



CENTRALE UNICA DI COMMITTENZA

COMUNI ASSOCIATI: ACRI – BISIGNANO

Sede: Via Roma n. 65 - 87041 - Acri - CS - tel: 0984-921411 - fax: 0984-941048

pec: cuc@pec.comuneacri.gov.it



PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO: PROCEDURA APERTA AI SENSI DELL'ART. 183 COMMI DA 1 A 14 DEL D.Lgs. 50 DEL 18 APRILE 2016 PER L'AFFIDAMENTO DELLA CONCESSIONE DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE, DIREZIONE LAVORI, CONTABILITÀ, CONTO FINALE, REALIZZAZIONE E GESTIONE DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE DA REALIZZARSI IN PROJECT FINANCING CON DIRITTO DI PRELAZIONE DA PARTE DEL PROPROMOTORE PG COSTRUZIONI SRL - BISIGNANO (CS) AI SENSI DELL'ART. 183, COMMA 15 DEL D.LGS. 50/2016

CIG: 7845517570

CUP F73J19000010007

STAZIONE APPALTANTE

Centrale Unica di Committenza ACRI/BISIGNANO, Codice AUSA: 0000551474 –

Indirizzo: Via Roma N. 65 Città: Acri (CS)

PROGETTISTA

Ing. Alessandro D'Alessandro

GEOLOGO

Dott. Geol. Gino Cofone



IMPRESA

PG Costruzioni S.r.l.

R02

DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

DATA: 03/06/2019

Indice

PREMESSA	2
INQUADRAMENTO GEO-MORFOLOGICO GENERALE	4
INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO DEL SETTORE DI STUDIO	6
INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO COMUNALE DI BISIGNANO NELL'AMBITO DEL PAI	9
CARATTERI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO	13
STRATIGRAFIA DELL'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE E DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-TECNICO	17
POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	21
ZONA SISMICA	22
CONCLUSIONI	26
Allegato 1 (Prova penetrometrica dinamica Superpesante DPSH)	30
Allegato 2 (prospezione sismica di tipo Masw)	41
Allegato 3 (Stendimento sismica rifrazione SR)	53
Allegato 4 (Rilievo con Drone)	64
Allegato 5 (Analisi di stabilità)	75

PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla Ditta PG COSTRUZIONI S.R.L., il sottoscritto Dott. Geol. Gino Cofone, iscritto all'ordine Regionale dei Geologi della Calabria con n°1066, ha redatto la presente relazione geologico-tecnica riguardante la **“PROPOSTA DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI COSTRUZIONE DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE DI BISIGNANO NONCHE' DELLA GESTIONE FUNZIONALE ED ECONOMICA DELLO STESSO CON RISORSE TOTALMENTE A CARICO DEL SOGGETTO PROPONENTE – PROCEDURA DI PROJECT FINANCING – ART. 183 comma 15 D.LGS 50/2016”** nel comune di Bisignano, provincia di Cosenza (fig.1).

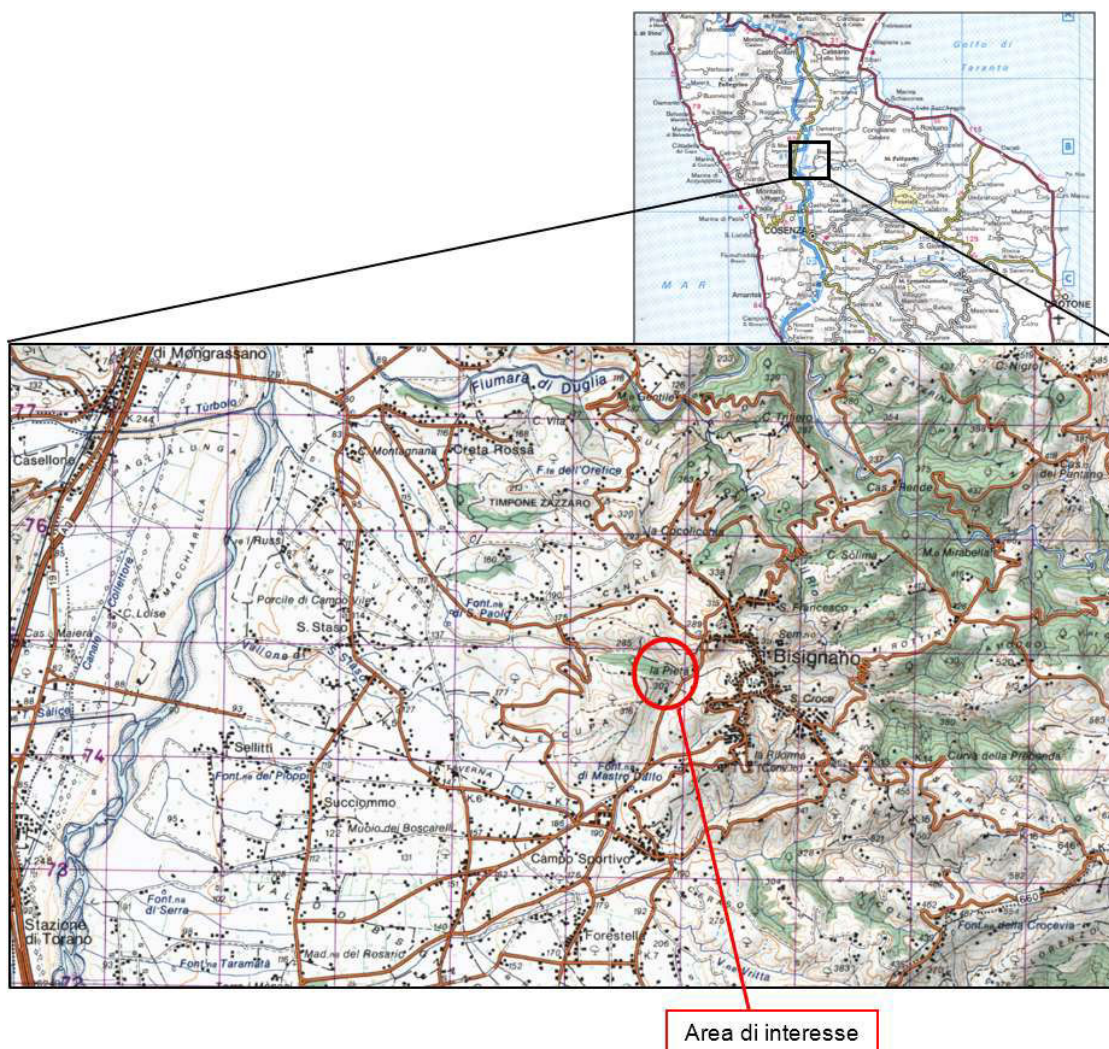


Fig. 1 – Localizzazione settore di studio ed area di interesse progettuale.

Il presente studio è finalizzato principalmente all'accertamento della fattibilità geomorfologica dell'intervento in oggetto ed alla definizione delle principali caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche del sito, al fine di fornire, al tecnico incaricato della progettazione, utili indicazioni circa il dimensionamento e la profondità di attestazione del piano di posa delle strutture di fondazione.

Un accurato rilevamento geologico di superficie, esteso per un ambito geologicamente significativo, unitamente ad informazioni di carattere bibliografico ed all'interpretazione stereoscopica delle foto aeree ha consentito di definire i caratteri geologici e geomorfologici dell'area di studio.

Inoltre sono state eseguite delle indagini di tipo dirette e indirette, effettuate appositamente dallo scrivente per valutare la fattibilità geologica della proposta progettuale. In particolare sono state eseguite **n°1** prova penetrometrica dinamica superpesante **DPSH (All. 1)** la quale ha permesso di ottenere informazioni qualitative circa la consistenza e/o grado di addensamento dei tipi litologici costituenti il terreno fondazione.

Per la determinazione della V_{s_eq} , e di conseguenza della Categoria di Suolo di fondazione, è stata eseguita **n°1** prospezione sismica di tipo **MASW** (onde Vs) (**All. 2**).

Inoltre è stata eseguita **n°1** prospezione sismica di tipo **SR** (Sismica a rifrazione) (**All. 3**) la quale si è dimostrata utile al fine di ricostruire la stratigrafia (opportunamente tarata con l'istogramma penetrometrico nella porzione superficiale) insieme alle osservazioni di superficie derivanti dal rilevamento geologico di campagna.

Per poter rilevare le condizioni geomorfologiche attuali dell'area è stato effettuato un rilievo di dettaglio con **Drone (All. 4)**, esteso per un ambito significativo rispetto all'area di intervento, il quale ha fornito la base cartografica aggiornata (dtm, dsm, curve di livello, ortofoto) utilizzata per ricostruire alcuni profili topografici ritenuti significativi e rappresentativi sottoposti a **Verifica di stabilità (All. 5)**.

I dati raccolti sono stati analizzati ed elaborati in studio, quindi utilizzati per la stesura della presente relazione, elaborata sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018.

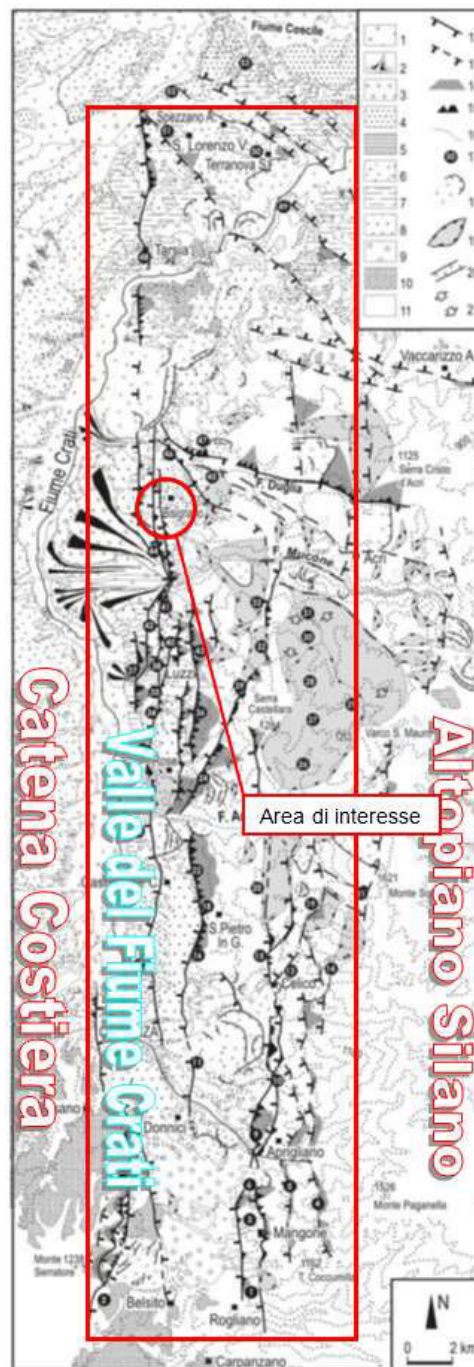
INQUADRAMENTO GEO-MORFOLOGICO GENERALE

L'area di studio ricade, da un punto di vista geologico, nella porzione centro-settentrionale del bordo orientale del graben del F. Crati il quale rappresenta una depressione tettonica d'età plio-quadernaria, caratterizzata dalla presenza di faglie normali ad andamento N-S (fig. 2).

Fig 2: Carta morfo-tettonica e delle Dgpv del bordo orientale del graben del Crati (da Tansi et al., 2005, mod.). In rosso è evidenziato il bordo occidentale della Sila (contesto geologico in cui ricade l'area di studio).

LEGENDA:

- depositi olocenici (1);
- conoidi di deiezione (2);
- depositi del Pleistocene medio-sup.:
- depositi conglomeratici d'origine continentale (3);
- depositi sabbioso-conglomeratico d'origine marina (4);
- resti di antiche superfici d'erosione infra-pleistoceniche (5);
- depositi del Pliocene sup.-Pleistocene medio: sabbie e conglomerati (6);
- argille siltose (7);
- sabbie e arenarie (8);
- conglomerati rossastri (9);
- depositi alto-miocenici (10);
- substrato pre-miocenico (11);
- faglia normale molto recente o attiva (12);
- faglia normale recente (13);
- scarpata di faglia cumulativa (14);
- facette triangolari o trapezoidali (15);
- limite stratigrafico (16);
- stazione di misura mesostrutturale (17);
- grande frana (18);
- cuneo da accomodamento tettono-gravitativo (19);
- trincea (20);
- espansione laterale (21).



Il settore in oggetto presenta una forma allungata che tende ad allargarsi sensibilmente verso nord, delimitata da faglie ad andamento WNW-ESE e, in subordine, NE-SW e N-S (LANZAFAME & TORTORICI, 1981; TORTORICI, 1981; TURCO et alii, 1990; CATALANO et alii, 1993).

