



Provincia di Benevento

Settore Tecnico

SERVIZIO VIABILITÀ 2 E CONNESSE INFRASTRUTTURE

FASE:

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

D. Lgs. 50/2016 art. 23 comma 7 e 8 - D.P.R. 207/2010 artt. 24 e 33

OGGETTO:

S.P. n. 43 "EX SS. 374 - DI SUMMONTE E DI MONTEVERGINE"
Cedimento sede stradale e distacco muri nel Comune di Pannarano (BN)

CODICE ELABORATO:

A.03

SCALA : -

DATA : agosto 2020

NOME ELABORATO:

**Relazione geologica, prospezioni simiche M.A.S.W.
ed indagini geognostiche**

Progettazione

ing. Antonio FALLUTO



R.U.P. - Resp.le U.O.

Comparto 1

arch. Alessandrina PAPA

Dirigente Settore Tecnico

ing. Angelo Carmine GIORDANO

Resp.le

**Viabilità 2 e connesse
infrastrutture**

ing. Michelantonio PANARESE



COMUNE DI PANNARANO
Provincia di Benevento



RELAZIONE GEOLOGICA DEFINITIVA

SP43 ex SS 347 di Summonte Montevergine – lavori di risanamento del cedimento stradale e il rifacimento dei muri di contenimento instabili nel Comune di Pannarano.

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BENEVENTO – SETTORE TECNICO

IL GEOLOGO
Dott. Giuseppe *Solla*

ORDINE DEI GEOLOGI
DR. GEOL.
Giuseppe *Solla*
SOLLA
A.P. SEZ. A
N. 2490
Regione Campania

Conformemente alle leggi vigenti questo elaborato non può essere copiato, riprodotto o divulgato in Italia o all'estero senza approvazione dello scrivente, cui resta riservato il diritto di perseguire legalmente i trasgressori.

INDICE

Premessa.....	2
Leggi e norme di riferimento.....	3
Inquadramento geomorfologico	4
Geologia.....	8
Idrogeologia.....	9
Indagini eseguite.....	10
Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche.....	13
Modello Geologico di sito.....	14
Modello geotecnico medio.....	15
Caratterizzazione sismica di sito.....	16
Verifica di stabilità.....	24
Conclusioni.....	25

Allegati

1. REPORT ANALISI DI STABILITA'
2. SEZIONE STRATIGRAFICA
3. RAPPORTI STRATIGRAFICI N. 260 E 261
4. RAPPORTI DI PROVA ANALISI DI LABORATORIO TERRE N.353 A 366
5. RAPPORTO DI PROVE PROSPEZIONI SISMICHE M.A.S.W.
6. RAPPORTO DI PROVA PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE
7. UBICAZIONE AREA D'INDAGINE
8. UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
9. REPORT FOTOGRAFICO

Premessa

Nel mese di aprile 2018 l'Amministrazione Provinciale di Benevento – Settore Tecnico, con determina n.812 del 13.04.2018 ha conferito allo scrivente Dott. Geol. Giuseppe Solla, iscritto all'Ordine dei Geologi della Campania al n. 2490, l'incarico di redigere una relazione geologico tecnica definitiva a corredo del progetto per i lavori di consolidamento stradale e rifacimento muri di contenimento lungo la S.P. n. 43 nel Comune di Pannarano, al fine di individuare le cause del movimento franoso in atto.

La presente relazione è stata redatta sulla scorta di uno studio geologico preliminare condotto dal sottoscritto e da informazioni ottenute da:

- un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio su un'area di dimensioni più vaste di quella di stretto interesse, per meglio caratterizzare il movimento franoso in atto, da confrontare con i risultati di ulteriori indagini nelle vicinanze dell'area di interesse ed in possesso dello scrivente;
- indagini geognostiche eseguite nel sito in esame e confrontate con indagini di uffici competenti e da materiale bibliografico e cartografico a disposizione di chi scrive;
- individuazione dell'ubicazione del sito nell'ambito del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico redatto, per il territorio di appartenenza, dalla competente Autorità di Bacino;
- individuazione delle cause del dissesto e della geometria del corpo frana;
- determinazione del tipo, entità e velocità di movimento franoso;
- caratterizzazione sismica dell'area oggetto del rilevamento;

Il presente studio è stato effettuato al fine di fornire indicazioni relative alla situazione attuale del dissesto in atto, per giungere alla comprensione dei fenomeni e conseguentemente all'indicazione delle eventuali procedure di intervento tecnicamente

attuabili, finalizzate alla sistemazione della porzione di versante oggetto del fenomeno di instabilità. Dal punto di vista generale le indagini in sito sono state direttamente finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geofisiche e geotecniche dell'area in oggetto.

Ad integrazione della relazione geologica redatta dallo scrivente, sono state eseguite n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione e n. 2 prospezione sismica di tipo MASW, per meglio caratterizzare qualitativamente l'assetto delle litologie nel tratto stradale d'interesse. Per l'inquadramento della zona si fa riferimento alla Carta Tecnica Numerica Regionale n°449014 in scala 1: 5000 del Comune di Pannarano ed il foglio Benevento n. 173 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Leggi e norme di riferimento

Lo studio è stato condotto in osservanza delle norme tecniche dettate da:

Legge del 02.02.1974 n. 64 e successive integrazioni e modifiche "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";

L.R. del 07.01.1983 n. 9 e successive modifiche ed integrazioni "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico";

D.M. 11.03.1988 e successive modifiche ed integrazioni "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

D.G.R. Campania 5447 del 07.11.2002 Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania;

O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e successive modifiche ed integrazioni “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;

Norme attuazione P.A.I. n°384 29/11/2010 e successive modifiche;

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008e successive modifiche

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018.

Inquadramento geomorfologico

La zona d'indagine è situata nel settore meridionale dei Monti del Partenio, nella porzione Nord orientale del Comune di Pannarano, a circa 1 Km di distanza dal centro abitato, lungo la S.P. n. 43 “Strada Provinciale Summonte Montevergine ex SS. 374”.

Più precisamente il tratto stradale in condizioni di dissesto taglia il versante in una zona collinare a circa 318 m s.l.m. con coordinate N 41° 01' 01.63” e E 14° 42' 26.34”, mentre il tratto riguardante i muri di contenimento instabili è situato a circa 311 m s.l.m. coordinate N 41° 0' 55” e E 14° 42' 21”, posti tra due impluvi torrentizi: Fosso Cerretello a 285 m s.l.m. in destra orografica e l'affluente Vallone San Giorgio, dove convogliano tramite aste di 4°, 5° e 6° ordine, tutte le acque di ruscellamento e di infiltrazione.

Le pendenze del versante sono mediamente inferiori al 25%; i dissesti avvenuti in passato e l'antropizzazione a fini agricoli ne hanno parzialmente modificato l'assetto morfologico, con creazione di tratti moderatamente inclinati dove le pendenze sono inferiori ai 10°, alternate a strette e ripide fasce boscate con pendenze superiori ai 20°.

Dal punto di vista morfoevolutivo, l'area in epigrafe è rappresentata da un tratto di versante con andamento Nord Est -Sud Ovest, dove le quote dei terreni interessati dal movimento gravitativo sono compresi tra i 550 m s.l.m. del rilievo “Toppa Castagneto” ed i

285 m s.l.m. di Fosso Cerretello; porzione di versante ben più ampia rispetto l'area in oggetto.

In particolare il movimento recente che interessa l'area sottesa ha come coronamento la carreggiata stradale e percorre la stessa per circa 40 m, con direzione di scivolamento verso l'impluvio torrentizio, con conseguente avvallamento e deformazione generalizzata del massetto stradale con numerose fessure trasversali. Inoltre, si denotano numerose fessure di trazione anche nella porzione di manto stradale non deformato e situate a monte del coronamento del movimento in atto, segno di un'ulteriore e possibile espansione del movimento stesso.

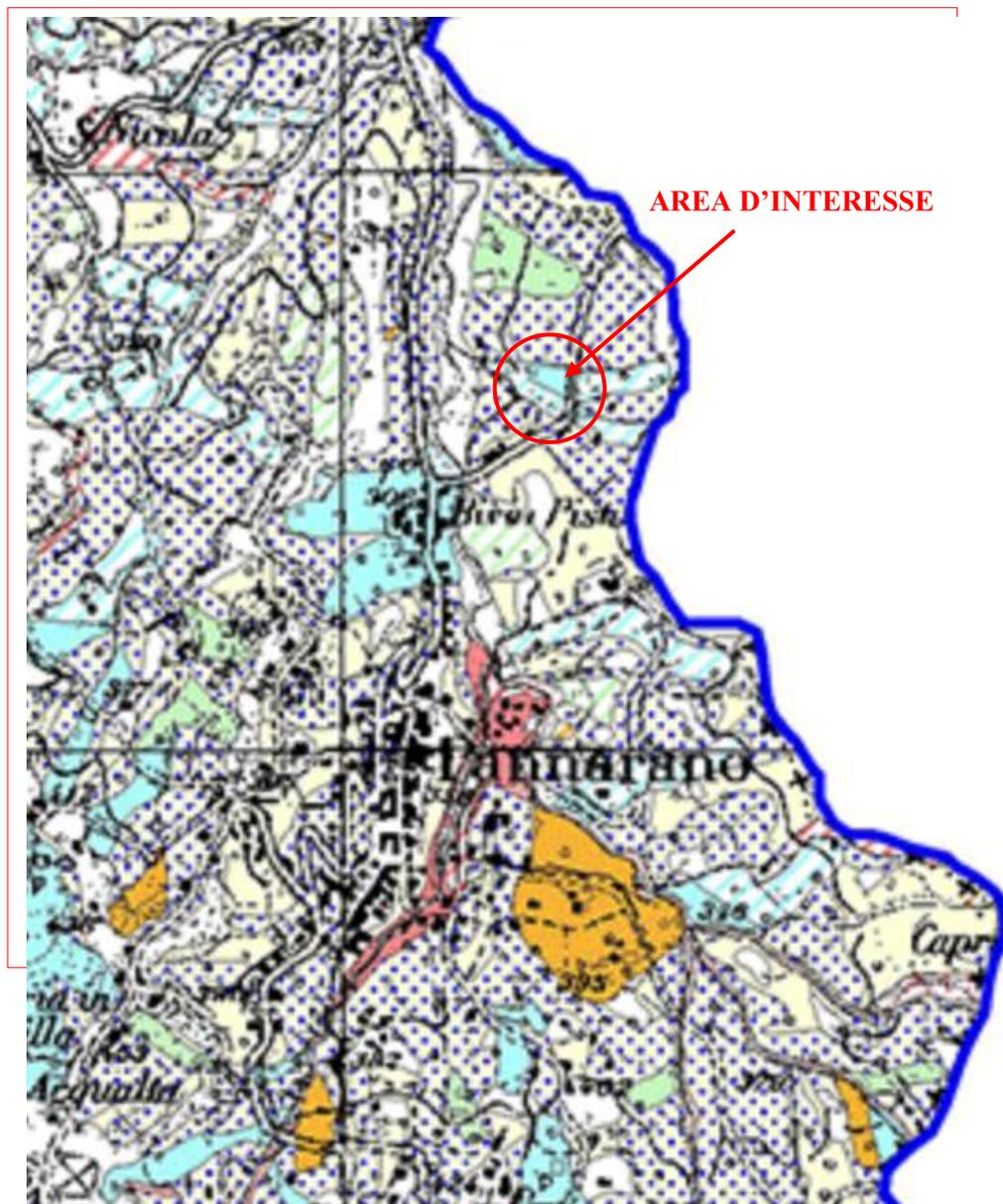
Dalle indagini svolte si può acclarare che il movimento franoso è ascrivibile ad una frana composita, in quanto caratterizzata da uno scoscendimento rotazionale che si evolve verso l'impluvio in colamento; si tratta essenzialmente di un movimento viscoplastico a cinematica lenta.

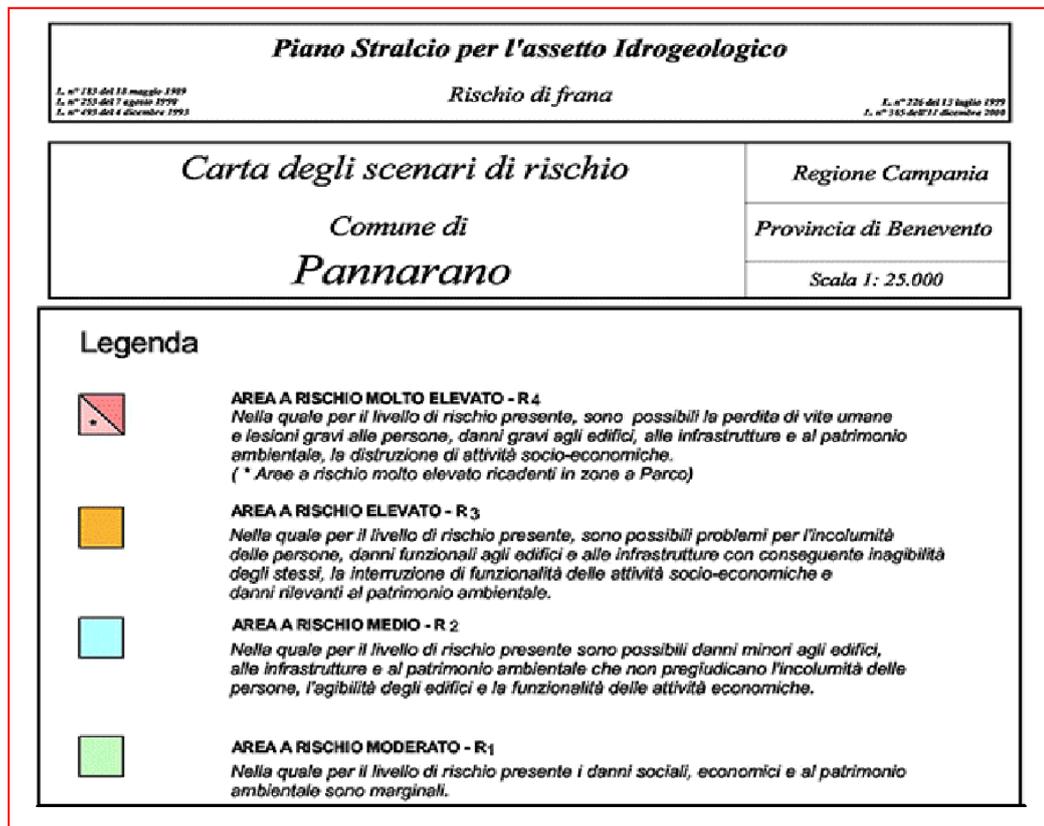
Il sito d'indagine rientra nella perimetrazione della competente Autorità di Bacino (L.r. 7 Febbraio 1994 n. 8 - adottate con Delibera n. 384 del 29/11/2010), nella cartografia tematica "Carta del rischio da Frana" scala 1:25.000 (Aprile 2006 – S.T.O. – Settore Geologico Geotecnico – V.C.) del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Nell'elaborato grafico si evince che l'area è situata in zona **R2 – AREA A RISCHIO MEDIO**, *nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.*

Nel Titolo III dello stesso P.A.I. - Rischio Frana - Capo IV – Rischio Medio e Moderato – gli artt. 24 e 25 delineano gli interventi consentiti nelle aree a rischio medio da frana, inoltre l'art. 23 definisce gli interventi consentiti in materia di opere ed infrastrutture a reti

pubbliche e di interesse pubblico; l'art. 43 allegato "E" definisce il Regolamento per l'uso del suolo sui versanti.

Dalle norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania e dalla relativa Cartografia degli scenari di rischio del Comune di Pannarano si evidenzia l'area di interesse tramite lo stralcio di tale cartografia.





Da un'analisi bibliografica del PRG del Comune di Pannarano si evince che il versante dell'area in epigrafe era già affetto da instabilità prima del 1988. Ad acclarare la presenza di un versante affetto da tempo da fenomeni di dissesto si denota, a pochi metri di distanza dal movimento in epigrafe, un rimboschimento di Pinus Pinea di età compresa tra i 35/40 anni, periodo in cui le Amministrazioni comunali utilizzavano talune specie arboree alloctone per mitigare i processi gravitativi.

Geologia

Il rilevamento effettuato, nonché le informazioni relative al territorio in cui ricade il sito in esame in possesso dello scrivente, hanno permesso di delineare un quadro completo della geologia dei luoghi.

L'area d'indagine ricade interamente in una successione di falde embricate, con presunta Main Fault alla base dei Monti del Partenio e faglie di crescita a Nord, in parte attive, come mostra il tilting delle falde di ricoprimento. In sinistra orografica del Torrente Pannarano vi è la presenza di un glacis d'erosione che raccorda la zona pedemontana con la falda di detrito alla base dei Calcari Listati liassico-cretacici dei Monti del Partenio, interdigitandosi alle coltri terrigene. Qui affiorano il Flysch Rosso e Numidico, pedogenizzati e sovrascorsi a quote inferiori, e torbiditi terrigene tortoniano-messiniane delle Unità Irpine, terreni marnoso-arenacei con dendriti di manganese, discordanti sui calcari. Ai potenti banchi si alternano strati decimetrici, raramente metrici, di sabbie gialle, grossolane.

I litotipi presenti nell'area d'indagine possono essere ascritti a quattro complessi litologici principali:

- **Depositi continentali e di versante:** sabbie e limi con piccoli ciottoli in matrice limosa, alterate ed associate a piroclastiti rielaborate, detrito eterometrico e a grossi blocchi di origine calcarea, in matrice limoso-sabbiosa con piroclastiti rielaborate.
- **Membro diasprigno del flysch rosso:** è caratterizzato da depositi torbiditici, con sedimentazione terrigena prevalentemente argillitica, questa faces è costituita da alternanze di argille marnose e siltose e argilliti, calcilutiti grigio-verdastre laminate, marne calcaree, argille silicifere nerastre, diaspri, calcari marnosi diasprigni, stratificazione sottile e piano-parallela.

I termini affioranti sono ascrivibili, per certi aspetti, alle Argille varicolori del Complesso Sicilide di OGNIBEN (1969) ed alla porzione argilloso-marnosa dei tipici multistrato di

tipo "Flysch rosso", relativi al Bacino di Lagonegro. Da indagini pregresse e dal rilevamento effettuato si denotano argille di colore grigio-bluastro, che tendono al verdognolo in alcuni punti, probabilmente a causa della presenza di idrossidi di ferro; la stratificazione è ben conservata negli strati meno spessi confinati da due orizzonti marnosi; le marne sono quelle tipiche di un ambiente bacinale non troppo profondo, in cui l'apporto torbido è consistente. La loro composizione è molto variabile, ma tende sempre al termine argilloso; si osservano, difatti, argille, argille marnose e marne argillose, con marne pure in subordinate, mentre i termini marnoso-calcarei e calcareo-marnosi sono assenti (in affioramento). Questo indica una sorgente torbida mista, che in questa fase (Paleogene inferiore e medio) è prevalentemente terrigena.

Idrogeologia

Lo schema della circolazione idrica sotterranea dell'area d'indagine è circoscritta nei depositi superficiali, costituiti da limi sabbioso argillosi fino alla profondità di 9.2 m dal p.c., dove le caratteristiche strutturali e litologiche, nonché l'andamento plano-altimetrico della cintura impermeabile che circonda tali depositi, determinano un'idrodinamica stagionale, con periodi di completa saturazione del deposito e periodi di magra dove la falda oscilla tra i -4 ed i -4,8 m dal p.c.. Infatti, l'intera potenzialità idrica dell'idrostruttura superficiale finisce per circoscriversi in tali depositi, dove la falda episuperficiale è di tipo stagionale e circoscritta in tale strato più permeabili ed alterato, come è stato evidenziato dalle misure piezometriche effettuate dallo scrivente. Quindi l'estrema variabilità del grado di permeabilità nell'ambito delle litologie della copertura quaternaria determina una sostanziale, anche se superficiale, temporale e arealmente saturazione idrica

sotterranea, che come recapito finale ha in parte gli alvei delle aste fluviali che solcano la superficie topografica ed in parte la falda di base.

I depositi superficiali sono caratterizzati da una permeabilità per porosità variabile, a seconda degli assortimenti granulometrici, dello stato di addensamento e/o di cementazione del deposito.

Per quanto riguarda l'idrostruttura dei depositi argilloso marnosi, che si ritrovano sottoposti ai depositi sabbioso limosi debolmente argillosi, sono caratterizzati da permeabilità praticamente assente, sono definiti come impermeabile relativo, sostenendo la circolazione idrica nelle coltri che poggiano su di essi per limite di permeabilità definito.

Indagini eseguite

Per la definizione del modello geologico, della stratigrafia e per la determinazione dei parametri geotecnici medi, lo scrivente ha utilizzato i risultati delle indagini geognostiche che ha programmato, progettato e concordato con la Committenza ed il responsabile di settore; eseguite dalla Geo-tecnica s.r.l.. L'ubicazione delle indagini è riportata nella planimetria allegata e per i risultati di dettaglio delle singole indagini o prove eseguite si rimanda agli elaborati tecnici alla citata società. Dette indagini sono contenute nell'elaborato tecnico redatto dalla suindicata azienda "cod. n. 991 certificati dal n. 260 al n. 261 e cod. n. 353 certificati da n. 353 a n. 366" che qui si intende integralmente riportato.

Sinteticamente le indagini eseguite possono essere riassunte come segue:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto alla profondità di 20 m dal p.c. nell'area di distacco della carreggiata stradale;
- n.1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto alla profondità di 15 m dal p.c. nell'area di distacco dei muri di contenimento;

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- n.1 piezometro a tubo aperto alla profondità di 20 m con relative misurazioni di rilevazione della ricarica della falda;
- prelievo ed analisi di laboratorio terre di n. 3 campioni indisturbati;
- n. 2 prospezioni sismiche MASW ai fini della caratterizzazione sismica del sito;
- n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione per definire un quadro completo dell'assetto sismostratigrafico;
- n.3 determinazione delle caratteristiche fisiche generali e granulometriche ASTM;
- n. 3 prove di taglio diretto CD all'apparecchio di casagrande;
- n. 3 prove Edometriche;
- n. 3 prove di espansione laterale libera.

Il prelievo dei campioni indisturbati sono stati effettuati mediante campionatore a pressione di tipo shelby, alla profondità di m – 6 per S1C1 e m – 8,50 per S1C2 dal p.c. (con n. 2 SPT alla profondità di – 6.50 m e – 9 m per il sondaggio S1), alla profondità di – 3 m e per S2C2 (con n. 1 SPT alla profondità di – 3.50 m per il sondaggio S2) , eseguito dal Laboratorio Geotecnico Geo-Tecnica S.r.l. in possesso di autorizzazione Ministeriale per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e materiali, di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con sede in Benevento, Zona Industriale Ponte Valentino. Tale laboratorio, avvalendosi delle facoltà conferitegli al punto 5, ultimo capoverso, della Circolare 08.09.2010, n. 7618/STC, (classe Q5 - metodo di categoria A – parag. 12.2.1 Norme UNI ENV 1997-3 2002) tramite infissione per pressione continua (campionamento a infissione tramite propulsione statica – parag. 12.2.3 Norme UNIENV 1997-3 2002) di una fustella metallica a pareti sottili e bordi taglienti di dimensioni di mm 85 di diametro interno e di mm 500 di lunghezza, successivamente sigillato al fine di conservare le condizioni di umidità naturali del campione.

I campioni sono stati analizzati presso il medesimo laboratorio autorizzato dal Min. delle Infrastrutture, come da direttive contenute nella vigente norma D.M. Infrastrutture D.M. 17.01.2018 in materia di N.T.C., capoverso 7 del paragrafo 6.2.2. “Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica” i cui risultati si riportano nei certificati allegati al presente rapporto.

Inoltre nei siti in esame sono state condotte due prospezioni sismiche con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) che, rilevando la forma di attenuazione delle onde superficiali di tipo Rayleigh, attraverso un processo di trasformazione e successiva inversione, ricostruiscono il locale spettro di velocità, risalendo al profilo verticale delle velocità delle onde seconde per una profondità di almeno 30 m dal p.c.. Tale indagine ha reso possibile il calcolo del parametro Vs30 ed il parametro Vs equivalente utili alla definizione della Categoria di suolo del sito, necessaria alla determinazione del comportamento sismico del complesso fondazione terreni di sedime, ai sensi della vigente norma tecnica in materia di costruzioni edili D.M. D.M. 17.01.2018 in zona sismica.

Sono infine state eseguite n.4 prospezioni sismiche a rifrazione per il rilevamento delle onde P, metodo più comunemente utilizzato, il quale consente la ricostruzione della sezione sismostratigrafica del sito e la determinazione delle velocità di ogni singolo strato riconosciuto sono, infatti, eseguibili stendimenti ugualmente rettilinei ma con rilevamento dei tempi sia delle onde P che S mediante l'utilizzo di ricettori specifici. Tale tecnica di rilevamento consente la determinazione dei parametri necessari per il calcolo dei principali moduli elastici dinamici secondo le relazioni successivamente riportate. Oltre alle indagini eseguite ad hoc e coordinate dallo scrivente, si è preso in esame un nutrito numero di studi geologici eseguiti in zona ed i risultati sono stati confrontati con i rapporti stratigrafici delle indagini disponibili per il PRG di Pannarano.

Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche

I risultati delle indagini in sito e le colonne stratigrafiche relative ai sondaggi eseguiti in campagne di indagini del recente passato sono state acquisite, controllate ed elaborate al fine di definire un modello litostratigrafico di riferimento per la successiva modellizzazione geologico-tecnica.

La successione stratigrafica tipo dal p.c. nell'area del cedimento stradale, può essere così schematizzata:

- Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei da limo argilloso a ghiaia eterogenea ed etero dimensionali, lo spessore è di circa 2.80 m dal p.c.;
- Limo sabbioso debolmente argilloso giallastro molto umido, a consistenza mediamente compatto con consistenza debolmente crescente con la profondità, con elementi calcarei eterodimensionali, spessore da – 2.80 a – 4.20 m dal p.c.;
- Strato marrone nerastro di natura limoso argillosa con concrezioni ferro manganeseiche, mediamente compatto, (strato molto alterato essendo la zona di ablazione della falda nei periodi di siccità) con spessori che vanno da – 4.20 a – 4.80 m;
- Sabbia limosa con intercalazioni argillose, compatta di colore beige con screziature bluastre, spessore da - 4.80 m a – 9.20 m;
- Argilla debolmente marnosa scagliosa a tratti poco addensata a tratti litoide (tamponante acquifero), di colore grigio azzurro, umido, spessore che va da – 9.20 m a – 13.20 m;
- Quarzoarenite litoide di colore grigio bluastro, spessore da - 13.20 m a -15.50 m;
- Argilla marnosa grigia scagliosa a tratti pseudo litoide tendente al litoide ed in parte mediamente compatta, spessori da – 15.50 m a 20.00 m.

La successione stratigrafica tipo dal p.c. nell'area del distacco dei muri di contenimento, può essere così schematizzata:

- Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei da limo argilloso a ghiaia eterogenea ed etero dimensionali, lo spessore è di circa 0.50 m dal p.c.;
- Alternanza di limo sabbioso debolmente argilloso giallastro molto umido e sabbia limosa, mediamente compatto con consistenza debolmente crescente con la profondità, con elementi calcarei eterodimensionali, spessore da – 0.50 a – 9.70 m dal p.c.;
- Argilla marnosa e limo argilloso grigio scaglioso a tratti pseudo litoide tendente al litoide ed in parte mediamente compatto, spessori da – 9.7 m a 15.00 m.

Modello geologico di sito

Le indagini ed i rilevamenti effettuati, nonché le informazioni relative al territorio in cui ricade il sito in esame in possesso dello scrivente, hanno permesso di delineare un quadro completo della geologia dei luoghi. In particolare si è fatto riferimento alle indagini condotte sotto la supervisione dello scrivente, alle prospezioni sismiche, ai risultati delle indagini a disposizione di chi scrive ed alla bibliografia disponibile. I litotipi individuati possono venire ascritti a cinque principali complessi litologici.

Le indagini eseguite in loco hanno restituito una colonna stratigrafica, interpretabile come appresso sintetizzato, fino alla profondità di - 30 m dal p.c..

Stratigrafia area cedimento stradale

Strato	Profondità m	Spessore m	Descrizione Litostratigrafica
1	0.00-2.80	2.80	Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei da limo argilloso a ghiaia eterogenea ed etero dimensionali
2	2.80 - 9.20	6.40	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente argilloso, giallastro molto umido, mediamente compatto con consistenza debolmente crescente con la profondità, con elementi calcarei eterodimensionali
3	9.20 - 13.20	4	Argilla debolmente marnosa scagliosa a tratti poco addensata a tratti litoide (tamponante acquifero), di colore grigio azzurro, umido
4	13.20 - 15.50	2.20	Quarzoarenite litoide di colore grigio bluastro
5	15.50-20.00	4.50	Argilla marnosa grigia scagliosa a tratti pseudo litoide tendente al litoide ed in parte mediamente compatta

Stratigrafia area distacco muri

Strato	Profondità m	Spessore m	Descrizione Litostratigrafica
1	0.00-0.50	0.50	Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei da limo argilloso a ghiaia eterogenea ed etero dimensionali
2	0.50-9.70	9.20	Sabbia limosa e limo sabbioso debolmente argilloso, giallastro molto umido, mediamente compatto con consistenza debolmente crescente con la profondità, con elementi calcarei eterodimensionali
3	9.20 - 15.00	5.80	Argilla debolmente marnosa scagliosa a tratti poco addensata a tratti litoide (tamponante acquifero), di colore grigio azzurro, umido

I risultati ottenuti dalle indagini e dai rilievi di superficie evidenziano condizioni di instabilità generalizzati dovuti all'assetto litostrutturale a franapoggio parallelo al pendio, ed alle condizioni predisponenti l'instaurarsi di tali fenomeni gravitativi, come la presenza della falda negli strati più superficiali, poco addensati e scadenti geotecnicamente, come si evince dai risultati delle analisi di laboratorio.

Modello geotecnico medio

Le caratteristiche dei terreni dell'area investigata sono state ottenute dalle indagini geognostiche eseguite ad hoc e riportate nell'elaborato, dagli studi geologici e geotecnici a disposizione dello scrivente e riguardanti un'area più vasta della zona in questione. In

particolare si può desumere che tutta l'opera insiste prevalentemente su terreni limoso sabbiosi debolmente argillosi, costituiti quindi da materiale eterogeneo, moderatamente addensato e addensato, con caratteristiche geotecniche variabili a seconda degli assortimenti granulometrici

Strato 1. Massicciata stradale e materiale di riporto eterogenei - Strato 2. Limo sabbioso argilloso compreso tra -2.80 e -9.20 m dal p.c., caratterizzato da valori medi del peso di volume naturale tra $\gamma = 17.24$ e 18.78 kN/m^3 - Il valore dell'angolo d'attrito è tra $\phi = 18.0$ e 23.1° ; la coesione è compresa tra $c = 10.2$ e 19.6 kN/m^2 ; la coesione non drenata è compresa tra $c_u = 50.4$ e 52.5 Kpa ; il modulo edometrico tra 100 e 1000 Kpa è $E = 6229 \text{ kN/m}^2$.

Strato 3. Argilla debolmente marnosa scagliosa, di colore grigio azzurro, i valori medi del peso di volume sono compresi tra $\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ e 20.0 kN/m^3 ; il valore dell'angolo d'attrito è compreso tra $\phi = 20.30^\circ$ e 23.10° , la coesione è tra $c = 19.6$ e $22,00 \text{ kN/m}^2$; la coesione non drenata è compresa tra $c_u = 54.4$ e 58.5 Kpa ; il modulo edometrico tra 100 e 1000 Kpa è $E = 8702 \text{ kN/m}^2$.

Strato 4. Quarzoarenite litoide di colore grigio bluastrò, i valori medi del peso di volume sono compresi tra $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$ e $\gamma = 22.5 \text{ kN/m}^3$. Il valore dell'angolo d'attrito è compreso tra $\phi = 30.0^\circ$ e 33.0° , la coesione è $c = 0 \text{ kN/m}^2$; il modulo edometrico è tra $E = 50000$ a 100000 kN/m^2 .

Strato 5. Marna grigia scagliosa a tratti pseudo litoide tendente al litoide ed in parte mediamente compatta: i valori medi del peso di volume sono compresi tra $\gamma = 18.5$

kN/m^3 e $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$. Il valore dell'angolo d'attrito è compreso tra $\phi = 24.0^\circ$ e 25.0° , la coesione è $c = 24 \text{ kN/m}^2$; il modulo edometrico è $E = 250000 \text{ kN/m}^2$.

I principali parametri medi capaci di sintetizzare il comportamento fisico meccanico dei predetti terreni che interessano l'area sono riassumibili come mostrato nel seguito:

Strato	Profondità (m)	Spessore (m)	γ (kN/m^3)	Φ ($^\circ$)	C (kN/m^2)	Cu (Kpa)	E (kN/m^2)
1	0.0-2.80	2.80	-	-	-	-	-
2	2.80 - 9.20	6.40	18.2	20.4	15	51	6229
3	9.20 - 13.20	4	19.25	21.7	20.6	56	8702
4	13.20 - 15.50	2.20	20.5	31.5	0	-	75000
5	15.50 - 20.00	4.50	21.5	24.5	24	-	25000

Caratterizzazione sismica di sito

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle

condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Le suesposte 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 di 30 m.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Pertanto, il sito in esame è stato parametrizzato partendo dalla ricostruzione litostratigrafia effettuata a mezzo sismica di superficie tipo MASW.

Sulla base dei valori ottenuti dalla MASW, è possibile calcolare il parametro $V_{s,eq}$, il cui valore consentirà di classificare il sottosuolo sismicamente significativo dell'area in studio nell'ambito della scala di cui al punto 3.2 del D.M. 17.01.2018. La classificazione ottenuta condurrà, quindi, alla individuazione del fattore di amplificazione S, che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo e delle condizioni topografiche, secondo quanto disposto alle tabelle 3.2.III, 3.2.IV e 3.2.VI.

