaneggiato	
Peso dell'unità di volume:	Y=	g/cm³		L=		60 mm	
Peso specifico dei grani:	Ys=	g/cm³		Dimensione dei provini:		costipato	
Contenuto in acqua:	W=	%		altezza		20 mm	
Indice dei vuoti:	e=	%		Tipo della prova:		Non consolidata-non drenata	
Porosità:	n=	%				Consolidata-non drenata	
Grado di saturazione:	Sr=					Consolidata-drenata	

PROVINO	1	2	3
CONSOLIDAZIONE			
Pressione verticale	σ	Kg/cm²	1,00 2,00 3,00
Tempo di consolidazione	h	mm	24,00 24,00 24,00
Cedimento finale	δ _l	mm	0,44 0,84 1,32
ROTTURA			
Sollecitazione tangenziale di picco	τ	Kg/cm²	0,70 1,22 1,91
Deformazione trasversale	δ _τ	mm	1,15 2,53 3,08
Deformazione normale	δ _σ	mm	0,07 0,10 0,65
Sollecitazione tangenziale residua	τ	Kg/cm²	0,33 0,60 0,95
Deformazione trasversale	δ _τ	mm	1,41 1,68 1,72
Deformazione normale	δ _σ	mm	0,08 0,12 0,14
Contenuti in acqua finale	W _f	%	22,84 22,06 21,56



Φ' = 31,2° c' = 0,06 Kg/cm²

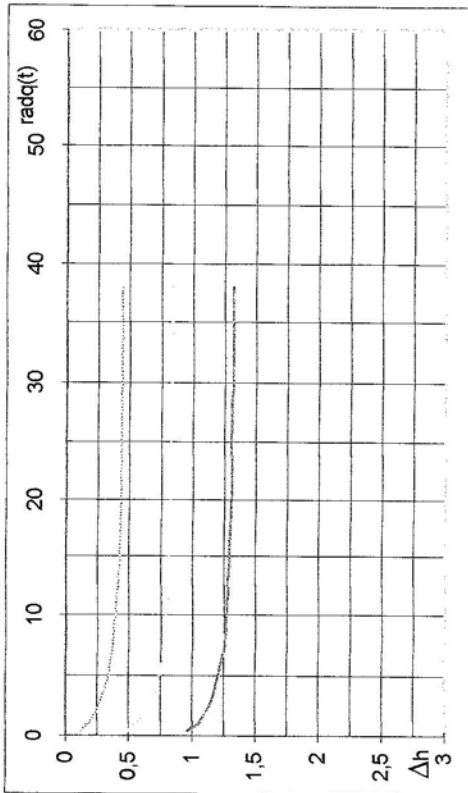
Φ'r = 17,2° c'r = 0,00 Kg/cm²



Richiedente:	Dott. Cutini Gabriele		
Indagine:	ASITE SRL Discarica Comune di Fermo (FM) - Biodigestore		
Sondaggio:	S2	Campione: C1	Profondità prelievo m 8,00-8,35

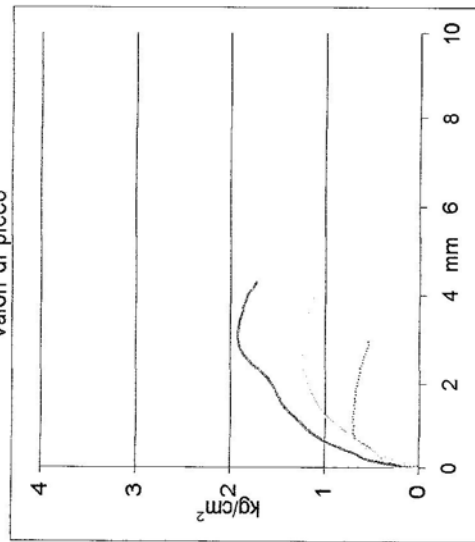
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Consolidazione