Il sistema WNW-ESE (campo di variabilità: N100E-N140E) è ereditato da una preesistente fascia trascorrente sinistra, di rilevanza regionale («linea del Pollino», BOUSQUET, 1973) che si è sviluppata al confine tra Calabria e Lucania (CATALANO et alii, 1993) durante il Pleistocene inf.-medio (DEWEY et alii, 1989; MONACO et alii, 1995). Durante le fasi estensionali tardo-Pleistoceniche, le suddette faglie hanno subito riattivazioni «in normale» (LANZAFAME & TORTORICI, 1981; MONACO & TANSI, 1992).

Il sistema di faglie normali NE-SW è morfologicamente meno evidente e trova la sua massima espressione nella Linea di Sanginetto (AMODIO-MORELLI et alii, 1976) che borda a NW il graben del Crati. LANZAFAME & TORTORICI (1981) attribuiscono un importante ruolo geodinamico a tale struttura: la formazione del bacino del Crati viene infatti attribuita all'attività di trascorrenza sinistra della Linea di Sanginetto. Anche le faglie appartenenti al sistema NE-SW sono state «riprese» dalla tettonica quaternaria connessa con la fase estensionale tardiva (LANZAFAME & TORTORICI, 1981) (fig. 2).

Il sistema di faglie orientate N-S è quello più recente, sono per lo più normali, e ribassanti a gradinata verso il F. Crati; culminano per rigetti ed estensione, rispettivamente, con le direttrici «San Marco Argentano-San Fili» e «Rogliano-Bisignano» (fig. 2). Le faglie appartenenti al sistema N-S sono connesse ad una fase tettonica distensiva, con assi di estensione massima orientati ESE-WNW, perdurata dal Pliocene sup. fino a tutto il Pleistocene (LANZAFAME & TORTORICI, 1981), particolarmente intensa dal Pleistocene medio, e tuttora attiva (GASPARINI et alii, 1982; GUERRA, 1986; TORTORICI et alii, 1995).

I depositi di riempimento del graben del Crati sono costituiti da una successione conglomeratico-sabbioso-argillosa (di spessore complessivo pari a 1100 m, solo in parte affiorante), riferibile a un ciclo sedimentario marino del Pliocene sup.-Pleistocene inf., su cui giacciono in discordanza depositi di fan-delta ghiaioso-sabbiosi (COLELLA

et alii, 1987) del Pleistocene medio, nonché depositi alluvionali attuali del F. Crati e dei suoi principali tributari (fig. 2). Il substrato pre-pliocenico dell'area di studio è costituito da rocce cristallino-metamorfiche, appartenenti all'Arco Calabro-Peloritano (AMODIO-MORELLI et alii, 1976).

Lungo i corsi d'acqua, è evidente l'azione di trasporto e deposito dei materiali presi in carico dall'erosione s.l., con accumuli in forma di conoidi anche di cospicue dimensioni. In particolare, alla confluenza del F. Mucone con il F. Crati, una conoide di dimensioni considerevoli determina una netta deviazione, verso la sinistra idrografica, del corso del F. Crati (fig. 2).

INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO DEL SETTORE DI STUDIO

Relativamente all'intera valle del Crati, sono stati definiti i caratteri della sismicità crostale (profondità < 50 km) dall'insieme dei terremoti strumentali e storici. I caratteri della sismicità strumentale sono stati desunti da INGV (2002), MORETTI et alii (1990), GUERRA (1986) e GUERRA & COREA (1989). In figura 3 sono confrontati i caratteri della sismicità strumentale e storica con le faglie attive e recenti, riconosciute da TORTORICI et alii (1995) e da TANSI et alii, 2005, lungo il bordo orientale del graben del Crati. È stata considerata la distribuzione degli epicentri strumentali di sismi di magnitudo ≥ 3.0 , secondo i dati INGV (2002) relativi al periodo 1983-2002. Gli epicentri macrosismici sono stati desunti da BOSCHI et alii (1995). Dal confronto faglie-sismi, si evince come gli epicentri tendano a distribuirsi prevalentemente lungo le faglie del sistema N-S che strutturano il bordo occidentale dell'Altopiano Silano.

Riguardo ai caratteri della sismicità storica, il graben del Crati è stato interessato da sei terremoti di intensità massima compresa tra IX e X MCS: di questi, cinque presentano aree epicentrali localizzate lungo il suo bordo orientale. Fa eccezione l'evento del 1184, ubicato in corrispondenza delle faglie che strutturano il margine occidentale del graben (e di più incerta localizzazione, per l'epoca assai remota), ed il terremoto del 1638 con area epicentrale nella Valle del Savuto.

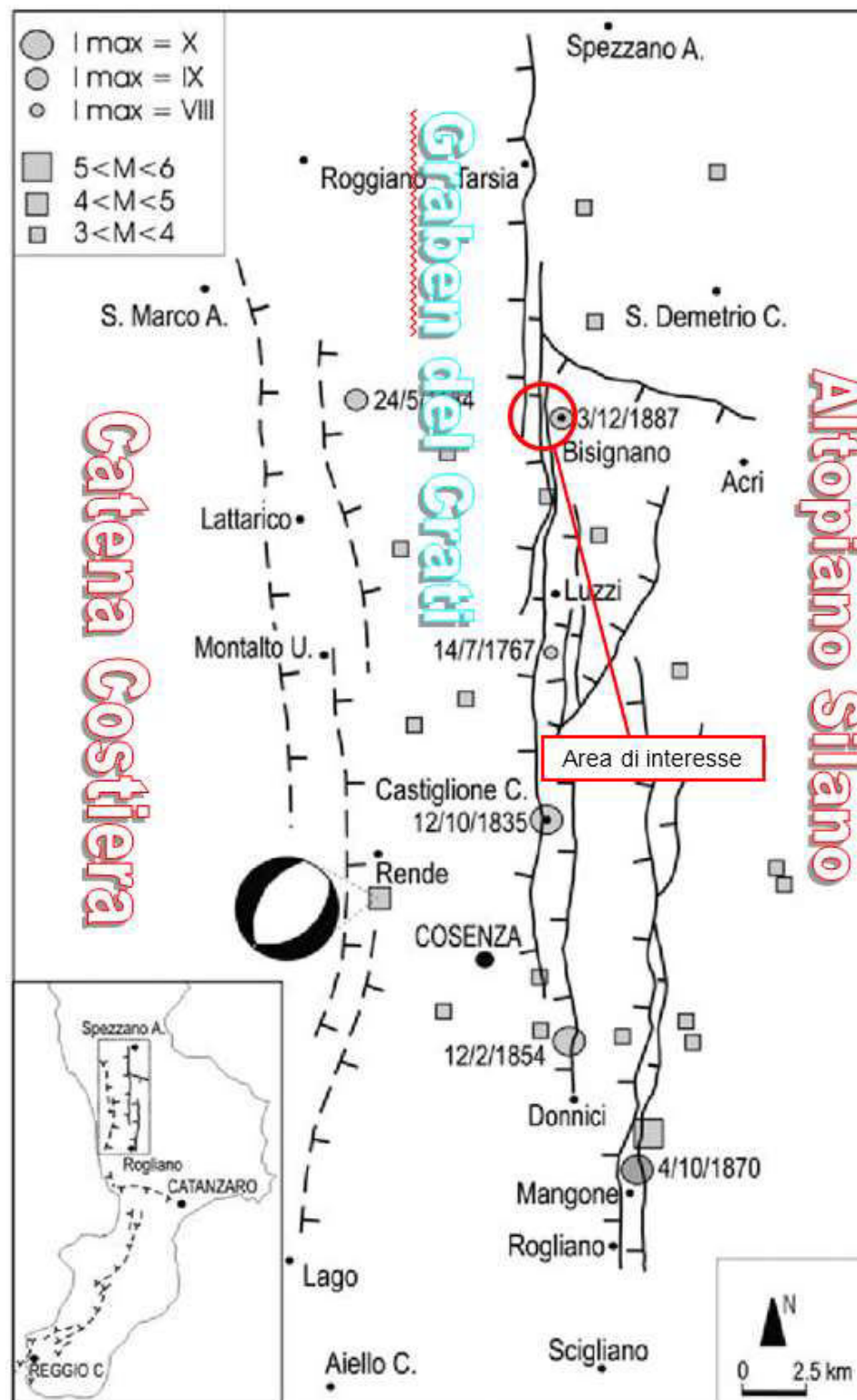


Fig. 3 - Caratteri sismotettonici del graben del F. Crati. Sono rappresentati gli epicentri dei terremoti storici e strumentali (profondità < 35 km) significativi, e le faglie attive e recenti lungo i bordi occidentale (in tratteggio; da: Tortorici et al., 1995) ed orientale (linea continua, secondo Tansi et. al, 2005) del graben.

Dalla distribuzione temporale di tali eventi, si evince che la maggior parte di essi si è verificata in un arco temporale di 120 anni. In particolare, gli epicentri dei tre eventi tellurici più intensi, occorsi nel 1835, 1854 e 1870 (che nel complesso causarono circa 800 vittime), risultano distribuiti nella porzione centro-meridionale dell'area considerata, con progressiva migrazione verso sud (fig. 4).

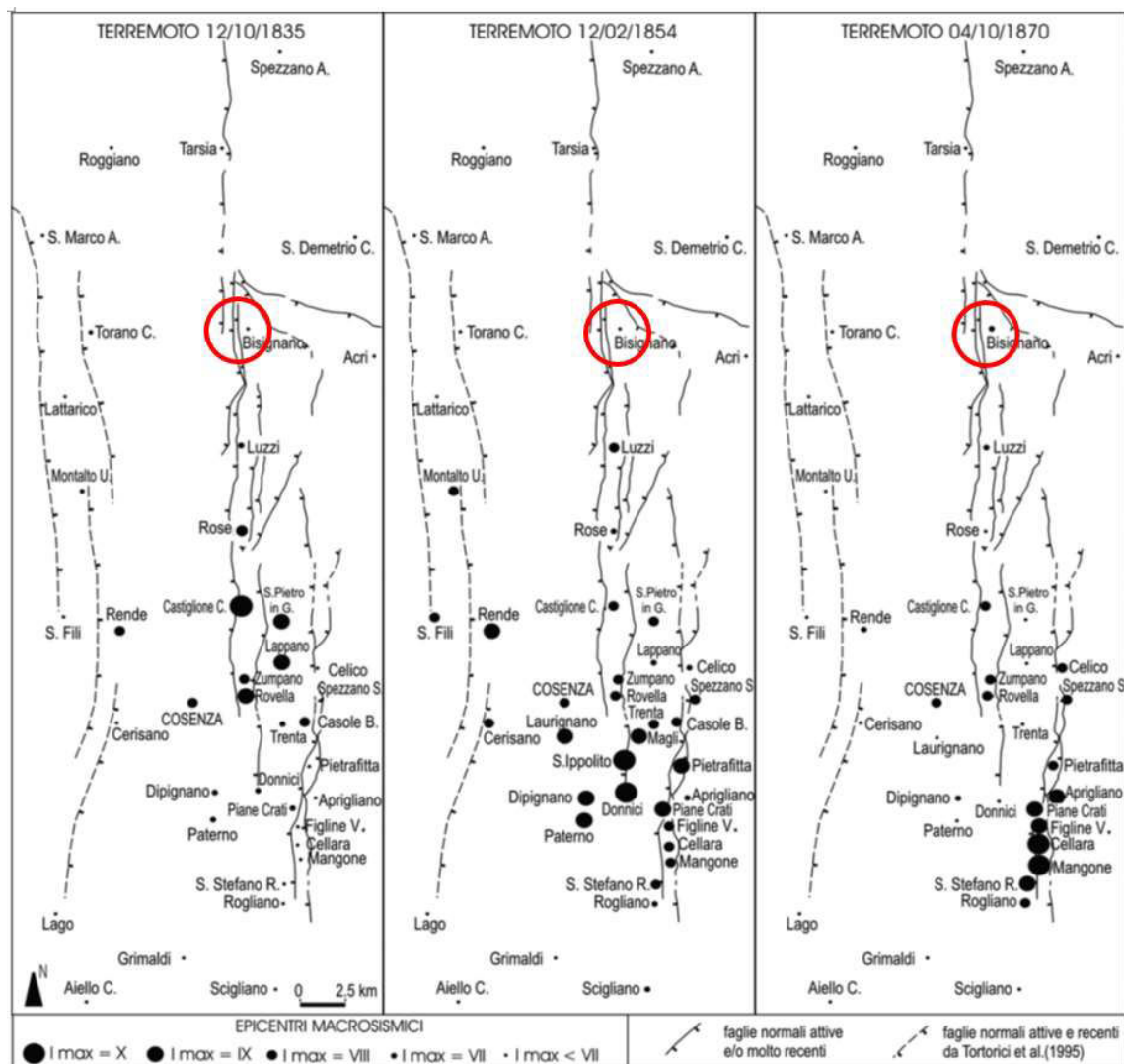


Fig. 4 - Aree macrosismiche dei terremoti degli anni 1835, 1854 e 1870. Sono inoltre rappresentate le faglie attive o molto recenti, lungo il bordo occidentale (in tratteggio, da Tortorici et al., 1995) ed orientale (linea continua, secondo Tansi et al. 2005) del graben del Crati.