Per i valori ricavati dalla prospezione sismica di superficie MASW1 eseguita per il sito del cedimento stradale, si ottiene il seguente valore del $V_{s,eq}$ e di V_{s30} :

MASW1-PANNARANO $V_{s,eq} = 276$ m/sec MASW1-PANNARANO $V_{s30} = 449$ m/sec

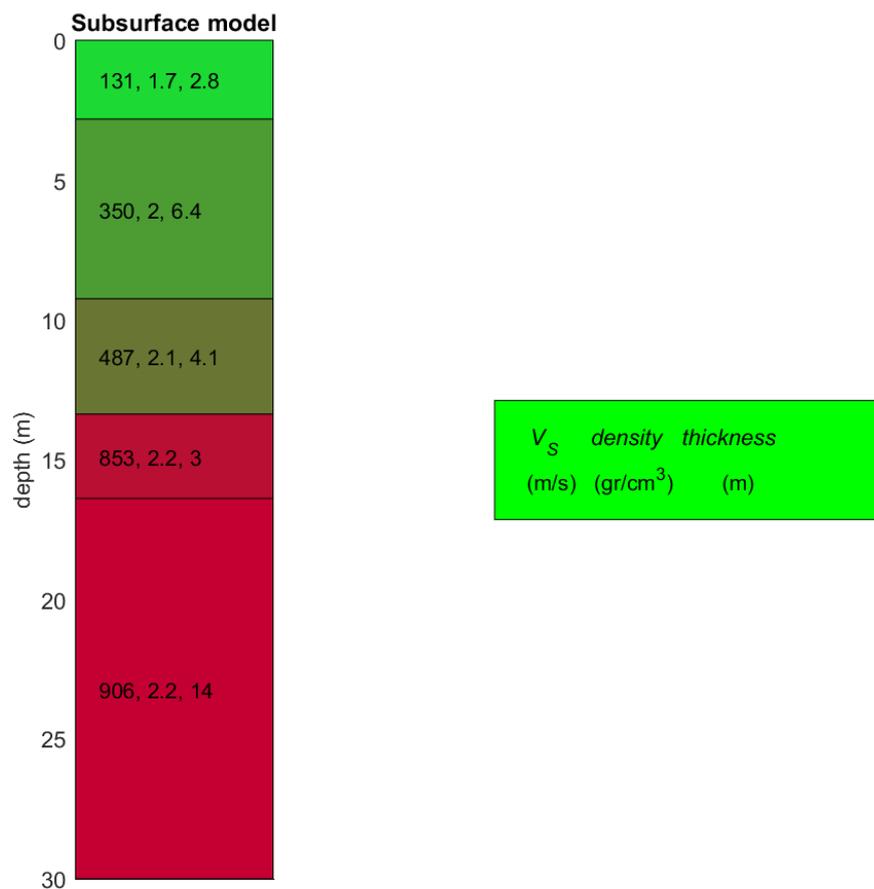
Per i valori ricavati dalla prospezione sismica di superficie MASW2 eseguita per il sito del distacco dei muri di contenimento, si ottiene il seguente valore del $V_{s,eq}$ e di V_{s30} :

MASW2-PANNARANO $V_{s,eq} = 354$ m/sec MASW2-PANNARANO $V_{s30} = 444$ m/sec

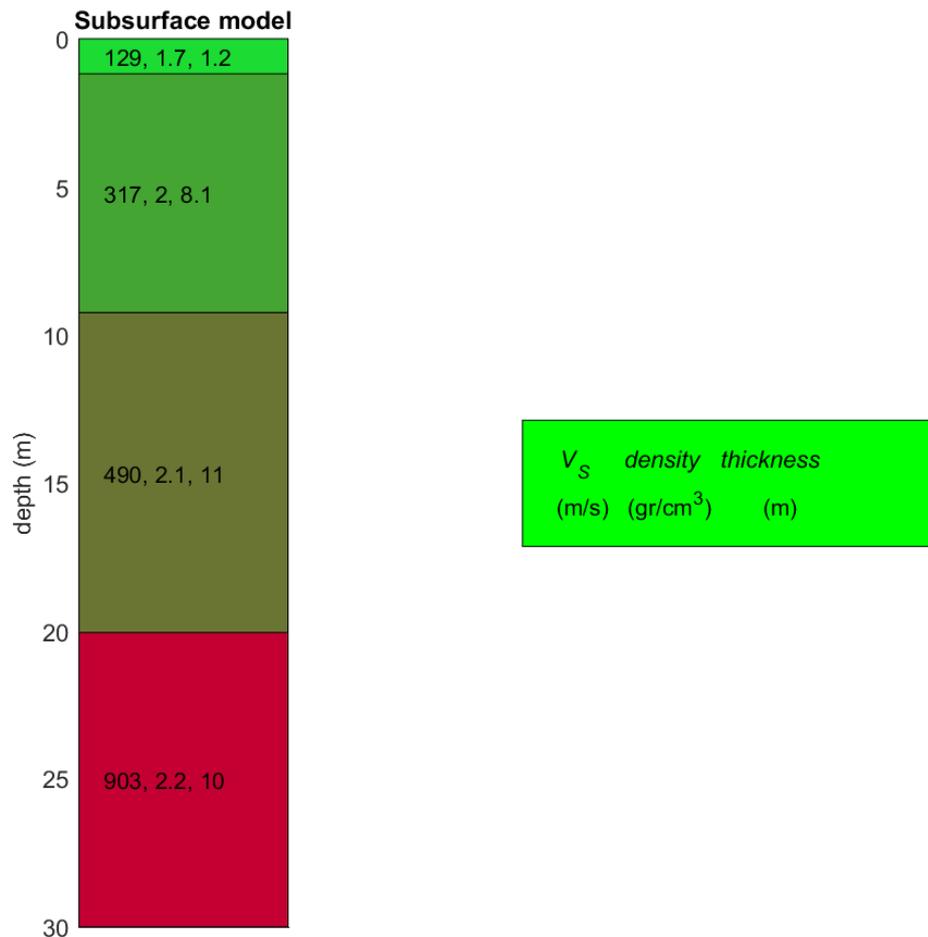
Il valore del parametro $V_{s,eq}$ così ottenuto ricade nella Classe di profilo stratigrafico di suolo di tipo "C", così come definito nel paragrafo 3.2 del D.M. 17.01.2018 citato: ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m caratterizzati da graduale***

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_s equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Pertanto, il sito in esame è stato parametrizzato partendo dalla ricostruzione litostratigrafia effettuata a mezzo della campagna di indagini cui si è fatto riferimento e in base ai risultati delle prospezioni sismiche nell'ambito dell'area d'indagine.



Sismostratigrafia masw1



Sismostratigrafia masw2

Sulla base di tali valori, è possibile calcolare il parametro $V_{s,eq}$ la cui espressione di calcolo è quella sopra descritta ed il cui valore consentirà di classificare il sottosuolo sismicamente significativo dell'area in studio nell'ambito della scala di cui al punto 3.2 del D.M.. Il modello sismo-stratigrafico riportato precedentemente ripropone la successione dei litotipi attualmente rinvenibili a partire dal piano di campagna dove è stato eseguito l'allineamento sismico. Esso corrisponde al modello geologico precedentemente proposto. La categoria Topografica distingue 4 condizioni topografiche e come appresso esplicitato:

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 $i > 30^\circ$

A tali categorie topografiche corrispondono altrettanti Fattori di amplificazione ST che si rifanno ad altrettante condizioni morfologiche. Il parametro ST viene definito in base alla seguente tabella che, oltre alla categoria topografica, considera anche l'ubicazione dell'opera:

Tabella 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

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	1,3
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Le condizioni topografiche riscontrate nell'ambito del sito in esame vedono condizioni di pendenza media superiore a 15° facendo ricadere il sito nella categoria topografica T2 e assegna un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,2.

Il fattore di amplificazione S_T, che viene utilizzato nel calcolo dello spettro di risposta elastico, come indicato al punto 3.2.3. del D.M., combina anche una componente dipendente dalla classe di suolo presente nel sito in esame (S_s). La stessa Classe di suolo condiziona anche il calcolo del Periodo TC corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante nello spettro di risposta sismica, che in uno con il fattore SS viene così computato:

Tabella 3.2.V – Espressioni di Ss e di Cc

Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_{0ag} / g \leq 1,20$	$1,10*(TC) - 0,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_{0ag} / g \leq 1,50$	$1,05*(TC) - 0,33$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_{0ag} / g \leq 1,80$	$1,25*(TC) - 0,50$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_{0ag} / g \leq 1,60$	$1,15*(TC) - 0,40$

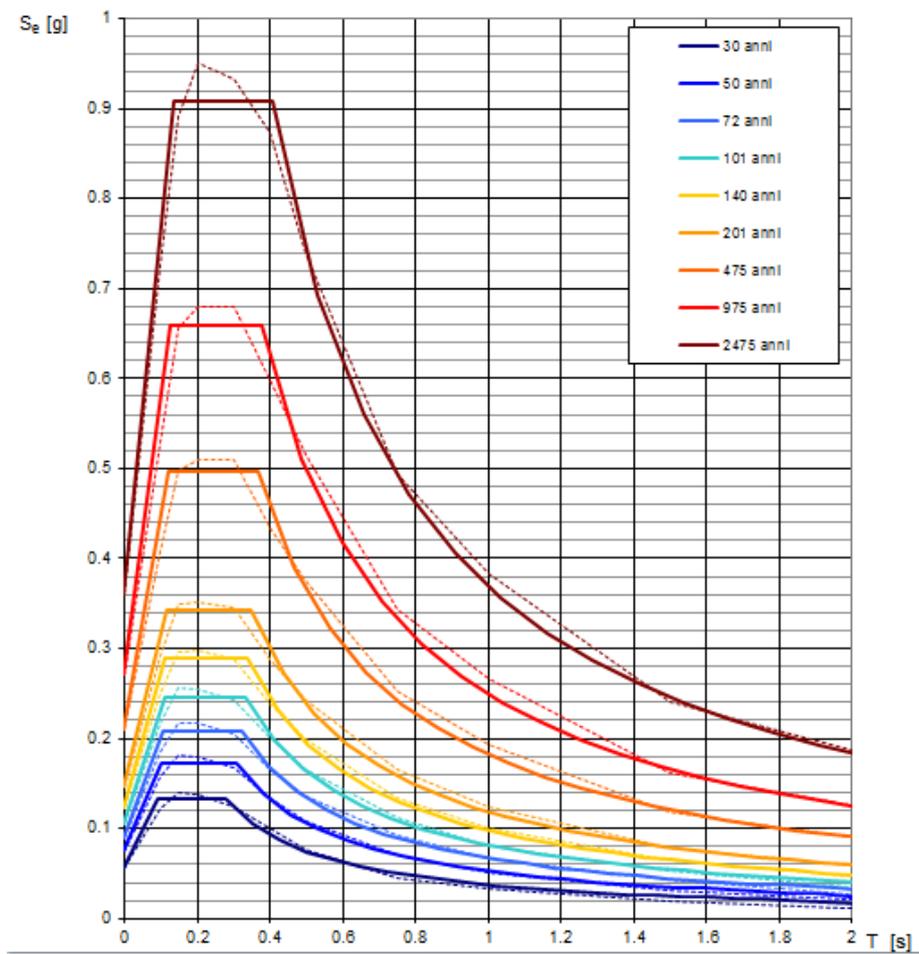
Sulla base delle coordinate geografiche del sito sono di seguito riportati i valori assunti dai parametri caratteristici degli spettri di risposta elastica, al variare del tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico di intensità massima atteso nell'area d'interesse, funzione della Vita nominale del manufatto e dello stato limite utilizzato nella progettazione. Per gli stessi valori di TR sono altresì riportati gli spettri di risposta sismica verticale utilizzabili.

Sarà cura dei progettisti incaricati, una volta definiti:

- la vita nominale dell'opera;
- la sua classe d'uso;
- lo stato limite di progetto,

definire il tempo di ritorno TR del terremoto di progetto e sulla base dei valori precedentemente riportati della categoria di suolo, di quella topografica, del relativo coefficiente di amplificazione ST definire, in base ai parametri a_g , F_0 e T^*C e alle espressioni precedentemente riportate (tab3.2V), i valori dei parametri SS (Fattore di amplificazione relativo alla classe di suolo) CC e S (fattore di amplificazione totale).

Spettri di risposta elastici per il periodo di ritorno TR di riferimento



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.057	2.345	0.281
50	0.075	2.303	0.306
72	0.090	2.314	0.321
101	0.106	2.324	0.331
140	0.124	2.334	0.339
201	0.146	2.339	0.347
475	0.210	2.362	0.366
975	0.271	2.432	0.379
2475	0.361	2.514	0.406

Verifica di stabilità della zona del cedimento stradale

Il movimento franoso in atto che coinvolge la carreggiata stradale, per circa 40 m di lunghezza ed il distacco dei muri di contenimento instabili, ha tendenza ad un progressivo aumento degli spessori del corpo in frana da monte verso valle, evidenziato dalle indagini svolte dallo scrivente.

L'innescò del movimento che interessa la carreggiata stradale, appare alla luce dei dati raccolti, riconducibile all'assetto strutturale/stratigrafico del versante, con una giacitura a franapoggio più o meno inclinato del pendio.

Le indagini svolte ed in particolare l'installazione e le misurazioni piezometriche effettuate, hanno portato alla luce un'acclarata presenza di acqua di falda a pelo libero nello strato sottostante la massicciata stradale, con uno spessore massimo dell'acquifero di -13.20 m, la cui soggiacenza si attesta a -2.80 m dal piano campagna nei periodi invernale/primaverile (mentre al di sotto della strada è saturo al piano campagna), mentre oscilla tra i - 4.20 e - 4.80 m dal p.c. nei periodi di magra e di ricarica; ciò determina una sostanziale variazione dello stato tensionale del versante, come la compressione e la variazione di resistenza al taglio, determinando una variazione sostanziale delle tensioni efficaci.

Tra le cause aggravanti la situazione a contorno, ritroviamo la presenza di un substrato di argille scagliose intercalate ad argille limose sottoposte all'acquifero limoso sabbioso, geotecnicamente scadente, molto umido e con un assetto parallelo al pendio, definibile come zona di debolezza del pacco di strati che compongono il versante.

Per le caratteristiche geotecniche riscontrate dalle indagini, tale strato che va da -9,20 a -13.20 m dal p.c. è costituito da una resistenza non drenata alquanto bassa dovuto all'elevata anisotropia dell'ammasso, cioè un variegato assortimento granulometrico, come

è evidenziato dai risultati dalle prove di laboratorio allegate, deprimendo le forze resistenti del pendio.

Nella verifica di stabilità è stata utilizzata come base la sezione evidenziata negli allegati, passante per la mediana della nicchia di distacco a ridosso della carreggiata stradale.

Dal punto di vista metodologico sono stati utilizzati svariati e tra i più comuni metodi di calcolo, che si rifanno tutti alla teoria dell'equilibrio limite, che consiste nella stima di un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o rotazione del volume mobilizzato compreso tra la superficie del versante ed una superficie di taglio potenziale imposta. All'equilibrio il fattore di sicurezza deve essere uguale a 1, anche se il D.M. 11/03/88 pone il raggiungimento della stabilità solo nel caso in cui il F.S. sia maggiore di 1.3.

Nel caso specifico è stato utilizzato il software **Slope2018** della **GeoStru**, utilizzando svariati metodi di calcolo, tra cui Fellenius, il quale ha fornito un F.S. inferiori ad 1.3 per svariate superfici di possibile scivolamento. Si rimanda al report di calcolo e le relative tavole prodotte in allegato per il dettaglio.

Conclusioni

La presente relazione geologica è propedeutica al progetto definitivo per la SP43 ex SS 347 di Summonte Montevergine – lavori di risanamento del cedimento stradale e il rifacimento dei muri di contenimento instabili nel Comune di Pannarano. La definizione dell'assetto geolitologico e geotecnico dei terreni investigati è stata ricostruita tramite l'interpretazione delle indagini geognostiche, di laboratorio e sismiche eseguite ad hoc e da dati provenienti da diverse altre campagne d'indagine in possesso dello scrivente.

Il rilevamento geomorfologico ha individuato segni di instabilità attivi e condizioni predisponenti il verificarsi di ulteriori mobilizzazioni. L'esame della cartografia del rischio redatto dalla competente autorità di bacino riporta che l'area in esame ricade in zona **R2** –

AREA A RISCHIO MEDIO, nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

La successione stratigrafica ricostruita in base al rilevamento geologico di superficie, alle indagini geognostiche e geotecniche precedentemente descritte, eseguite in sito nonché a conoscenze e dati precedentemente acquisiti dallo scrivente sul comprensorio in esame, presenta terreni con una elevata variabilità dei termini litologici con un profondo stato di tettonizzazione a scapito della stabilità del pendio.

L'articolato assetto stratigrafico va a determinare una circolazione idrica sotterranea dove l'intera potenzialità dell'idrostruttura è superficiale e finisce per circoscriversi in tali depositi, dove la falda episuperficiale è di tipo stagionale e circoscritta nei primi strati più permeabili ed alterati, come è stato evidenziato dalle misure piezometriche effettuate dallo scrivente.

Per la stabilizzazione della carreggiata si prevedono delle opere di stabilizzazione profonde, le quali lavorino su un substrato il più compatto possibile e verificato in corso d'opera delle condizioni e dell'idoneità dello stesso, con l'aggiunta di tiranti, ancorati negli strati più resistenti, lungo tutta la paratia di pali da realizzare. A tale punto si dovranno definire le adeguate scelte ingegneristiche accompagnate alle opportune metodologie operative e logistiche, per la fase esecutiva dell'intervento.

Per i muri instabili si prevedono opere di contenimento idonee e dimensionate alle spinte del versante stesso, inoltre andranno adottati tutti gli accorgimenti tecnici atti all'intercettazione, allontanamento, e smaltimento delle acque di infiltrazione e di ristagno, ma soprattutto la verifica e la riparazione delle varie perdite della rete fognaria e idrica, riscontrate nelle vicinanze dei piani di posa delle fondazioni attuali delle opere di contenimento, evidenziate durante i sopralluoghi effettuati.

Le inclinazioni delle pareti di scavo (se previste) dovranno essere realizzate e mantenute secondo pendenze stabili, in funzione delle caratteristiche proprie dei materiali rinvenuti durante le operazioni di scavo.

Necessarie saranno le opere di allontanamento delle acque intercettate, come la messa in opera di fori o barbacani, nel paramento della struttura di contenimento, al fine di ridurre al massimo le spinte.

Come da D.M. 14/01/2008 al cap. 6.5.1 andranno valutati gli effetti derivanti dalla loro parziale perdita di efficacia ed eventualmente predisposto un dettagliato piano di controllo e monitoraggio nei casi in cui la perdita di efficacia configuri scenari di rischio.

Si consiglia di adottare, in fase esecutiva, una attenta verifica delle caratteristiche e delle valutazioni fatte in questo elaborato, al fine di avvalorare quanto dettagliato. Eventuali situazioni che si discostino da quanto descritto e previsto, dovranno essere affrontate, in corso d'opera, per scegliere la miglior tipologia di intervento ed adattare l'opera di stabilità alla realtà riscontrata durante i lavori di consolidamento.

Tanto per incarico ricevuto.

Benevento, giugno 2018

IL GEOLOGO:
DOTT. GIUSEPPE SOLLA



Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

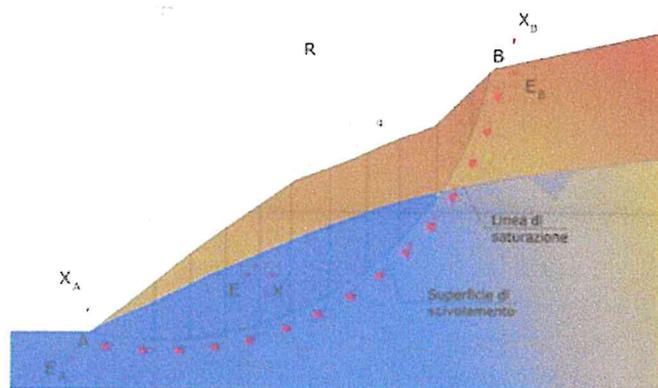
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Fellenius (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

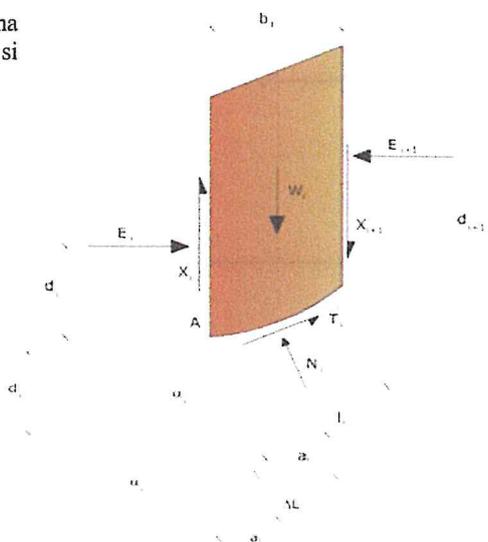
Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.



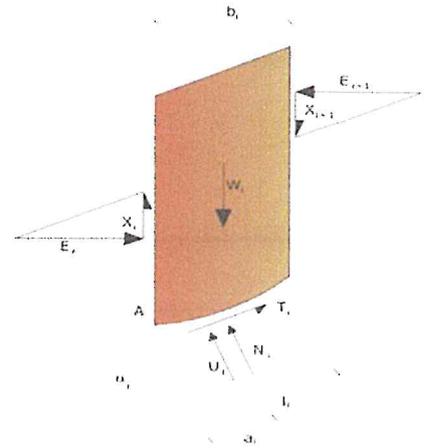
Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

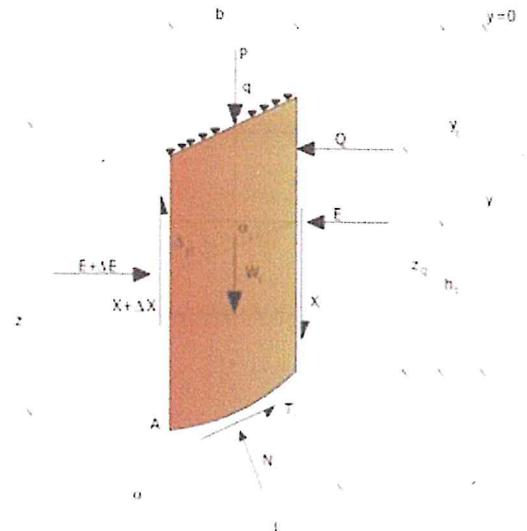
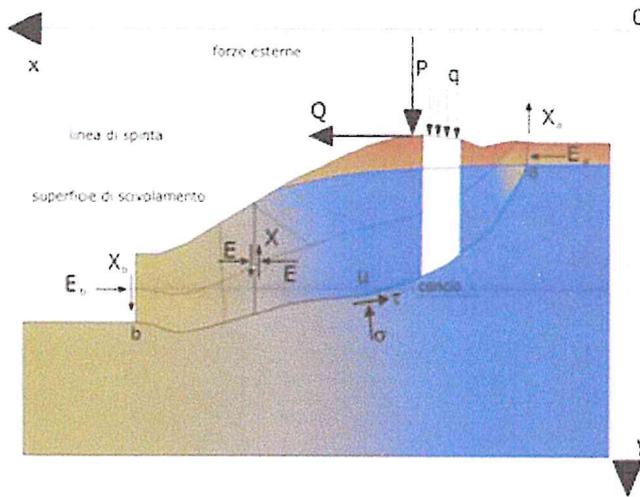
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX = 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

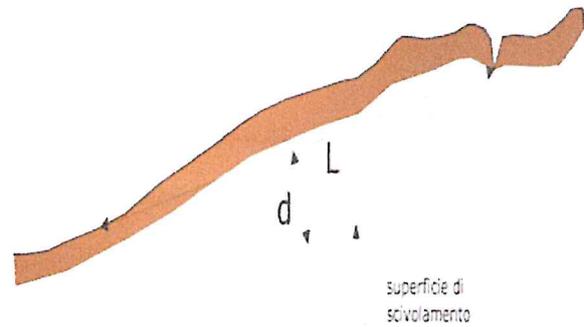
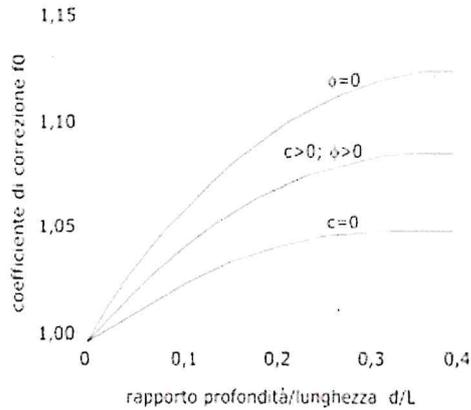


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo ΔX_i = 0 si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



$$F_{sm} = F_{sf}$$

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

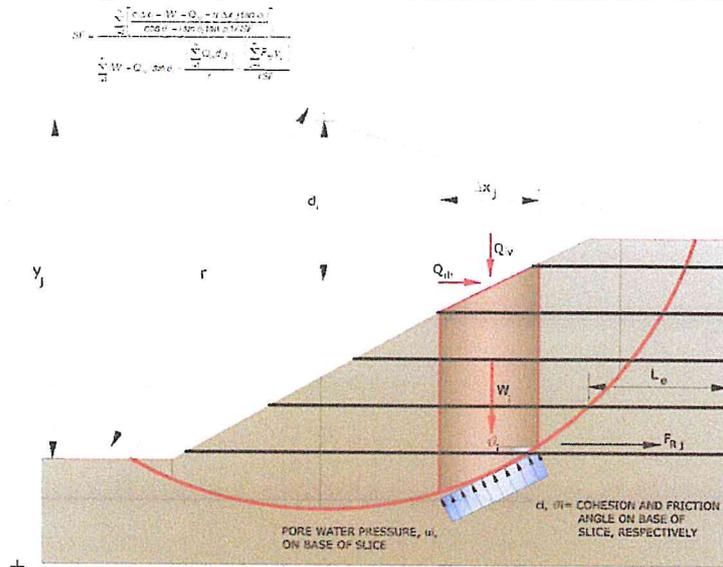
In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento.

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

$T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;

f_b Coefficiente di *Pullout*;

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T .

Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

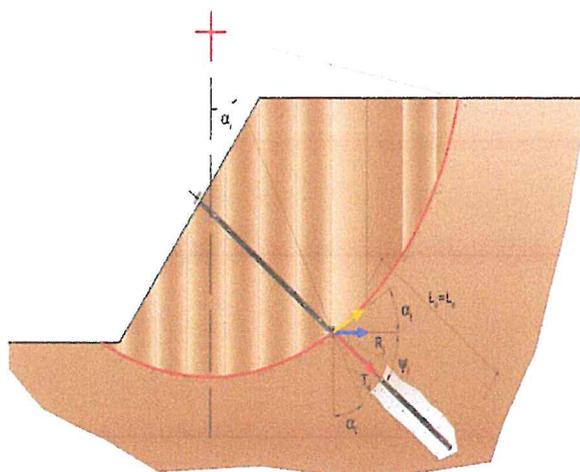
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;

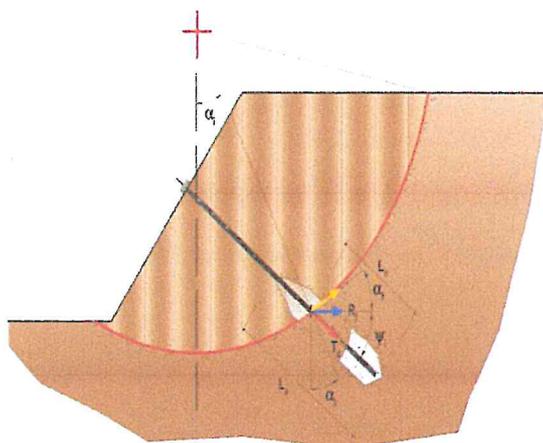
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo* e per *i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

- T_d tiro esercizio;
 Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;
 i interasse;
 L_e lunghezza efficace;
 L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	41,011403/14,703227
Calcolo eseguito secondo	[A2+M1+R2]
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	44,91 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	344,87 m
Ascissa vertice destro superiore xs	102,34 m
Ordinata vertice destro superiore ys	368,7 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0415
Coefficiente azione sismica verticale	0,0207

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	34,0	300,0

SLOPE

2	60,0	305,0
3	87,5	310,0
4	100,0	315,0
5	104,0	318,0
6	110,0	318,0
7	117,0	320,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	34,0	299,99
2	60,0	304,99
3	87,5	309,99
4	100,0	314,99
5	104,0	317,99
6	110,0	317,99
7	117,0	319,99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	34,0	300,0
2	60,0	305,0
3	87,5	310,0
4	95,1	313,04
5	97,92	312,72
6	101,31	314,13
7	104,09	314,33
8	106,49	314,91
9	108,89	315,24
10	109,8	316,4
11	109,99	318,0
12	110,0	318,0
13	117,0	320,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	34,0	295,8
2	47,25	299,07
3	56,17	300,5
4	67,87	302,28
5	79,19	304,38
6	83,2	304,87
7	87,86	304,46
8	93,27	306,67
9	97,33	307,78
10	99,11	309,49
11	101,18	310,27
12	102,75	311,4
13	105,47	312,34
14	110,06	313,58
15	114,03	314,98
16	115,36	315,84
17	117,0	316,48

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
---	----------	----------

SLOPE

1	34,0	293,0
2	36,26	293,58
3	44,68	295,51
4	48,1	296,29
5	53,95	296,86
6	62,94	297,93
7	72,5	299,79
8	77,5	300,71
9	85,77	301,85
10	92,19	303,14
11	97,05	304,21
12	101,18	304,64
13	103,89	304,99
14	108,82	305,92
15	112,24	308,28
16	117,0	310,79

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	34,0	289,8
2	43,25	293,37
3	48,46	295,15
4	54,45	294,93
5	58,31	295,65
6	63,09	296,5
7	68,37	297,22
8	74,36	298,07
9	81,14	299,5
10	87,98	300,21
11	91,48	300,78
12	94,76	301,0
13	98,72	301,9
14	101,63	302,36
15	103,59	302,27
16	105,2	302,42
17	107,12	302,89
18	109,14	303,72
19	111,68	305,07
20	114,89	306,98
21	117,0	307,66

Coefficients parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficients parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo	Peso unità di	Peso saturo	Litologia
--------	----------	--------------	--------	---------------	-------------	-----------

SLOPE

	(kg/cm ²)	drenata (kg/cm ²)	resistenza al taglio (°)	volume (Kg/m ³)	(Kg/m ³)		
1	0	0	36	1900	2100	massciata stradale, Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa	
2	0.15	0.52	20.4	1855.85	1908.87	limo sabbioso	
3	0.204	1	21.7	1962.92	2100	argilla limosa	
4	0	0	31.5	2300	2500	quarzoarenite	
5	0,06	3	25	2100	2300	argilla marnosa	

Risultati analisi pendio

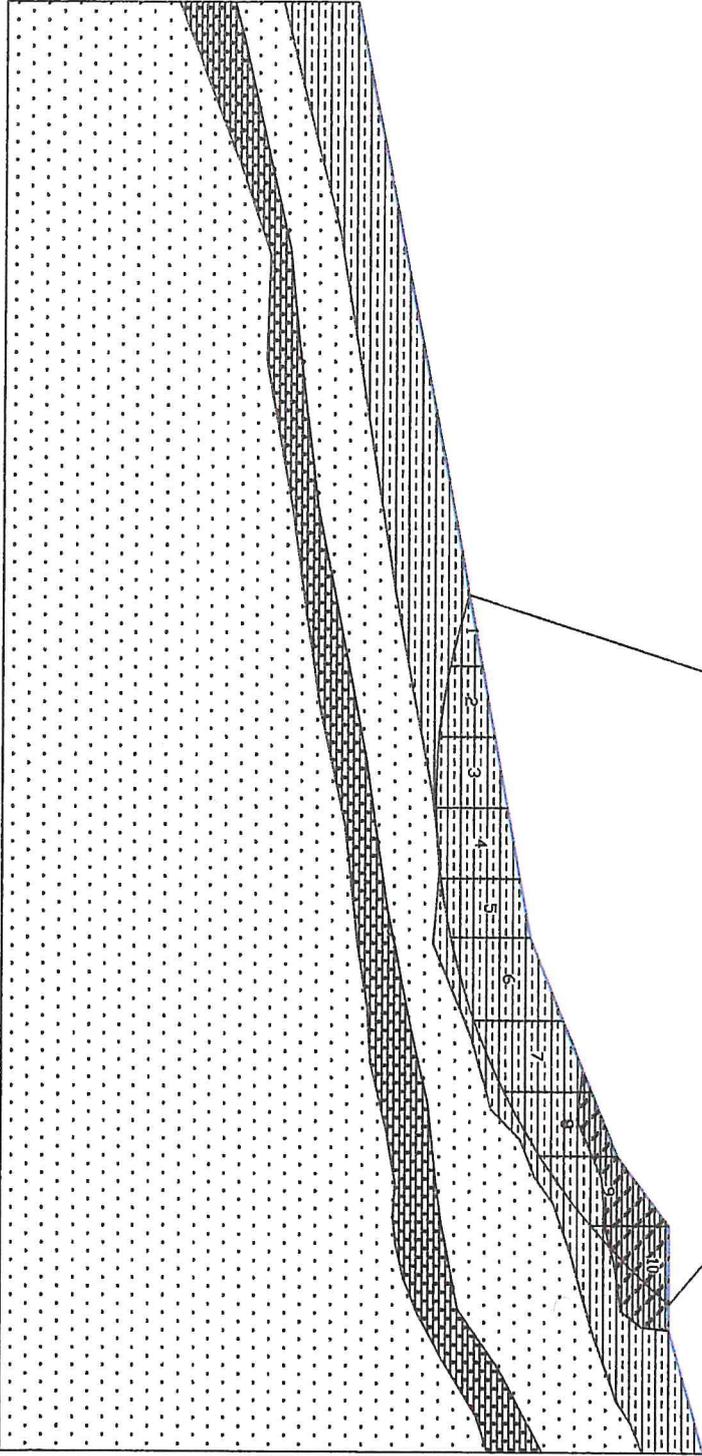
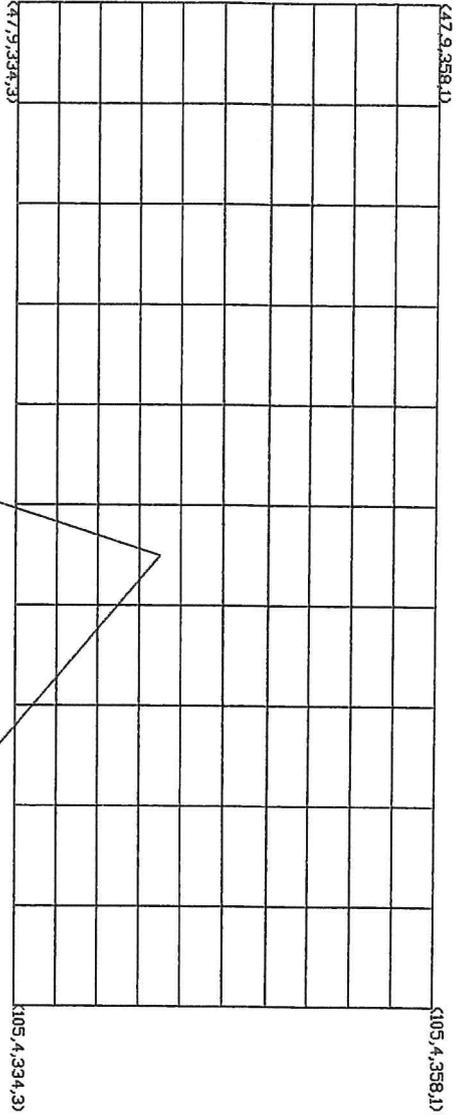
Fs minimo individuato	0,48
Ascissa centro superficie	76,5 m
Ordinata centro superficie	365,13 m
Raggio superficie	55,23 m

$$x_c = 73,625 \quad y_c = 347,255 \quad R_c = 46,833 \quad F_s = 1,186$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4,6	-19,9	4,9	11808,0	490,03	244,43	0,15	20,4	6524,7	4974,3	-3560,1
2	6,37	-12,9	6,5348357,42	2006,83	1001,0	0,15	20,425897,922660,6	-8851,1			
3	5,49	-5,5	5,5164965,29	2696,06	1344,78	0,2	21,733119,533141,1	-3589,0			
4	5,49	1,2	5,4978869,63	3273,09	1632,6	0,2	21,739541,740875,0	4913,4			
5	5,49	7,9	5,5485723,66	3557,53	1774,48	0,0	31,543040,043128,1	15364,4			
6	4,67	14,3	4,8271319,45	2959,76	1476,31	0,2	21,737161,932653,9	20462,5			
7	6,3	21,4	6,7694131,16	3906,44	1948,52	0,2	21,751515,436532,8	37943,2			
8	6,2	29,9	7,1686917,18	3607,06	1799,19	0,2	21,751036,424077,6	46447,8			
9	4,77	38,0	6,0562240,38	2582,98	1288,38	0,2	21,739247,9	9238,2	40337,0		
10	5,49	46,6	7,9835251,34	1462,93	729,7	0,15	20,424449,6	-775,8	26605,4		