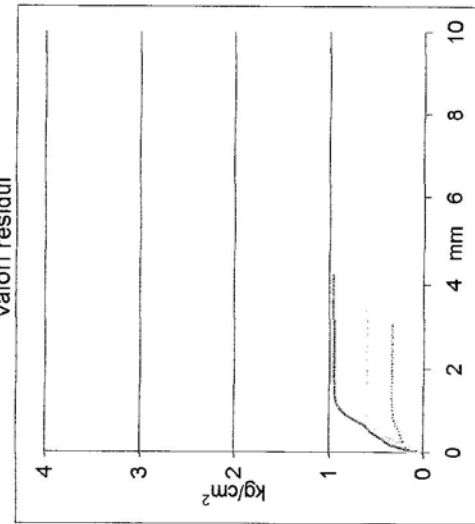


tempi	prov. n°1	prov. n°2	prov. n°3
6"	11,5	48	95,5
15"	13	50	98,5
30"	15,5	53	102
1'	18,5	56,5	105,5
2'	21	61	108,5
4'	24,5	64	112
8'	27,5	68	115,5
15'	31	71,5	118,5
30'	34,5	75	122
1h	37	78,5	125,5
2h	39,5	80	127
4h	42,5	82	129,5
24h	44	84	132

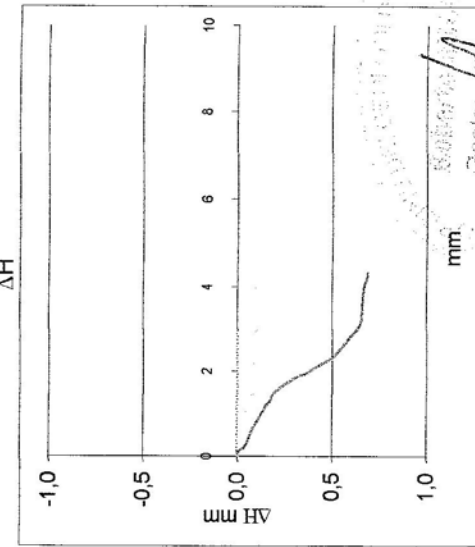
valori di picco



Rottura
valori residui



ΔH



Il responsabile
Dr. Geol. Bellesi Roberto

SEZIONE P.

Introduzione e riferimenti normativi

Scopo dell'indagine HVSR, eseguita mediante tromografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro Vs30 (velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità) nel rispetto di:

O.P.C.M. 3274/03 e successive modifiche ed integrazioni; e D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di a_g (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A (Tab.:1), in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E,S1 e S2. I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie.

L'indagine eseguita con tale metodologia MISURA DIRETTAMENTE le frequenze caratteristiche di sito permettendo così di effettuare un'analisi di amplificazione sismica locale al fine di ottenere una valutazione reale e diretta dello spettro di risposta del terreno, elemento di fondamentale importanza nello studio del fenomeno di doppia risonanza edificio-struttura descritto più avanti.

La Normativa, infatti, in assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale introduce un fattore di amplificazione S e periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%, per ricavare indirettamente quello stesso parametro che con la presente tecnica andiamo a misurare direttamente.

Cenni sulla tecnica utilizzata (tecnica dei rapporti spettrali)

La tecnica HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica non invasiva che attraverso la misura del "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, fornisce dati sulle frequenze caratteristiche del sito investigato. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte da terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Tale tecnica, essendo una misurazione sismica passiva, non richiede la produzione di impulsi generati ad hoc come nel caso di sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Fig.1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il massimo di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti dalle onde oceaniche sulle coste.

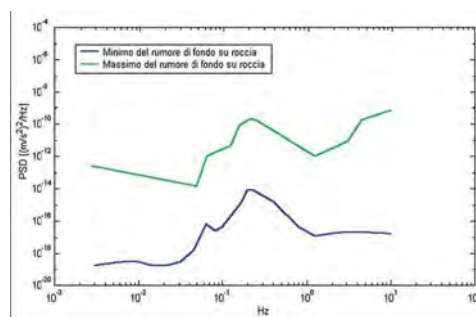


Fig.1: Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Strumentazione impiegata

Le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 12 minuti, sono effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Stratigrafia sismica da indagini a stazione singola

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Basi teoriche del metodo H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Fig. 2 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

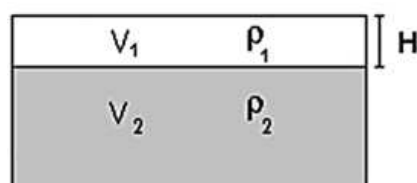


Fig. 2: Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione V

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_{s1}/4H \quad (f_r) = V_{p1}/4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per *a)* il contenuto in frequenza, *b)* la risposta strumentale e *c)* l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

Procedura di analisi dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
 - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
 - ⇒ liscio secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
 - ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
 - ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto precedente).

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4v_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e v la frequenza fondamentale di risonanza. Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le

curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love. Si fa notare che ai fini di questi modelli le V_p e la densità ρ dei mezzi sono quasi ininfluenti pertanto i valori di V_p e ρ che si sono impiegati vanno considerati come puramente indicativi.