Le zone di massimo risentimento associate a tali eventi si allineano lungo alcune delle faglie, appartenenti al sistema N-S. In particolare, i terremoti del 1835 e del 1854 sembrerebbero associati, rispettivamente, ai tratti mediano e meridionale della

direttrice «Donnici-San Pietro in Guarano-Luzzi». L'area macrosismica associata al terremoto del 1870 appare associata alla porzione più meridionale della direttrice «Rogliano – Celico - Serra Castellara ».

Infine, riguardo ai caratteri della sismicità storica, esaminando le modalità di liberazione dell'energia sismica negli ultimi 400 anni nell'Arco Calabro, GUERRA (1986) ha evidenziato che mentre in Calabria meridionale il rilascio energetico è sostanzialmente concentrato in due brevi periodi (1783 e 1905-08), in Calabria settentrionale esso è avvenuto in maniera più continua e mediamente meno intensa, attraverso una serie più numerosa di eventi meno violenti.

INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO COMUNALE DI BISIGNANO NELL'AMBITO DEL PAI

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), che riguarda tutto il territorio regionale, comprende le aree in frana e quelle alluvionali; esso rappresenta la sintesi di vari studi effettuati sul campo e di tutte le banche dati esistenti in materia, fra cui, in particolare, il censimento delle aree calabresi storicamente colpite da frane ed inondazioni (fonte: progetto Avi C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche, versione 1.2 dicembre 1998); il censimento delle aree calabresi storicamente colpite da frane ed inondazioni (fonte: Archivi di Stato – PROGETTO Telcal - azione progettuale Amministrazione regionale, progetto pilota, banca dati territoriale, versione 1.0 dicembre 2000); il censimento delle aree ad elevato rischio idrogeologico (D.L. 180); la ricerca effettuata direttamente dal personale tecnico della Autorità di bacino della Regione Calabria.

Il PAI costituisce dunque, il primo stralcio tematico e funzionale redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria (di seguito ABR); ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico nel territorio di competenza dell'ABR della Calabria. Il Piano ha la funzione di eliminare, mitigare o prevenire i maggiori rischi derivanti da

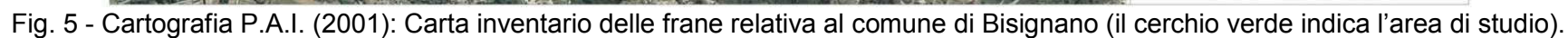
fenomeni calamitosi di natura geomorfologica (dissesti gravitativi dei versanti) o di natura idraulica (esondazioni dei corsi d'acqua). In particolare esso perimetra le aree a maggior rischio idraulico e idrogeologico per l'incolumità delle persone, per i danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, per l'interruzione di funzionalità delle strutture socioeconomiche e per i danni al patrimonio ambientale e culturale, nonché gli interventi prioritari da realizzare e le norme di attuazione relative alle suddette aree.

Sulla base del livello di rischio dei fenomeni di frana rilevati, il PAI disciplina l'uso del territorio in tali aree in relazione alle seguenti classi di cui all'Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (DM 29/09/1998) ed alle specifiche tecniche adottate dalla Regione Calabria e specificatamente contrassegnate dalle sigle R4, R3, R2, R1.

Facendo riferimento a quanto contenuto nel PAI, e più precisamente alla *“Carta delle frane relative alle infrastrutture”* del Comune di Bisignano si evince che parte del territorio è interessata da movimenti franosi di varia tipologia e cinematica, che però non interessano direttamente l'area di interesse progettuale per cui la stessa è esente da rischio frana (fig. 5).

Facendo riferimento alla *“Carta delle Aree a Rischio idraulico”*, (redatta sulla base di documenti storici, modelli idraulici e rilievi in sito), risulta che l'area di interesse non ricade in zona a rischio idraulico (fig. 6).

1 marzo
2019



Proposta di progettazione ed esecuzione dei lavori di costruzione del nuovo cimitero comunale di Bisignano nonché della gestione funzionale ed economica dello stesso con risorse totalmente a carico del soggetto proponente – procedura di project financing – art. 183 comma 15 d.lgs 50/2016

1 marzo
2019

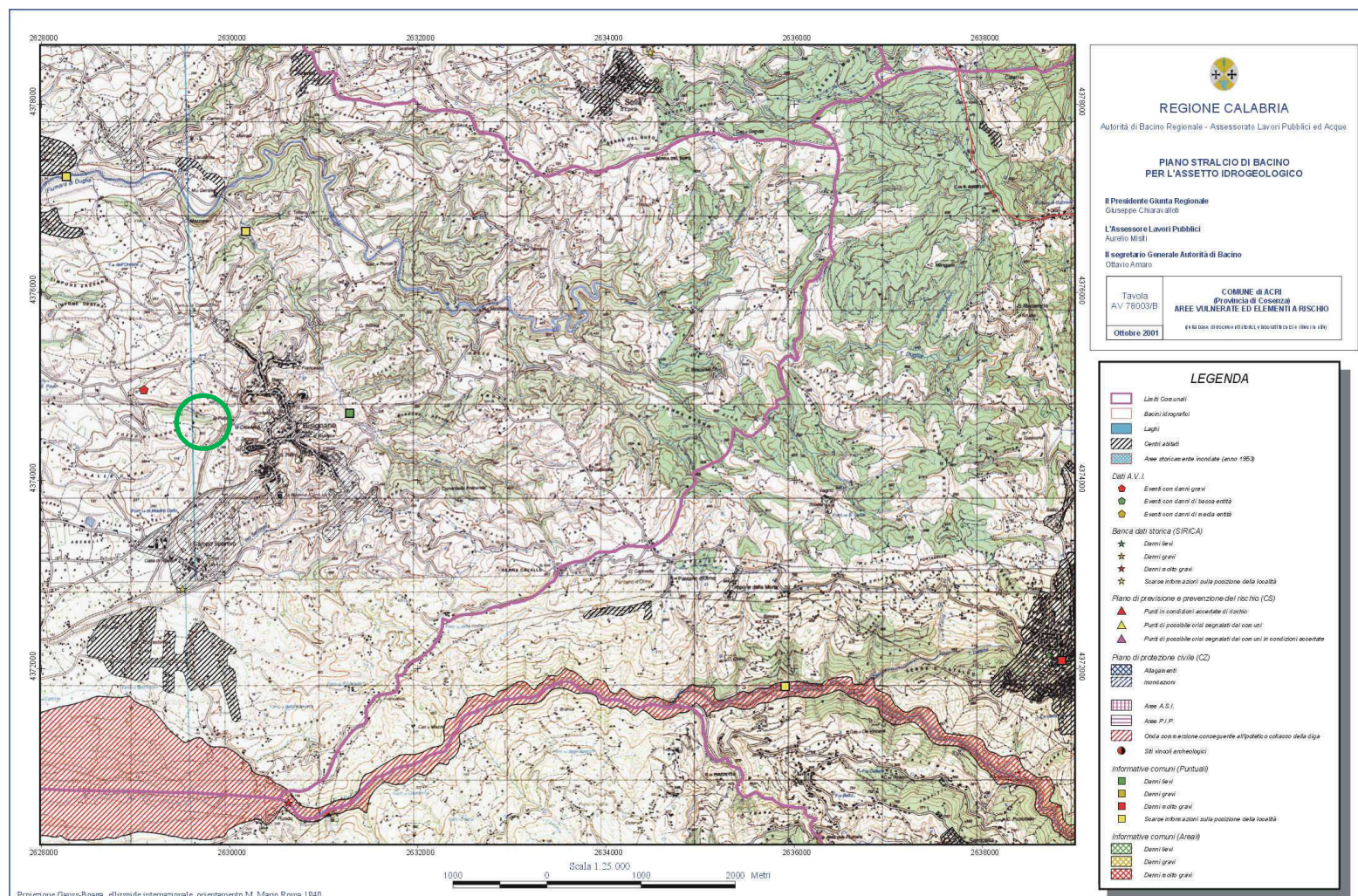


Fig. 6 – Estratto della cartografia del PAI: perimetrazione aree a rischio idraulico (il cerchio verde indica l'area di studio).

CARATTERI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO

Da un punto di vista geomorfologico, l'area oggetto di studio, è posta in una zona prettamente collinare, (alla quota di circa 260 metri s.l.m.) ed in particolare su una zona pianeggiante generata antropicamente ovvero derivante dallo sfruttamento di una cava di inerti a cielo aperto, protratta nel corso degli anni, ed attualmente non più in uso in quanto già sfruttata ed esaurita (fig. 7).

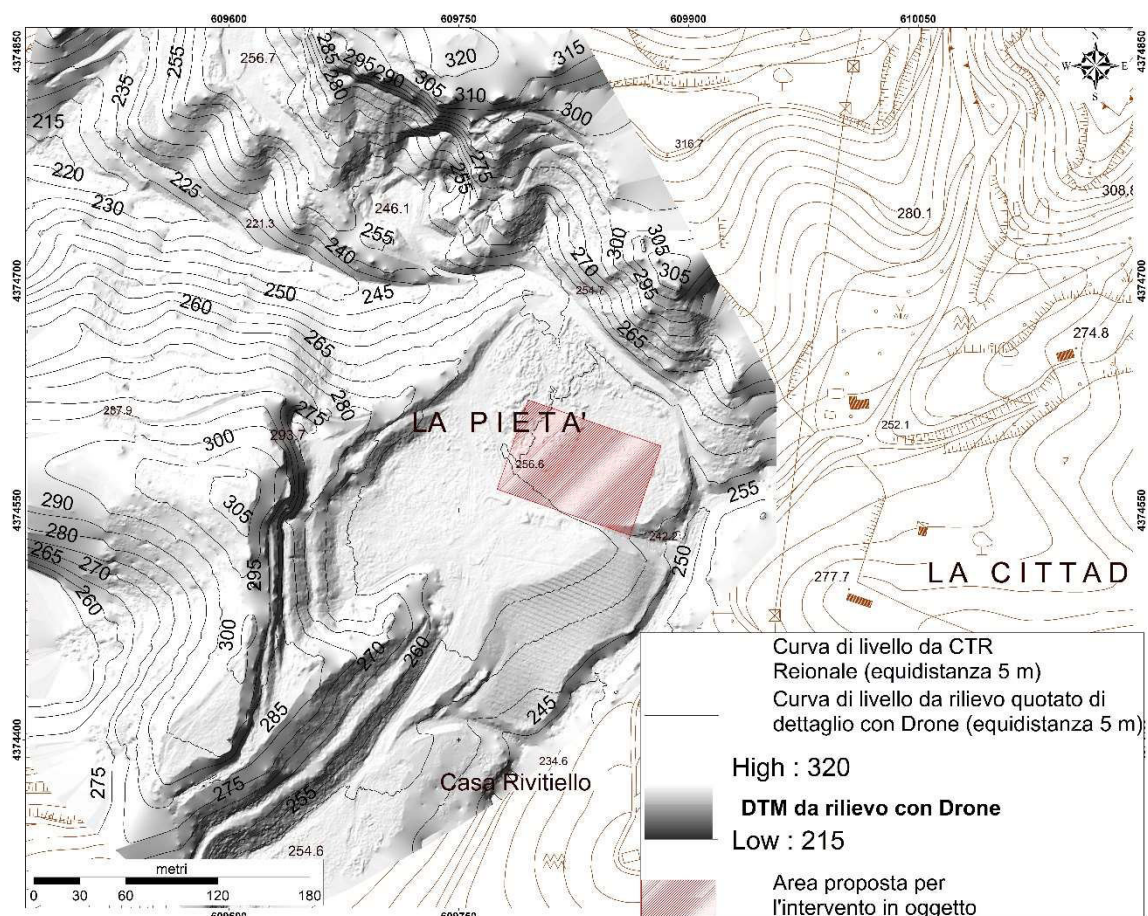


Fig. 7 – Corografia relativa all'area di studio.