Indice

1.Dati generali	14
2.Vertici profilo	15
3.Falda	15
4.Vertici strato1	15
5.Vertici strato2	16
6.Vertici strato3	16
7.Vertici strato4	16
8.Coefficienti parziali azioni	17
9.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	17
10.Stratigrafia	17
11.Risultati analisi pendio	17
Indice	19



(105,4,334,3) x=79,53 y=342,66 Rc=38,05 Fs=1,13

- massicciata stradale
 - g=1900 Kg/m³
 - gs=2100 Kg/m³
 - FI=36°
- c=0 kg/cm²
- limo sabbioso
 - g=1855,85 Kg/m³
 - gs=1908,87 Kg/m³
 - FI=20,4°
- c=0,15 kg/cm²
- cu=0,52 kg/cm²
- argilla limosa
 - g=1962,92 Kg/m³
 - gs=2100 Kg/m³
 - FI=21,7°
- c=0,204 kg/cm²
- cu=1 kg/cm²
- quarzoarenite
 - g=2300 Kg/m³
 - gs=2500 Kg/m³
 - FI=31,5°
- c=0 kg/cm²
- argilla marnosa
 - g=2100 Kg/m³
 - gs=2300 Kg/m³
 - FI=25°
- c=0,06 kg/cm²
- cu=3 kg/cm²

IL CONSULENTE GEOLOGO:
DOTT. GIUSEPPE SOLLA

SEZIONE AREA CEDIMENTO STRADALE - STRATIGRAFIA - PARAMETRI GEOTECNICI -
E SUPERFICIE DI SCIVOLLAMENTO
OGGETTO: LAVORI DI RISANAMENTO STRADALE E RIFACIMENTO DEI MURI DI
CONTENIMENTO LUNGO LA SP43



Accettazione n°991
del 30 maggio 2018

Rapporti di prova dal n°260 al n°261 anno 2018

Spett.le
dott. geol. Giuseppe SOLLA

**LAVORI DI RISANAMENTO STRADALE E RIFACIMENTO MURI DI
CONTENIMENTO LUNGO LA SP43
Comune di Pannarano (BN)**

INDAGINI IN SITO

PROVE ESEGUITE

- Sonaggio geognostico S1 a mt 20,0 rapp. di prova 260/18
- Sonaggio geognostico S2 a mt 15,0 rapp. di prova 261/18

STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE DELLA PROVA



DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA

CAROTAGGIO CONTINUO

Tutte le indagini eseguite sono state effettuate a carotaggio continuo con il prelievo della carota disposta in apposite cassette catalogatrici. Il carotaggio è stato eseguito a secco, nei terreni più sciolti e con circolazione di fluido in quelli di natura litoida. L'espulsione della carota è stata effettuata o con spinta idraulica (acqua) o in caso di materiale litoida tramite martellamento del carotiere, il tutto raccolto in contenitore adatto e riposto, secondo la profondità, nelle apposite cassette. La strumentazione utilizzata per le indagini è la seguente: **Sonda** perforatrice a rotazione di marca Trivel Mec modello TM 10FC, anno di produzione 2014, peso circa 10000 kg, coppia massima di rotazione 1000 kgm, velocità di rotazione massima 450 g/min; corsa di 3300 mm, **Aste** lunghezza 1500 mm diametro 76 mm spessore 6,6 mm, **Carotiere** di tipo semplice diametro 101 lunghezza 3000 mm e corona con denti in widia, **Pompa fanghi** del tipo a vite con pressione massima di esercizio 30 bar.

PRELIEVO DEI CAMPIONI INDISTURBATI

Raggiunta la profondità desiderata con la perforazione si è proceduti alla manovra di pulizia del foro mediante lavaggio con acqua pulita tale da rimuovere dal fondo del foro eventuale fango e detriti lasciati dalla manovra precedente. Il prelievo dei campioni è stato eseguito, a seconda del grado di consistenza del terreno, con un campionatore a pressione di tipo shelby con fustella a pareti sottili, nei terreni meno consistenti e con un campionatore rotativo denominato "Drill" nei terreni consistenti, litoidi e semilitoidi. Tale campionatore, che viene usato con circolazione di fluido, è costituito da una parte esterna con corona sottile al widia che esegue il taglio del terreno e da una fustella interna in acciaio collegata tramite una testa libera che permette alla fustella di inserirsi nel terreno senza ruotare. Il campione indisturbato, prelevato nella fustella, è stato regolarmente paraffinato e contrassegnato con i dati relativi al sondaggio, alla profondità e alla data di prelievo.

STANDARD PENETRATION TEST

La prova SPT si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa sulle quali agisce un maglio del peso di 63,5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0,75 m.

Durante la prova si misura:

N 1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm

N 2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;

N 3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore: $N_{SPT} = N_2 + N_3$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m; Testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste; Maglio di acciaio di 63,5 kg; Dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0,76 m; Centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna; Campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm. Nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm e angolo 60°. Il campionatore Raymond consta di un tubo diviso longitudinalmente a metà, i due semitubi sono tenuti insieme, durante l'infissione, da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa. Alla fine della prova si svita la scarpa, il carotiere si apre in due permettendo di estrarre il campione di terreno.

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Umberto Lonardo



INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Sondaggio geognostico S1

Accettazione n°0991 del 30/05/2018
 Rapporto di prova n° 260 del 13/06/2018
 Committente: dott. geol. Giuseppe Solla
 Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muro contenimento lungo Sp43 Comune di: Pannarano (BN)

GEO-TECNICA srl società con socio unico Z. Ind Ponte Valentino -
 82100 Benevento tel. 0824 313705 www.geo-tecnica.it informazioni@geo-tecnica.it
 Lab. Autorizzato Min. II e TT prove su Terre e Rocce n°99 del 19/3/18

Profondità: 20,0 mt Cassette n°4 quota p.c.: ---mt data: dal 31/5/2018 al 31/5/ 2018 Attrezzatura: Trivel Mec TM10FG
 Tipo carotaggio: continuo Ø mm101 Tipo Carotiere: semplice Rivestimento 127 Ø mm 1,5 Operatore: sig. Giglio Giuseppe
 Condizionamento foro e note:

Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot			Camp. Shelby D. Osterberg McAlister	Pocket Kg/cmq	H2O	SPT V - Punta Aperta C - Punta Chiusa
				25	50	75				
1			Massicciata stradale e riporto costituita da materiale eterodimensionale commisto a terreno sciolto							
2										
3	2,8	2,8								
4	4,2	1,4	Limo sabbioso debolmente argilloso, compatto di colore avana con elementi calcarei eterometrici di natura calcarei							
5	4,8	0,6	Limo argilloso di colore marrone nerastro con concrezione ferrose-manganesiache							
6										
7			Sabbia limosa compatta di colore begie con intercalazioni argillose grigiastre				6,0 C1 S		A SPT mt 6,5 (17-30-Rif)	
8							6,5			
9	9,2	4,4					8,5 C1 S			
10							9,0			
11			Limo argilloso marnoso di colore grigiastro compatto a tratti scaglioso alternato a livelli di calcarenitici dello stesso colore,							
12										
13	13,2	4,0								
14			Calcarenite e quarzoarenite grigiastra fratturata intervallata con tratti a modesta cementazione							
15										
16	15,5	2,3								
17										
18			Limo argilloso marnoso di colore grigiastro compatto a tratti scaglioso alternato a livelli di calcarenitici dello stesso colore,							
19										
20	20,0	Fine Foro								
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										





GEO-TECNICA
INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Sondaggio geognostico S2

Accettazione n°0991 del 30/05/2018
Rapporto di prova n° 261 del 13/06/2018
Committente: dott. geol. Giuseppe Solla
Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muro contenimento lungo Sp43 Comune di: Pannarano (BN)

GEO-TECNICA srl società con socio unico Z. Ind Ponte Valentino -
82100 Benevento tel. 0824 313705 www.geo-tecnica.it informazioni@geo-tecnica.it
Lab. Autorizzato Min. II e TT prove su Terre e Rocce n°99 del 19/3/18

Profondità: 15,0 mt Cassetta n°3 quota p.c.:---m data: dal 1/6/2018 al 1/6/ 2018 Attrezzatura: Trivel Mec TM10FG
Tipo carotaggio: continuo Ø mm101 Tipo Carotiere: semplice Rivestimento 127 Ø mm 1,5 Operatore: sig. Giglio Giuseppe
Condizionamento foro e note:

Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot			Camp. (C1, S)	Pocket Kg/cm ²	SPT (1-20)
				25	50	75			
1	0,5		Massicciata e riporto eterogeneo						
	1,0		Limo debolmente argilloso di colore rossiccio, plastico						
2	1,9		Limo debolmente sabbioso di colore giallastro leggermente umido, poco addensato						
3							3,0	A SPT mt 3,5 (7-9-11)	
4						3,5			
5			Alternanza di limo debolmente argilloso e limo debolmente sabbioso di colore giallo-avana con inclusipiccoli clasti calcarei, presenza di un livello a						
6			2,7 metri di colore rossastro con incluso elemento litoidi di 10 cm e un						
7			livello rossastro decimetrico a 5,6 metri						
8									
9	9,0	7,1		Limo sabbioso di colore marrone poco addensato e umido					
10	9,7	0,7							
11			Limo argilloso marnoso di colore grigiastro compatto a tratti scaglioso alternato a livelli di calcarenitici dello stesso colore.						
12									
13									
14									
15	15,0	Fine Foro							
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									

Accettazione Prove Terre n. 053
del 04 Giugno 2018

Certificati di Prova da n° 353 a n° 366.

Spett.le
DOTT. GEOL. GIUSEPPE SOLLA

Committente: **DOTT. GEOL. GIUSEPPE SOLLA**

**“LAVORI DI RISANAMENTO STRADALE
E RIFACIMENTO MURI
CONTENIMENTO LUNGO LA SP 43”**

Località: SP 43
Comune di Pannarano (BN)



LABORATORIO PROVE SU TERRE E ROCCE

Questo LABORATORIO PROVE SU TERRE e ROCCE, attrezzato con apparecchiature normalizzate ASTM+AASHTO, ha esaminato i campioni di terreno indisturbati prelevati in data 01/06/2018 dai nostri tecnici settore geognostica nel sito di cui i lavori ne sono oggetto.

Su di esso sono state eseguite, come richiesto, complessivamente:

- n° 3 Apertura del Campione Indisturbato e relativa Identificazione Visiva;
- n° 3 Determinazione delle Costanti Fisiche Generali;
- n° 3 Analisi Granulometrica con vagli ASTM e Densitometria;
- n° 3 Prova di Taglio Diretto drenato consolidato;
- n° 3 Prova di Compressione Edometrica con 7 gradini di carico e 3 di scarico;
- n° 2 Prova di Compressione ad Espansione Laterale Libera.

Gli esiti sono riportati nei Certificati di prova allegati, da n° 353 a n° 366.

Tanto dovevasi.

Benevento, 21 Giugno 2018.



Il Direttore del Laboratorio:

.....
Dott. Geol. Umberto Lonardo



APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488) E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

pag. 1/1

rev. 1 del 11/01/2018

DATI GENERALI			
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43		
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località: SP 43 - Pannarano (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 6,00-6,50
Data ricevimento campione: 01-giu-18		Data apertura campione: 05-giu-18	Prelevato da: Geo-Tecnica

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)	
Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø < 19,00 mm
Umidità:	MEDIA
Consistenza:	3,9 kg/cm ² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	HUE 5 Y - 4/4 olive
Colore:	OLIVASTRO VARIEGATO OCRACEO
Denominazione:	LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSO DEBOLMENTE SABBIOSO
OSSERVAZIONI:	Presenza di patine di ossidazione, struttura scagliosa e farina calcarea
	* Valore medio su 10 determinazioni
	...col.: 50+25 %Pass. ...oso: 25+15 %Pass. ...debolmente ...oso: 15+5 % Pass.

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE		CERTIFICATI N.
	- COSTANTI FISICHE GENERALI	353
	- LIMITI di ATTERBERG	
	- ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
	- ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	354
	- TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	355
	- TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
	- PROVA EDOMETRICA	356
	- PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
	- PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	357
	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
	- PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
	- DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
	- PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
	- PROVA CBR	

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI

(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 053 del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 353

del 21-giu-18

pag. 1/1

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI

Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla Località: SP 43 - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: S1C1 Indisturbato Prelievo del: 01-giu-18 Profondità, m: 6,00-6,50
Data ricevimento campione: 01-giu-18 Data apertura campione: 05-giu-18 Data di prova: 05-giu-18

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n) (ASTM D 2216)

DETERMINAZIONE, N	1	2	3	
Contenitore, n	K	N	Z	
Massa Contenitore, g	16,21	20,51	18,02	
Massa Cont + Terra Umida, g	53,92	73,31	54,22	
Massa Cont + Terra Secca, g	48,55	65,76	49,04	
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n), %	16,60%	16,69%	16,70%	16,66%

PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) (BS 1377 T15)

DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	L	H	
Massa Volumometro, g	66,87	65,22	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	142,47	140,66	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	18,80	18,76	18,78
PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/m³			16,09

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)

DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	IV	391	
Massa Campione Secco, g	15,04	15,06	Temperatura, °C
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	86,89	90,32	22
Massa Picnometro + Acqua, g	77,49	80,90	
Fattore di Correzione, k	0,9978	0,9978	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,61	26,64	26,63

GRANDEZZE INDICI

• INDICE dei VUOTI (e')	0,654
• POROSITA' (α), %	39,55
• GRADO di SATURAZIONE (S_r)	67,81%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	20,05

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 354

del 21-giu-18

pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.1.b.c

DATI GENERALI																																															
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla				Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43																																											
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla				Località: SP 43 - Pannarano (BN)																																											
DATI DEL CAMPIONE																																															
Identificativo campione: S1C1		Indisturbato		Prelievo del: 01-giu-18		Profondità, m: 6,00-6,50																																									
Data ricevimento campione: 01-giu-18				Data apertura campione: 05-giu-18		Data di prova: 07-giu-18																																									
DETERMINAZIONI DI PROVA				ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)																																											
Massa Contenitore, g: 106,28 Massa Cont. + Campione secco, g: 666,30 Massa Campione secco, g: 560,02				<table border="1"> <thead> <tr> <th>VAGLI ASTM</th> <th>3"</th> <th>2"</th> <th>1"</th> <th>3/4"</th> <th>3/8"</th> <th># 4</th> <th># 10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Apertura in mm</td> <td>75,0</td> <td>50,0</td> <td>25,0</td> <td>19,0</td> <td>9,5</td> <td>4,75</td> <td>2,00</td> </tr> <tr> <td>Ritenuto, g</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>6,78</td> <td>7,20</td> <td>10,36</td> </tr> <tr> <td>% Ritenuto</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>% Passante</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> <td>98,8</td> <td>97,5</td> <td>95,7</td> </tr> </tbody> </table>				VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	6,78	7,20	10,36	% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,3	1,8	% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8	97,5	95,7
VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10																																								
Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00																																								
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	6,78	7,20	10,36																																								
% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,3	1,8																																								
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8	97,5	95,7																																								
ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)																																															
ANALISI DENSITOMETRICA																																															
Massa Contenitore, g: 101,73		Tempi, mn: 2, 5, 15, 30, 60, 240, 1440		Letture Densimetro, R: 1,0200, 1,0180, 1,0165, 1,0150, 1,0125, 1,0095, 1,0065		Correzione per T°, ΔR: -0,0040																																									
Massa Cont. + Campione secco, g: 151,94		Letture Corretta, R°: 1,0160, 1,0140, 1,0125, 1,0110, 1,0085, 1,0055, 1,0025		Profondità Lettura, L in mn: 163,85, 167,85, 170,85, 173,85, 178,85, 184,85, 190,85		Ø equivalente dei grani, mm: 0,0306, 0,0196, 0,0114, 0,0081, 0,0058, 0,0030, 0,0012																																									
Massa Campione secco, g: 50,21		% Passante: 39,4, 35,1, 31,6, 28,6, 23,2, 16,7, 10,2		Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³: 26,63		Temperatura di prova T°, C°: 22																																									
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise: 0,0096				Massa Volumica Acqua a T°, g/ml: 0,9978																																											
ANALISI MECCANICA																																															
VAGLI ASTM		# 20, # 40, # 80, # 200, PAN		Fattore riduzione massa campione, FR: 0,957		Riscontro, g: 0,00																																									
Apertura in mm		0,850, 0,425, 0,175, 0,075, -																																													
Ritenuto, g		1,25, 0,80, 0,93, 2,01, 45,22																																													
Passante, g		48,96, 48,16, 47,23, 45,22, -																																													
% Passante		93,3, 91,7, 90,0, 86,1, -																																													
ESITI																																															
GHIAIE/PIETRISCO %: 4,3		SABBIA %: 9,5		SILT e LIMI %: 73,5		ARGILLE e COLLOIDI %: 12,7																																									
Grossa: 0,0		Grossa: 3,9		Fine: 5,6		DENOMINAZIONE: LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSO DEBOLMENTE SABBIOSO																																									
Media: 1,2		Fine: 3,1																																													
ELABORAZIONE GRAFICA - Curva Granulometrica																																															

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 355

del 21-giu-18

pag. 1/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI			
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43		
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località: SP 43 - Pannarano (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 6,00-6,50	
Data ricevimento campione: 01-giu-18	Data apertura campione: 05-giu-18	Data inizio prova: 07-giu-18	
TIPO DI PROVA: Lenta: SI Consolidata: SI	ATTREZZATURA: Controls - Cella Dinamometrica REP TCE 350 Matr. N° 1223		
			Fattore di conversione: 1

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA		SCATOLA DI TAGLIO	
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kn/m^3 26,63	Lato Fustella, cm	6,02
Contenuto Naturale in Acqua (media)	% 16,66%	Altezza Fustella, cm	3,05
		Velocità di taglio, mm/mn	0,007
		Sezione Fustella, cm ²	36,24

DETERMINAZIONI											
PROVINO	n	1			2			3			
		G	H	I	H	I	I	I	I		
Fustella Portacampione	n										
Massa Fustella	g	165,92			101,35			102,78			
Massa Fustella + Campione	g	372,80			308,70			309,81			
Massa Campione	g	206,88			207,35			207,03			
		PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ	
Peso di Volume Naturale	kn/m^3	18,72	18,96	0,24	18,76	19,12	0,36	18,73	19,49	0,76	
Peso di Volume Secco	kn/m^3	16,04	16,25	0,21	16,08	16,39	0,31	16,05	16,71	0,65	
Indice dei Vuoti		0,660	0,638	-0,02	0,656	0,624	-0,03	0,658	0,594	-0,06	
Altezza Solidi	cm	2,140			2,145			2,142			

PROVINO n. 1		SFORZO NORMALE, kn/m^2 : 50,0									
Cedimenti, cm	0,039	Altezza Finale, cm 3,011									
		Consolidazione, % 1,30									
Tempi, mn	30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360										
Spostamenti Cella, mm	0,2 0,4 0,6 0,8 1,1 1,3 1,5 1,7 1,7 1,7 1,7 1,7										
Lettura cella dinamometrica	40 55 74 102 131 138 135 131										
Trasduttore Vert., mm	0,39 0,39 0,39 0,39 0,39 0,39 0,38 0,38										
SFORZI di TAGLIO, kn/m^2	10,9 15,0 20,2 27,8 35,7 37,6 36,8 35,7										

PROVINO n. 2		SFORZO NORMALE, kn/m^2 : 100,0									
Cedimenti, cm	0,058	Altezza Finale, cm 2,992									
		Consolidazione, % 1,94									
Tempi, mn	30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360										
Spostamenti Cella, mm	0,2 0,4 0,6 0,8 1,1 1,3 1,5 1,7 1,9 1,9 1,9 1,9										
Lettura cella dinamometrica	70 100 131 150 174 202 209 206 202										
Trasduttore Vert., mm	0,58 0,58 0,58 0,58 0,58 0,58 0,58 0,57 0,57										
SFORZI di TAGLIO, kn/m^2	19,1 27,2 35,7 40,9 47,4 55,0 56,9 56,1 55,0										

PROVINO n. 3		SFORZO NORMALE, kn/m^2 : 200,0									
Cedimenti, cm	0,119	Altezza Finale, cm 2,931									
		Consolidazione, % 4,06									
Tempi, mn	30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360										
Spostamenti Cella, mm	0,2 0,4 0,6 0,8 1,1 1,3 1,5 1,7 1,9 2,1 2,3										
Lettura cella dinamometrica	121 154 197 221 262 301 324 345 357 355 350										
Trasduttore Vert., mm	1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,18 1,18										
SFORZI di TAGLIO, kn/m^2	33,0 42,0 53,7 60,2 71,4 82,0 88,3 94,0 97,2 96,7 95,3										

RIEPILOGO

Provini	SFORZI, kn/m^2	
	Normali	di Taglio
3	200,0	97,2
2	100,0	56,9
1	50,0	37,6

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 355

del 21-giu-18

pag. 2/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località: SP 43 - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 6,00-6,50
Data ricevimento campione: 01-giu-18		Data apertura campione: 05-giu-18	Data inizio prova: 07-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

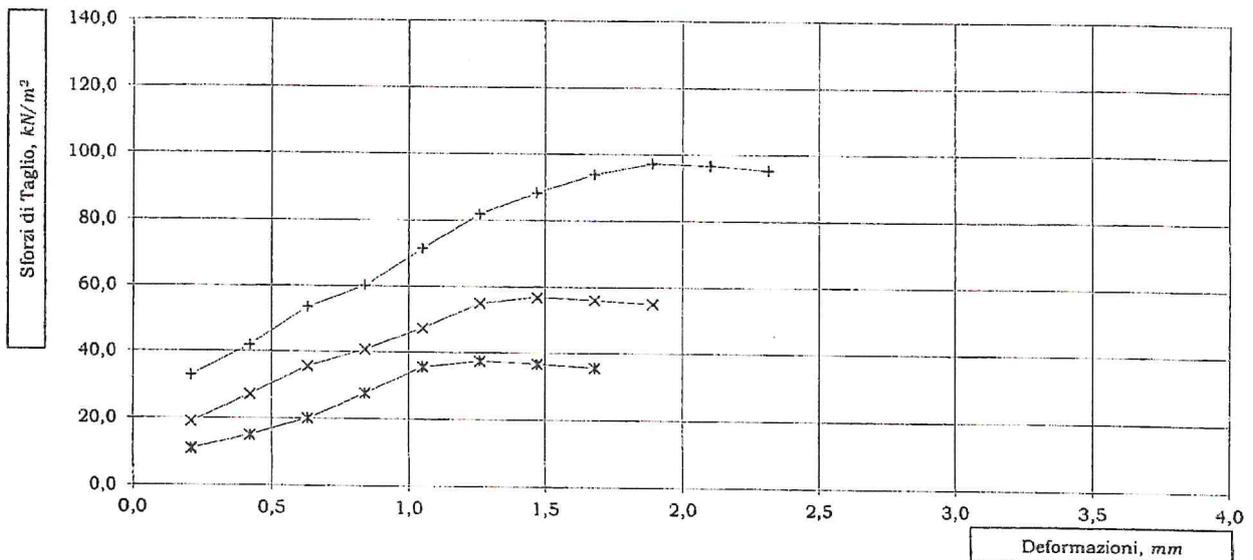
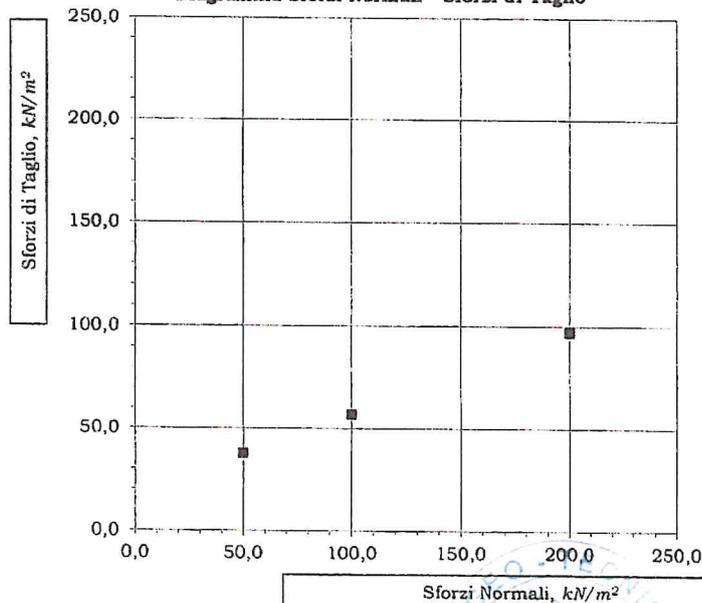


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

CERTIFICATI N. 356 del 21-giu-18

pag. 1/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI																						
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla					Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43																	
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla					Località: SP 43 - Pannarano (BN)																	
DATI DEL CAMPIONE																						
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato					Prelievo del: 01-giu-18					Profondità, m: 6,00-6,50												
Data ricevimento campione: 01-giu-18					Data apertura campione: 05-giu-18					Data inizio prova: 05-giu-18												
DATI DEL CAMPIONE IN PROVA							ATTREZZATURA															
Peso Specifico dei Grani (Gt*) kN/m^3 26,63							Marca: MATEST Mod. S260															
Contenuto Naturale in Acqua % 16,66							Trasduttore di spostamento C 10															
DETERMINAZIONI																						
Anello Portaprovino n. L										CELLA ALLAGATA												
Ø interno Anello, cm 5,06			Altezza Anello, cm 2,00			Massa Anello+Campione, g 142,47																
Massa Anello, g 66,87			Area Base Anello, cm ² 20,11			Massa Campione, g 75,60																
Peso Volume Naturale, kN/m^3 18,80			PRIMA DOPO Δ 22,77 3,97			Contenitore, n G2																
Peso Volume Secco, kN/m^3 16,11			19,36 3,75			Massa Contenitore, g 20,90																
Indice dei Vuoti 0,652			0,3+1 -0,312			Massa Cont+Terra Umida, g 92,36			w %													
Altezza Solidi, cm 1,210						Massa Cont+Terra Secca, g 83,23			14,65													
DATI della PROVA																						
Tempi	15"	30"	1'	2'	4'	8'	15'	30'	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	2H ^Δ							
	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	15,00	30,00	60,00	120,00	240,00	480,00	720,00	1440,00								
Misure al Comparatore Centesimale																						
kPa															cm							
25	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	1,9900							
50	16	16	17	17	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	1,9780							
100	32	33	33	34	35	36	37	38	39	41	42	43	44	45	1,9550							
200	66	67	68	70	72	74	76	78	80	82	83	84	85	86	1,9140							
400	128	130	132	135	139	143	147	150	152	155	157	158	159	160	1,8400							
800	215	216	217	219	221	223	226	229	232	235	237	238	239	240	1,7600							
1600	320	321	322	324	327	331	335	338	342	345	347	348	349	349	1,6510							
400	344	342	338	336	335	334	333	332	330	328	327	326	325	323	1,6770							
100	318	316	315	314	313	312	311	310	308	305	303	299	297	291	1,7090							
25	289	287	285	283	281	279	277	275	273	269	267	264	262	260	1,7400							
FASE DI CARICO	Pressioni Applicate		kPa		0		25		50		100		200		400		800		1600			
	Altezza Campione		2H ^Δ		cm		2,000		1,990		1,978		1,955		1,914		1,840		1,760		1,651	
	Altezza Vuoti		cm		0,790		0,780		0,768		0,745		0,704		0,630		0,550		0,441			
	Indice Vuoti		e		0,652		0,644		0,634		0,615		0,581		0,520		0,454		0,364			
	Indice di Compressibilità		Cc						0,033		0,063		0,113		0,203		0,220		0,299			
	Modulo Edometrico		Ed		kN/m ²				4146		4300		4768		5173		9200		12917			
Consolidazione				%		0,503		1,112		2,302		4,493		8,696		13,636		21,139				
FASE DI SCARICO	Pressioni Applicate		kPa		400		100		25													
	Altezza Campione		2H ^Δ		cm		1,677		1,709		1,740											
	Altezza Vuoti		cm		0,467		0,499		0,530													
	Indice Vuoti		e		0,386		0,412		0,438													
	Indice di Rigonfiamento		Cs		0,036		0,044		0,043													
PROVA di PERMEABILITA'																						
Sezione Buretta		cm ²		0,44																		
Altezza Acqua Inizio Prova		cm																				
Altezza Acqua Fine Prova		cm																				
Intervallo di Tempo (ΔT)		s																				
Coefficiente di Permeabilità		cm/s																				
Carichi kPa				25		50		100		200		400		800		1600						
OSSERVAZIONI:																						

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Leonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

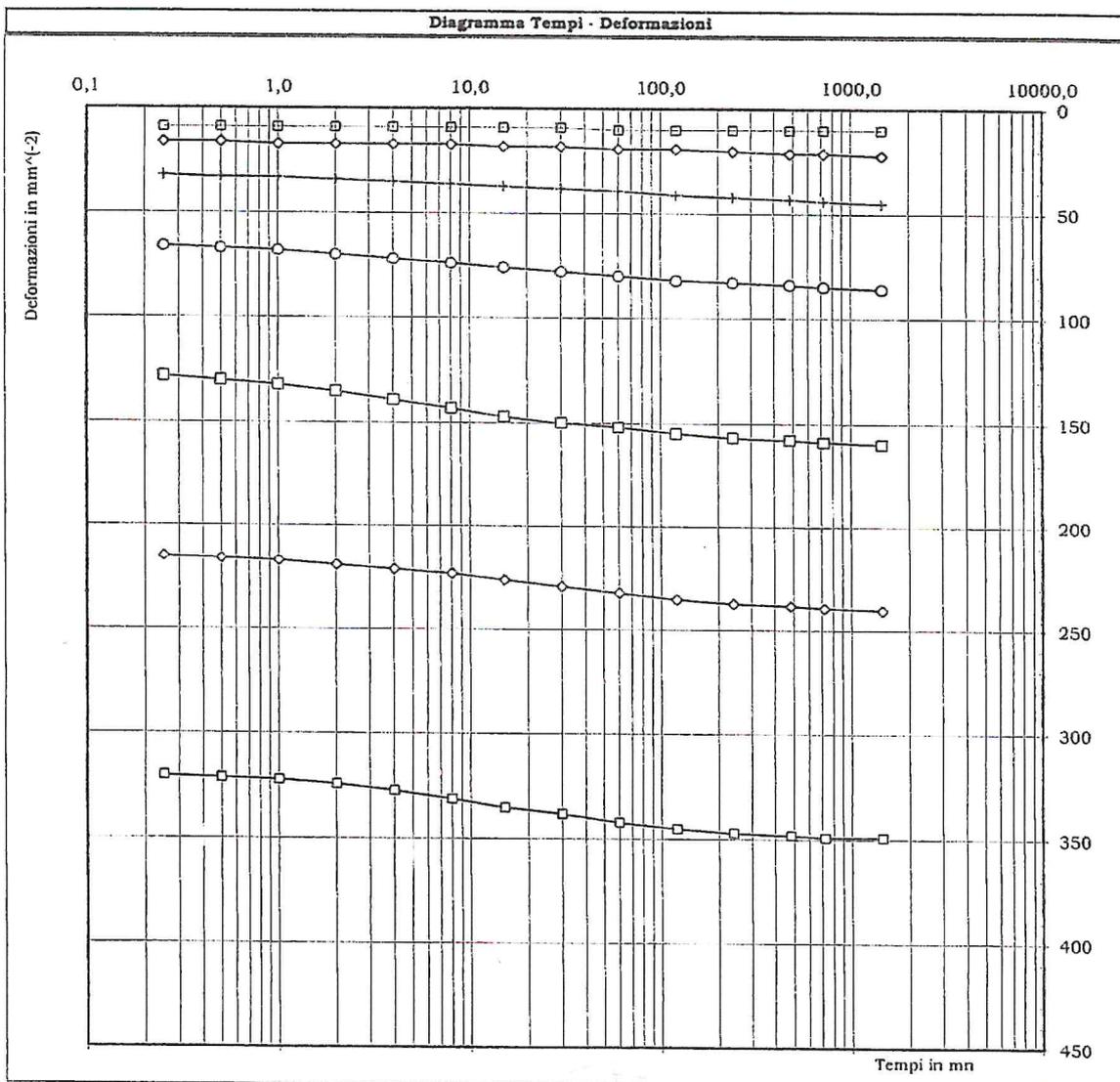
CERTIFICATI N. 356 del 21-giu-18

pag. 2/3

Mod. G.T-7.5.1.2.n.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto:	Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località:	SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C1 Indisturbato	Prelievo del:	01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18	Data apertura campione:	05-giu-18
		Profondità, m:	6,00-6,50
		Data inizio prova:	05-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso

PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

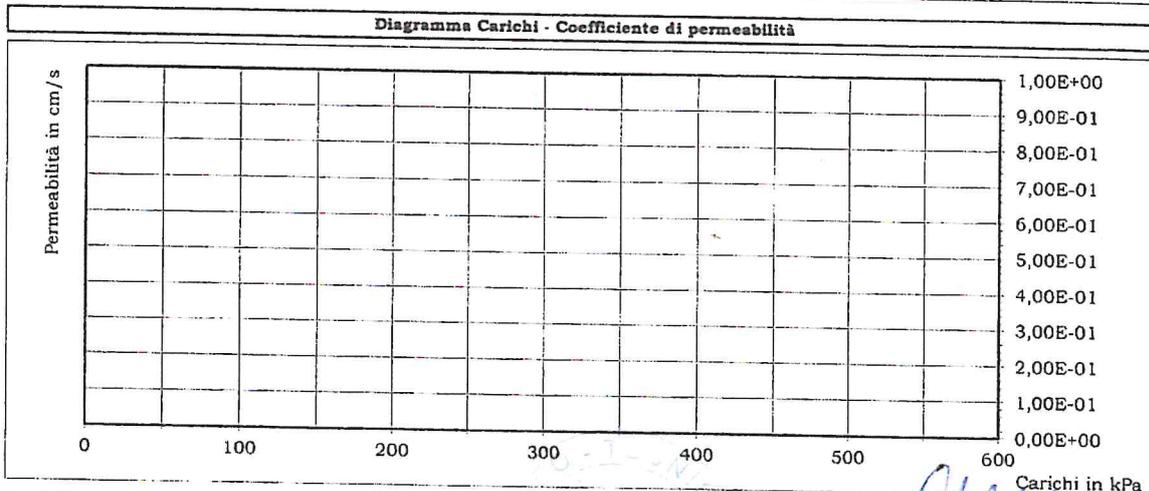
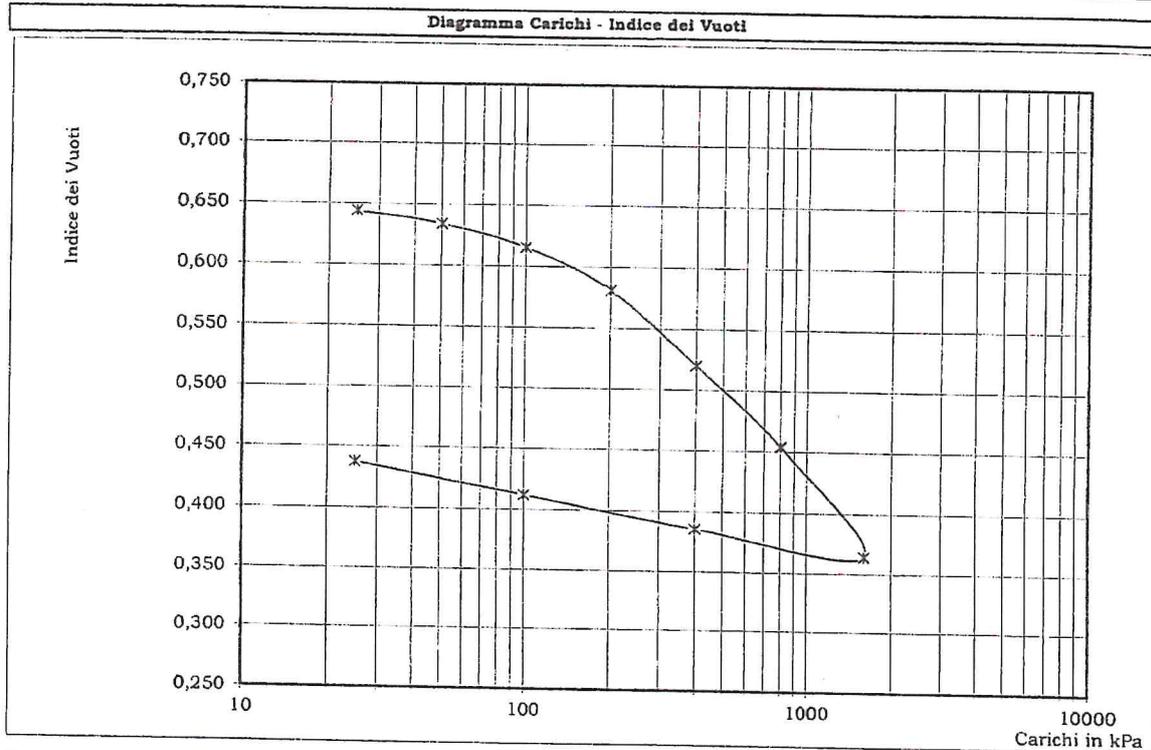
CERTIFICATI N. 356 del 21-giu-18

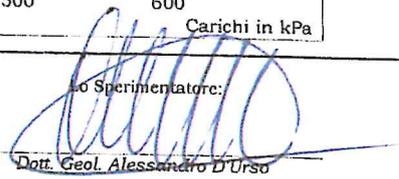
pag. 3/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto:	Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località:	SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C1 Indisturbato	Prelievo del:	01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18	Data apertura campione:	05-giu-18
		Profondità, m:	6,00-6,50
		Data inizio prova:	05-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di COMPRESIONE ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ASTM D 2166)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 357

del

21-giu-18

pag. 1/1

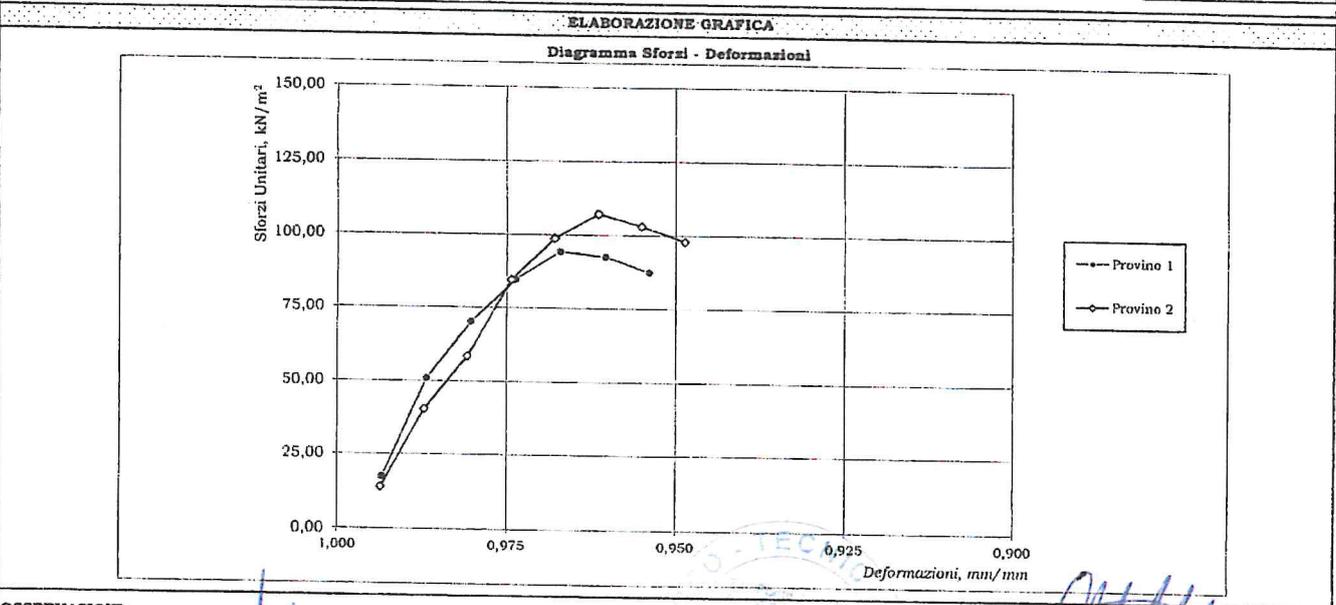
Mod. G.T.-7.5.1.2.d.C

DATI GENERALI			
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43		
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località: SP 43 - Pannarano (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 6,00-6,50
Data ricevimento campione: 01-giu-18		Data apertura campione: 05-giu-18	Data di prova: 05-giu-18
Velocità di prova, mm/min: 0,75	ATTREZZATURA: TECNOTEST Mod. TRI 15 - Anello dinamometrico da 3 kN n. 1452		

PROVINO, n.	DETERMINAZIONI	
	1	2
Massa Campione naturale, g	162,12	166,34
Altezza Campione, cm	7,60	7,80
Diametro Superiore, cm	3,80	3,80
Diametro Medio, cm	3,80	3,81
Diametro Inferiore, cm	3,81	3,81
Sezione Media, cm ²	11,36	11,38
Volume Campione, cm ³	86,34	88,77
Peso di Volume Naturale, kN/m ³	18,78	18,74
Massa Campione Secco, g	138,96	142,52
Umidità naturale, %	16,67	16,71
Peso di Volume Secco, kN/m ³	16,09	16,05

VALORI MEDI
18,76
16,69
16,07

DATI DELLA PROVA											
Lettura Anello Dinamometrico	15	44	61	74	83	82	78			PROVINO n. 1	
Lettura Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350				
Sforzi, N	20,06	58,83	81,56	98,94	110,97	109,63	104,29				
Deformazioni, mm/mm	0,993	0,987	0,980	0,974	0,967	0,961	0,954				
Area Corretta, cm ²	11,44	11,51	11,59	11,67	11,75	11,83	11,91			Sforzo massimo kN/m² 94,46	
Sforzi Unitari, kN/m ²	17,54	51,10	70,37	84,79	94,46	92,69	87,57				
Lettura Anello Dinamometrico	12	35	51	74	87	95	92	88			PROVINO n. 2
Lettura Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400			
Sforzi, N	16,04	46,80	68,19	98,94	116,32	127,02	123,00	117,66			
Deformazioni, mm/mm	0,994	0,987	0,981	0,974	0,968	0,962	0,955	0,949			
Area Corretta, cm ²	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,84	11,92	12,00		Sforzo massimo kN/m² 107,31	
Sforzi Unitari, kN/m ²	14,01	40,59	58,76	84,70	98,93	107,31	103,23	98,08			



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore: Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488) E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

pag. 1/1
rev. 1 del 11/01/2018

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto:	Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località:	SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18	Data apertura campione:	05-giu-18
		Profondità, m:	8,50-9,00
		Prelevato da:	Geo-Tecnica

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)	
Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø < 19,00 mm
Umidità:	MEDIO - BASSA
Consistenza:	4,3 kg/cm ² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	HUE 5 Y - 4/3 olive
Colore:	OLIVASTRO SCURO
Denominazione:	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO DEBOLMENTE GHIAIOSO
OSSERVAZIONI:	
	* Valore medio su 10 determinazioni
	con: 50±25 % Pass. ...oso: 25±15 % Pass. debolmente ...oso: 15±5 % Pass.

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE		CERTIFICATI N.
<input checked="" type="checkbox"/>	- COSTANTI FISICHE GENERALI	358
<input type="checkbox"/>	- LIMITI di ATTERBERG	
<input type="checkbox"/>	- ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
<input checked="" type="checkbox"/>	- ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	359
<input checked="" type="checkbox"/>	- TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	360
<input type="checkbox"/>	- TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
<input checked="" type="checkbox"/>	- PROVA EDOMETRICA	361
<input type="checkbox"/>	- PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
<input checked="" type="checkbox"/>	- PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	362
<input type="checkbox"/>	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
<input type="checkbox"/>	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
<input type="checkbox"/>	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
<input type="checkbox"/>	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
<input type="checkbox"/>	- PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
<input type="checkbox"/>	- DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
<input type="checkbox"/>	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
<input type="checkbox"/>	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
<input type="checkbox"/>	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
<input type="checkbox"/>	- PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
<input type="checkbox"/>	- PROVA CBR	

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI
(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 053 del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 358

del 21-giu-18

pag. 1/1

Mod. G.T. - 7.5.1.1.c/d/e.C

DATI GENERALI

Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla Località: SP 43 - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C2** Indisturbato Prelievo del: **01-giu-18** Profondità, m: **8,50-9,00**
Data ricevimento campione: 01-giu-18 Data apertura campione: 05-giu-18 Data di prova: 05-giu-18

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n) (ASTM D 2216)

DETERMINAZIONE, N	1	2	3	
Contenitore, n	Q2	U	Q1	
Massa Contenitore, g	20,86	19,00	20,89	
Massa Cont + Terra Umida, g	69,38	68,09	61,13	
Massa Cont + Terra Secca, g	64,19	62,81	56,80	
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n), %	11,98%	12,05%	12,06%	12,03%

PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) (BS 1377 T15)

DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	T	M	
Massa Volumometro, g	59,64	65,16	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	136,17	141,11	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	19,03	18,88	18,96
PESO di VOLUME SECCO (γ_s), kN/m³			16,92

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)

DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	408	357	
Massa Campione Secco, g	15,05	15,06	Temperatura, °C
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	89,99	90,39	22
Massa Picnometro + Acqua, g	80,58	80,98	
Fattore di Correzione, k	0,9978	0,9978	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,63	26,60	26,61

GRANDEZZE INDICI

• INDICE dei VUOTI (e^*)	0,573
• POROSITA' (n), %	36,42
• GRADO di SATURAZIONE (S_r)	55,89%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m³	20,56

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 359

del 21-giu-18

pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI	
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località: SP 43 - Pannarano (BN)

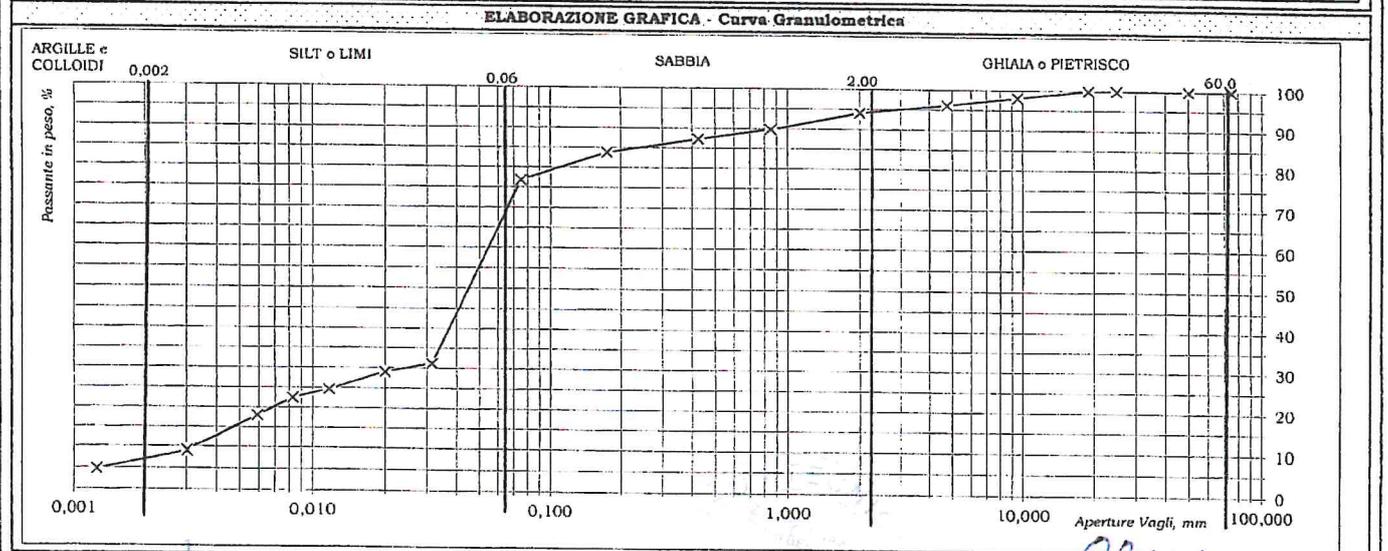
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C2	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 8,50-9,00
Data ricevimento campione: 01-giu-18		Data apertura campione: 05-giu-18	Data di prova: 07-giu-18

DETERMINAZIONI DI PROVA	Massa Contenitore, g	103,72					
	Massa Cont. + Campione secco, g	576,40					
	Massa Campione secco, g	472,68					
	ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)						
VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	8,90	9,07	9,80
% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,9	2,1
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	98,1	96,2	94,1

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)									
ANALISI DENSITOMETRICA									
Massa Contenitore, g	105,62	Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Massa Cont. + Campione secco, g	155,85	Lettura Densimetro, R	1,0160	1,0150	1,0130	1,0120	1,0100	1,0050	1,0010
Massa Campione secco, g	50,23	Correzione per T°, ΔR	-0,0040						
Peso Specifico del Passante al # 10, kN/m³	26,61	Lettura Corretta, R°	1,0120	1,0110	1,0090	1,0080	1,0060	1,0020	1,0000
Temperatura di prova T°, C°	22	Profondità Lettura, L in mm	171,85	173,85	177,85	179,85	183,85	191,85	195,85
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml	0,9978	Ø equivalente dei grani, mm	0,0314	0,0199	0,0116	0,0083	0,0059	0,0030	0,0012
Coef. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise	0,0096	% Passante	31,2	29,0	24,6	22,4	18,1	9,3	4,9

ANALISI MECCANICA						
VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN	Fattore riduzione massa campione, FR
Apertura in mm	0,850	0,425	0,175	0,075	=	
Ritenuto, g	2,24	1,36	1,91	3,75	40,97	Riscontro, g
Passante, g	47,99	46,63	44,72	40,97	=	
% Passante	89,9	87,4	83,8	76,8	=	0,00

ESITI	GHIAIE/PIETRISCO % 5,9	SABBIA % 17,4	SILT e LIMI % 70,4	ARGILLE E COLLOIDI % 6,4
	Grossa Media Fine	Grossa Fine	DENOMINAZIONE: LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO DEBOLMENTE GHIAIOSO	
	0,0 1,9 4,0	6,7 10,6		



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio: *[Signature]*
 Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Specificatore: *[Signature]*
 Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 360

del 21-giu-18

pag. 1/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI																		
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla				Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43														
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla				Località: SP 43 - Pannarano (BN)														
DATI DEL CAMPIONE																		
Identificativo campione: S1C2 Indisturbato				Prelievo del: 01-giu-18				Profondità, m: 8,50-9,00										
Data ricevimento campione: 01-giu-18				Data apertura campione: 05-giu-18				Data inizio prova: 08-giu-18										
TIPO DI PROVA: Lenta: SI			Consolidata: SI			ATTREZZATURA: Matest - Anello Belladonna 3326 da 2000 N						Fattore di conversione: 2,4235						
DATI DEL CAMPIONE IN PROVA						SCATOLA DI TAGLIO												
Peso Specifico dei Grani (Gt*)			kN/m ³ 26,61			Lato Fustella, cm			6,03			Altezza Fustella, cm			2,33			
Contenuto Naturale in Acqua (media)			% 12,03%			Velocità di taglio, mm/mn			0,008			Sezione Fustella, cm ²			36,36			
DETERMINAZIONI																		
PROVINO		n	1			2			3									
Fustella Portacampione		n	D			E			F									
Massa Fustella		g	131,56			145,87			145,99									
Massa Fustella + Campione		g	291,76			305,92			306,25									
Massa Campione		g	160,20			160,05			160,26									
			PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ							
Peso di Volume Naturale		kN/m ³	18,91	19,09	0,18	18,89	19,37	0,48	18,92	19,75	0,83							
Peso di Volume Secco		kN/m ³	16,88	17,04	0,16	16,86	17,29	0,43	16,89	17,63	0,74							
Indice dei Vuoti			0,577	0,562	-0,01	0,578	0,539	-0,04	0,576	0,510	-0,07							
Altezza Solidi		cm	1,654			1,652			1,654									
PROVINO n. 1		SFORZO NORMALE, kN/m ² : 100,0																
Cedimenti, cm		0,022	Altezza Finale, cm							2,308			Consolidazione, %			0,95		
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360					
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9									
Lettura anello dinamometrico		21	39	63	80	91	94	92	88									
Comparatore Vert., mm		0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21									
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²		13,9	25,7	41,6	52,8	60,1	62,1	60,7	58,1									
PROVINO n. 2		SFORZO NORMALE, kN/m ² : 200,0																
Cedimenti, cm		0,058	Altezza Finale, cm							2,272			Consolidazione, %			2,55		
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360					
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2								
Lettura anello dinamometrico		41	66	97	119	141	155	159	158	154								
Comparatore Vert., mm		0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57								
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²		27,1	43,6	64,0	78,6	93,1	102,3	105,0	104,3	101,7								
PROVINO n. 3		SFORZO NORMALE, kN/m ² : 300,0																
Cedimenti, cm		0,098	Altezza Finale, cm							2,232			Consolidazione, %			4,39		
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360					
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6						
Lettura anello dinamometrico		65	92	123	145	174	198	214	221	223	220	218						
Comparatore Vert., mm		0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97						
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²		42,9	60,7	81,2	95,7	114,9	130,7	141,3	145,9	147,2	145,2	143,9						
RIEPILOGO																		
			SFORZI, kN/m ²															
Provini			Normali					di Taglio										
3			300,0					147,2										
2			200,0					105,0										
1			100,0					62,1										
OSSERVAZIONI:																		

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso

PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 360

del 21-giu-18

pag. 2/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla Località: SP 43 - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C2** Indisturbato Prelievo del: **01-giu-18** Profondità, m: **8,50-9,00**
Data ricevimento campione: **01-giu-18** Data apertura campione: **05-giu-18** Data inizio prova: **08-giu-18**

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

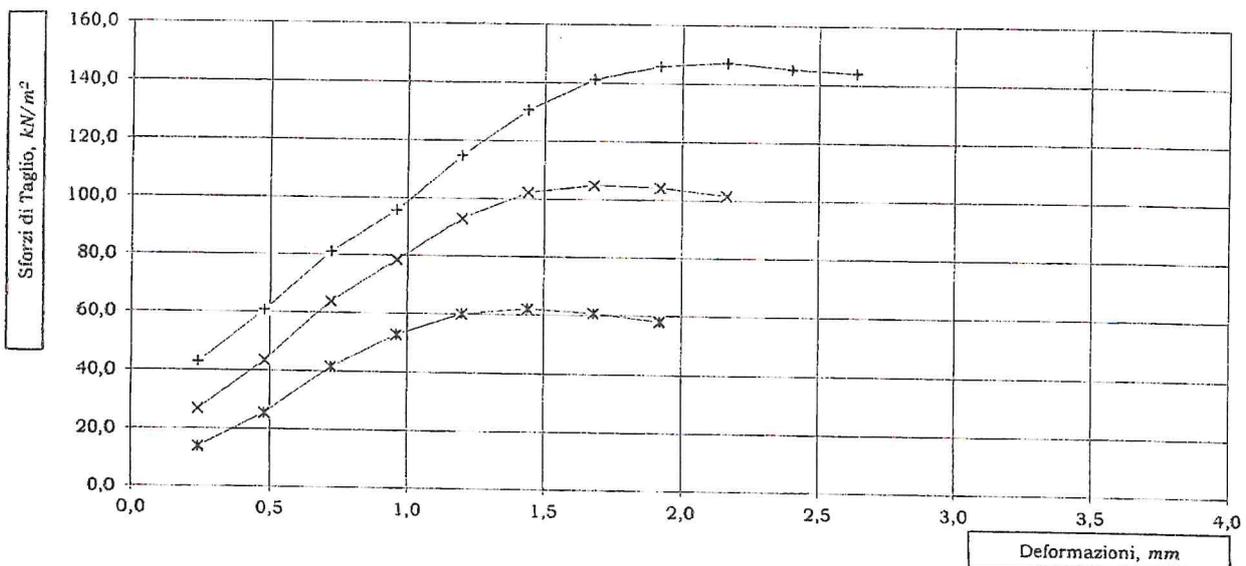
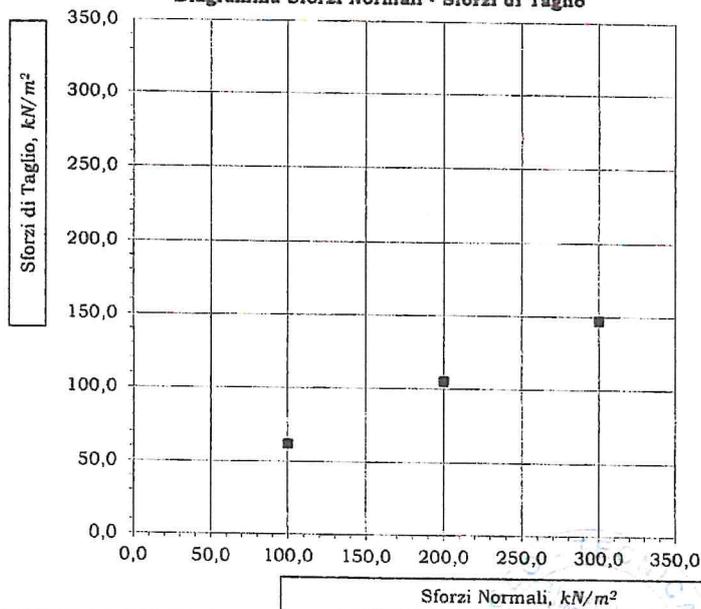


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di COMPRESIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA' (ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053

del 4-giu-18

CERTIFICATI N. 361

del 21-giu-18

pag. 1/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla		Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla		Località: SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18		Data apertura campione: 05-giu-18
			Profondità, m: 8,50-9,00
			Data inizio prova: 05-giu-18

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA		ATTREZZATURA	
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m ³ 26,61	Marca:	CONTROLS Mod. T302
Contenuto Naturale in Acqua	% 12,03	Trasduttore di spostamento	CH 01

DETERMINAZIONI				
Anello Portaprovino n.		T		CELLA ALLAGATA
Ø interno Anello, cm	5,06	Altezza Anello, cm	2,00	
Massa Anello, g	59,64	Area Base Anello, cm ²	20,11	Massa Anello+Campione, g 136,17
				Massa Campione, g 76,53
		PRIMA	DOPO	Δ
Peso Volume Naturale, kN/m ³		19,03	22,41	3,39
Peso Volume Secco, kN/m ³		16,99	20,02	3,03
Indice dei Vuoti		0,567	0,329	-0,237
Altezza Solidi, cm		1,277		
		CONTENUTO in ACQUA DOPO PROVA		
		Contenitore, n	w	
		Massa Contenitore, g	17,31	
		Massa Cont+Terra Umida, g	93,11	
		Massa Cont+Terra Secca, g	85,01	
			w % 11,96	

DATI della PROVA															
Tempi	15"	30"	1'	2'	4'	8'	15'	30'	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	2H [^]
	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	15,00	30,00	60,00	120,00	240,00	480,00	720,00	1440,00	
Misure al Comparatore Centesimale															
															cm
25	1	2	2	3	3	3	3	4	5	6	6	7	8	8	1,9920
50	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	1,9746
100	42	43	44	45	46	48	50	52	53	54	55	56	57	57	1,9429
200	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	94	95	96	96	1,9039
400	145	147	149	152	155	158	161	164	166	168	169	170	171	171	1,8290
800	204	206	209	213	218	223	226	229	232	234	235	236	237	237	1,7630
1600	264	265	267	271	275	280	284	288	291	295	299	301	302	302	1,6979
400	300	299	298	297	296	295	294	294	293	292	291	289	286	284	1,7160
100	273	271	270	268	266	264	261	258	256	253	251	249	247	245	1,7550
25	236	234	231	229	227	224	221	219	216	213	210	207	203	201	1,7990

FASE DI CARICO	Pressioni Applicate		kPa	0	25	50	100	200	400	800	1600
	Altezza Campione	2H [^]	cm	2,000	1,992	1,975	1,943	1,904	1,829	1,763	1,698
Altezza Vuoti		cm	0,723	0,715	0,698	0,666	0,627	0,552	0,486	0,421	
Indice Vuoti	e		0,567	0,560	0,547	0,522	0,491	0,433	0,381	0,330	
Indice di Compressibilità	Cc				0,045	0,082	0,102	0,195	0,172	0,169	
Modulo Edometrico	Ed	kN/m ²			2864	3116	4973	5086	11085	21678	
Consolidazione		%		0,402	1,286	2,937	5,050	9,349	13,443	17,790	

FASE DI SCARICO	Pressioni Applicate		kPa	400	100	25
	Altezza Campione	2H [^]	cm		1,716	1,755
Altezza Vuoti		cm		0,439	0,478	0,522
Indice Vuoti	e			0,344	0,375	0,409
Indice di Rigonfiamento	Cs			0,023	0,051	0,057

PROVA di PERMEABILITA'							
Sezione Buretta	cm ²	0,44					
Altezza Acqua Inizio Prova	cm						
Altezza Acqua Fine Prova	cm						
Intervallo di Tempo (ΔT)	s						
Coefficiente di Permeabilità	cm/s						
Carichi kPa		25	50	100	200	400	800

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

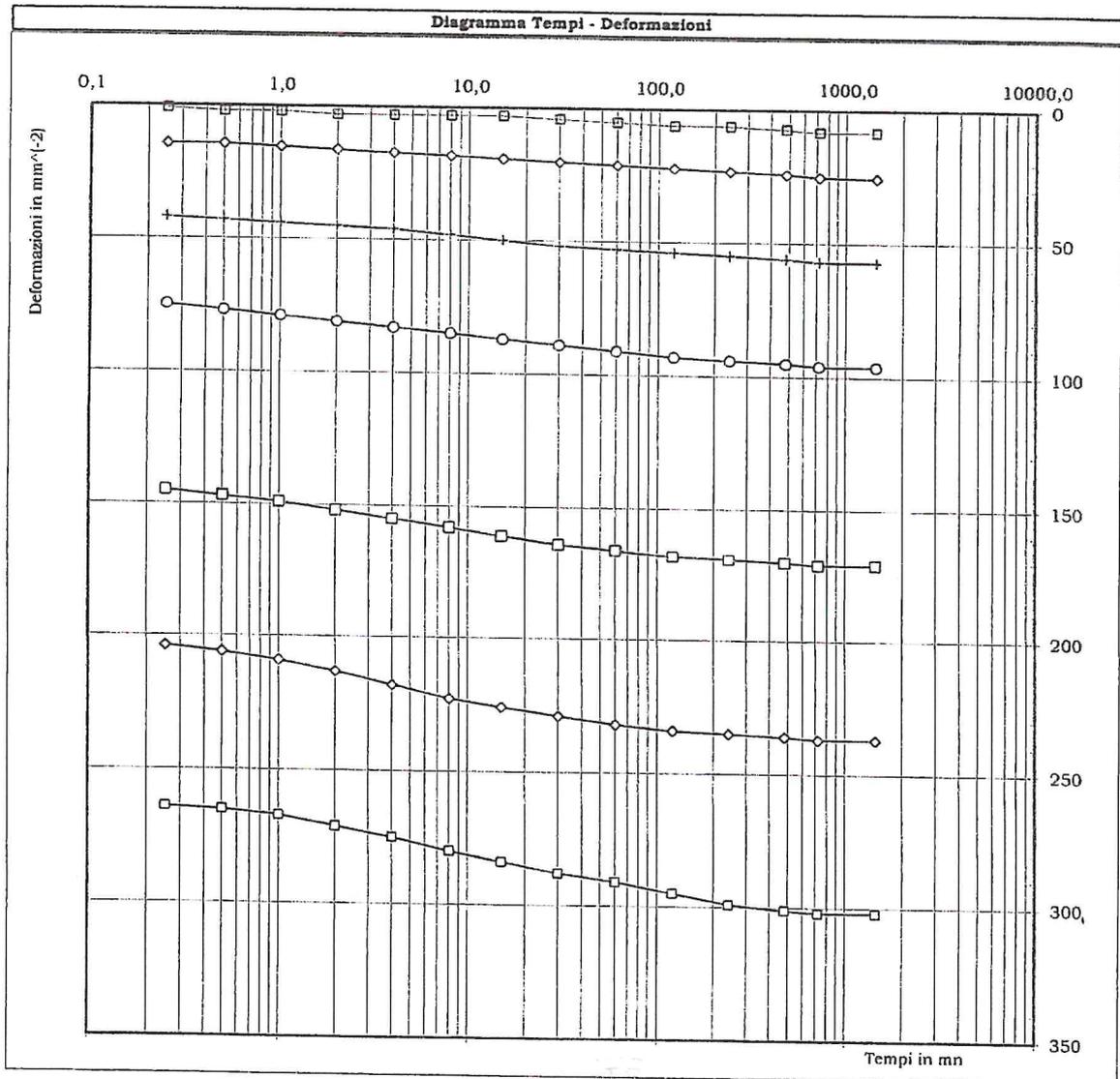
CERTIFICATI N. 361 del 21-giu-18

pag. 2/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto:	Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località:	SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2 Indisturbato	Prelievo del:	01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18	Data apertura campione:	05-giu-18
		Profondità, m:	8,50-9,00
		Data inizio prova:	05-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA




 Lo Sperimentatore:
 Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

CERTIFICATI N. 361 del 21-giu-18

pag. 3/3

Mod. G.T-7.5.1.2.a.p C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto:	Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località:	SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2 Indisturbato	Prelievo del:	01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18	Data apertura campione:	05-giu-18
		Profondità, m:	8,50-9,00
		Data inizio prova:	05-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Carichi - indice dei Vuoti

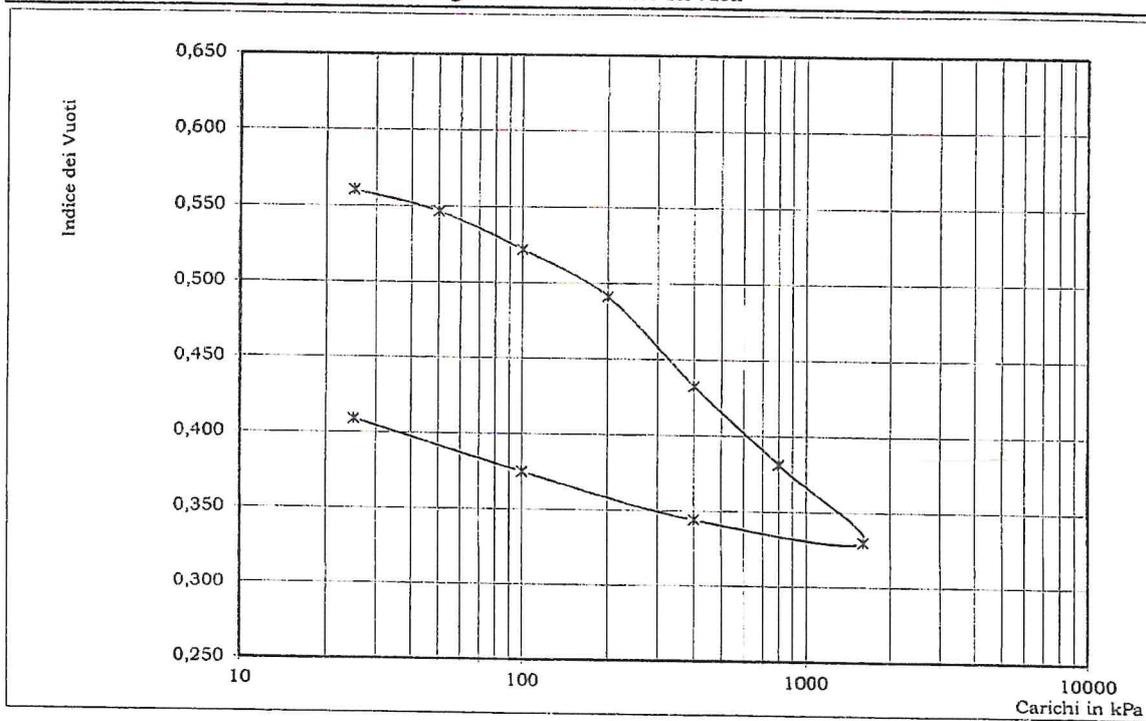
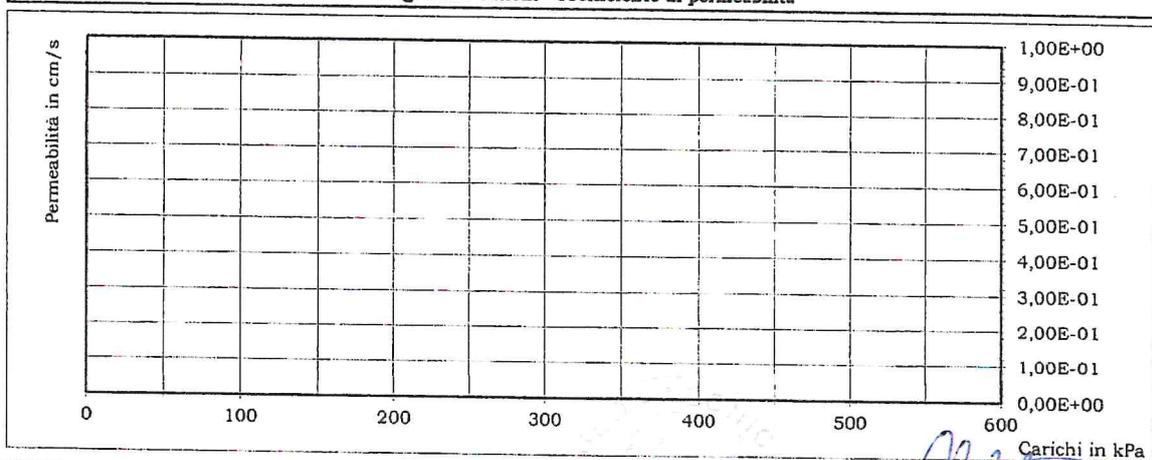


Diagramma Carichi - Coefficiente di permeabilità



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di COMPRESSIONE ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ASTM D 2166)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 362

del

21-giu-18

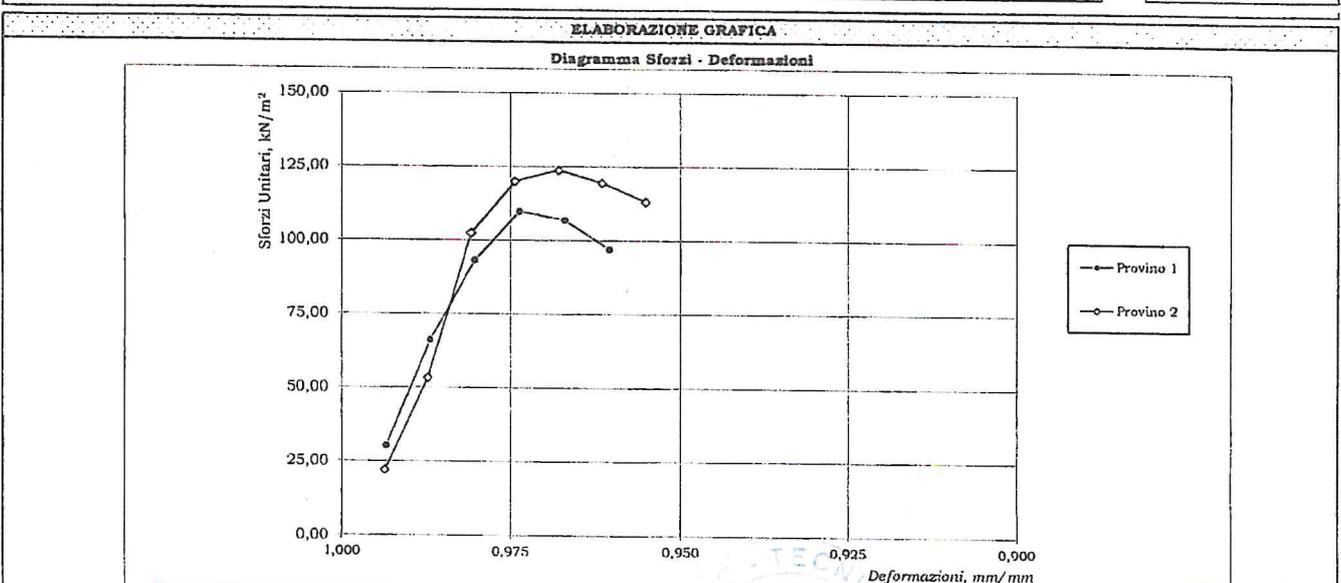
pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.2.d.C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott. re Geol. Giuseppe Solla		
Richiedente:	Dott. re Geol. Giuseppe Solla		
Progetto:		Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43	
Località:		SP 43 - Pannarano (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18		Profondità, m: 8,50-9,00
		Data apertura campione:	05-giu-18
			Data di prova: 05-giu-18
Velocità di prova, mm/mn	0,85	ATTREZZATURA: TECNOTEST Mod. TR115 - Anello dinamometrico da 3 kN n. 1452	

DETERMINAZIONI			
PROVINO, n.	1	2	
Massa Campione naturale, g	163,52	168,48	
Altezza Campione, cm	7,60	7,80	
Diametro Superiore, cm	3,81	3,81	
Diametro Medio, cm	3,80	3,81	
Diametro Inferiore, cm	3,80	3,80	
Sezione Media, cm ²	11,36	11,38	
Volume Campione, cm ³	86,34	88,77	
Peso di Volume Naturale, kN/m ³	18,94	18,98	
Massa Campione Secco, g	146,03	150,38	
Umidità naturale, %	11,98	12,04	
Peso di Volume Secco, kN/m ³	16,91	16,94	
			VALORI MEDI
			18,96
			12,01
			16,93

DATI DELLA PROVA										
Letture Anello Dinamometrico	26	57	81	96	94	86				
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300				
Sforzi, N	34,76	76,21	108,30	128,35	125,68	114,98				
Deformazioni, mm/mm	0,993	0,987	0,980	0,974	0,967	0,961				
Area Corretta, cm ²	11,44	11,51	11,59	11,67	11,75	11,83				
Sforzi Unitari, kN/m ²	30,40	66,20	93,44	110,00	106,98	97,21				
Letture Anello Dinamometrico	19	46	89	105	109	106	101			
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350			
Sforzi, N	25,40	61,50	118,99	140,39	145,73	141,72	135,04			
Deformazioni, mm/mm	0,994	0,987	0,981	0,974	0,968	0,962	0,955			
Area Corretta, cm ²	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,84	11,92			
Sforzi Unitari, kN/m ²	22,18	53,35	102,54	120,19	123,95	119,74	113,33			
									PROVINO n. 1	
									Sforzo massimo kN/m ²	110,00
									PROVINO n. 2	
									Sforzo massimo kN/m ²	123,95



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:
Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:
Dott. Geol. Alessandro D'Urso



APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488) E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

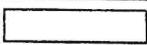
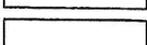
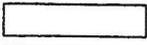
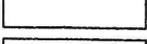
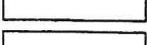
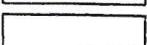
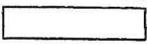
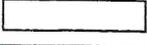
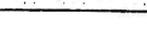
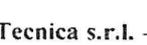
pag. 1/1
rev. 1 del 11/01/2018

DATI GENERALI			
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43		
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località: SP 43 - Pannarano (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S2C1	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 3,00-3,50
Data ricevimento campione: 01-giu-18	Data apertura campione: 06-giu-18		Prelevato da: Geo-Tecnica

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)

Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø < 19,00 mm
Umidità:	MEDIO - ALTA
Consistenza:	2,5 kg/cm ² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	HUE 5 Y - 4/4 olive
Colore:	OLIVASTRO VARIEGATO
Denominazione:	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO DEBOLMENTE GHIAIOSO
OSSERVAZIONI:	Presenza di inclusi calcarei a spigoli vivi
	* Valore medio su 10 determinazioni
con: 50+25 %Pass.oso: 25+15 %Pass.debolmenteoso: 15+5 % Pass.	

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

	CERTIFICATI N.
 - COSTANTI FISICHE GENERALI	363
 - LIMITI di ATTERBERG	
 - ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
 - ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	364
 - TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	365
 - TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
 - PROVA EDOMETRICA	366
 - PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
 - PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	
 - PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
 - PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
 - PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
 - PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
 - PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
 - DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
 - DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
 - DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
 - DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
 - PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
 - PROVA CBR	

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI (ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 053 del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 363

del 21-giu-18

pag. 1/1

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI			
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43		
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località: SP 43 - Pannarano (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S2C1 Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 3,00-3,50	
Data ricevimento campione: 01-giu-18	Data apertura campione: 06-giu-18	Data di prova: 06-giu-18	

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W _n) (ASTM D 2216)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	3
Contenitore, n	N1	A2	D3
Massa Contenitore, g	20,86	20,72	21,32
Massa Cont + Terra Umida, g	60,48	60,74	59,11
Massa Cont + Terra Secca, g	52,92	53,12	51,93
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	23,58%	23,52%	23,46%
			23,52%

PESO di VOLUME NATURALE (γ _n) (BS 1377 T15)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	R	N	
Massa Volumometro, g	66,87	65,22	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	136,06	134,69	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	17,20	17,27	17,24
			PESO di VOLUME SECCO (γ_s), kN/m³
			13,96

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	IV	391	
Massa Campione Secco, g	15,03	15,07	Temperatura, °C
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	86,89	90,33	
Massa Picnometro + Acqua, g	77,49	80,90	
Fattore di Correzione, k	0,9978	0,9978	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,64	26,66	26,65

GRANDEZZE INDICI	
• INDICE dei VUOTI (e')	0,910
• POROSITA' (n), %	47,63
• GRADO di SATURAZIONE (S _r)	68,90%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ _{sat}), kN/m ³	18,72

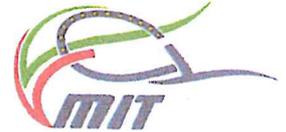
OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 364

del 21-giu-18

pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI

Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla

Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Località: SP 43 - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: S2C1 Indisturbato
Data ricevimento campione: 01-giu-18

Prelievo del: 01-giu-18

Profondità, m: 3,00-3,50

Data apertura campione: 06-giu-18

Data di prova: 07-giu-18

DETERMINAZIONI DI PROVA

Massa Contenitore, g 105,38
Massa Cont. + Campione secco, g 546,60
Massa Campione secco, g 441,22

ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)

VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	15,02	10,15	6,95
% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	2,3	1,6
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	96,6	94,3	92,7

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)

ANALISI DENSITOMETRICA

Massa Contenitore, g 105,25
Massa Cont. + Campione secco, g 155,81
Massa Campione secco, g 50,56
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³ 26,65
Temperatura di prova T°, C° 22
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml 0,9978
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise 0,0096

Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Lettura Densimetro, R	1,0150	1,0140	1,0130	1,0125	1,0110	1,0090	1,0075
Correzione per T°, ΔR	-0,0040						
Lettura Corretta, R°	1,0110	1,0100	1,0090	1,0085	1,0070	1,0050	1,0035
Profondità Lettura, L in mm	173,85	175,85	177,85	178,85	181,85	185,85	188,85
Ø equivalente dei grani, mm	0,0315	0,0200	0,0116	0,0083	0,0059	0,0030	0,0012
% Passante	29,3	27,1	24,9	23,7	20,4	16,0	12,7

ANALISI MECCANICA

VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN
Apertura in mm	0,850	0,425	0,175	0,075	-
Ritenuto, g	1,50	1,38	3,60	3,91	40,17
Passante, g	49,06	47,68	44,08	40,17	-
% Passante	90,0	87,4	80,8	73,7	-

Fattore riduzione
massa campione, FR 0,927

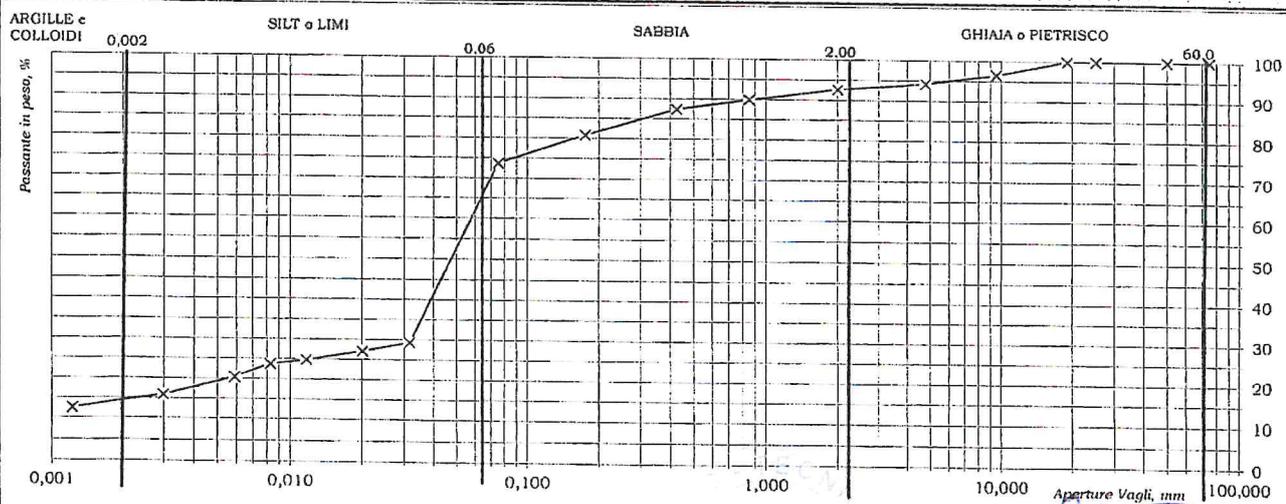
Riscontro, g 0,00

ESITI

GHIAIE/PIETRISCO %	7,3	SABBIA %	19,1	SILT e LIMI %	59,6	ARGILLE E COLLOIDI %	14,0
Grossa	0,0	Media	3,4	Fine	3,9	Grossa	5,3
						Fine	13,8

DENOMINAZIONE: LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO DEBOLMENTE GHIAIOSO

ELABORAZIONE GRAFICA - Curva Granulometrica



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 365

del 21-giu-18

pag. 1/2

Mod. G.T-7.5.1.2.b C

DATI GENERALI			
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla		Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43	
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla		Località: SP 43 - Pannarano (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S2C1	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-18	Profondità, m: 3,00-3,50
Data ricevimento campione: 01-giu-18		Data apertura campione: 06-giu-18	Data inizio prova: 11-giu-18
TIPO DI PROVA: Lenta: SI	Consolidata: SI	ATTREZZATURA: Controls - Cella Dinamometrica REP TCE 350 Matr. N° 1223	
			Fattore di conversione: 1

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA			SCATOLA DI TAGLIO			
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m^3	26,65	Lato Fustella, cm	6,02	Altezza Fustella, cm	3,05
Contenuto Naturale in Acqua (media)	%	23,52%	Velocità di taglio, mm/mn	0,009	Sezione Fustella, cm ²	36,24

DETERMINAZIONI												
PROVINO	n	1			2			3				
		G	H	I	H	I	I	I	I			
Fustella Portacampione	n											
Massa Fustella	g	165,92			101,35				102,78			
Massa Fustella + Campione	g	356,85			291,68				293,76			
Massa Campione	g	190,93			190,33				190,98			
		PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ		
Peso di Volume Naturale	kN/m^3	17,27	17,53	0,25	17,22	17,69	0,48	17,28	18,20	0,92		
Peso di Volume Secco	kN/m^3	13,98	14,19	0,20	13,94	14,33	0,39	13,99	14,73	0,74		
Indice dei Vuoti		0,906	0,878	-0,03	0,912	0,860	-0,05	0,905	0,809	-0,10		
Altezza Solidi	cm	1,972			1,966			1,973				

PROVINO n. 1													
Cedimenti, cm	0,044	Altezza Finale, cm									3,006	SFORZO NORMALE, kN/m^2 :	50,0
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	
Spostamenti Cella, mm	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2					
Lettura cella dinamometrica	21	35	54	78	94	101	98	92					
Trasduttore Vert., mm	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42					
SFORZI di TAGLIO, kN/m^2	5,7	9,5	14,7	21,2	25,6	27,5	26,7	25,1					

PROVINO n. 2													
Cedimenti, cm	0,082	Altezza Finale, cm									2,968	SFORZO NORMALE, kN/m^2 :	100,0
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	
Spostamenti Cella, mm	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,4				
Lettura cella dinamometrica	41	63	84	110	137	156	162	161	159				
Trasduttore Vert., mm	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81				
SFORZI di TAGLIO, kN/m^2	11,2	17,2	22,9	30,0	37,3	42,5	44,1	43,9	43,3				

PROVINO n. 3													
Cedimenti, cm	0,154	Altezza Finale, cm									2,896	SFORZO NORMALE, kN/m^2 :	200,0
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	
Spostamenti Cella, mm	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0		
Lettura cella dinamometrica	78	108	148	184	224	254	274	284	289	287	285		
Trasduttore Vert., mm	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,53	1,53		
SFORZI di TAGLIO, kN/m^2	21,2	29,4	40,3	50,1	61,0	69,2	74,6	77,4	78,7	78,2	77,6		

RIEPILOGO

Provini	SFORZI, kN/m^2	
	Normali	di Taglio
3	200,0	78,7
2	100,0	44,1
1	50,0	27,5

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 053

del 04-giu-18

CERTIFICATI N. 365

del 21-giu-18

pag. 2/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla

Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43

Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla

Località: SP 43 - Pannarano (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: S2C1 Indisturbato

Prelievo del: 01-giu-18

Profondità, m: 3,00-3,50

Data ricevimento campione: 01-giu-18

Data apertura campione: 06-giu-18

Data inizio prova: 11-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

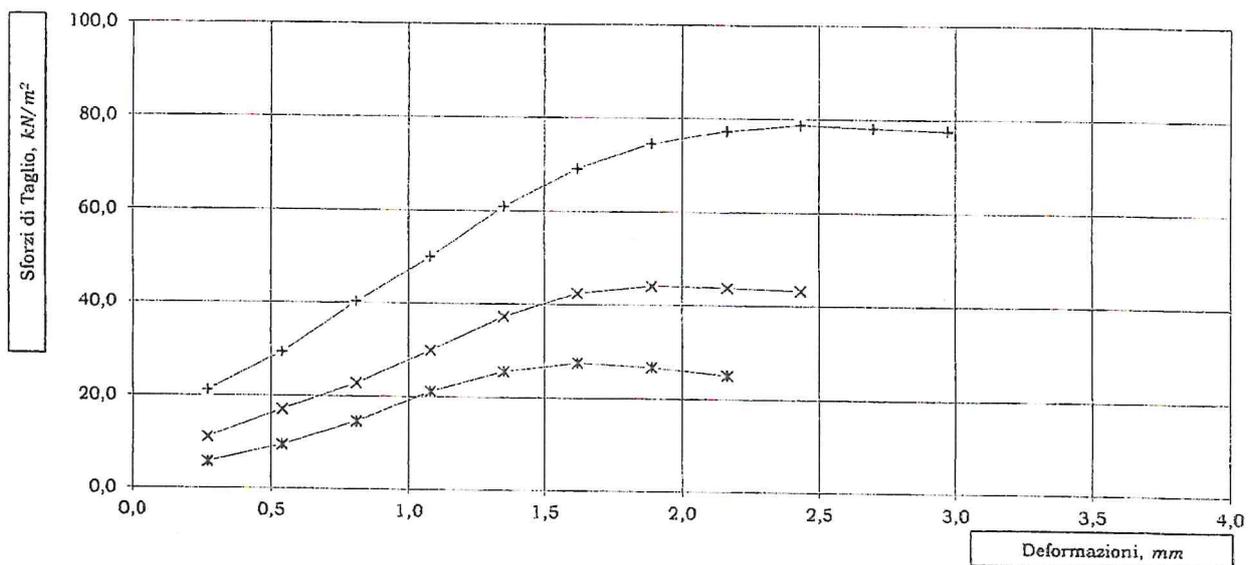
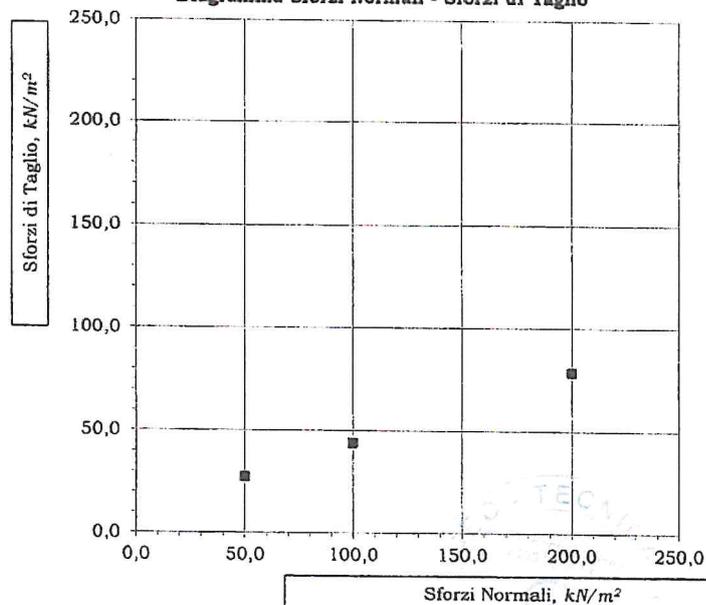


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

CERTIFICATI N. 366 del 21-giu-18

pag. 1/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI																						
Committente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla				Progetto: Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43																		
Richiedente: Dott.re Geol. Giuseppe Solla				Località: SP 43 - Pannarano (BN)																		
DATI DEL CAMPIONE																						
Identificativo campione: S2C1 Indisturbato				Prelievo del: 01-giu-18				Profondità, m: 3,00-3,50														
Data ricevimento campione: 01-giu-18				Data apertura campione: 06-giu-18				Data inizio prova: 06-giu-18														
DATI DEL CAMPIONE IN PROVA							ATTREZZATURA															
Peso Specifico dei Grani (Gt*)		kN/m ³		26,65		Marca:		TECNOTEST Mod. T663/020														
Contenuto Naturale in Acqua		%		23,52		Trasduttore di spostamento		CH 04														
DETERMINAZIONI																						
Anello Portaprovino n. R								CELLA ALLAGATA														
Ø interno Anello, cm		5,06		Altezza Anello, cm		2,00		Massa Anello+Campione, g		136,06												
Massa Anello, g		66,87		Area Base Anello, cm ²		20,11		Massa Campione, g		69,19												
Peso Volume Naturale, kN/m ³		PRIMA		DOPO		Δ		CONTENUTO in ACQUA DOPO PROVA														
		17,20		22,73		5,52		Contenitore, n		F2												
Peso Volume Secco, kN/m ³		13,93		18,90		4,97		Massa Contenitore, g		20,72												
Indice dei Vuoti		0,913		0,410		-0,504		Massa Cont+Terra Umida, g		85,21		w %										
Altezza Solidi, cm		1,045						Massa Cont+Terra Secca, g		74,36		20,23										
DATI della PROVA																						
Tempi	15"	30"	1'	2'	4'	8'	15'	30'	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	2H ^Δ							
	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	15,00	30,00	60,00	120,00	240,00	480,00	720,00	1440,00								
Misure al Comparatore Centesimale																						
kPa	cm																					
25	15	16	18	21	23	25	27	29	31	32	34	35	35	36	1,9641							
50	40	41	42	44	47	50	53	56	57	59	60	61	61	62	1,9377							
100	72	73	76	79	83	88	92	95	98	100	101	102	103	103	1,8970							
200	115	116	120	124	129	135	141	145	148	151	153	155	156	157	1,8430							
400	170	172	176	181	189	197	203	209	215	220	223	225	225	226	1,7743							
800	246	249	255	264	273	282	293	303	311	318	322	324	325	325	1,6749							
1600	366	374	382	392	406	422	433	445	459	469	476	481	483	486	1,5140							
400	485	484	484	483	483	482	482	481	481	480	479	478	477	476	1,5240							
100	470	469	468	465	462	460	459	458	457	456	455	454	453	452	1,5480							
25	452	450	448	447	446	445	444	443	442	440	439	437	435	433	1,5670							
FASE DI CARICO	Pressioni Applicate		kPa		0		25		50		100		200		400		800		1600			
	Altezza Campione		2H ^Δ		cm		2,000		1,964		1,938		1,897		1,843		1,774		1,675		1,514	
	Altezza Vuoti		cm		0,955		0,919		0,892		0,852		0,798		0,729		0,630		0,469			
	Indice Vuoti		e		0,913		0,879		0,854		0,815		0,763		0,697		0,602		0,448			
	Indice di Compressibilità		Cc						0,084		0,129		0,172		0,218		0,316		0,511			
	Modulo Edometrico		Ed		kN/m ²				1856		2383		3513		5366		7136		8330			
Consolidazione		%				1,828		3,218		5,430		8,519		12,720		19,413		32,100				
FASE DI SCARICO	Pressioni Applicate		kPa		400		100		25													
	Altezza Campione		2H ^Δ		cm		1,524		1,548		1,567											
	Altezza Vuoti		cm		0,479		0,503		0,522													
	Indice Vuoti		e		0,458		0,481		0,499													
	Indice di Rigonfiamento		Cs		0,016		0,038		0,030													
PROVA di PERMEABILITA'																						
Sezione Buretta		cm ²		0,44																		
Altezza Acqua Inizio Prova		cm																				
Altezza Acqua Fine Prova		cm																				
Intervallo di Tempo (ΔT)		s																				
Coefficiente di Permeabilità		cm/s																				
Carichi kPa		25		50		100		200		400		800		1600								
OSSERVAZIONI:																						

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

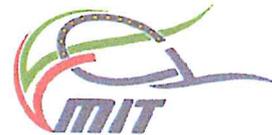
Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

CERTIFICATI N. 366 del 21-giu-18

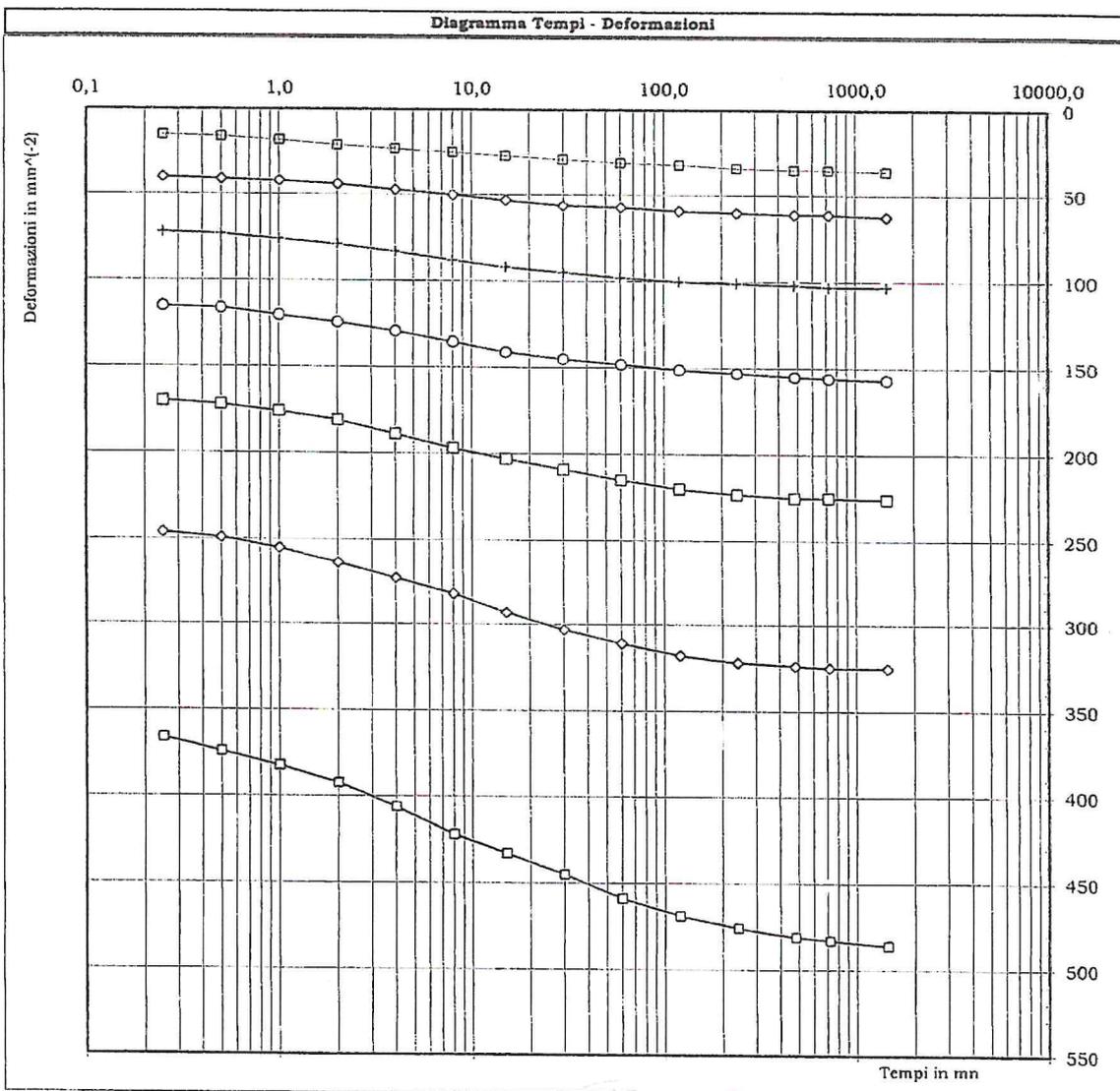
pag. 2/3

Mod. GT-7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto:	Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località:	SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S2C1 Indisturbato	Prelievo del:	01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18	Data apertura campione:	06-giu-18
		Profondità, m:	3,00-3,50
		Data inizio prova:	06-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Tempi - Deformazioni



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 053 del 4-giu-18

CERTIFICATI N. 366 del 21-giu-18

pag. 3/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Progetto:	Lavori di risanamento stradale e rifacimento muri contenimento lungo la SP43
Richiedente:	Dott.re Geol. Giuseppe Solla	Località:	SP 43 - Pannarano (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S2C1 Indisturbato	Prelievo del:	01-giu-18
Data ricevimento campione:	01-giu-18	Data apertura campione:	06-giu-18
		Profondità, m:	3,00-3,50
		Data inizio prova:	06-giu-18