La stima della frequenza di risonanza degli edifici

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico. Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [2]$$

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura, espressa dalla relazione seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. naturale coperture} \quad [3]$$

ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione. La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx V_s / (4H), \quad [4]$$

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx 200-300 \text{ m/s} / (4H). \quad [5]$$

Recenti studi Italiani di Masi et al. (2007) cfr. Figura 3, effettuati su un gran numero di edifici in c.a. mettendo in relazione le frequenze di oscillazione caratteristiche con le altezze, hanno evidenziato alcune deviazioni rispetto alla [5].

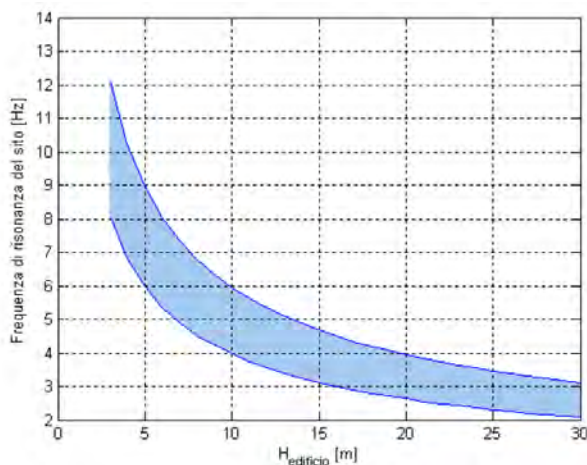


Fig 3: Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

Comm: ASITE s.r.l. - Cant.: Area Ex Camacci – Fermo

Cielo	<i>Sereno</i>	Vento	<i>Assente</i>	Precipitazioni	<i>Assenti</i>	Orientamento	0°N
--------------	---------------	--------------	----------------	-----------------------	----------------	---------------------	------------

Instrument: TEP-0040/01-09

Start recording: 02/09/13 09:45:01 End recording: 02/09/13 09:59:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS location: 013°40.6238 E, 43°07.3233 N (175.3 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h14'00". Analyzed 98% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

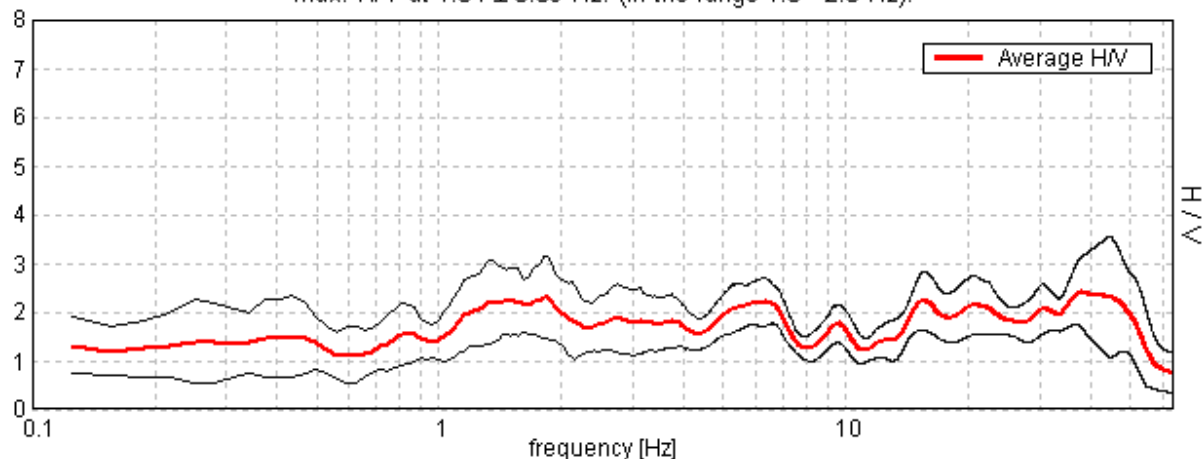
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