La morfologia generale dell'area è strettamente legata a processi erosivi, sia di tipo areale che lineare, condizionati nel loro evolversi, oltre che dalle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti, anche dall'assetto geo-strutturale. Si possono riconoscere, due tipi di paesaggio che si differenziano in base alle classi di pendenza

che caratterizzano i versanti: nelle porzioni sommitali, nelle concavità morfologiche e nelle aree soggette a modellamento antropico la morfologia si presenta meno aspra con zone meno acclivi e pendenze che si assestano intorno ai 0%-20%; nella restante porzione dell'area considerata, dove le sabbie Plioceniche sono più cementate, la morfologia si presenta piuttosto aspra e con versanti che presentano inclinazioni del 35%-50% e >50% (fig. 8).

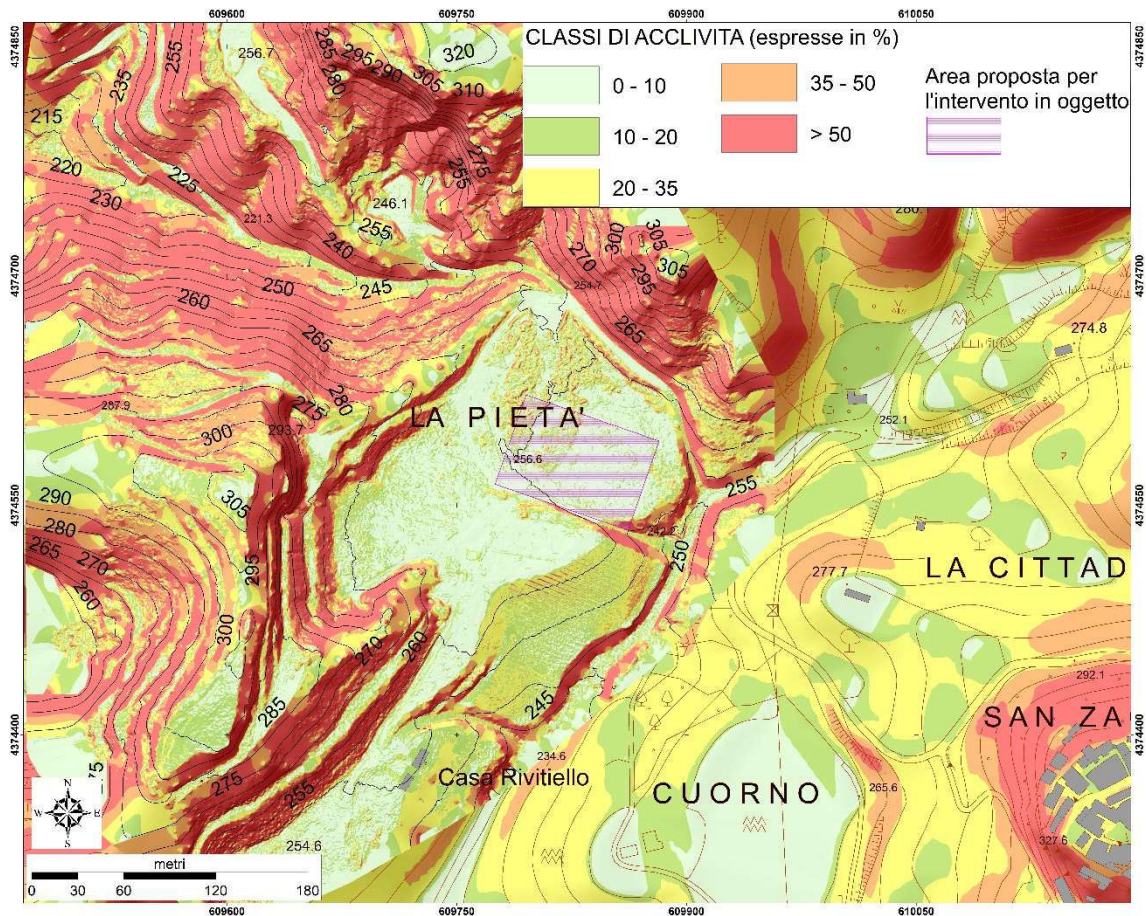


Fig. 8 – Carta della pendenza (espressa in classi %) relativa all'area di studio.

L'assetto geologico della zona è caratterizzato da depositi marini del Pliocene superiore, in particolare costituiti da **Sabbie ed arenarie tenere, con intercalazioni limose e talora conglomeratiche, a stratificazione incrociata** (fig.9).

Il basamento sismico, invece, è costituito da metamorfiti di medio-alto grado che derivano da una originaria associazione sedimentaria con una storia metamorfica complessa sviluppatasi a partire dal pre-ercinico (Zanettin Lorenzoni, 1980) fino

all'alpino, intruse da rocce granitoidi e filoni pegmatitici. Tali rocce non si rinvennero in affioramento (nella porzione di studio) ma dai dati di letteratura, e da indagini consultate ed effettuate in aree limitrofe, tali rocce sono riscontrabili a profondità maggiori di 100m dal piano campagna.

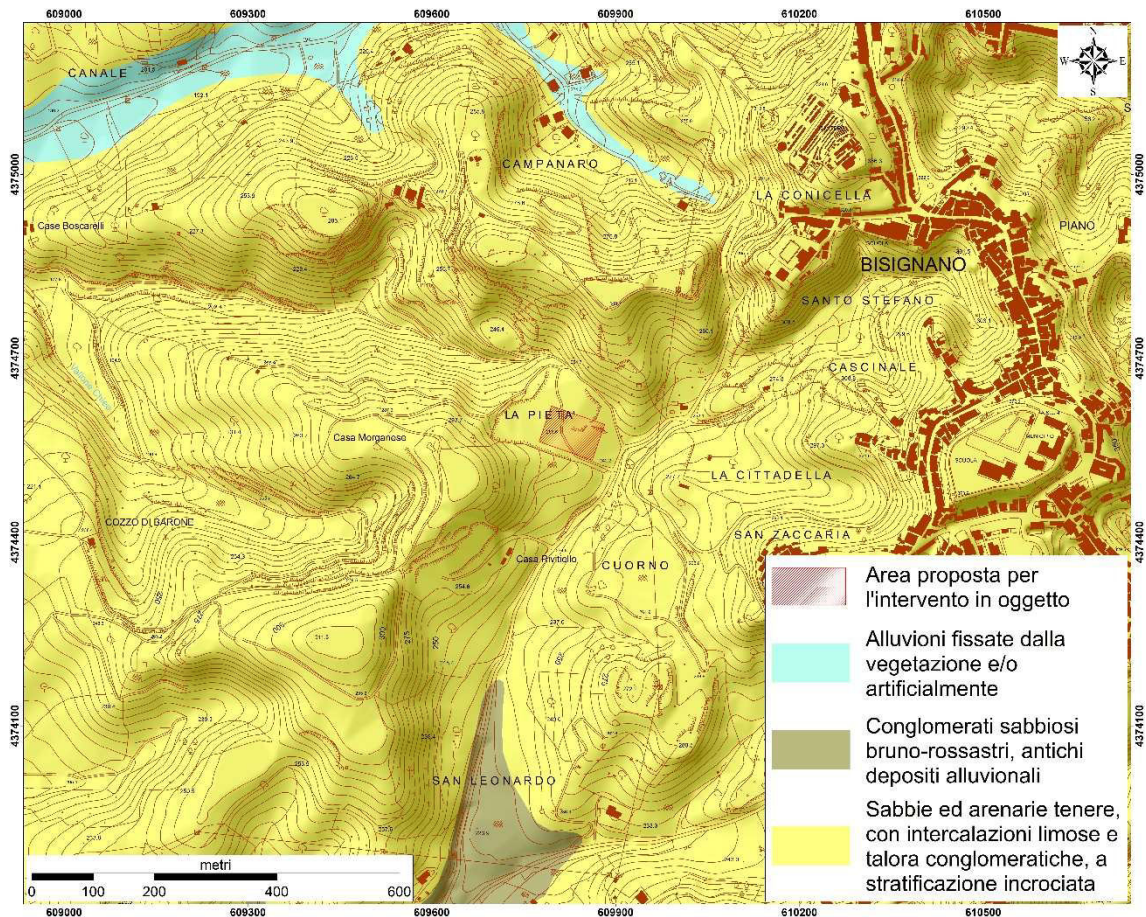


Fig. 9 – Carta geologica relativa all'area di studio ed estesa per un abito significativo.

Sotto l'aspetto idrogeologico, il sito in esame non presenta falde superficiali. In tal modo le acque che interessano l'area suddetta sono quelle che vi giungono per precipitazione meteorica. Esso è costituito da litotipi sciolti rappresentati granulometricamente da sabbia limosa ghiaiosa la quale favorisce la penetrazione delle acque in profondità. Va comunque evidenziato che l'eventuale presenza di livelli e/o lenti limo-argillose può consentire modesti, oltre che temporanei, accumuli idrici sospesi a basse profondità. Tuttavia la profondità della falda permanente non è tale da implicare effetti negativi sulla morfogenesi dell'area esaminata.

In base ad una serie di sopralluoghi effettuati sul territorio in esame e, unitamente allo studio delle foto aeree (volo IGM scala 1:33.000, del 1991), non si segnalano movimenti gravitativi in atto o potenziali direttamente interessati il sito di interesse progettuale. Tuttavia uno studio condotto dalla Provincia di Cosenza per l'aggiornamento del Programma di Previsione e Prevenzione dei Rischi (P.P.P.R.) riporta, sui versanti limitrofi all'area individuata, delle zone ad erosione intensa e delle zone franose superficiali attive (Fig. 10).

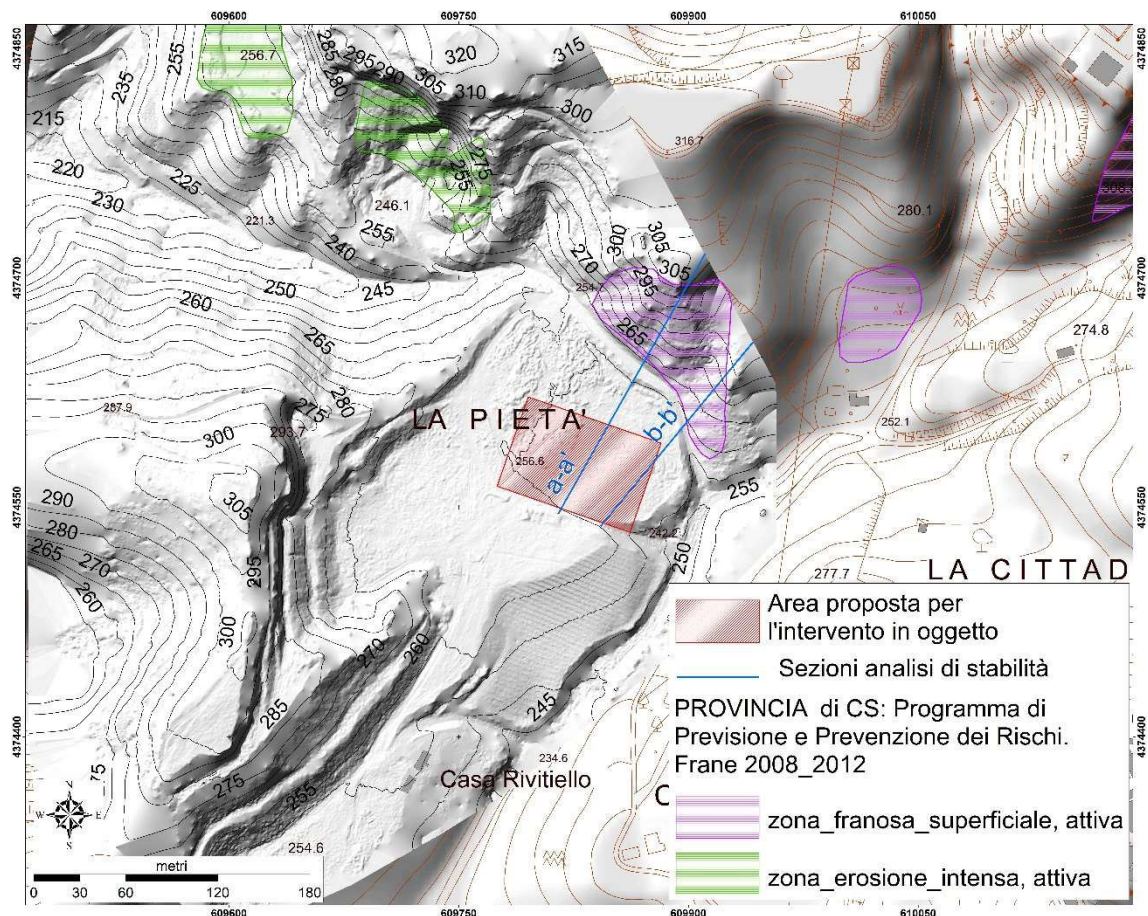


Fig. 10 – Carta relativa all'area di studio delle Frane 2008_2012 cartografate dalla PROVINCIA di CS nel Programma di Previsione e Prevenzione dei Rischi.