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Carichi - Indice dei Vuoti

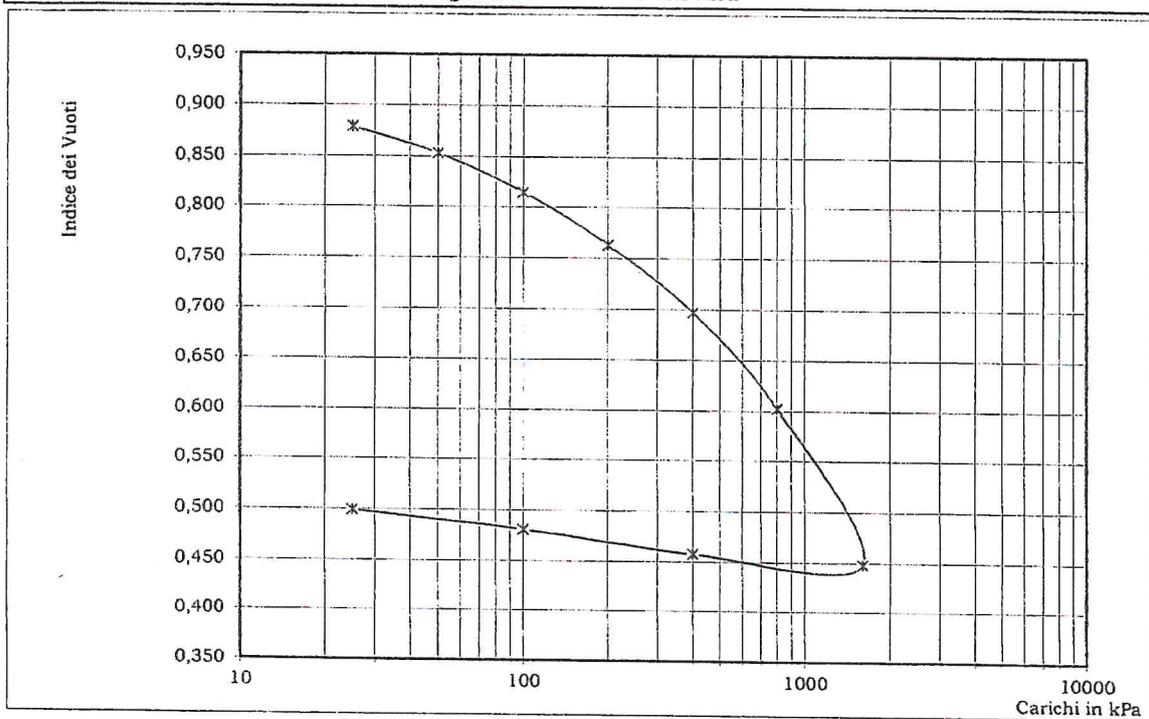
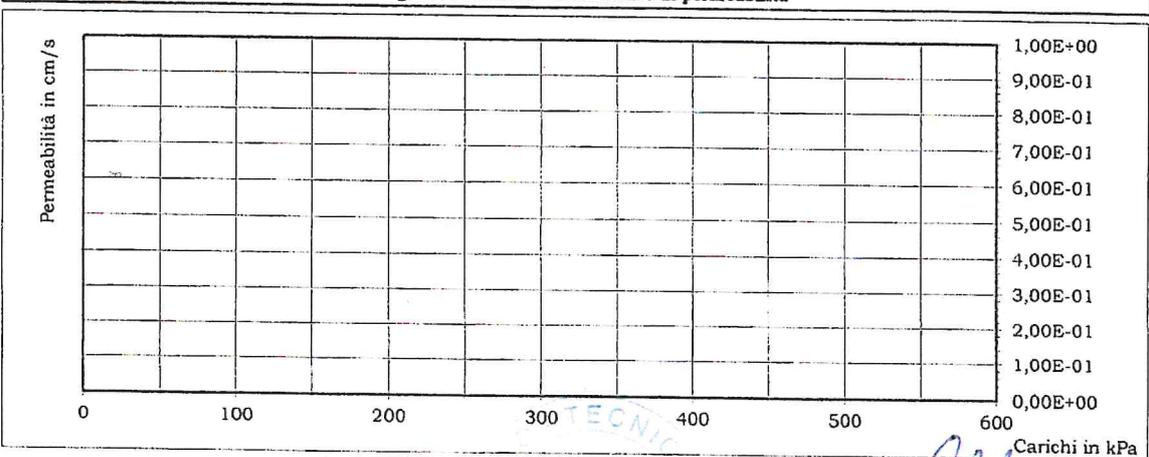


Diagramma Carichi - Coefficiente di permeabilità



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso

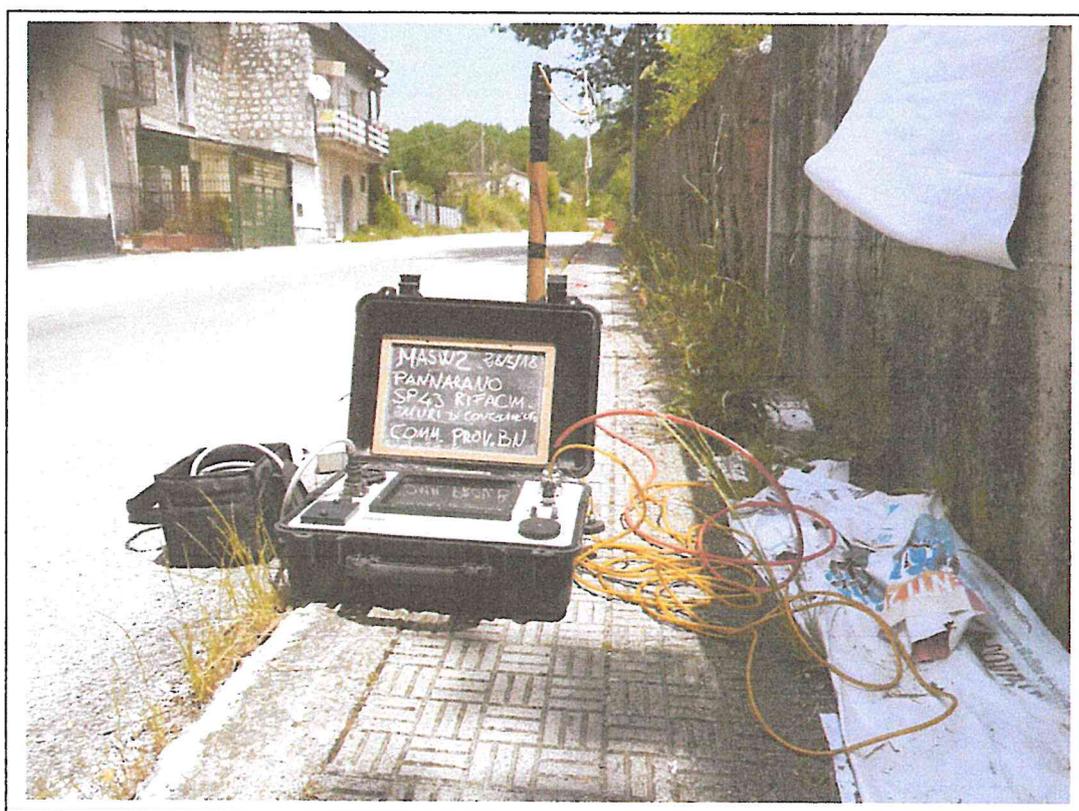
COMUNE DI PANNARANO

Provincia di Benevento

**Cedimento sede stradale e distacco muri di contenimento
lungo la SP 43, nel Comune di Pannarano**

Committente: Provincia di Benevento

REPORT INDAGINE GEOFISICA - MASW



San Giorgio del Sannio, giugno 2018

Responsabile tecnico
Dot. Geol. Giuseppe Solla
Giuseppe Solla
ORDINE DEI GEOLOGI
Provincia di Benevento



INDICE

PREMESSA.....	3
PARAMETRIZZAZIONE VsE.....	4
ELABORAZIONE.....	6



PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla "Provincia di Benevento" è stata eseguita un'indagine geofisica per valutare le variazioni di velocità delle onde "S" nel sottosuolo e determinare quindi il parametro Vs30, in ottemperanza alla vigente normativa sismica.

A tale scopo è stata effettuata un'indagine sismica di superficie di tipo M.A.S.W. (multichannel analysis of surface waves).

Delibera G.R.C. n°49 del 28/01/2010, firmato da professionista geologo abilitato ai sensi del D.P.R. 328/2001.

Protocollo: MWF918

Committente: Provincia di Benevento

Oggetto: Cedimento sede stradale e distacco muri di contenimento lungo la SP 43, nel Comune di Pannarano

Prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) n° 1



PARAMETRIZZAZIONE VsE

Le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riportate al punto 3.2.2 nell'ultimo decreto di riferimento sono definite, preferibilmente, in virtù del parametro $V_{s,eq}$ ovvero della velocità di propagazione delle onde di taglio, calcolata con la seguente espressione :

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

Dove:

h_i indica lo spessore in metri dello i-esimo strato;

$V_{s,i}$ la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di N strati;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da rocce o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{sE} è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



“Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche” Capitolo 3 Azioni sismiche - Tabella 3.2.II:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)



Prot.	MWF918	RISULTATI WINMASW 4.6
Comune di	Pannarano	Dataset:mw2 .DAT
Committente:	Provincia Benevento	Ubicazione:
Oggetto:	Cedimento sede stradale e distacco muri di contenimento lungo la SP 43, nel Comune di Pannarano	Curva analizzata: prvncbn#sll.cdp

ELABORAZIONE

offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m):	4
campionamento (msec):	0.125

MODELLO MEDIO

VS (m/sec)	129	317	490	903
Deviazione standard	2	4	36	46
Spessore (m)	1.2	8.1	10.8	
Deviazione standard	0.1	0.5	1.2	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	269	660	1020	1690
Stima della densità (gr/cm3):	1.74	1.95	2.06	2.19
Rapposto VP/VS:	2.08	2.08	2.08	1.87
Modulo di Poisson:	0.36	0.35	0.35	0.30

MODELLO MIGLIORE

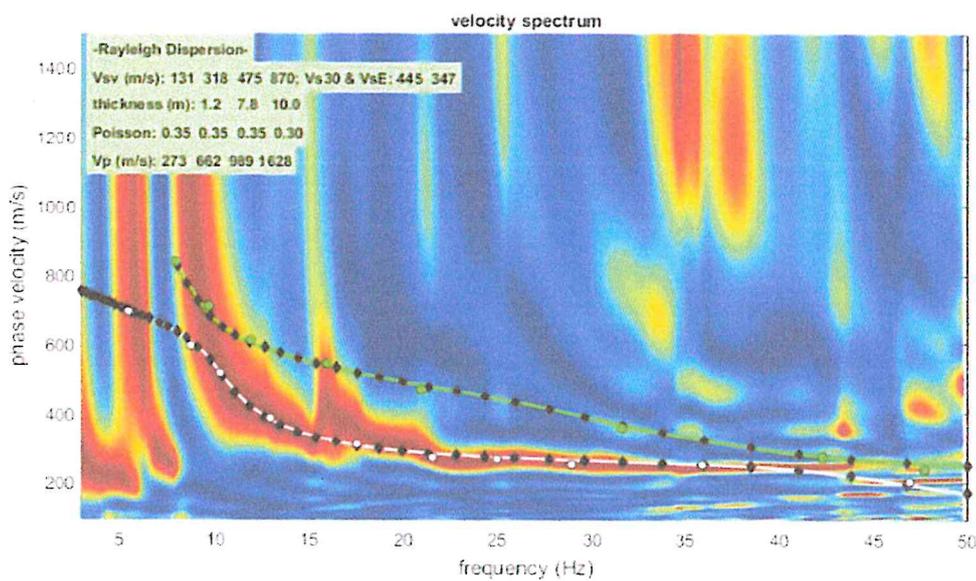
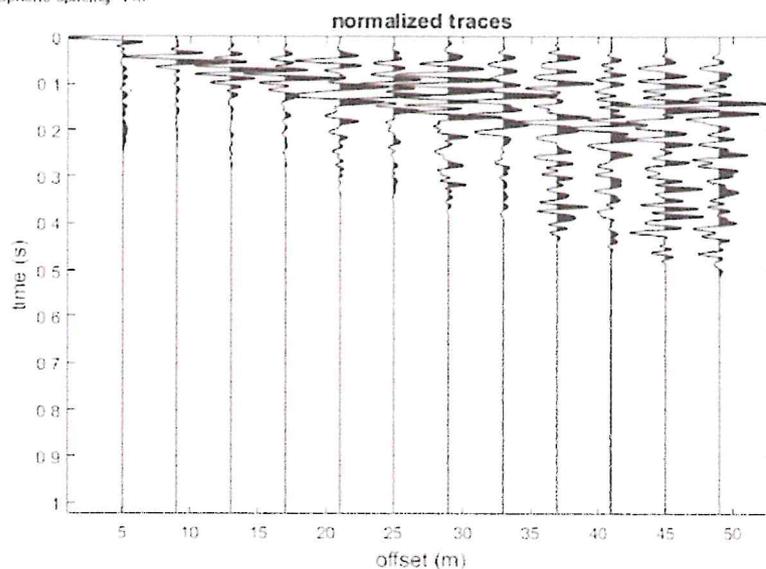
VS (m/sec):	127	318	568	865
spessore (m):	1.16	8.6	13.8	

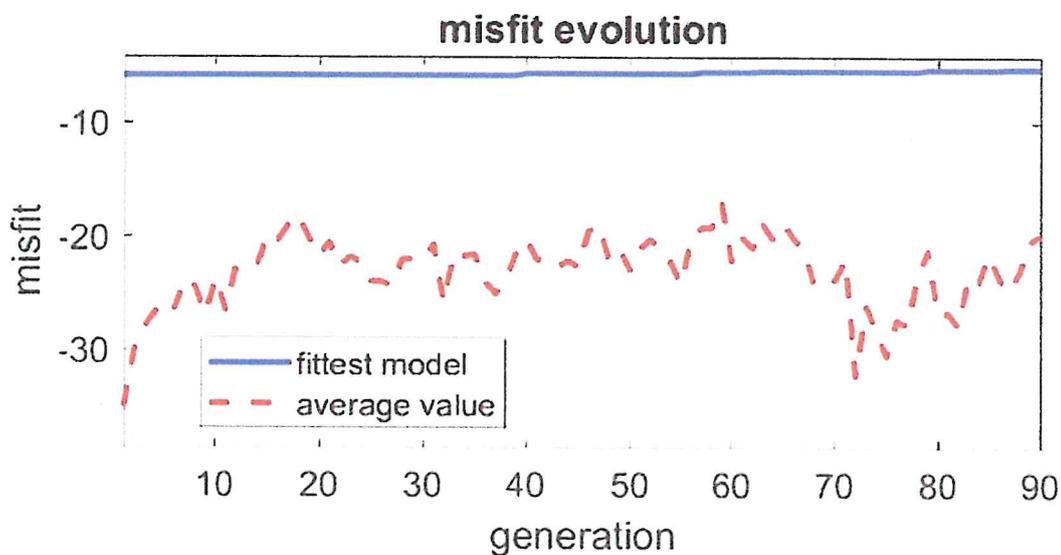
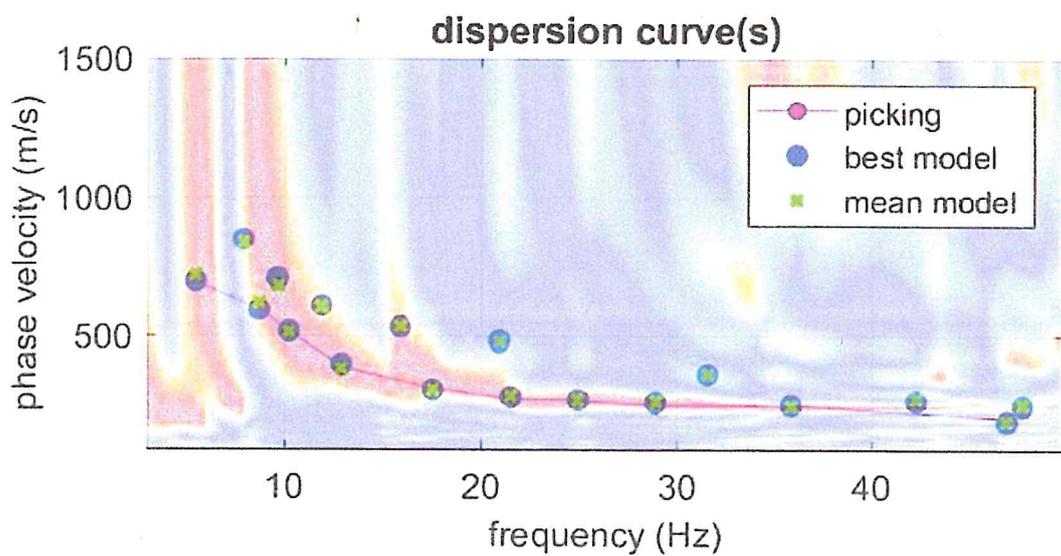
VS30 del modello medio:	444 m/s
VS30 del modello migliore:	440 m/s
VsE del modello medio:	354 m/s
VsE del modello migliore:	386 m/s

Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method": 59 m
 Qualità inversione: molto buona

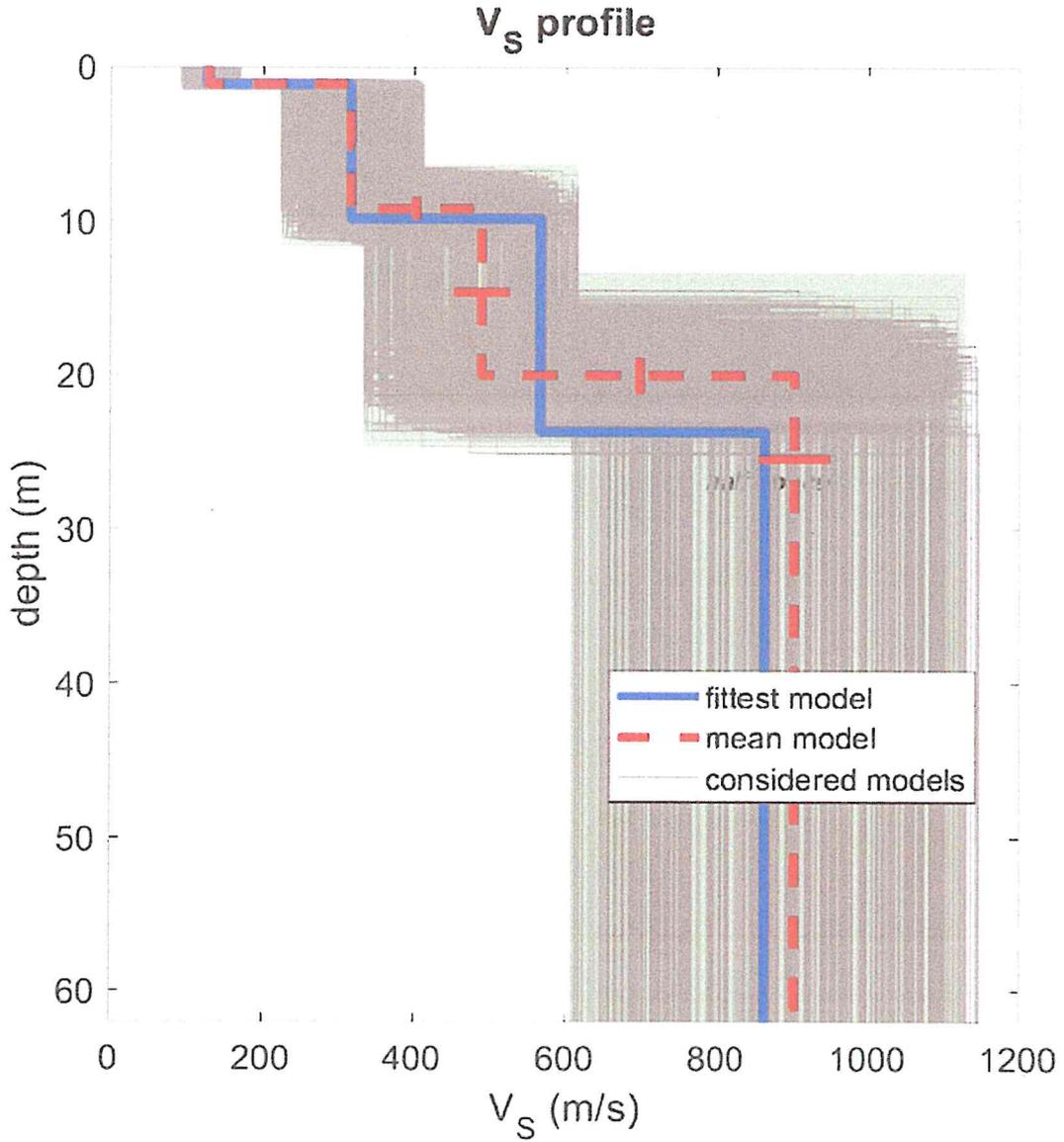


dataset: mw2.DAT
sampling: 1 001 ms
minimum offset: 5 m
geophone spacing: 4 m





www.winmasw.com

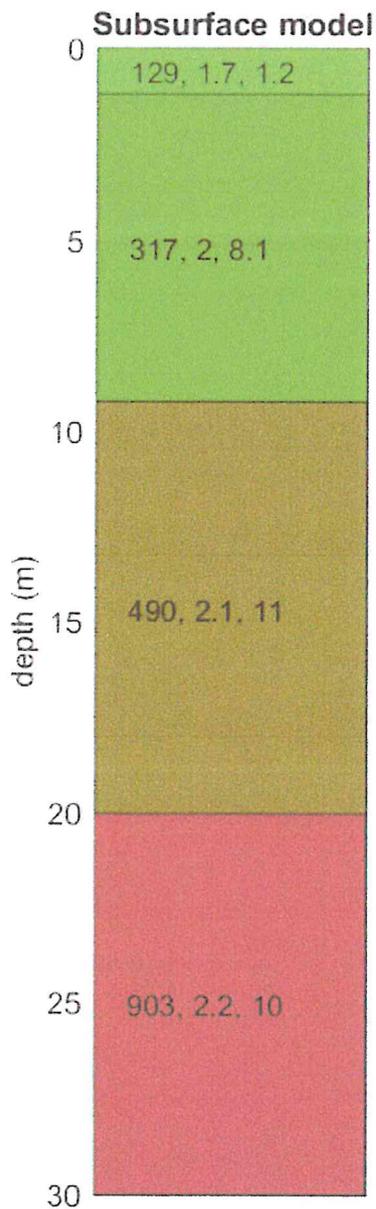


dataset: mw2.DAT

dispersion curve: pnnrn2#pvnc.cdp

Vs30 & VsE (best model): 440 389 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 444 354 m/s



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm^3) (m)

VsE (m/sec): 354 (Modello medio)
 Possibile Tipo di Suolo: C (Modello medio)

San Giorgio del Sannio, 4/05/2018



COMUNE DI PANNARANO

Provincia di Benevento

**Cedimento sede stradale e distacco muri di contenimento
lungo la SP 43, nel Comune di Pannarano**

Committente: Provincia di Benevento

REPORT INDAGINE GEOFISICA - MASW



San Giorgio del Sannio, giugno 2018

Il responsabile tecnico
Dott. Geol. Giuseppe Soli
C.O. dei Geologi
Regione Campania



INDICE

PREMESSA.....	3
PARAMETRIZZAZIONE VsE.....	4
ELABORAZIONE.....	6



PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla "Provincia di Benevento" è stata eseguita un'indagine geofisica per valutare le variazioni di velocità delle onde "S" nel sottosuolo e determinare quindi il parametro Vs30, in ottemperanza alla vigente normativa sismica.

A tale scopo è stata effettuata un'indagine sismica di superficie di tipo M.A.S.W. (multichannel analysis of surface waves).

Delibera G.R.C. n°49 del 28/01/2010, firmato da professionista geologo abilitato ai sensi del D.P.R. 328/2001.

Protocollo: MWF918

Committente: Provincia di Benevento

Oggetto: Cedimento sede stradale e distacco muri di contenimento lungo la SP 43, nel Comune di Pannarano

Prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) n° 1



PARAMETRIZZAZIONE VsE

Le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riportate al punto 3.2.2 nell'ultimo decreto di riferimento sono definite, preferibilmente, in virtù del parametro $V_{s,eq}$ ovvero della velocità di propagazione delle onde di taglio, calcolata con la seguente espressione :

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

Dove:

h_i indica lo spessore in metri dello i -esimo strato;

$V_{s,i}$ la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da rocce o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{sE} è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



“Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche” Capitolo 3 Azioni sismiche - Tabella 3.2.II:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)



Prot.	MWF918	RISULTATI WINMASW 4.6
Comune di	Pannarano	Dataset:mw1 .DAT
Committente:	Provincia Benevento	Ubicazione:
Oggetto:	Cedimento sede stradale e distacco muri di contenimento lungo la SP 43, nel Comune di Pannarano	Curva analizzata: prvncbn#sll.cdp

ELABORAZIONE

offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m):	4
campionamento (msec):	0.125

MODELLO MEDIO

VS (m/sec)	131	350	487	853	906
Deviazione standard	2	22	46	115	35
Spessore (m)	2.8	6.4	4.1	3	
Deviazione standard	0.1	0.5	0.5	0.4	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	273	728	1014	1776	1885
Stima della densità (gr/cm3):	174	1.98	2.06	2.19	2.21
Rapporto VP/VS:	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
Modulo di Poisson:	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35

MODELLO MIGLIORE

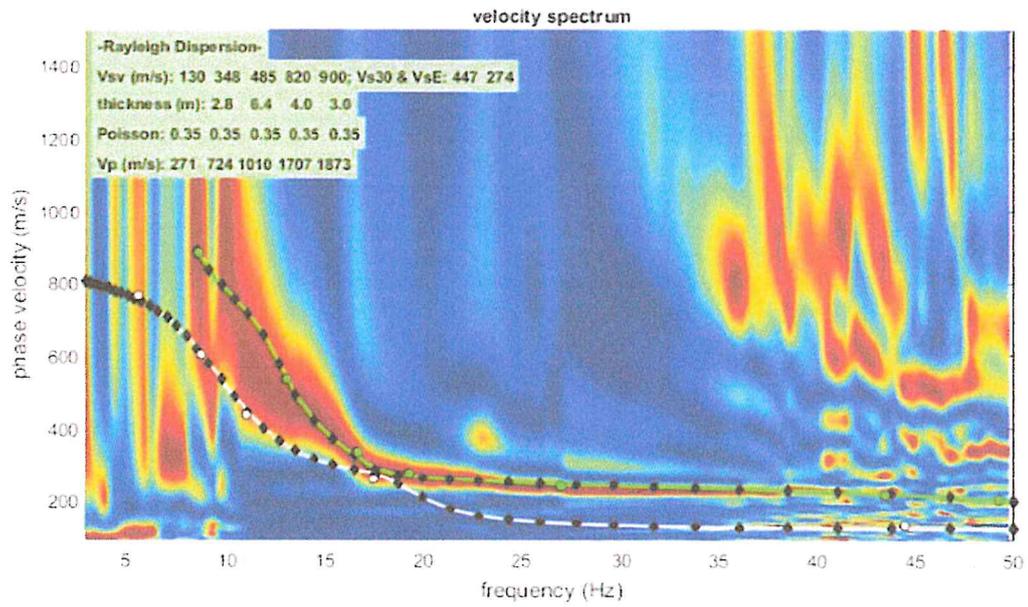
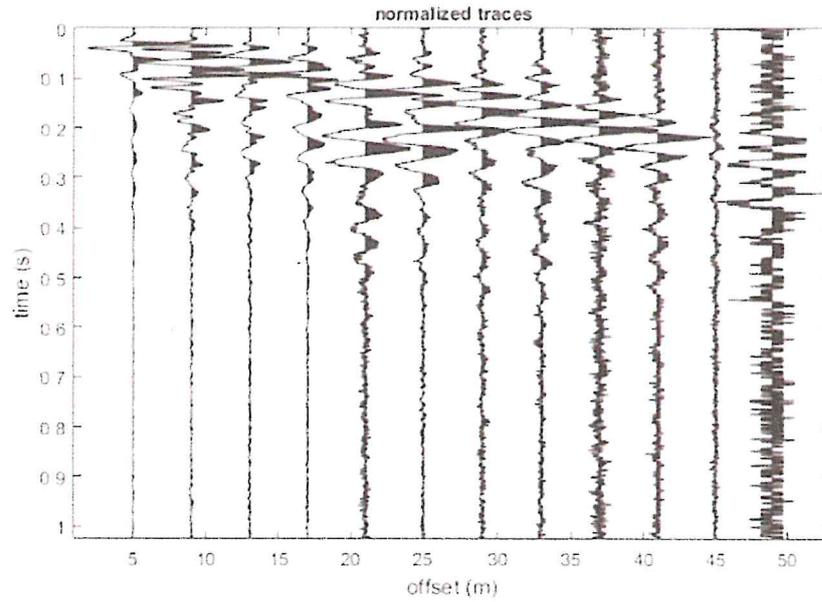
VS (m/sec):	130	348	481	820	900
spessore (m):	2.8	6.4	4	2.9	

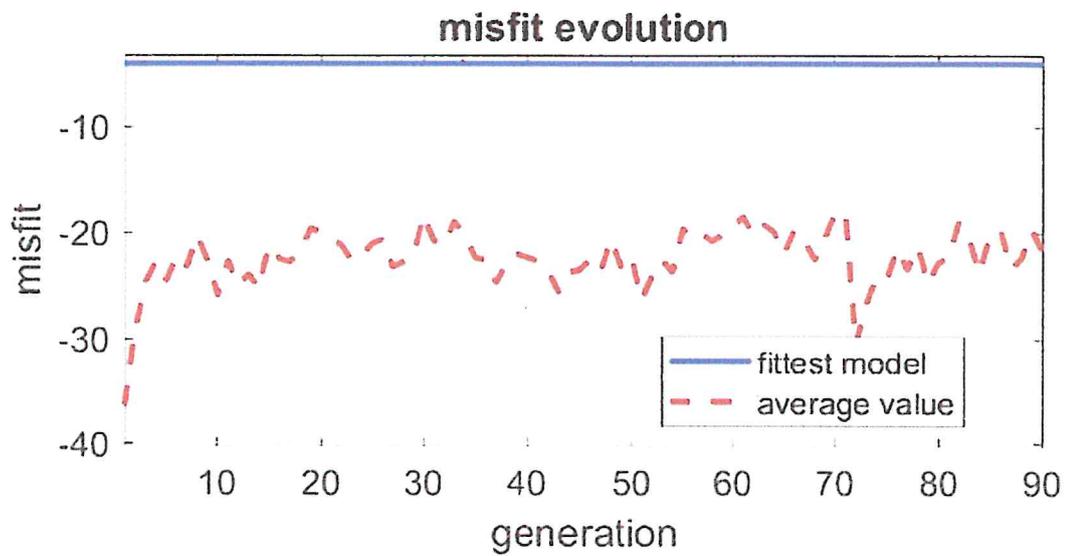
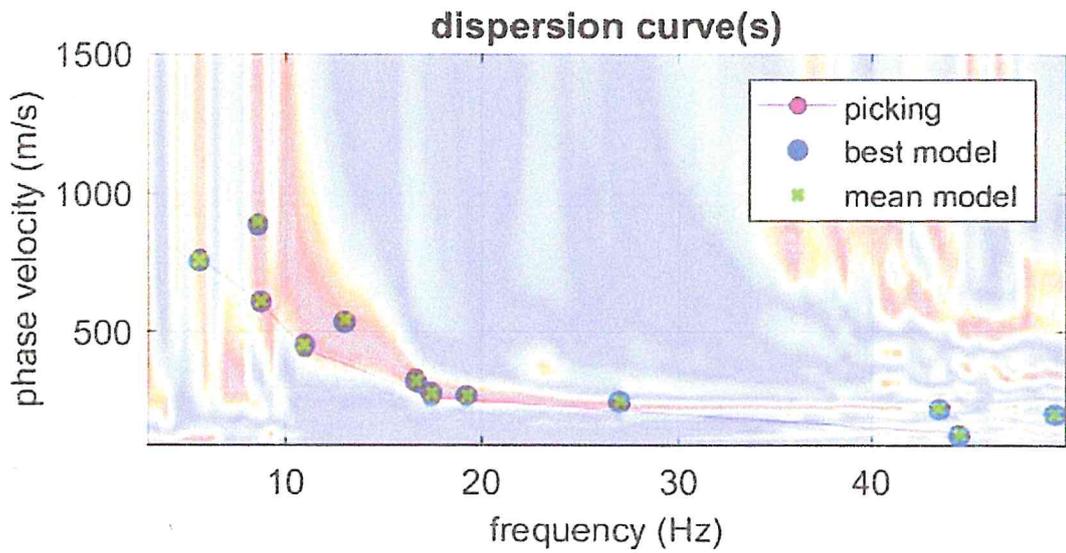
VS30 del modello medio:	449 m/s
VS30 del modello migliore:	446 m/s
VsE del modello medio:	276 m/s
VsE del modello migliore:	274 m/s

Massima Profondità di Penetrazione in Approssimazione "Steady State Rayleigh Method": 63 m
 Qualità inversione: molto buona

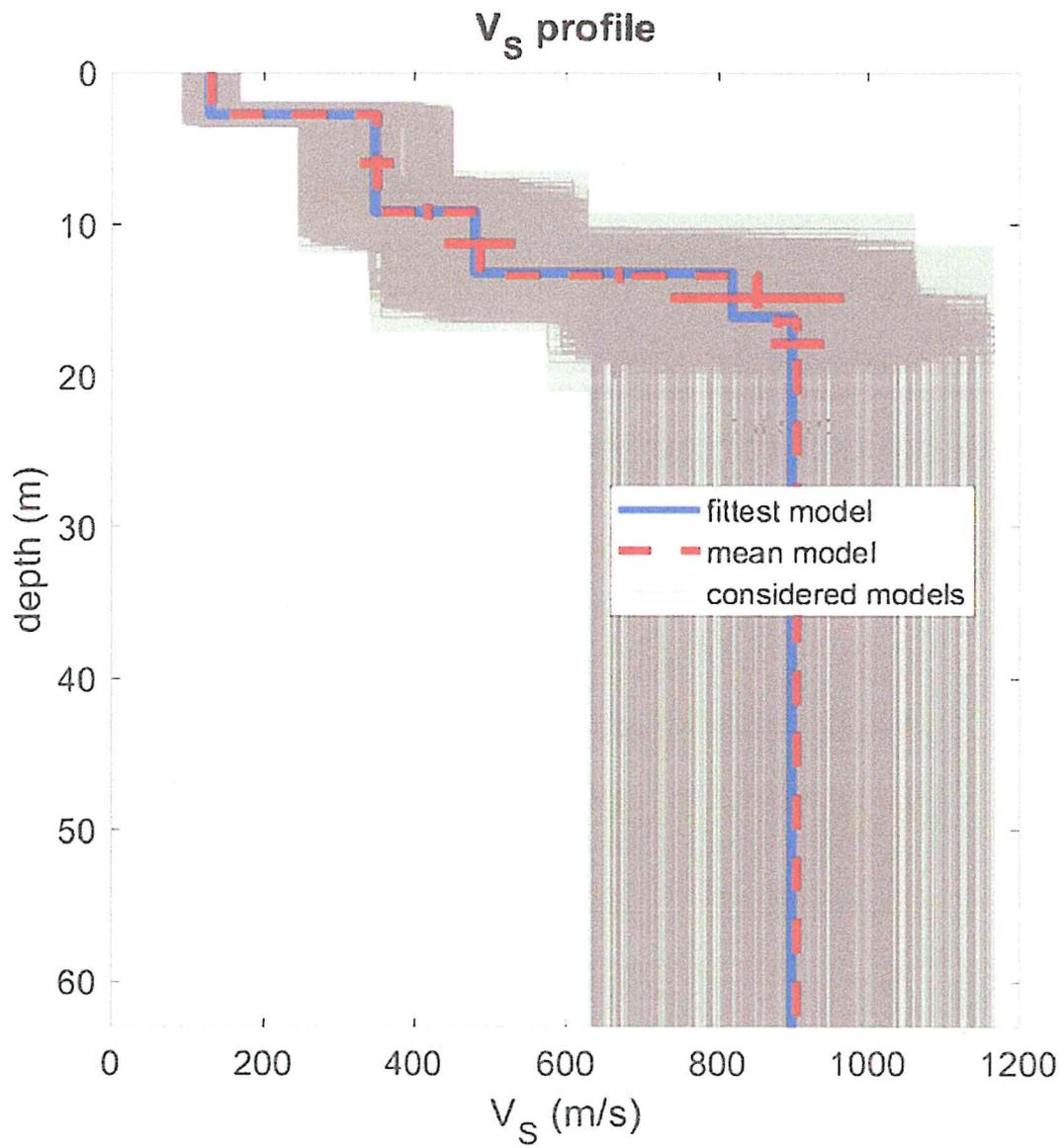


dataset: mw1incr.DAT
 sampling: 1 001 ms
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 4 m

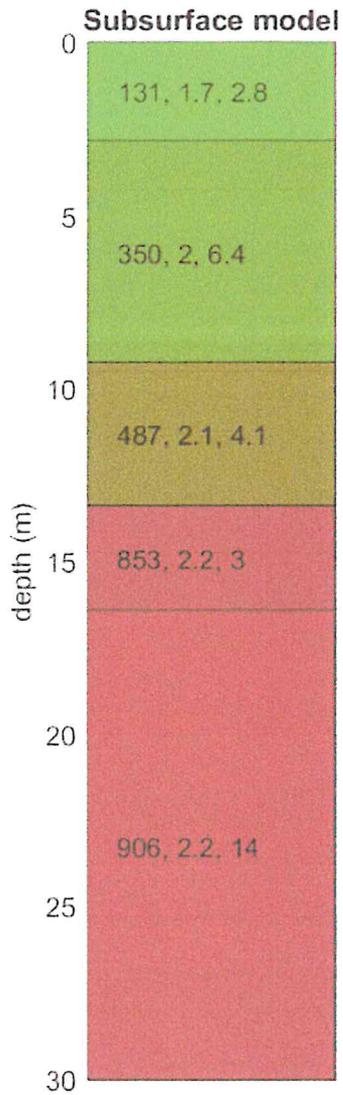




www.winmasw.com



dataset: mw1incr.DAT
dispersion curve: pnnrn#prvnc.cdp
Vs30 & VsE (best model): 446 274 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 449 276 m/s



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm^3) (m)

VsE (m/sec): 276 (Modello medio)
 Possibile Tipo di Suolo: C (Modello medio)

San Giorgio del Sannio, 4/05/2018



Dott. Geol. Giuseppe Solla
Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
Cell. 320.1473117
Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

**RELAZIONE ESPLICATIVA
SULLE
PROSPEZIONI SISMICHE**

SOMMARIO

Principi fondamentali e tipologia delle indagini sismiche.....	1
Metodologia di esecuzione delle indagini.....	2
Metodologie d'interpretazione.....	3
Tecniche di rilevamento.....	3
Restituzione dei risultati.....	4
Appendice - Parametri dinamici.....	i

Dott. Geol. Giuseppe Solla
Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
Cell. 320.1473117
Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

Relazione esplicativa

Principi fondamentali e tipologia delle indagini sismiche

a) Analisi del fenomeno.