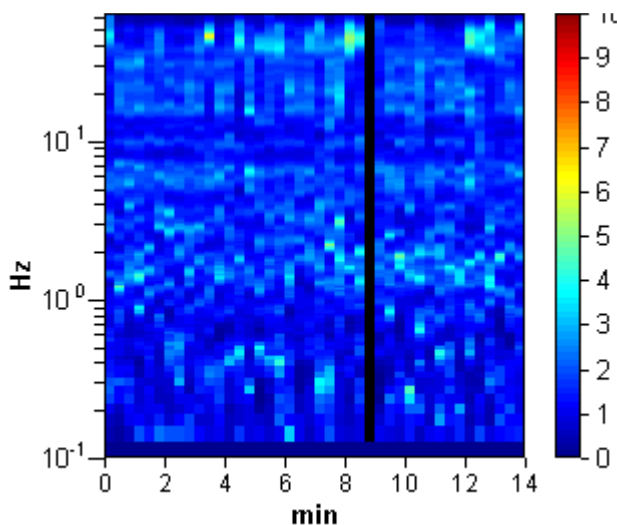
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

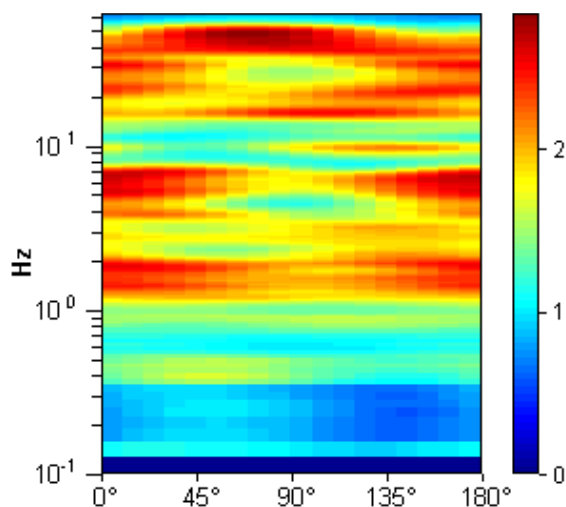
Max. H/V at 1.84 ± 0.09 Hz. (In the range 1.5 - 2.5 Hz).



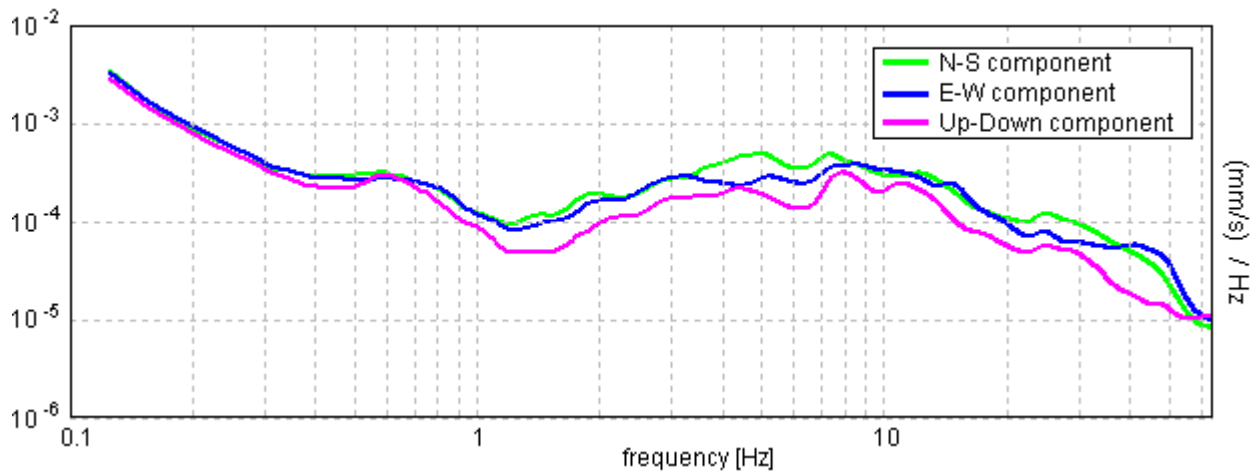
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