Tali elementi comunque risultano distanti dall'area proposta per l'intervento in progetto ed in particolare la più vicina "zona franosa superficiale, attiva" (posta a nord-est) risulta distare, dalla base della stessa al più vicino spigolo dell'area proposta, oltre i 20m (stessa larghezza posta dal PAI Calabria per individuare la fascia d'influenza esterna rispetto all'area in frana).

Cautelativamente la porzione di versante sopra descritta è stata sottoposta a **Verifica di stabilità (All. 5)** su 2 sezioni (a-a' & b-b') le cui tracce sono riportate in figura 10.

STRATIGRAFIA DELL'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE E DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

Da quanto rilevato in affioramento è emerso la presenza di depositi sabbioso - limosi – ghiaiosi con locale stratificazione incrociata ed intercalazioni di lenti e/o livelli di natura conglomeratica (fig. 11). In superficie si rinviene, localmente e soprattutto nelle aree depresse e di fondovalle, una coltre di terreno più degradato ed alterato (dai processi esogeni) che può essere assimilato ad una copertura detritica.



Fig. 11 – Foto del versante a Nord-Est dell'area soggetta a proposta di intervento (in basso è evidente la stratificazione incrociata) rappresentativa del litotipo affiorante.

Dallo studio della bibliografia geologica e della cartografia ufficiale, si è riscontrato che tali litotipi affiorano estesamente in tutta la Valle del Crati con spessori fino ai 200 m. Al fine di poter ricostruire la stratigrafia di dettaglio dell'area di interesse ed avere informazioni circa le principali caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il sito di fondazione, sono state eseguite n°1 prova penetrometrica dinamica superpesante

(mediante penetrometro Modello DPSH73SM prodotto dalla GeoDeepDrill s.r.l.), n°1 prospezione sismica MASW e n°1 Sismica a Rifrazione effettuate nell'area oggetto di intervento e la cui ubicazione è riportata in figura 12.

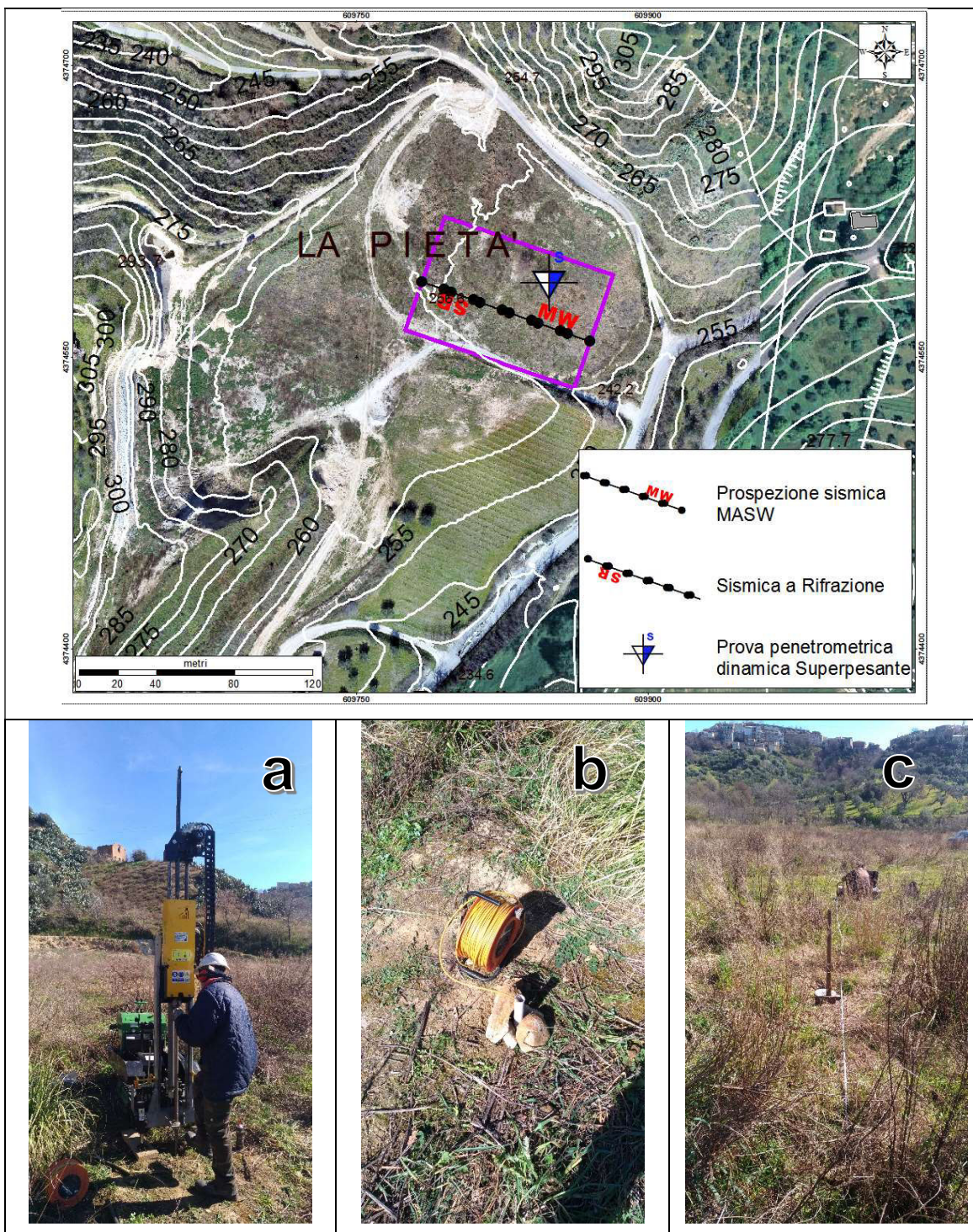


Fig. 12 – Ubicazione delle indagini effettuate. a) DPSH; b) tubo piezometrico installato n foro della DPSH con posa fino alla profondità della prova; c) Stendimento sismico MASW-SR.

L'insieme dei dati raccolti ha permesso di ricostruire le sezioni lito-tecniche rappresentative del sito di interesse progettuale (fig. 13). In particolare la prova penetrometrica dinamica **(All. 1)** ha fornito, in aggiunta alle indicazioni derivanti dai rilievi di superficie, importanti indicazioni, lungo la verticale, circa lo spessore, la giacitura dei terreni e la consistenza (grado di addensamento) dei geomateriali più superficiali, mentre il profilo di velocità ricavato dalle VS con prospezione sismica di tipo MASW **(All. 2)** ha contribuito a precisare le sezioni lito-tecniche negli strati più profondi unitamente ai risultati della Sismica a Rifrazione **(All. 3)**.

Da tali sezioni si osserva uno spessore, dell'ordine dei 2,5 metri di terreno di copertura detritica, per poi arrivare al livello sottostante delle Sabbie ed arenarie tenere (con intercalazioni limose e talora conglomeratiche) le quali presentano caratteristiche geotecniche che migliorano via via con la profondità (fig. 13).

Per quanto riguarda i principali parametri geotecnici caratteristici di tali geo-materiali (ricavati empiricamente dalle indagini dirette effettuate in situ ed allegate alla presente relazione) possono essere assunti i seguenti valori:

1. Copertura detritica

Nspt=4; $\Phi=25^\circ$;

$c=0 \text{ Kg/cm}^2$;

$\Gamma=1,4 \text{ t/m}^3$;

$V_s < 200 \text{ m/s}$

2. Sabbie ed arenarie tenere con intercalazioni limose e talora conglomeratiche

Nspt=30; $\Phi=35^\circ$;

$c=0,8 \text{ Kg/cm}^2$;

$\Gamma=1,7 \text{ t/m}^3$;

$V_s > 200 \text{ m/s}$

Proposta di progettazione ed esecuzione dei lavori di costruzione del nuovo cimitero comunale di Bisignano nonché della gestione funzionale ed economica dello stesso con risorse totalmente a carico del soggetto proponente – procedura di project financing – art. 183 comma 15 d.lgs 50/2016

1 marzo
2019

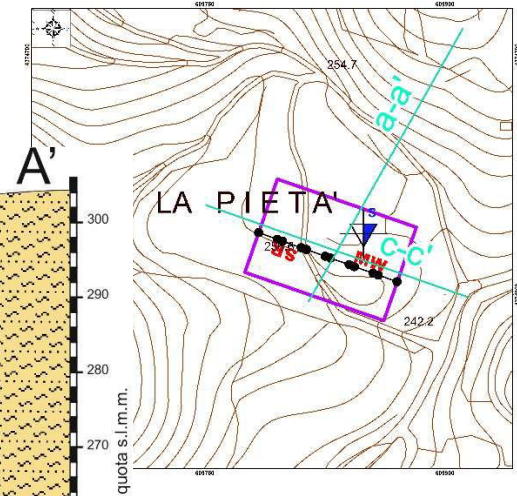
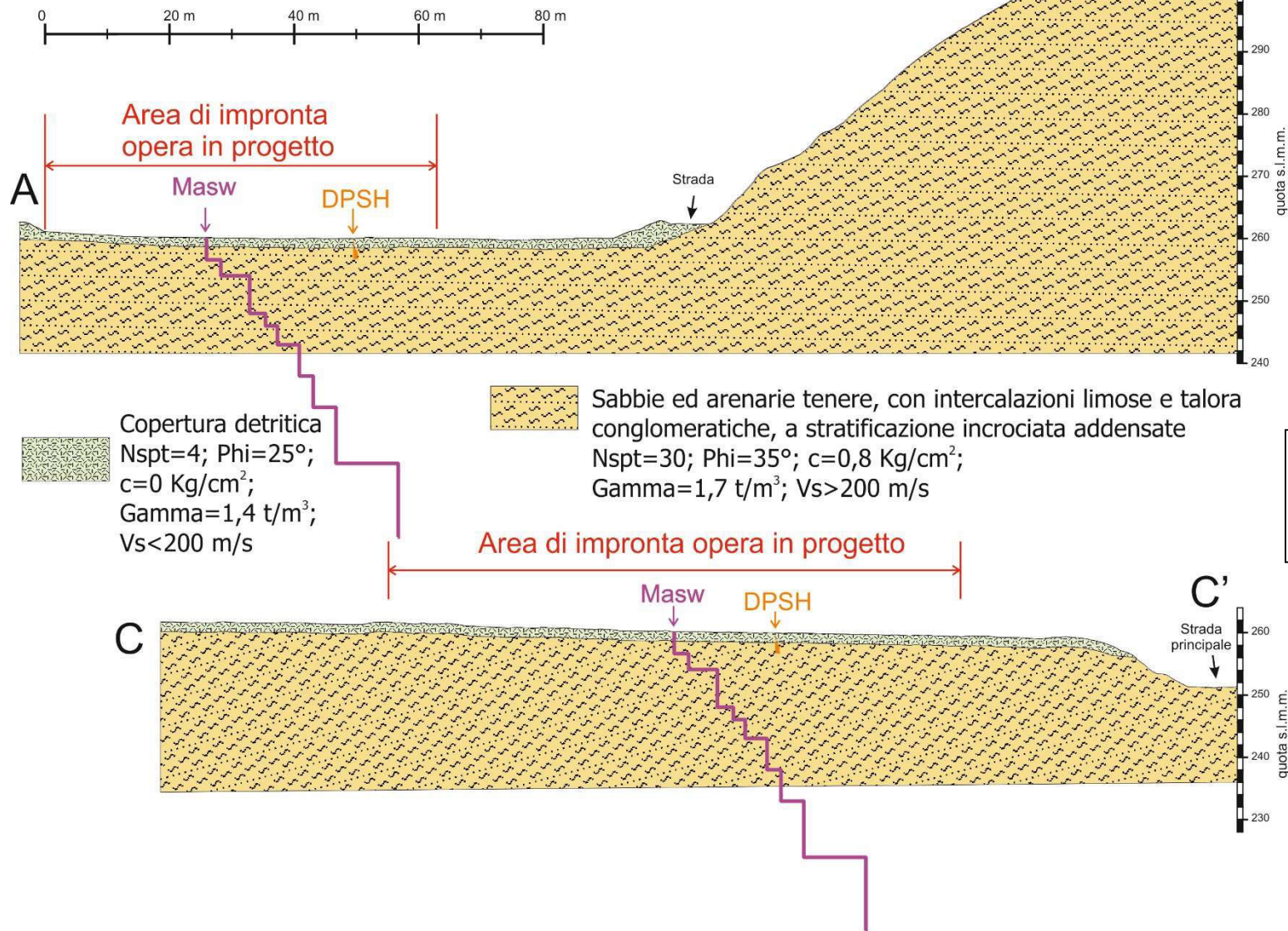


Fig. 13– Sezioni lito-tecniche ricostruite rappresentative del modello del sottosuolo

POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine “liquefazione” si indicano vari fenomeni fisici (liquefazione ciclica, mobilità ciclica, fluidificazione), osservati nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi durante i terremoti forti ($M > 5.5$), che hanno come elemento comune il fatto che, per effetto dell’instaurarsi di condizioni non drenate, si ha un incremento ed un accumulo delle pressioni interstiziali che può provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno (Crespellani et al., 2012).