Se in un punto di un terreno si provoca una eccitazione meccanica [colpo prodotto da una massa battente, scoppio, urto tra due corpi di cui uno almeno appoggiato al suolo] si determina una perturbazione di tipo meccanico-acustico che si propaga nel mezzo secondo superfici che nel caso più semplice [mezzo omogeneo ed isotropo] sono rappresentate da superfici emisferiche.

La velocità di tali onde [o più precisamente treni d'onda], come la distanza alla quale tali perturbazioni possono essere avvertite, dipende da diversi fattori, quali omogeneità, isotropia e rigidità del mezzo nelle tre dimensioni, presenza di falda acquifera, morfologia, profondità, dal p.c., dell'ipocentro, disturbo dovuto a rumore di fondo.

Si può, genericamente, affermare che il tempo necessario perché l'impulso iniziale sia attinto o registrato da dispositivi di registrazione da esso diversamente distanti, è funzione della natura e della disposizione delle formazioni geologiche.

La prospezione sismica si pone appunto la finalità di riconoscere le strutture geologiche di una successione stratigrafica utilizzando opportunamente tali valori di ritardo.

b) Differenti tipi d'onda determinati da una perturbazione.

Una eccitazione [che da questo momento chiameremo scoppio, in analogia a quanto viene eseguito nelle condizioni ideali di esecuzione] si traduce in una emissione di onde di deformazione, ed onde elastiche in cui è possibile distinguere:

a) Onde di Rayleigh, che si propagano solamente lungo la superficie del suolo;

b) Onde longitudinali, od onde di compressione e dilatazione;

c) Le onde trasversali, od onde di taglio [la deformazione del terreno è perpendicolare alla direzione di propagazione]

La velocità di propagazione delle onde trasversali è variabile nell'ambito di $1/3$ - $1/2$ di quella delle onde longitudinali.

Le onde di Rayleigh sono ancora più lente.

Il tipo d'onda più importante, su cui si basa essenzialmente la sismica a rifrazione, è quello longitudinale.

Ad esso, a meno di non essere altrimenti specificato, ci si riferirà quando si parlerà di onde o treni d'onda

c) Definizione di onda sismica e meccanica.

Tutti i punti del suolo, che iniziano a vibrare simultaneamente a seguito di uno scoppio, individuano superfici d'onda che, nel caso più semplice, abbiamo visto essere emisferi concentrici nel punto di scoppio.

I raggi di tali emisferi sono definiti raggi sismici, privi di significato fisico, ma utili per le successive implicazioni teoriche cui di seguito si farà riferimento.

Dott. Geol. Giuseppe Solla
Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
Cell. 320.1473117
Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

A contatto di due mezzi a velocità differenti V_1 e V_2 , i raggi sismici si rifrangono e riflettono secondo precise leggi [analoghe a quelle dell'ottica] e così riassumibili:

- i raggi rifratti e riflessi sono situati nel piano definito dal raggio incidente e dalla normale al contatto al punto d'incidenza;
- l'angolo di riflessione è eguale all'angolo d'incidenza;
- l'angolo di rifrazione "R" è legato all'angolo d'incidenza "I" dalla relazione generale:

$$\sin I / \sin R = V_1 / V_2$$

Metodologia di esecuzione delle indagini.

Il più semplice dispositivo di sismica a rifrazione è rappresentato da una centralina registratrice, di un mezzo atto a provocare uno sparo o comunque una eccitazione nel terreno e di uno o più dispositivi di ricezione del segnale, disposti ordinatamente a terra a distanze conosciute e generalmente lungo una retta.

In caso di terreno omogeneo, i ritardi d'arrivo del segnale ai ricettori [geofoni] disposti lungo un raggio dell'emisfero d'onda saranno ovviamente proporzionali alla distanza da esso, ed ancora legati da una costante di proporzionalità che rappresenta appunto la velocità caratteristica della formazione attraversata.

Premesso che le onde di Rayleigh sono estremamente deboli e quelle trasversali lente e di esigua capacità di trasmissione, i tempi progressivi d'arrivo ai geofoni saranno, ovviamente, da riferire alle onde longitudinali

Se però ci troviamo di fronte a due terreni sovrapposti con $V_1 < V_2$ i geofoni potranno rilevare anche onde non provenienti dalla semplice trasmissione lungo lo strato superiore.

In effetti è possibile che, ad una certa distanza dallo scoppio, la perturbazione raggiunga i geofoni più rapidamente attraversando il primo strato, rifrangendosi, propagandosi lungo quello sottostante [$V_2 > V_1$] ed emergendo più rapidamente delle semplici onde trasmesse attraverso lo strato superficiale.

Ciò è possibile, evidentemente, in funzione degli spessori delle coltri, della distanza di sparo, delle caratteristiche delle rispettive velocità longitudinali; inoltre appare evidente come condizioni di non parallelismo degli strati concorrano in maniera determinante a modificare i tempi d'arrivo ai geofoni.

Per semplicità non verrà qui riportata la effettiva dimostrazione matematica dei principi di distribuzione e sviluppo nel semispazio dei treni d'onda generati dagli scoppi per la quale si rimanda alla bibliografia specializzata.

Il metodo della sismica a rifrazione parte però da due presupposti essenziali:

- la velocità della coltre "n" è superiore a quella della coltre "n - 1", in tal modo sarà possibile avere rifrazione totale o, più semplicemente, esistono i presupposti perché le onde percorrenti strati inferiori possano, con adeguate distanze di sparo, attingere i dispositivi di registrazione prima delle onde trasmesse attraverso la coltre superficiale.

Tale condizione si verifica quasi sempre, essendo generalmente le velocità proporzionali alla profondità. In ogni caso, comunque, in certe condizioni, la presenza di terreni a velocità minore di quelli sottiacenti determina particolari tipologie di registrazione.

I tempi registrati, da cui discendono le dromocrone, corrispondono alle onde effettivamente rilevate dagli apparati di registrazione. Ciò è tanto più vero in considerazione del fatto che l'analisi di tali arrivi consente le effettive interpretazioni [generalmente stratigrafiche] richieste ad indagini di tal tipo.

Metodologie d'interpretazione.

Per ciò che riguarda il metodo di interpretazione, si rimanda alla bibliografia specializzata, precisando che si è utilizzato il metodo reciproco di Hawkins^(*), riconosciuto come il più valido ed aggiornato per ricerche a piccola e media profondità e per l'individuazione di superfici di discontinuità non piane.

L'apparecchiatura utilizzata in campagna consiste in una base sismica principale a 12 canali incrementali con memorizzazione dei dati.

Trattasi di dispositivo supportante 12 canali collegati ad altrettanti geofoni allineati secondo intervalli massimi di 10 m.

L'apparecchiatura, dotata di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria, consente la visione simultanea dei dati su schermo grafico C R T . Inoltre è possibile verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee [echi lontani, generalmente dovuti a mezzi meccanici, vento, rumori di origine naturale, quali ad esempio, acque circolanti a piccola profondità ecc.].

Il tempo di scoppio [T_0], vale a dire il momento relativo di eccitazione del terreno è ottenuto mediante un interruttore di starting [time break] posto nell'immediata prossimità del punto di scoppio stesso.

I ricettori sono costituiti da geofoni verticali, il cui principio di funzionamento è rappresentato da una bobina ed un magnete oscillante coassiali, equipaggiati con dispositivi meccanici per la eliminazione dei moti composti.

I geofoni vengono infissi nel terreno alla profondità di 3-6 cm e, comunque, ad esso saldamente ancorati.

Il metodo ottimale per determinare l'eccitazione, è rappresentato dalla brillatura di una piccola carica esplosiva, posta a modesta profondità, tale metodo possiede i più elevati vantaggi, determinando treni d'onda netti, dotati di notevole energia, ed attingenti, pertanto a notevoli distanze ed elevate profondità.

A tali vantaggi si contrappone la scarsa utilizzabilità del metodo in prossimità di centri abitati; precise norme di prudenza [dove non sono precedute da quelle di legge] limitano l'uso di tali metodi, altrimenti ottimali e di insostituibile efficacia,

Alternativa a tale metodo, di efficacia comunque più ridotta, è rappresentata dall'uso di un esploditore che fa opportunamente deflagrare una cartuccia od un petardo in un foro all'uopo predisposto. L'energia trasmessa al terreno è, inevitabilmente, più modesta, ed i problemi evidenziati in precedenza vanno accuratamente valutati, ed opportunamente ridotti tramite i dispositivi della centralina.

Un ulteriore metodo è rappresentato dalla caduta di una mazza battente (nel caso specifico è quello da noi utilizzato), del peso di 8 Kg, lasciata cadere su una piastra metallica appoggiata a terra o, addirittura, su una grossa roccia affiorante.

Tecniche di rilevamento

Alla sismica a rifrazione sono applicabili molteplici tecniche di rilevamento che prevedono diverse disposizioni geometriche dei rilevatori di superficie [geofoni] che consentono il rilevamento di ulteriori informazioni utili all'interpretazione e alla risoluzione di varie problematiche.

Oltre allo stendimento rettilineo con esecuzione di un profilo diretto ed uno coniugato per il rilevamento delle onde P, più comunemente utilizzato, che consente la ricostruzione della sezione sismostratigrafica del sito e la determinazione delle velocità di ogni singolo strato riconosciuto sono,

^(*) (Hawkins L.V., 1961 = *The reciprocal method of seismic refraction interpretation.* = Geoph., v.26, n°6)

infatti, eseguibili stendimenti ugualmente rettilinei ma con rilevamento dei tempi sia delle onde P che S mediante l'utilizzo di ricettori specifici.

Tale tecnica di rilevamento consente la determinazione dei parametri necessari per il calcolo dei principali moduli elastici dinamici secondo le relazioni successivamente riportate(**).

E' ancora possibile eseguire stendimenti ad arco o a ventaglio per mettere in evidenza corpi o strutture di forma geometrica più o meno regolare immersi in corpi litologici caratterizzati da proprietà elastiche spiccatamente diverse.

La tecnica consiste nel disporre i geofoni lungo un arco a distanza costante dal punto di energizzazione. In corrispondenza dei percorsi che attraversano le strutture incassate si registrano tempi di percorrenza (e quindi velocità di propagazione delle onde P) nettamente differenziati da quelli rilevati lungo le direttrici adiacenti, maggiori o minori a seconda delle caratteristiche elastiche dei mezzi attraversati. Nei casi più frequenti tali tecniche d'indagine vengono impiegate per la individuazione di cavità sotterranee anche parzialmente o totalmente interrato, in corrispondenza delle quali si registrano, generalmente, bruschi decrementi delle velocità di propagazione delle onde P.

Prospezioni sismiche in foro con il metodo Down - Hole

Il metodo "Down - Hole" prevede che una sorgente energizzante venga disposta in superficie, mentre all'interno del perforo siano posizionati appositi sensori idonei alla ricezione delle onde longitudinali e di quelle trasversali.

Energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo del primo impulso ai geofoni, si ha possibilità di determinare la velocità verticale dei litotipi riscontrati nella perforazione ed i loro moduli elastici.

Spesso, per motivi logistici e per evitare che le perturbazioni si propaghino lungo i materiali di condizionamento del foro, l'energizzazione viene eseguita ad una distanza "d" dall'asse del foro stesso denominata "offset".

In tal caso, se "z" è la profondità di misura, sarà necessario apportare una correzione ai tempi d'arrivo rilevati:

$$t_v = t \cos a$$

dove

"t" è il tempo di ricezione rilevato e $a = \arctan d/z$

La rilevazione dei tempi si ottiene mediante un particolare geofono composto da tre rilevatori disposti ortogonalmente nelle tre direzioni dello spazio, così da poter intercettare sia le onde di compressione (prime o P) che quelle di taglio (secondo o S) che si propagano nel piano ortogonale alle prime.

Dai dati ottenuti con questo tipo di prospezione è dunque, possibile risalire alle caratteristiche elastiche del mezzo indagato (vedi appendice "calcolo dei moduli dinamici") rilevando anche gli strati che non rispettano il principio della densità crescente del mezzo con la profondità, fondamentale per l'interpretazione delle sismiche a rifrazione di superficie.

Restituzione dei risultati.

L'analisi dei risultati di campagna e la relativa elaborazione è affidata ad un Personal Computer.

La scheda di restituzione dei risultati si differenzia a seconda del tipo di indagine condotta.

Generalmente essa riporta i dati identificativi del sito indagato, oltre allo scopo delle indagini, al tipo di tecnica di rilevamento utilizzata e all'identificativo dello stendimento cui ci si riferisce.

(**) Vedi appendice "Determinazione dei Moduli elastici dinamici"

Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

Profilo	
topografico	Comm.: A
20,00	Cantiere E
20,00	F
20,00	Comune: L
20,00	Prospezion
20,00	rilevamenti
20,00	Profilo n°:
20,00	
20,00	

Seguono le informazioni relative alle dimensioni dello stendimento

Dati dimensionali dello stendimento (ml)	
Offset	5
Dist. Intergeof	10
N° geofoni	6
Lunghezza	60

Nel caso di prospezioni sismiche di superficie con stendimenti lineari (sia con rilevamento delle sole onde P che delle onde P ed S) la scheda di restituzione riporta un quadro sinottico che riassume: le distanze progressive tra i geofoni e i punti di energizzazione ([A] e [B]) i tempi rilevati in corrispondenza di ogni geofono, sia per il profilo diretto che per quello coniugato, nonché le profondità calcolate sotto ogni punto di rilevamento per ogni rifrattore individuato e le quote topografiche dello stendimento sotto ogni geofono.

n°	Geof.	Distanze	Tempi Dir.	Tempi Con.	Profondità		Profilo topografico
					I rifratt.	II rifratt.	
	A	0	0				20,00
	1	5	15	175	1,65		20,00
	2	15	70	144	4,12		20,00
	3	25	98	118	4,33		20,00
	4	35	121	95	4,33		20,00
	5	45	151	70	4,85		20,00
	6	55	173	19	1,86		20,00
	B	60		0			20,00

Comm.:
Cantiere

Comune:
Prospezion
rilevamen
Profilo n°:

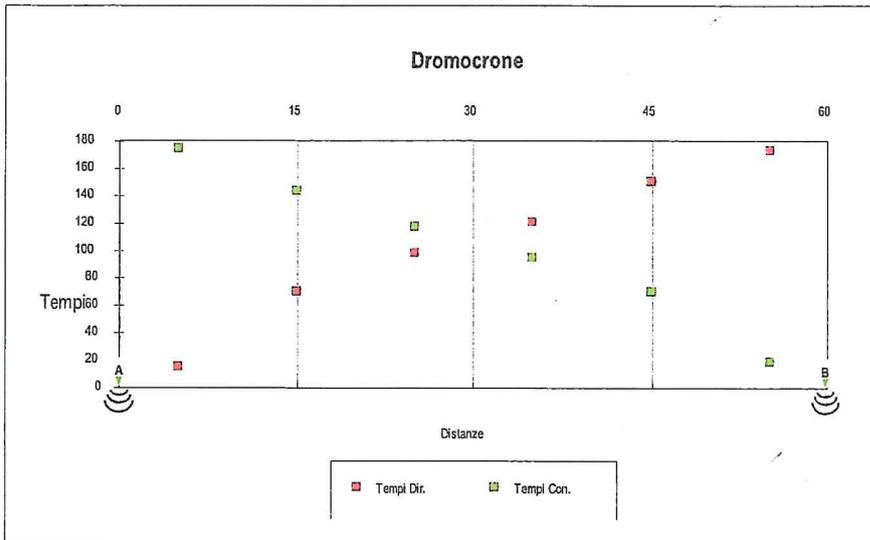
I dati di impostazione utilizzati sia per l'identificazione dei rifrattori che per il calcolo delle velocità sono indicate nelle sezioni denominate "punti di ginocchio" e "geofoni reciproci"

Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

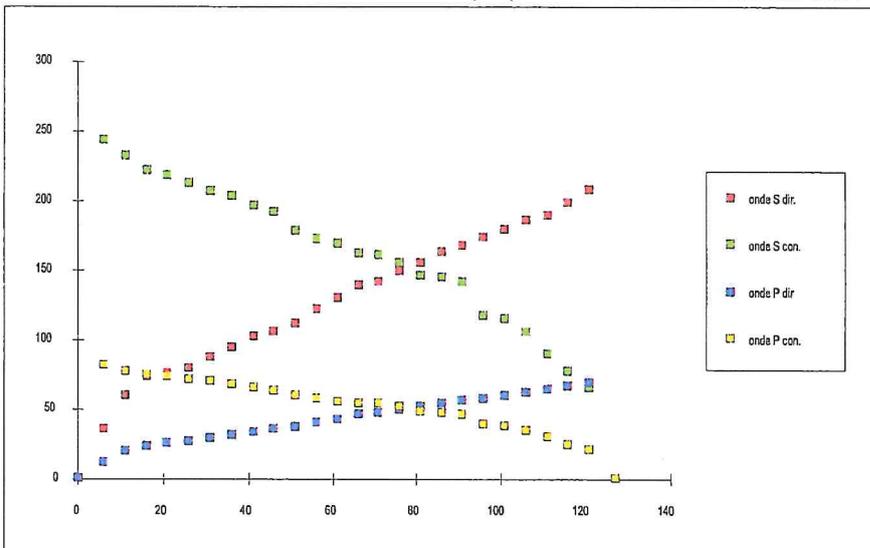
Punti di ginocchio	P. diretto	P. coniug.
	2	5

Geofoni reciproci		
strato 2	3	4
strato 3		

e si riferiscono ai grafici delle dromocrone (grafici sovrapposti nel caso di prospezioni con rilevamento delle onde P ed S).



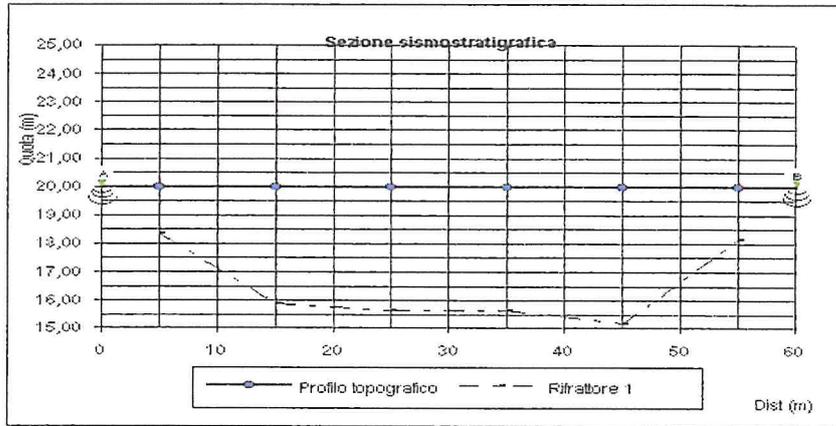
Dromocrona relativa ad una prospezione con rilevamento delle sole onde P



Dromocrona relativa ad una prospezione con rilevamento delle onde P ed S

di seguito, infine, vengono riportate le velocità di propagazione delle onde elastiche e la sezione litostratigrafica lungo lo stendimento, identificata in base alle stesse velocità [VI].

n° strato	I	II	III
	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)
Vel. strato	254,2	434,8	-



Nel caso di stendimenti sismici con rilevamento delle onde P ed S in un'ulteriore sezione della scheda di restituzione vengono riportate oltre alle velocità i valori assunti dai diversi Moduli elastici dinamici calcolati in funzione delle velocità rilevate.

Strato	I	II	III
Velocità	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)
onde P	416,5	2328,8	-
onde S	136,2	803,7	-

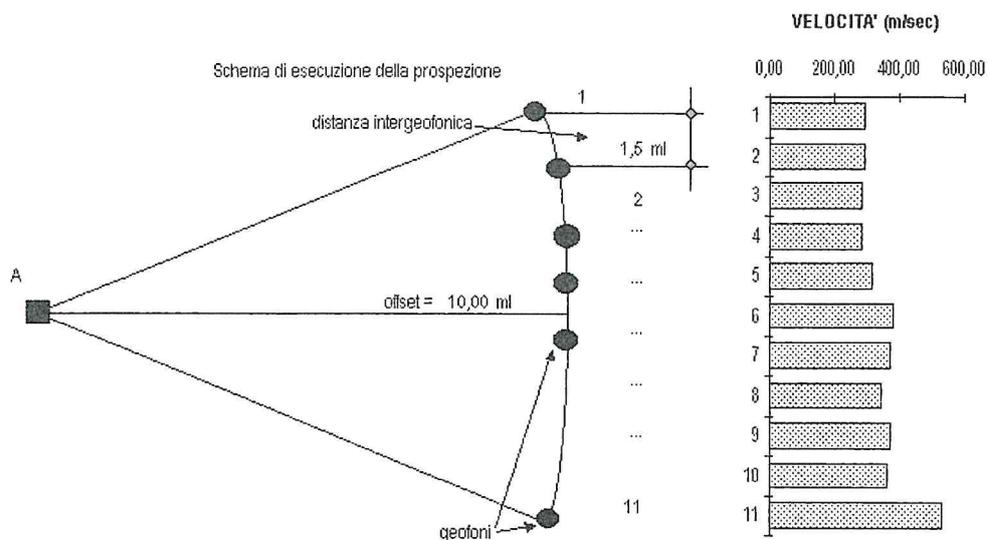
Strato	I	II	III
Poisson	0,4401385	0,432386	-
E/dens	534257688	1,851E+10	-
G/dens	185488298	6,46E+09	-
K/dens	1,487E+09	4,562E+10	-

Pesi nat. dei terreni in sito	
Strato 1	Kg/cm3
Strato 2	Kg/cm3
Strato 3	Kg/cm3

Essendo generalmente incogniti i pesi di volume dei terreni indagati i moduli di Young di Taglio e di Incompressibilità risultano espressi in funzione di tale parametro in unità di misura pari a Kg/cm. Qualora la densità del mezzo fosse nota il software di elaborazione consente l'introduzione del valore assunto da tale parametro in corrispondenza di ogni strato individuato, e opera in maniera consueta il calcolo dei moduli elastici precedentemente citati (espressi in Kg/cm²).

Nel caso in cui le prospezioni siano state eseguite secondo le modalità del rilievo ad arco o a ventaglio (fan shooting), i settori dell'elaborato di restituzione relativi alla dromocrona e alla sezione sismostratigrafica sono sostituiti da un grafico esemplificativo della geometria dello stendimento cui è affiancato un istogramma che rappresenta la distribuzione delle velocità in prossimità di ogni punto di rilevamento.

Dott. Geol. Giuseppe Solla
Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
Cell. 320.1473117
Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it



I sismogrammi, rilevati in campagna sono stampati su carta termica per ogni tipo di stendimento sismico condotto. Questi stampati sono conservati, per 3 mesi, nel nostro archivio e successivamente, senza ulteriore avviso, distrutti.

Dott. Geol. Giuseppe Solla
Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
Cell. 320.1473117
Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

Parametri dinamici

Esiste la seguente relazione tra il modulo di Young "E" e le velocità delle onde sismiche longitudinali "Vp" e trasversali "Vs" è la seguente:

$$E = \rho \rho V_s^2 [(3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)] \quad [x]$$

dove

ρ = densità del mezzo

Il coefficiente di Poisson corrisponde al rapporto tra la contrazione laterale e la estensione longitudinale di un cilindro sottoposto a tensione assiale ed è uguale a:

$$\nu = \{0,5 [(V_p/V_s)^2 - 1] / [(V_p/V_s)^2 - 1]$$

Il valore della velocità delle onde longitudinali è correntemente rilevabile in sismica a rifrazione. Per quanto riguarda le onde trasversali esse si propagano con velocità inferiori ed è molto difficile distinguerle su registrazioni già perturbate dall'arrivo di onde longitudinali.

Tuttavia, come nel caso specifico, è però possibile ottenerne separatamente il rilievo utilizzando appositi geofoni di superficie.

In funzione delle velocità delle onde di taglio così determinate è possibile anche calcolare:

- il modulo di taglio G

$$G = V_s^2 \rho$$

ρ il modulo di incompressibilità K

$$K = \rho V_s^2 [(V_p/V_s)^2 - 4/3]$$

Misurando dunque la densità del mezzo e note le velocità sismiche è applicabile la relazione [x].

Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

ZONA CEDIMENTO STRADALE

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON PICKING ARRIVO ONDE PRIME
 (metodo reciproco)

Comm.: Provincia di Benevento

Comune: Pannarano

Cantiere: S:P: 43

prot.:

Data: mag-18

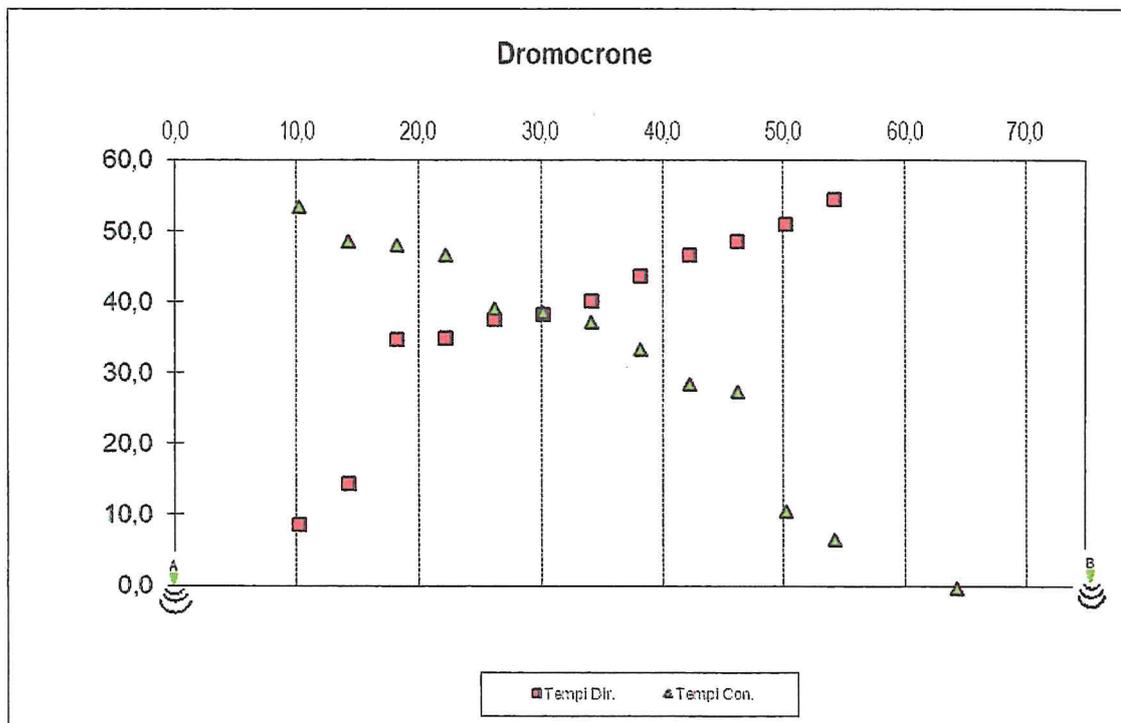
Profilo n°: 1

n°	Geof.	Distanze	Tempi		Profondità		Profilo topografico
			Dir.	Con.	I rifratt.	II rifratt.	
	A	0,0	0,0				317,80
1		10,0	8,9	53,8	2,2	3,99	317,90
2		14,0	14,8	48,9	2,5	4,47	318,00
3		18,0	35,1	48,4	7,8	13,87	318,10
4		22,0	35,2	46,9	7,4	13,21	318,20
5		26,0	37,8	39,5	6,1	10,93	318,30
6		30,0	38,5	39,0	6,2	11,02	318,50
7		34,0	40,5	37,5	6,3	11,26	318,70
8		38,0	44,0	33,6	6,2	11,07	318,90
9		42,0	46,9	28,7	5,7	10,12	319,10
10		46,0	48,9	27,7	5,9	10,59	319,30
11		50,0	51,4	10,9	2,1	3,80	319,50
12		54,0	54,8	6,9	2,0	3,52	319,70
	B	64,0		0,0			319,90

Dati dimensionali dello stendimento (ml)	
Offset	10
Dist. Intergeof	4
N° geofoni	12
Lunghezza	64

Punti di ginocchio	P. di	
	diretto	P. coniug.
	4	2
	9	3

Geofoni reciproci	strato	
	2	7
strato 2	2	7
strato 3	4	12



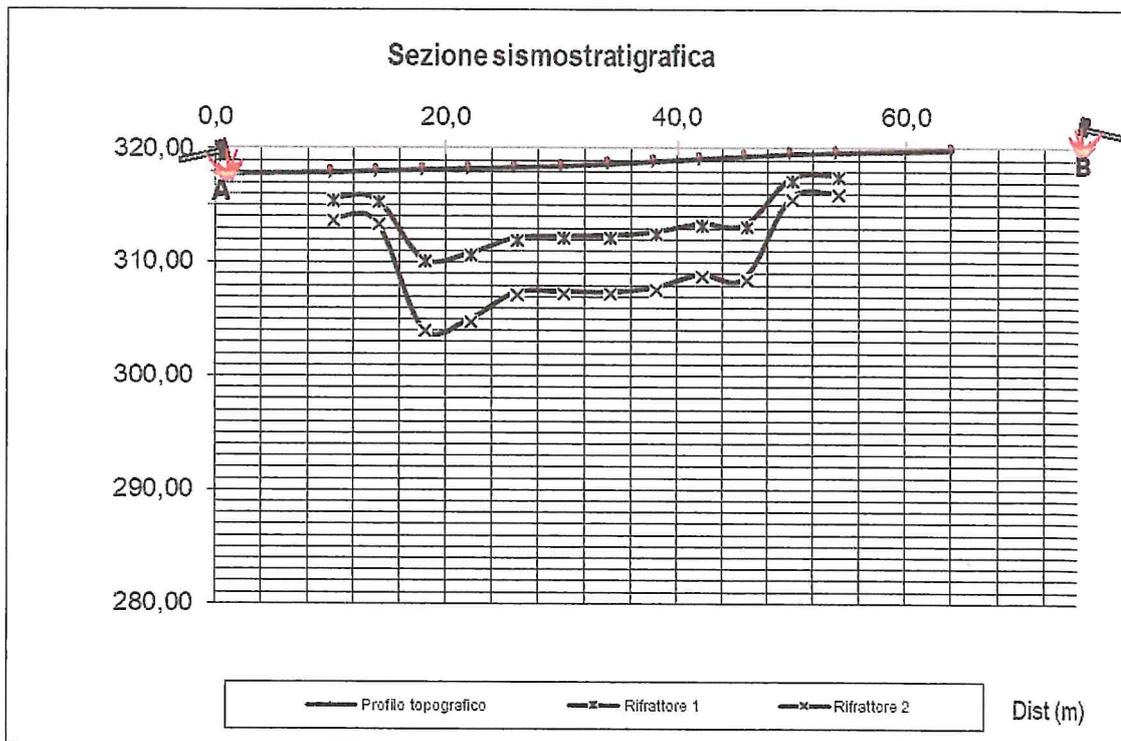
Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON PICKING ARRIVO ONDE PRIME