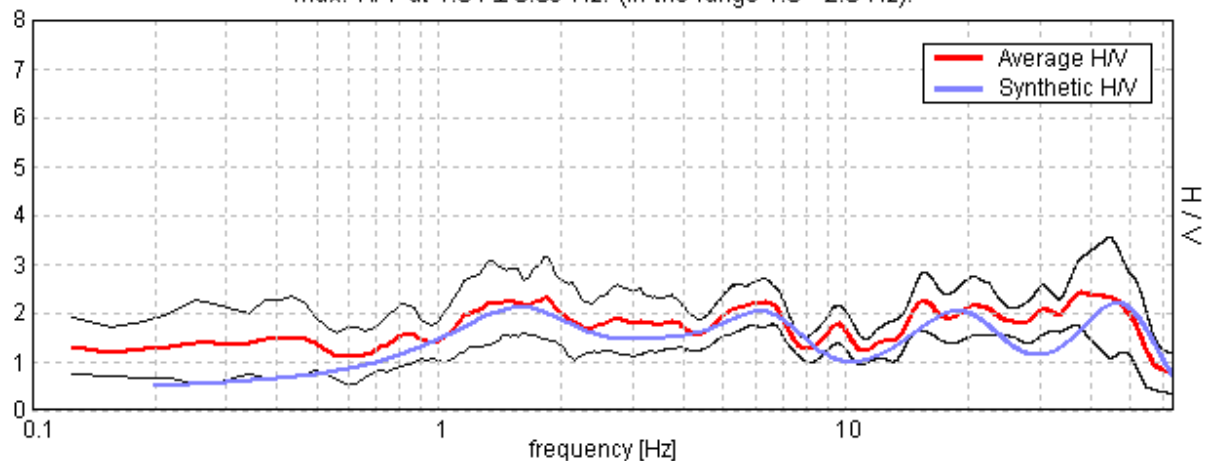


SINGLE COMPONENT SPECTRA



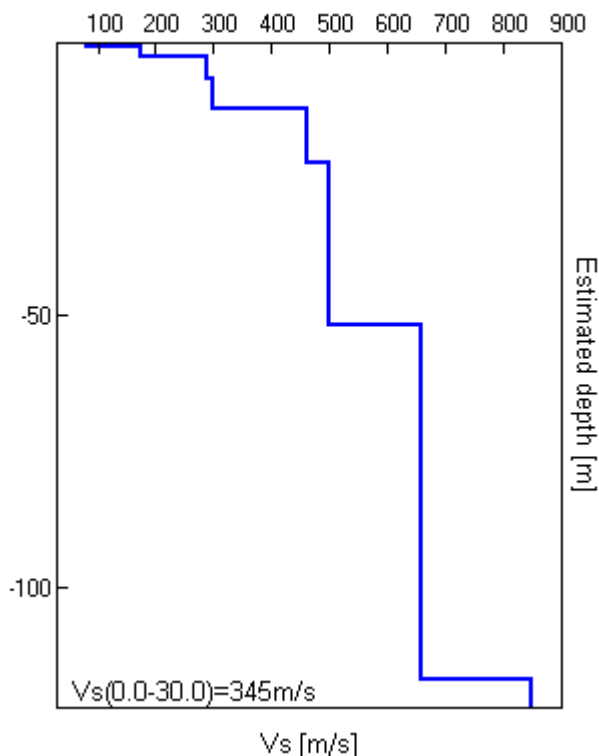
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.84 ± 0.09 Hz. (In the range 1.5 - 2.5 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.45	0.45	80	0.40
2.45	2.00	175	0.42
6.45	4.00	290	0.42
11.95	5.50	300	0.44
21.95	10.00	460	0.44
51.95	30.00	500	0.48
116.95	65.00	660	0.48
inf.	inf.	850	0.49

Vs(0.0-30.0)=345m/s



Categoria	Descrizione
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sp30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

NOTA: la categoria di sottosuolo viene stabilita in funzione del valore di V_{s30} calcolato a partire dalla quota del Piano Campagna

Commento sul profilo delle velocità.

L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da:

sismostrato 1: ha uno spessore complessivo di m.11,95 probabilmente riconducibile alla copertura e alla porzione della formazione alterata.

sismostrato 2: da m. 11,95 correlabile alla formazione caratterizzata da velocità delle onde progressivamente crescenti con la profondità fino ad un valore stimato di V_s pari a m/s 850.

Frequenza fondamentale di sito e frequenza di risonanza ai fini progettuali

Ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare da millesimi di Hz a decine di Hz, in particolare in questo caso si è misurata una frequenza massima di picco pari a $1,84 \pm 0,09$ Hz.

L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece 0,5 - 10 Hz (corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 a 1 piano). Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravii particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze superiori a 20 Hz. Nel caso in esame si evidenzia che l'area sollecitata da input sismico amplifica le onde di superficie ad una **frequenza di risonanza prossima a $1,84 \pm 0,09$ Hz**. Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo.

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 1.84 ± 0.09 Hz (in the range 1.5 - 2.5 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1511.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 90 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.31 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02391 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04408 < 0.18438$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4117 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Esecuzione sondaggio S1



Prelievo campioni indisturbati



Esecuzione sondaggio S2(particolare)



Esecuzione sondaggio S3



Esecuzione sondaggio S4



SONDAGGI GEOGNOSTICI