Le **condizioni predisponenti** sono:

- terreni sabbiosi;
- profondità della falda < 15 m;
- Accelerazioni massime in superficie PGA (Peak Ground Acceleration) > 0.1 g.

Tra i fattori geologici e geotecnici risultano fondamentali, l'assenza di cementazione fra i grani, l'origine e l'età del deposito, la presenza di strati drenanti grossolani intercalati alla sabbia fine liquefacibile, la granulometria (D50, U, CF, forma dei grani) ecc.

Da questa breve descrizione teorica sul significato e sul verificarsi del fenomeno della liquefazione, le condizioni rilevate nel sito in esame quali la presenza di materiale ben assortito dal punto di vista granulometrico (con la presenza di litotipi a granulometria da medio-fine a medio-grossolana) implicano l'esclusione del verificarsi di tali fenomeni anche in caso di notevole sollecitazione ciclica.

Inoltre se consideriamo il Criterio di Youd e Perkins (1978), il quale rappresenta un metodo qualitativo di rapida e semplice applicazione per la valutazione del potenziale di liquefazione (sulla base del tipo di deposito sedimentario e della sua età, viene fornita un'indicazione qualitativa del grado di vulnerabilità del deposito stesso), come riportato nella descrizione geologica, i depositi del sito in esame (successione sedimentaria marina e transizionale) possono essere considerati come “spianate e terrazzi marini” d’età pleistocenica, e come ricavabile dalla figura 14 il sito si colloca in un campo di basso grado di vulnerabilità a liquefazione.

Tipo deposito	Età del deposito			
	<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi continentali				
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazze marini	-----	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tuffi	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tephra	Alta	Alta	?	?
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Zone costiere				
Deltaici	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa

Fig. 14– Criterio di Youd e Perkins (1978) per identificare il grado di vulnerabilità a liquefazione.

ZONA SISMICA

Come riportato nella nuova Normativa Sismica “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” (Ordinanza n 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche, ecc.), il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g =accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A.

I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riportati nella seguente

tabella:

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0.15g
4	0.05g

Il comune di Bisignano ricade nella Zona 1, della nuova Normativa sismica, caratterizzata da valori di accelerazione orizzontale superiori a 0,25 (fig. 15 & fig. 16). Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è stata definita la categoria del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, come specificato nella BOZZA di testo dell'Allegato 2, della nuova Normativa sismica (aggiornamento 9/9/04).

In riferimento alla NTC 2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, per tale definizione si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di cinque categorie di sottosuolo di riferimento (A, B, C, D, E), da individuare in relazione ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, come nel caso in oggetto, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per ricavare la categoria di suolo è stata effettuata una M.A.S.W (**Al. 2**), ed il profilo di velocità, delle VS in profondità, ha contribuito a precisare la sezione lito-tecnica riportata in figura 13.

I dati sismici acquisiti (sondaggi sismici di tipo MASW) hanno evidenziato che la profondità H del substrato è superiore ai 30m per cui la **categoria** di sottosuolo è riconducibile ad un suolo di fondazione di tipo **C**: **“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_s 30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”**.



Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della protezione civile
Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico

Classificazione sismica al 2010

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.

Atti di recepimento al 31 marzo 2010. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 1/8/03, n. 2325. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 24/10/08, n. 1308. Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14964. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: LR 20/5/04, n. 13. Piemonte: DGR 19/01/10, n. 13059-790. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 16/6/03, n. 604. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 23/10/03, n. 2813. Umbria: DGR 18/6/03, n. 852. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5130.



Zona 1 - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2 - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3 - I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4 - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	$ag > 0.25$
2	$0.15 < ag \leq 0.25$
3	$0.05 < ag \leq 0.15$
4	$ag \leq 0.05$

Zone sismiche (livello di pericolosità)



Fig. 15 – Stralcio della “Carta delle zone sismiche d’Italia” (Classificazione Sismica 2010), del Dipartimento della Protezione Civile (Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico), con localizzazione del Comune di Bisignano (CS) e con indicazione della Zona sismica di riferimento.

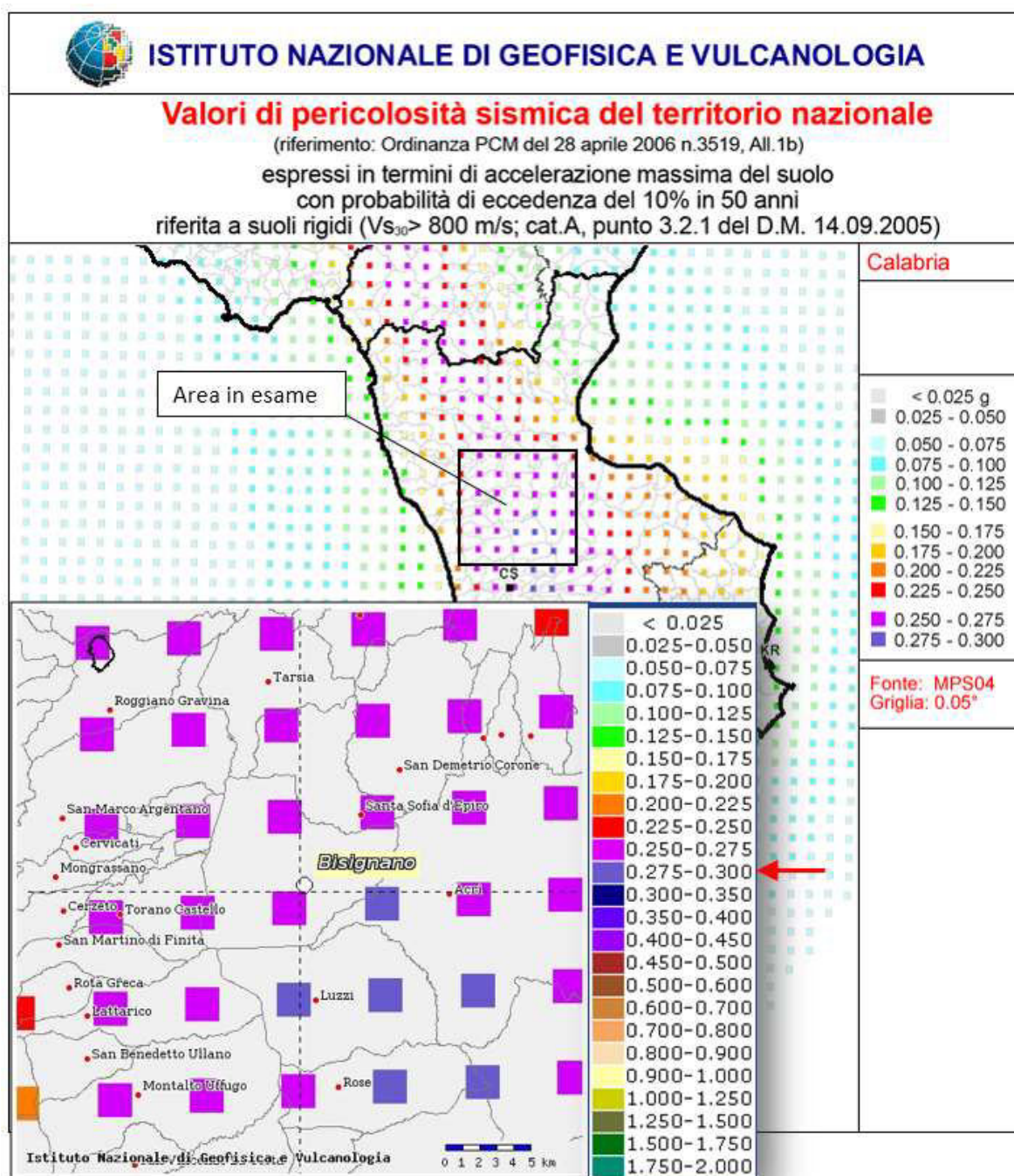


Fig. 16 – Mappa di pericolosità sismica della Regione Calabria, con particolare riferito al comune di Paterno Calabro (CS) (Fonte INGV). I valori di pericolosità sismica sono espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A).

CONCLUSIONI

L'analisi degli elementi geomorfologici, geolitologici, geotecnici, idrogeologici, strutturali, nonché i risultati delle indagini geognostiche discussi in precedenza, ha consentito di acquisire un quadro sufficientemente chiaro sul grado di equilibrio geostatico posseduto dall'area di studio per cui è possibile affermare che l'intervento di previsione progettuale è realizzabile tenendo conto delle indicazioni contenute nella presente relazione.

Facendo riferimento a quanto contenuto nel Piano di Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (D. L. 180/98) ed in particolare alla *"Carta inventario delle frane relative alle infrastrutture."* ed alla *"perimetrazione aree a rischio idraulico"*, (figg. 5 e 6), l'area di interesse progettuale non ricade in zone con condizioni di rischio connessi a processi geologici ed idrogeologici.

Facendo riferimento a quanto contenuto nel Programma di Previsione e Prevenzione dei Rischi (P.P.P.R. redatto dalla Provincia di Cosenza) (fig. 10), risulta che nei pressi dell'area di interesse progettuale (a nord-est dell'area di interesse) è rilevabile un movimento gravitativo di tipo zona franosa superficiale attiva. L'area di intervento ricade nettamente al di fuori dell'areale segnalato ed in particolare risulta distare, dalla base della stessa al più vicino spigolo dell'area proposta, oltre i 20m (stessa larghezza posta dal PAI Calabria per individuare la fascia d'influenza esterna rispetto all'area in frana). Inoltre la porzione di versante sopra descritta è stata sottoposta a Verifica di stabilità **(All. 5)** su 2 sezioni (a-a' & b-b'). L'analisi di stabilità condotta ha evidenziato l'assenza di potenziali superfici di scorrimento caratterizzate da un fattore di sicurezza minore o uguale ad 1 (instabili) ed in particolare per la sezione a-a' localizza una superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minimo **Fs=1.3**; per la sezione b-b' la superficie di scorrimento individuata ha un fattore di sicurezza minimo **Fs=2.6 (All. 5)**.

Per cui allo stato attuale si può affermare che l'area di intervento attraversa una fase di relativo riposo morfogenetico e possiede un grado di equilibrio geostatico adeguato alle esigenze; difatti non si ravvisano fenomeni morfologici che possano venire accelerati o comunque profondamente modificati dalla realizzazione dell'intervento in progetto. Si precisa che le opere previste in progetto, localizzate in

corrispondenza di un pianoro e distanti dalla base del versante, non pregiudicano le condizioni di stabilità del versante stesso.

Inoltre anche valutando uno scenario di evoluzione (caso estremo di instabilità) dei volumi mobilizzabili in caso di propagazione di un corpo di frana, calcolati sulla superficie critica della sezione a-a' (con $FS=1.3$), sono tali da non intaccare l'area oggetto di proposta di intervento (fig. 17).