Comm.: Provincia di Benevento
 Cantiere: S:P: 43

Comune: Pannarano
 Prot.:
 Profilo n°: 1

n° strato	I	II	III
	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)
Vel. strato	823,7	1078,2	3265,3



Prospezione sismica a rifrazione eseguita con attrezzatura di rilevamento Pasi 16S24 digitale e geofoni da 10 Hz Mark LTD Houston TX
 Elaborazione eseguita con software originale sviluppato sul metodo dei percorsi reciproci (Palmer D. 1980)

Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON PICKING ARRIVO ONDE PRIME
 (metodo reciproco)

Comm.:

Cantiere:

Data:

Comune:

prot.:

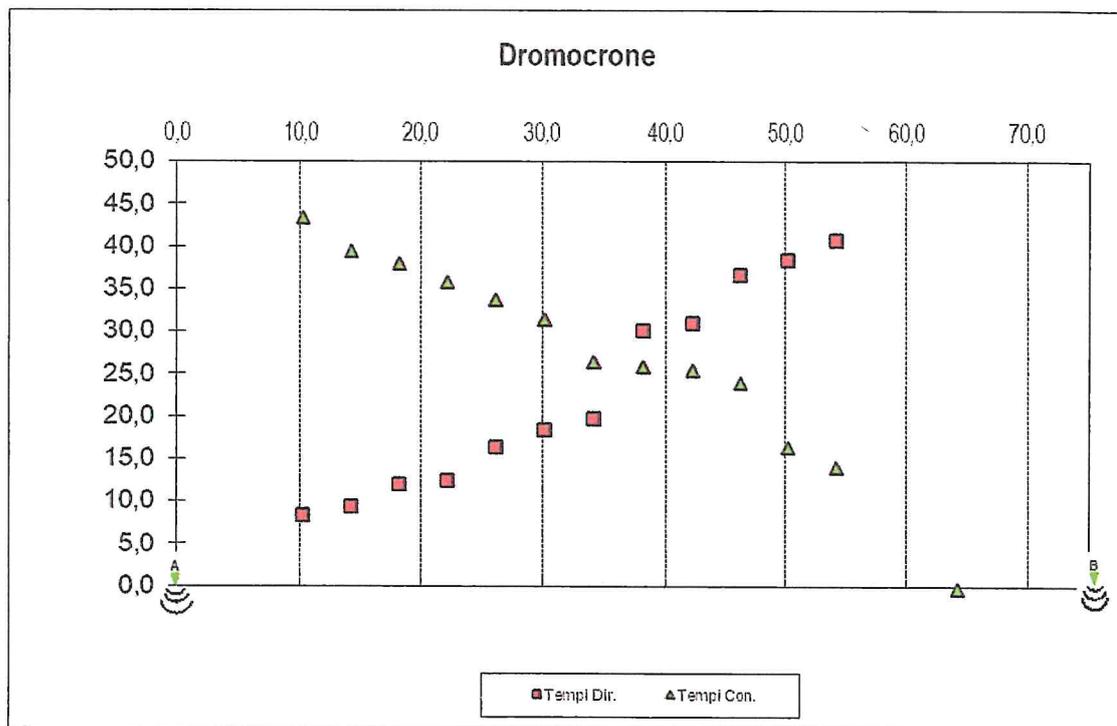
Profilo n°: 1

n°	Geof.	Distanze	Tempi		Profondità		Profilo topografico
			Dir.	Tempi Con.	I rifratt.	II rifratt.	
A		0,0	0,0				318,00
1		10,0	8,6	43,7	5,1	8,58	318,10
2		14,0	9,6	39,8	3,6	6,06	318,20
3		18,0	12,2	38,2	4,1	6,93	318,30
4		22,0	12,7	36,1	3,3	5,54	318,40
5		26,0	16,6	34,1	4,2	7,19	318,50
6		30,0	18,7	31,7	4,1	6,93	318,70
7		34,0	20,0	26,8	2,3	3,81	318,90
8		38,0	30,4	26,1	7,2	12,22	319,10
9		42,0	31,2	25,7	7,4	12,56	319,30
10		46,0	36,9	24,2	9,6	16,20	319,50
11		50,0	38,7	16,6	6,6	11,18	319,70
12		54,0	41,1	14,3	6,7	11,26	319,90
B		64,0		0,0			320,10

Dati dimensionali dello stendimento (ml)	
Offset	10
Dist. Intergeof	4
N° geofoni	12
Lunghezza	64

Punti di ginocchio	P.	
	diretto	P. coniug.
	4	6
	11	7

Geofoni reciproci	strato	
	2	3
	4	1
	5	6



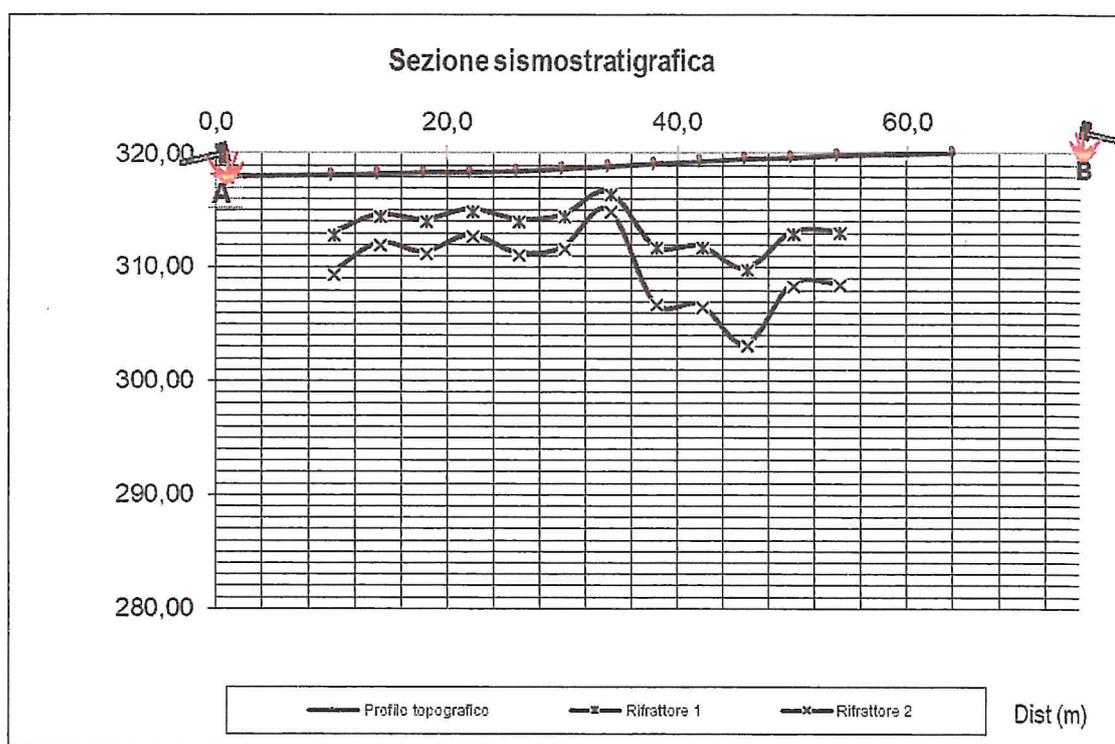
Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON PICKING ARRIVO ONDE PRIME

Comm.:
 Cantiere:

Comune:
 Prot.:
 Profilo n°: 1

n° strato	I	II	III
	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)
Vel. strato	1402,4	2051,3	3809,5



Prospezione sismica a rifrazione eseguita con attrezzatura di rilevamento Pasi 16S24 digitale e geofoni da 10 Hz Mark LTD Houston TX

Elaborazione eseguita con software originale sviluppato sul metodo dei percorsi reciproci (Palmer D. 1980)

Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

ZONA DISTACCO MURI DI CONTENIMENTO

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON PICKING ARRIVO ONDE PRIME
 (metodo reciproco)

Comm.: Provincia di Benevento

Comune: Pannarano

Cantiere: S:P: 43

prot.: Zona 2

Data: mag-18

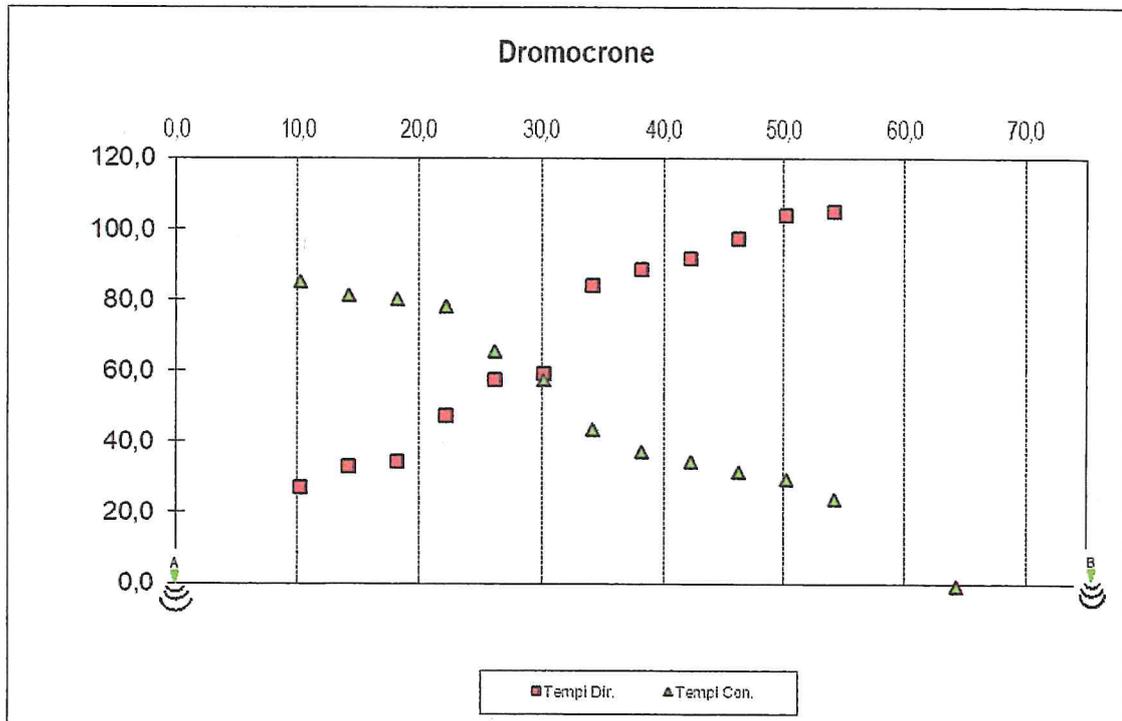
Profilo n°: 3

n°	Geof.	Distanze	Tempi Dir.	Tempi Con.	Profondità		Profilo topografico
					I rifratt.	II rifratt.	
A		0,0	0,0				309,00
1		10,0	27,7	86,0	6,3	8,41	309,10
2		14,0	33,6	82,0	6,8	8,99	309,20
3		18,0	35,1	81,0	6,9	9,14	309,30
4		22,0	47,9	79,0	9,4	12,42	309,40
5		26,0	58,2	66,4	8,8	11,72	309,50
6		30,0	60,1	58,1	7,4	9,78	309,70
7		34,0	85,0	44,2	9,9	13,11	309,90
8		38,0	89,4	38,0	9,5	12,57	310,10
9		42,0	92,4	35,0	9,5	12,57	310,30
10		46,0	98,3	32,1	10,2	13,48	310,50
11		50,0	104,7	30,1	11,2	14,81	310,70
12		54,0	106,0	24,7	10,2	13,57	310,90
B		64,0		0,0			310,00

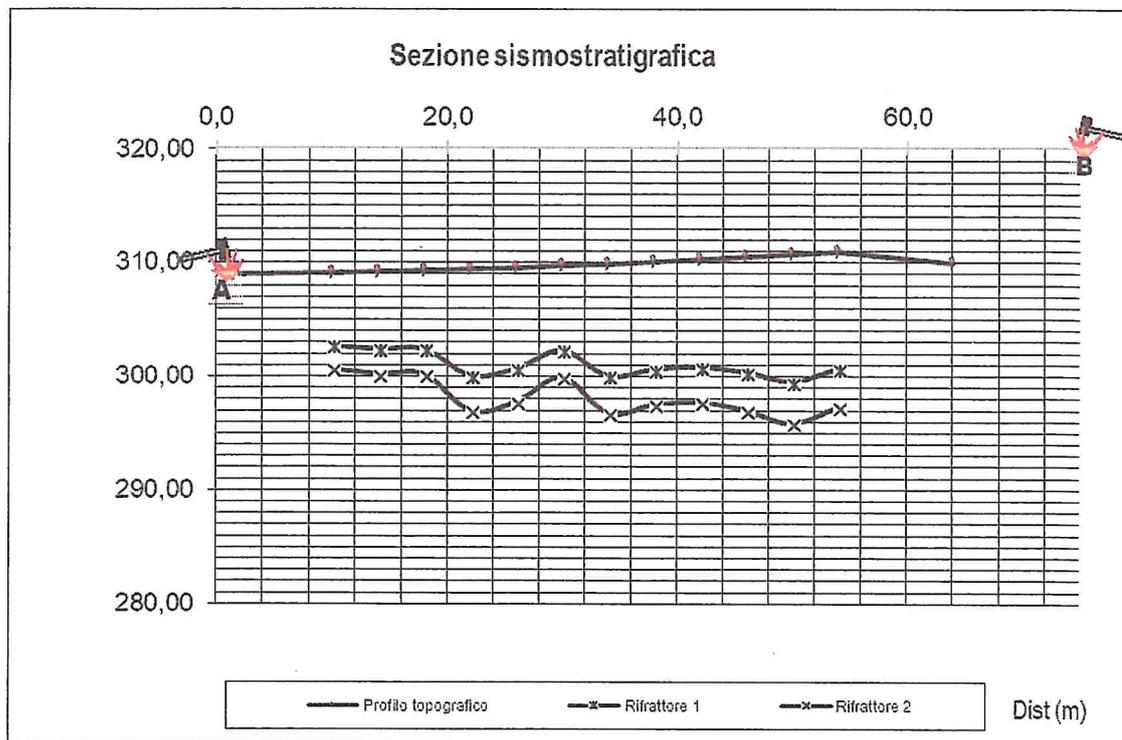
Dati dimensionali dello	
stendimento	(ml)
Offset	10
Dist. Intergeof	4
N° geofoni	12
Lunghezza	64

Punti di ginocchio	P.	
	diretto	P. coniug.
	4	4
	5	7

Geofoni reciproci		
strato 2	1	3
strato 3	7	8



Dott. Geol. Giuseppe Solla
Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
Cell. 320.1473117
Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it



Prospezione sismica a rifrazione eseguita con attrezzatura di rilevamento Pasi 16S24 digitale e geofoni da 10 Hz Mark LTD Houston TX
Elaborazione eseguita con software originale sviluppato sul metodo dei percorsi reciproci (Palmer D. 1980)

Dott. Geol. Giuseppe Solla
 Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
 Cell. 320.1473117
 Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON PICKING ARRIVO ONDE PRIME
 (metodo reciproco)

Comm.: Provincia di Benevento
Cantiere: S:P: 43
Data: mag-18

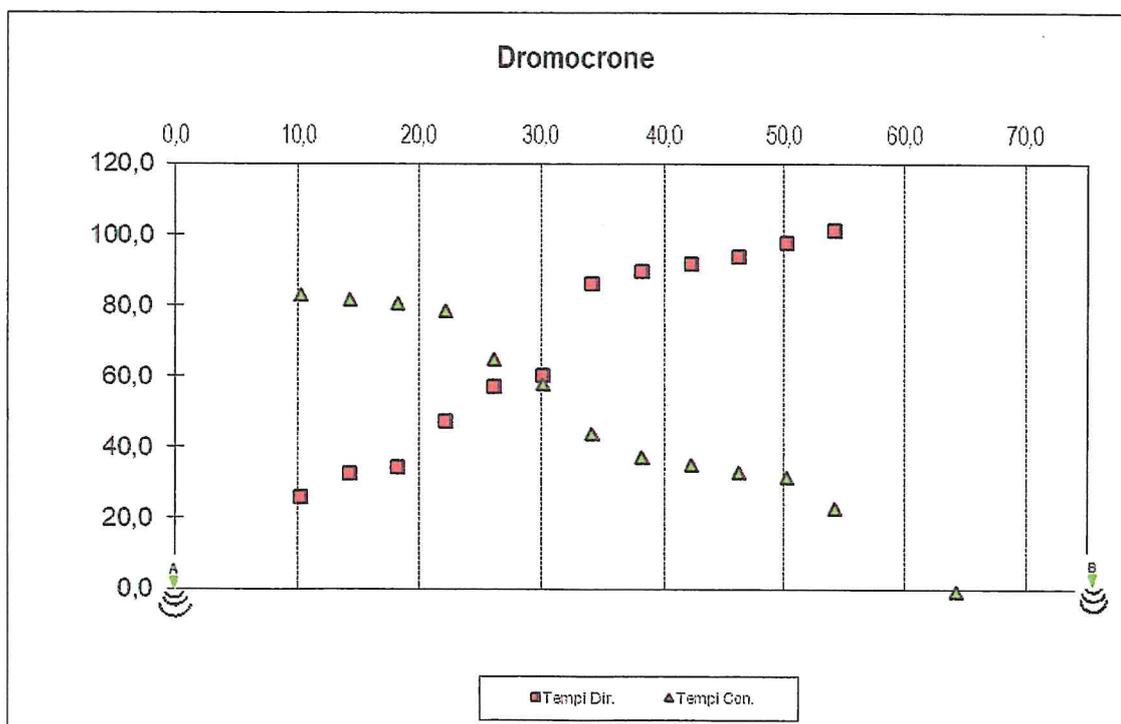
Comune: Pannarano
prot.: Zona 2
Profilo n°: 4

n°	Geof.	Distanze	Tempi		Profondità		Profilo topografico
			Dir.	Con.	I rifratt.	II rifratt.	
	A	0,0	0,0				309,00
1		10,0	26,8	83,7	6,4	8,20	309,10
2		14,0	33,4	82,5	7,7	9,85	309,20
3		18,0	34,9	81,5	7,8	10,01	309,30
4		22,0	48,1	79,2	10,5	13,34	309,40
5		26,0	57,7	65,6	9,5	12,12	309,50
6		30,0	61,0	58,6	8,6	10,99	309,70
7		34,0	86,8	44,5	11,4	14,57	309,90
8		38,0	90,6	37,9	10,7	13,71	310,10
9		42,0	92,4	35,7	10,6	13,59	310,30
10		46,0	94,5	33,5	10,6	13,56	310,50
11		50,0	98,6	32,4	11,3	14,48	310,70
12		54,0	102,0	23,5	10,0	12,79	310,90
	B	64,0		0,0			311,10

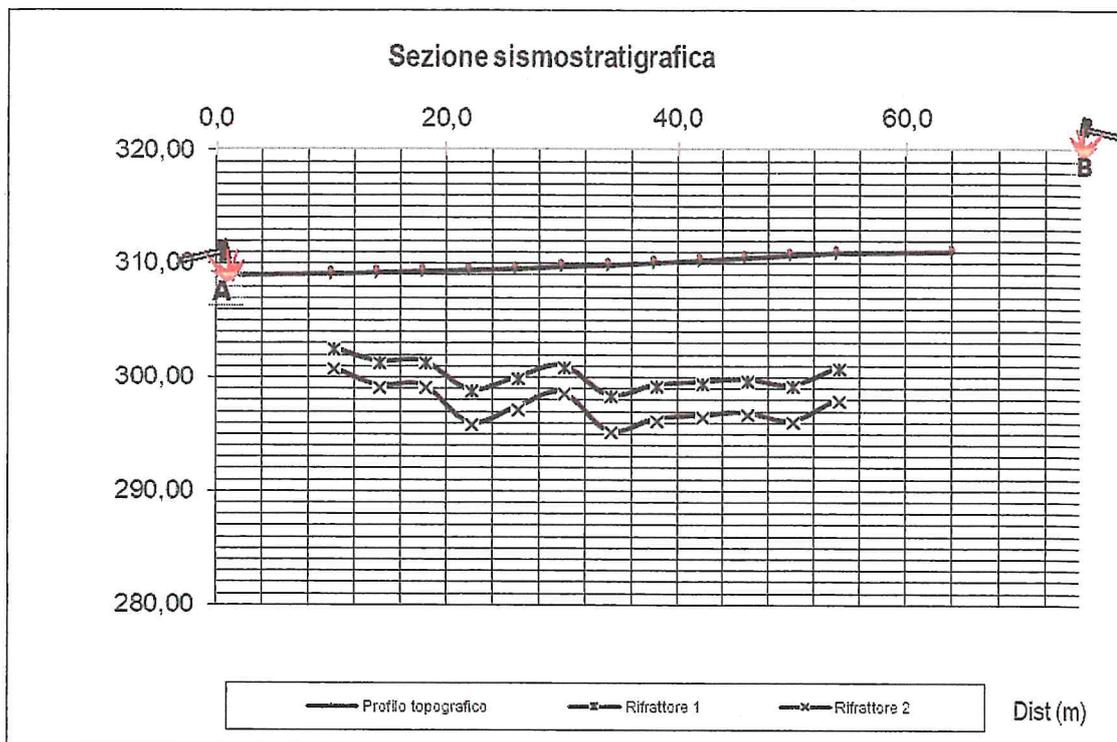
Dati dimensionali dello stendimento		(ml)
Offset		10
Dist. Intergeof		4
N° geofoni		12
Lunghezza		64

Punti di ginocchio	P.	
	diretto	P. coniug.
	5	3
	6	6

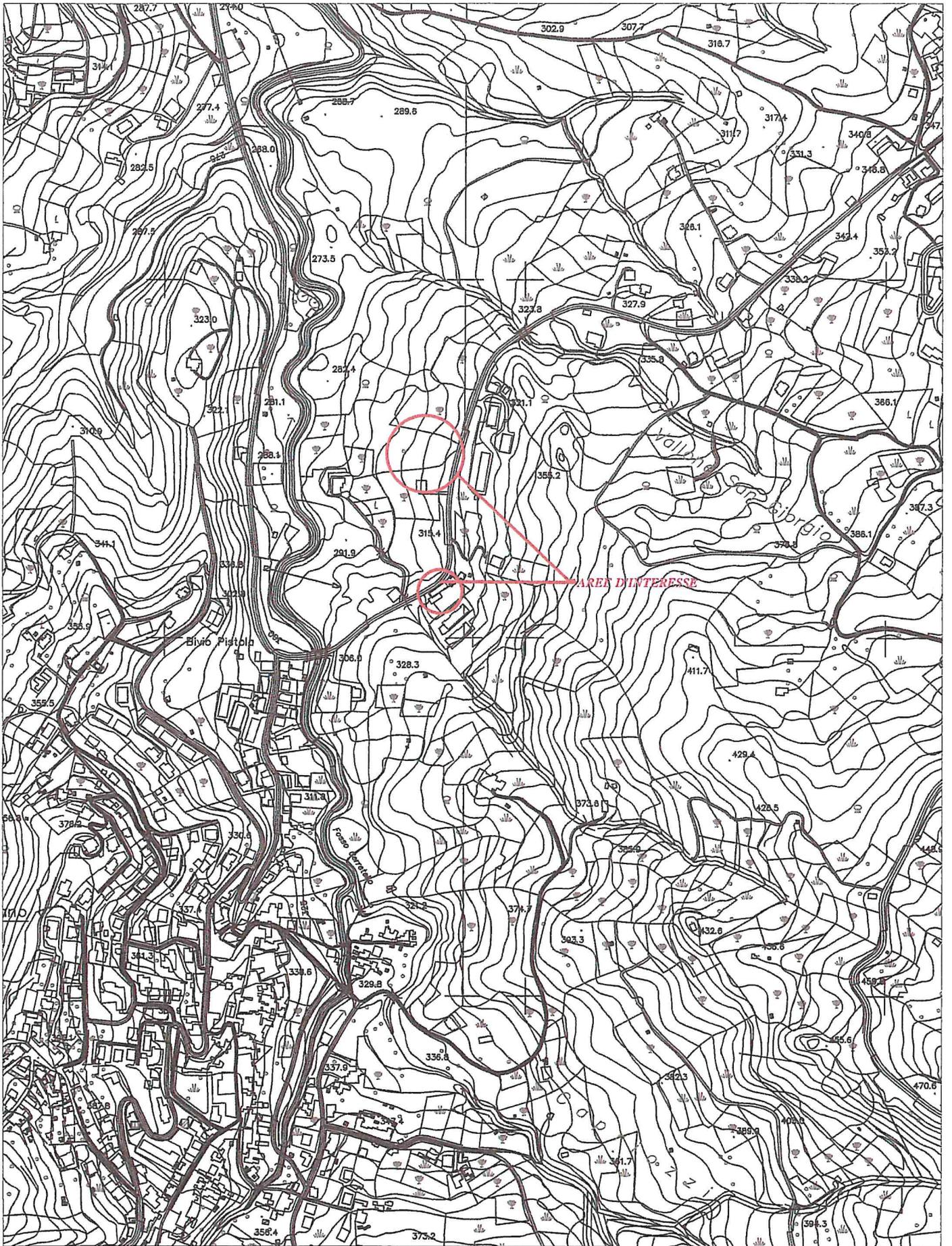
Geofoni reciproci		
strato 2	1	3
strato 3	7	8



Dott. Geol. Giuseppe Solla
Via Pontariello 63/E San Giorgio del Sannio
Cell. 320.1473117
Pec: solla.giu@epap.sicurezzapostale.it



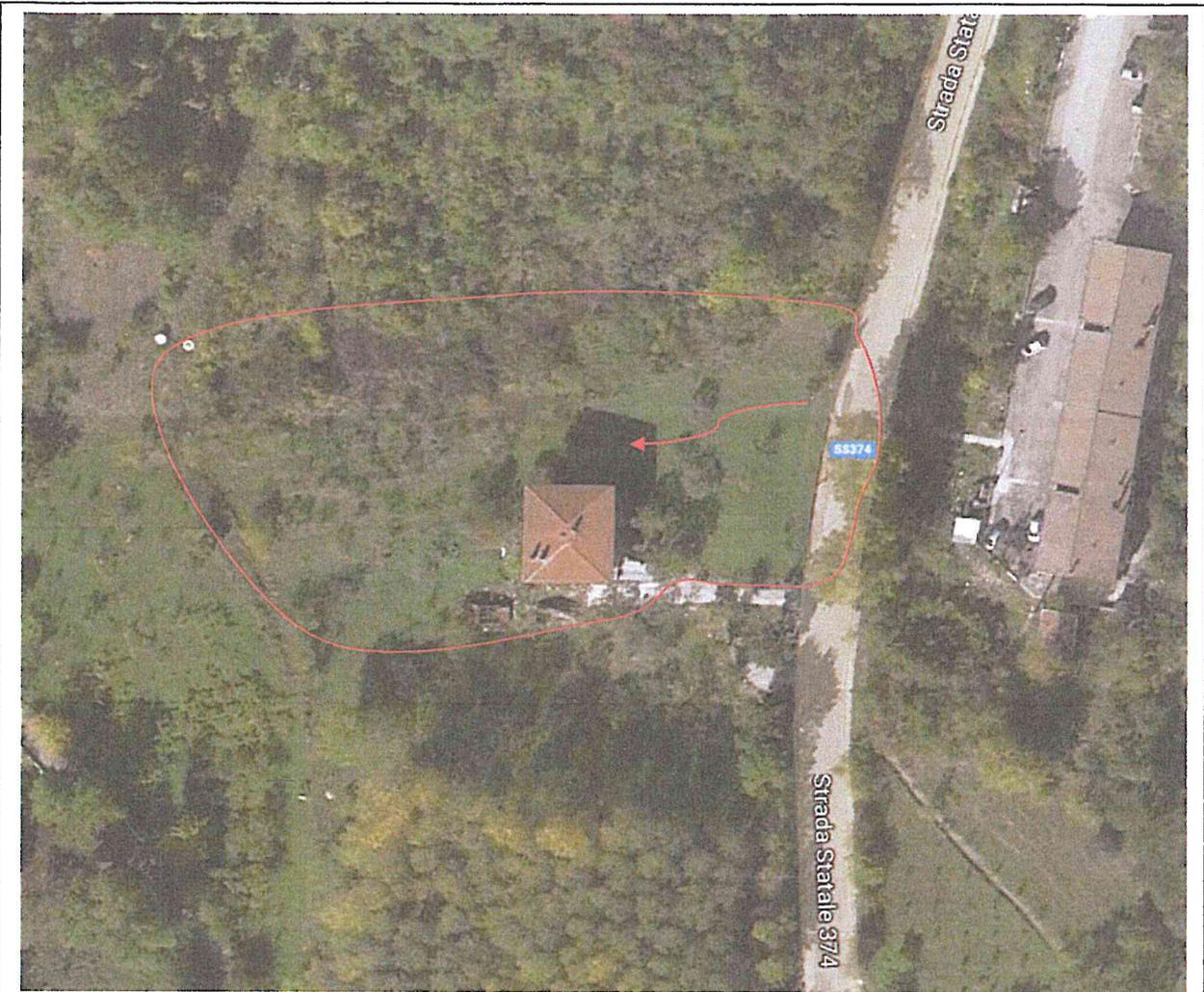
Prospezione sismica a rifrazione eseguita con attrezzatura di rilevamento Pasi 16S24 digitale e geofoni da 10 Hz Mark LTD Houston TX
Elaborazione eseguita con software originale sviluppato sul metodo dei percorsi reciproci (Palmer D. 1980)



UBICAZIONE AREA D'INTERESSE
CONSULENTE GEOLOGO: GIUSEPPE SOLLA

COMMITTENTE: PROVINCIA DI BENEVENTO - SETTORE TECNICO
OGGETTO: S.P. 43 - LAVORI PER IL RISANAMENTO DEL CEDIMENTO STRADALE
ED IL RIFACIMENTO DEI MURI DI CONTENIMENTO INSTABILI, NEL COMUNE DI
PANNARANO

prot.: RELD0218
scala:
data: 04.2018



Perimetrazione area in frana della carreggiata stradale e direzione di scivolamento



Perimetrazione area di distacco muri di contenimento

REPORT FOTOGRAFICO: INDAGINI IN SITO

SONDAGGIO S1 (CEDIMENTO STRADALE)



SONDAGGIO S1
MOVIMENTO FRANCO
SP43 - PANNARANO
COMM. PROV. BN
CASSETTA 3
5-10 m





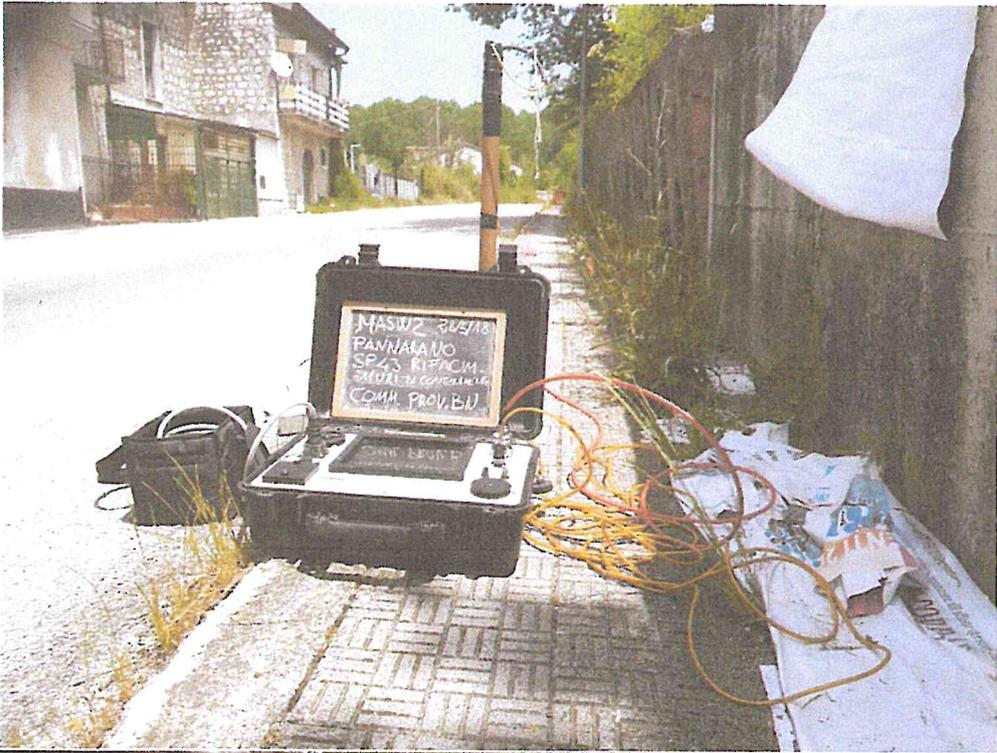
SONDAGGIO S1
MOVIMENTO FRANCO
SP43 PAVARLO
COMM. PROV. BA
CASSETTA

SONDAGGIO S2 (DISTACCO MURI)



PROSPEZIONI SISMICHE: RIFRAZIONI E MASW





MISURAZIONI PIEZOMETRICHE