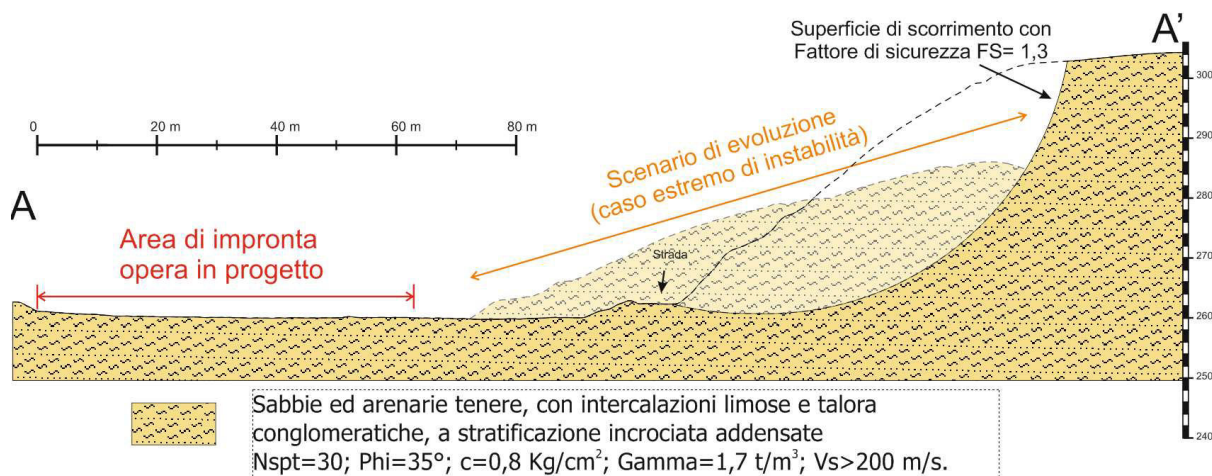


Fig. 17 – Scenario di evoluzione (caso estremo di instabilità) dei volumi mobilizzati e possibile propagazione del corpo di frana, valutato sulla superficie critica della sezione a-a' (con $FS=1.3$).

Dal punto di vista geotecnico, i terreni di fondazione sono rappresentati depositi sciolti C ed il loro spessore è di circa 2,5 metri ed angolo di attrito interno di 25° (fig. 13). Il sottostante litotipo (Sabbie ed arenarie tenere, con intercalazioni limose e talora conglomeratiche) mostra caratteristiche geotecniche ancora migliori (fig. 13).

Tali caratteristiche meccaniche, di entrambi i litotipi, risultano essere sufficienti per la realizzazione dell'intervento proposto; tuttavia il dimensionamento dell'opera dovrà tenere conto del carico della struttura e delle caratteristiche del terreno. Inoltre essendo gli stessi caratterizzati da frequenti variazioni eteropiche latero-verticali, in fase di scavo si dovrà porre particolare attenzione ad eventuali macroscopiche disomogeneità ed adottare gli accorgimenti necessari ad evitare eventuali complicazioni dovute alla presenza di materiali a differente comportamento meccanico lungo il piano di posa delle opere di fondazione. Si consiglia qualora si dovessero riscontrare,

durante la fase di scavo, sacche di materiale allentato in alcuni ambiti dei siti di fondazione che queste vengano rimosse e sostituite con materiale arido, ciò eviterà l'eventuale innesco di cedimenti differenziali che potrebbero essere dannosi alla stabilità delle strutture.

Dalla prova Penetrometrica Dinamica Superpesante (**AII. 1**) non è stata rilevata la presenza di falda superficiale (almeno nei primi 3,3 metri dal p.c.). In particolare la misura effettuata con freatimetro in tubo piezometrico (installato in foro della DPSH) non ha rilevato presenza di acqua fino a fondo foro.

Per quanto riguarda la regimazione delle acque di scorrimento superficiale, allo scopo di drenare in maniera adeguata l'area edificata e di mantenere la condizioni di stabilità del complesso struttura-terreno, è consigliata la raccolta ed il recapito delle acque di ruscellamento con opportune canalizzazioni che ne impediscano il ristagno.

In conclusione si può affermare che per l'intervento previsto in progetto, in conformità a quanto esposto nel presente studio e nel rispetto delle indicazioni fornite (con l'osservanza delle prescrizioni dettate dallo scrivente) si può esprimere un positivo parere di fattibilità geologica.

Bisignano, Marzo 2019

Il Geologo

Dott. Gino Cofone



ALLEGATI

Allegato 1 Pag.30

Prova penetrometrica dinamica
Superpesante DPSH

Allegato 2 Pag.41

Prospezione sismica di tipo MASW

Allegato 3 Pag.53

Stendimento sismica rifrazione SR

Allegato 4 Pag.64

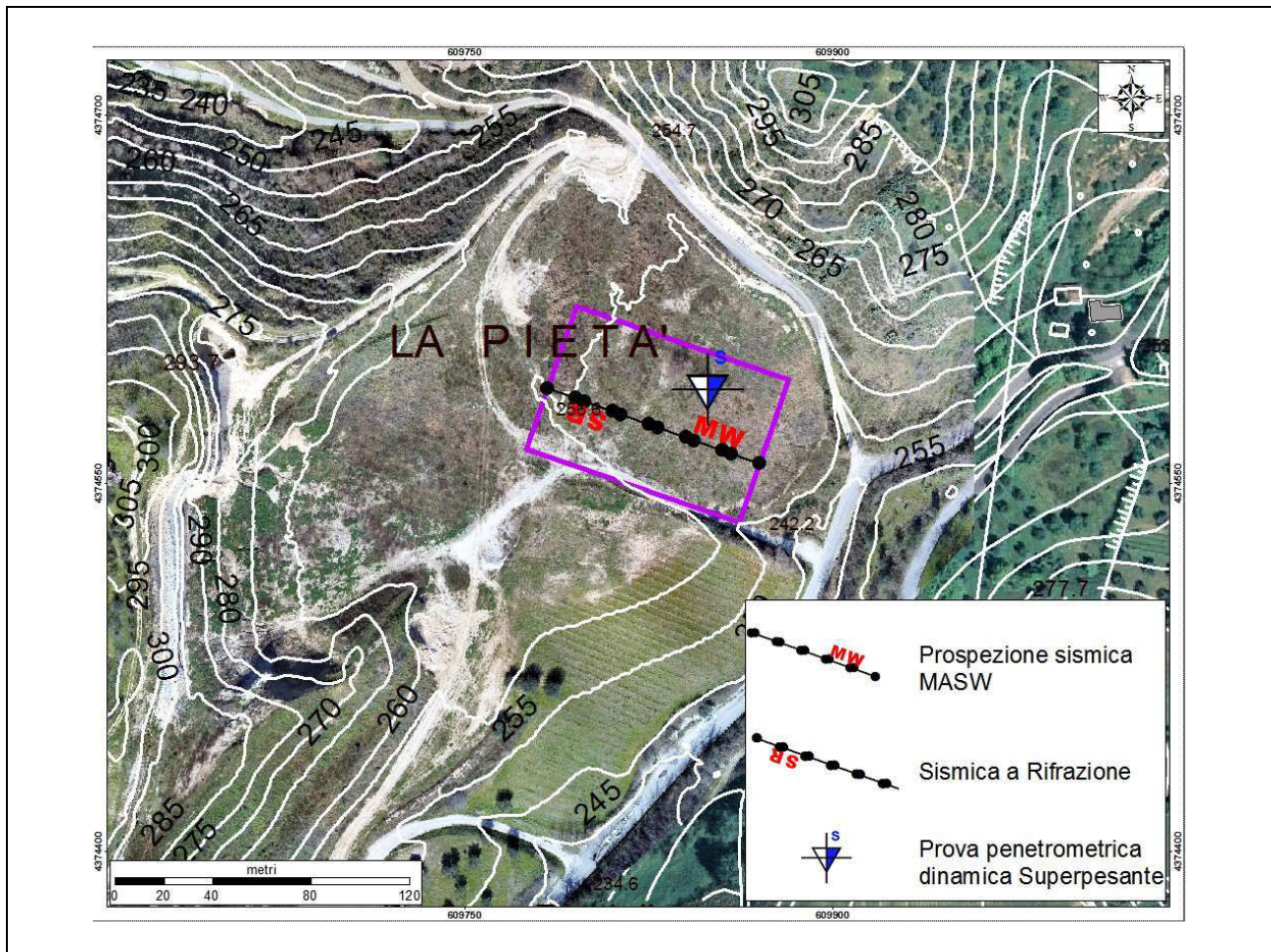
Rilievo con Drone

Allegato 5 Pag.75

Analisi di stabilità

Allegato 1

Prove penetrometriche dinamiche Superpesanti **DPSH**



Ubicazione delle indagini reperite/effettuate in situ (Il rettangolo indica l'area di impronta dell'intervento in progetto)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Località:	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH 63 DEEP DRILL

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,6 Kg
Diametro punta conica	50,96 mm
Area di base punta	20,4 cm ²
Lunghezza delle aste	0,9 m
Peso aste a metro	5,5 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,988
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

INDAGINE PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH:

STRUMENTAZIONE

L'indagine penetrometrica DPSH è stata svolta con Penetrometro Dinamico Superpesante Modello: DPSH73SM prodotto dalla GeoDeepDrill s.r.l. di Bondeno (Ferrara), macchina conforme con le Norme Tecniche dei Penetrometri Dinamici Superpesanti Normalizzati, in particolare:

A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1977) "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche" (DPSH).

ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) (ora IMSSGE) "Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure. Proc. ISOPT-I, Orlando (USA)" ;

UNI EN ISO 22476-2:2005 "Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing.

Il penetrometro è alimentato da un motore munito di centralina oleodinamica, il tutto montato su cingolo gommato.

TIPO DPSH
MASSA BATTENTE 63,5 kg
ALTEZZA DI CADUTA 750 mm
DIAMETRO PUNTA CONICA (DPSH) 50,5 mm
APERTURA PUNTA CONICA (DPSH) 60°
AREA DI BASE PUNTA CONICA(DPSH) 20 cm²
LUNGH. PARTE CILINDRICA PUNTA CONICA (DPSH) 51 mm
LUNGHEZZA ASTE 0,90 m
DIAMETRO ASTE 34/32 mm
PESO ASTE 5,50 kg
AVANZAMENTO PUNTA 300 mm
NUMERO COLPI PER PUNTA N30
COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE CON NSPT 1,014

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del

numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd}	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ / N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa^n \sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (– s)

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

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

PROVA ... Nr.1 DPSH 1

Strumento utilizzato...

DPSH 63 DEEP DRILL

Prova eseguita in data

10/03/2019

Profondità prova

3,30 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	1	0,853	6,05	7,10	0,30	0,35
0,60	5	0,847	30,07	35,50	1,50	1,77
0,90	12	0,842	66,45	78,96	3,32	3,95
1,20	10	0,836	55,03	65,80	2,75	3,29
1,50	4	0,831	21,88	26,32	1,09	1,32
1,80	21	0,726	93,51	128,75	4,68	6,44
2,10	39	0,622	148,64	239,10	7,43	11,96
2,40	46	0,617	174,05	282,02	8,70	14,10
2,70	46	0,613	161,79	264,00	8,09	13,20
3,00	42	0,609	146,72	241,05	7,34	12,05
3,30	50	0,605	173,52	286,96	8,68	14,35

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,5	3,7	24,92	Incoerente	0	1,48	1,88	0,11	0,99	3,66	Coperture detritiche
3,3	30,83	184,53	Incoerente	0	2,14	2,04	0,41	0,99	30,46	Sabbie limose ghiaiose

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	19	44,61	56,61	17,17
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	58,74	100	100	63,97

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	Owasaki & Iwasaki
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	3,66	28,05	21,05	29,02	<30	22,41	28,1	23,56
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	30,46	35,7	28,7	36,53	32-35	36,38	36,14	39,68

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	3,66	---	29,28	---	---	---
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	30,46	393,94	243,68	360,13	408,45	227,30

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	3,66	---	34,98	25,99	54,32
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	30,46	182,76	90,03	216,27	173,85

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	3,66	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	30,46	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	3,66	Terzaghi-Peck 1948	1,39
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	30,46	Terzaghi-Peck 1948	1,70

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	3,66	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	30,46	Terzaghi-Peck 1948	2,06

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

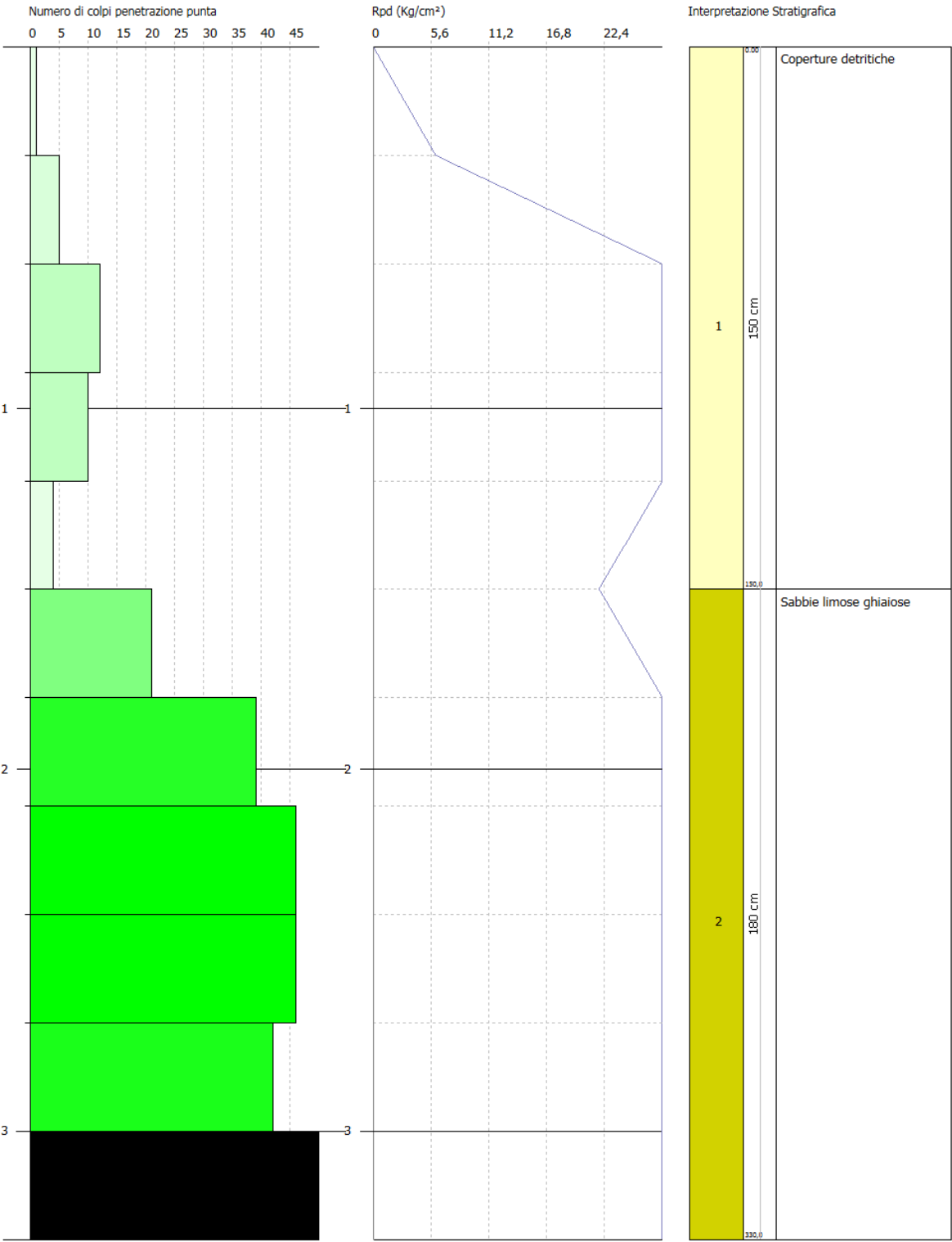
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Coperture detritiche	3,66	1,50	3,66	220,08	276,18
[2] - Sabbie limose ghiaiose	30,46	3,30	30,46	1612,94	1008,02

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH 63 DEEP DRILL

Committente:
Descrizione:
Località:

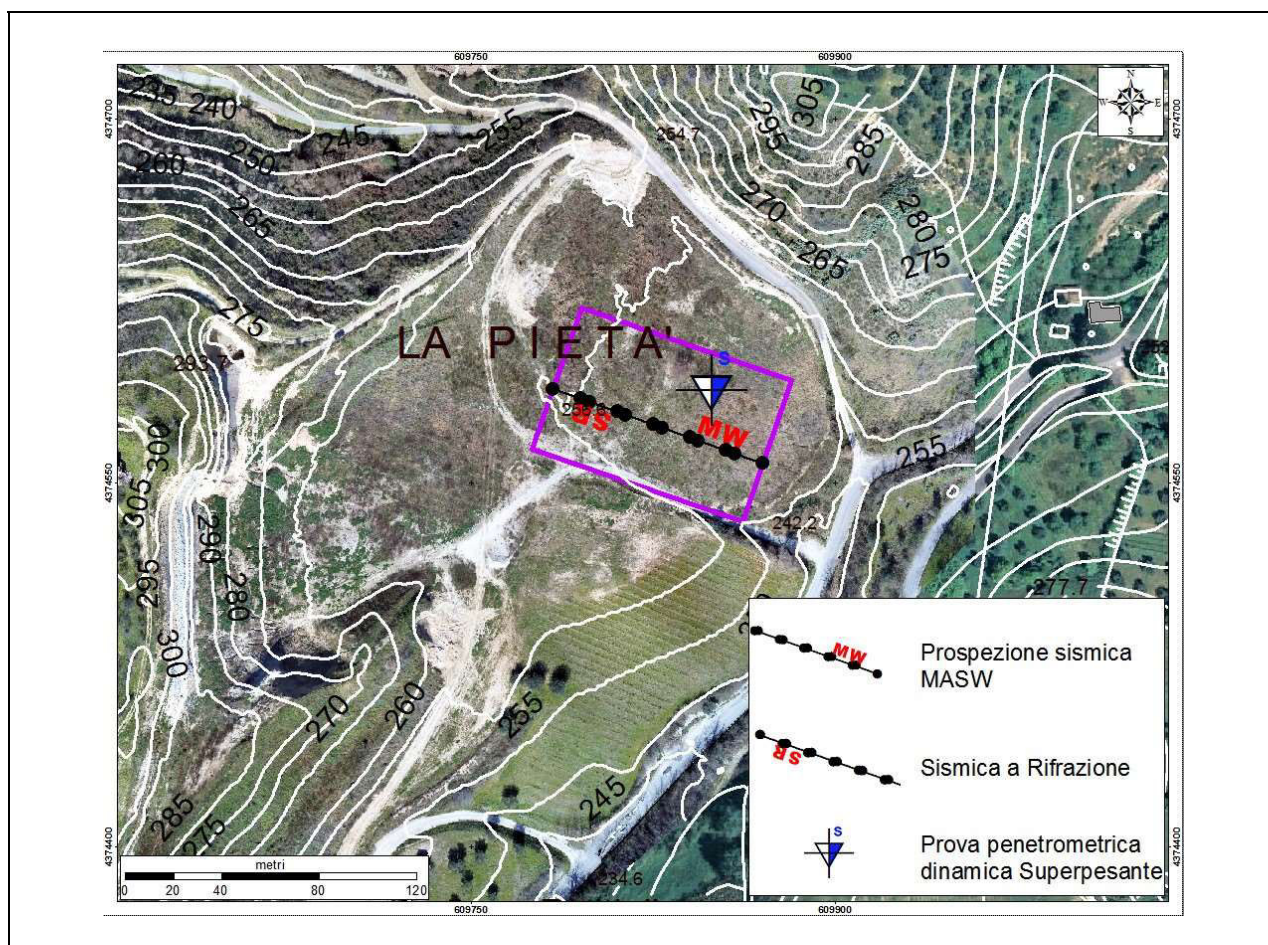
Data: 10/03/2019

Scala 1:15



Allegato 2

Prospezione sismica di tipo Masw **MW**



Ubicazione delle indagini reperite/effettuate in situ (Il rettangolo indica l'area di impronta dell'intervento in progetto)

MASW:

Per la generazione delle onde superficiali è stato impiegato un sistema di energizzazione costituito da una mazza di 12 kg, battente su una piastra circolare in acciaio.

L'acquisizione è stata interpretata a 36 canali di registrazione, con geofoni ogni 2.00 m, derivante da tracce sismiche a più energizzazioni con distanza dallo stendimento a partire da 4 a 6 m. Le tracce sismiche derivanti delle energizzazioni sopracitate sono state prima confrontate, e poi interlacciate, per poi considerare sempre i segnali più affidabili.

Il software MASW considera anche il contributo dei modi superiori. Le tracce sono state rappresentate sul diagramma “frequenze - velocità di fase”, individuando come zone di massima ampiezza gli allineamenti attribuibili alle onde di Rayleigh, da cui scaturisce la variazione di tali velocità al variare della loro frequenza o lunghezza d'onda. Successivamente, col d'inversione è stato dedotto il profilo verticale delle velocità.

La curva apparente viene calcolata combinando insieme tutti i modi superiori; ciò può essere indispensabile nel caso di siti inversamente dispersivi, ovvero nel caso di litologie con strati soffici o rigidi o anche con forti contrasti di rigidezza.

Il profilo del terreno è suddiviso in più strati, ciascuno dei quali contraddistinto da valori di V_s , e da valori orientativi delle velocità delle onde longitudinali “ V_p ”, della Densità del terreno e del Coefficiente di Poisson.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo della Sara electronic instruments s.r.l. di Perugia, con convertitore digitale a 16 bit reali, e geofoni verticali della Geospace da 4.5 Hz. La strumentazione è composta da un cavo sismico lungo il

quale sono disposti i digitalizzatori, con relative prolunghe dotate di connettori XLR a quattro poli, il tutto collegati ad una unità d'interfaccia "DoReMi master". I dati arrivano direttamente sul pc con frequenze da 200 a 20000 campioni al secondo.

Le principali caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata vengono riassunte come segue:

Tipo Convertitore A/D:	SAR
Input span del convertitore:	5V
Bit:	16
Rapporto segnale rumore @ 500 SPS, gain 27dB	90dB
Rapporto segnale rumore @ 1000 SPS, gain 27dB	88dB
Rapporto segnale rumore @ 10000 SPS, gain 27dB	86dB
Tipo di ingresso:	differenziale non bipolare
Impedenza d'ingresso:	>100kohm
Reiezione di modo comune:	>60dB
Frequenza massima di campionamento:	20000 Hz
Filtro passa basso:	4 poli 200Hz
Filtro passa alto:	1 polo 2Hz
Microprocessore:	8 bit RISC
Frequenza di clock:	11.0592Mhz
Massima sfasatura di campionamento fra i canali :	<30ppm
Massimo errore di trigger fra i canali:	630 nanosecondi
Memoria per canale:	64k
Numero massimo campioni:	30000
Frequenze di campionamento:	200,300,500,1000,1500,2000,3000, 4000,5000,6000,8000,10000,20000 Hz
Numero massimo di canali collegabili:	255
Velocità di comunicazione:	115200 baud N,8,1

Risultati delle analisi MASW

Autore:
Sito: Bisignano (CS)
Data: 10.03.2019

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce
Numero di ricevitori.....36
Distanza tra i sensori:2m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi36
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

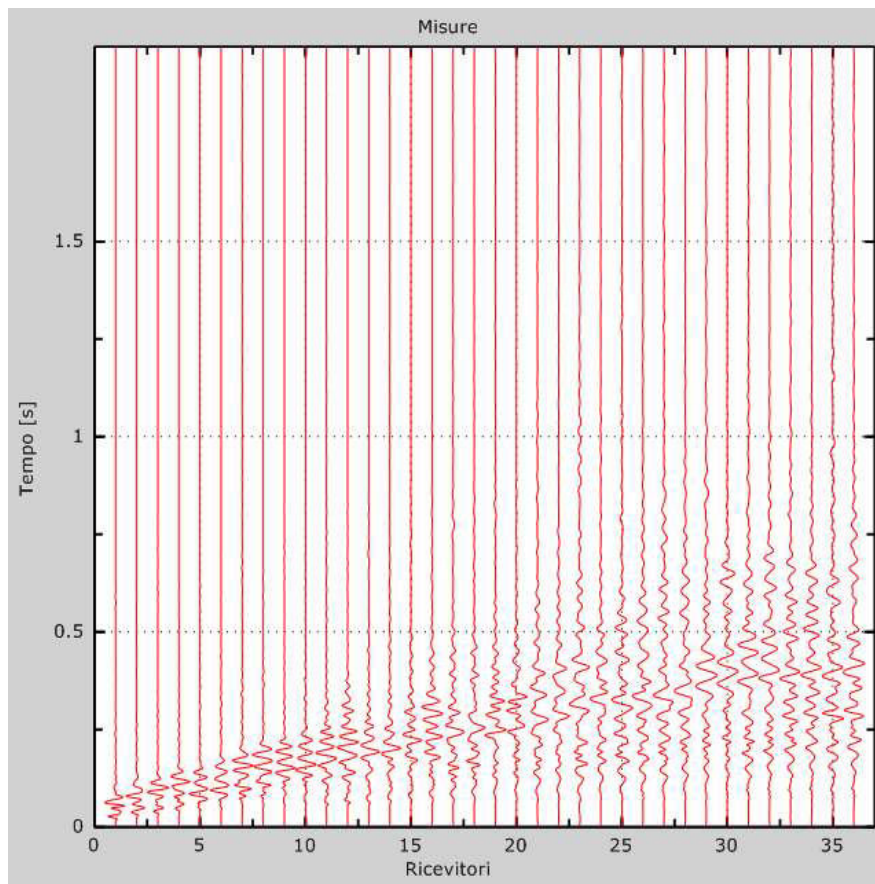


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

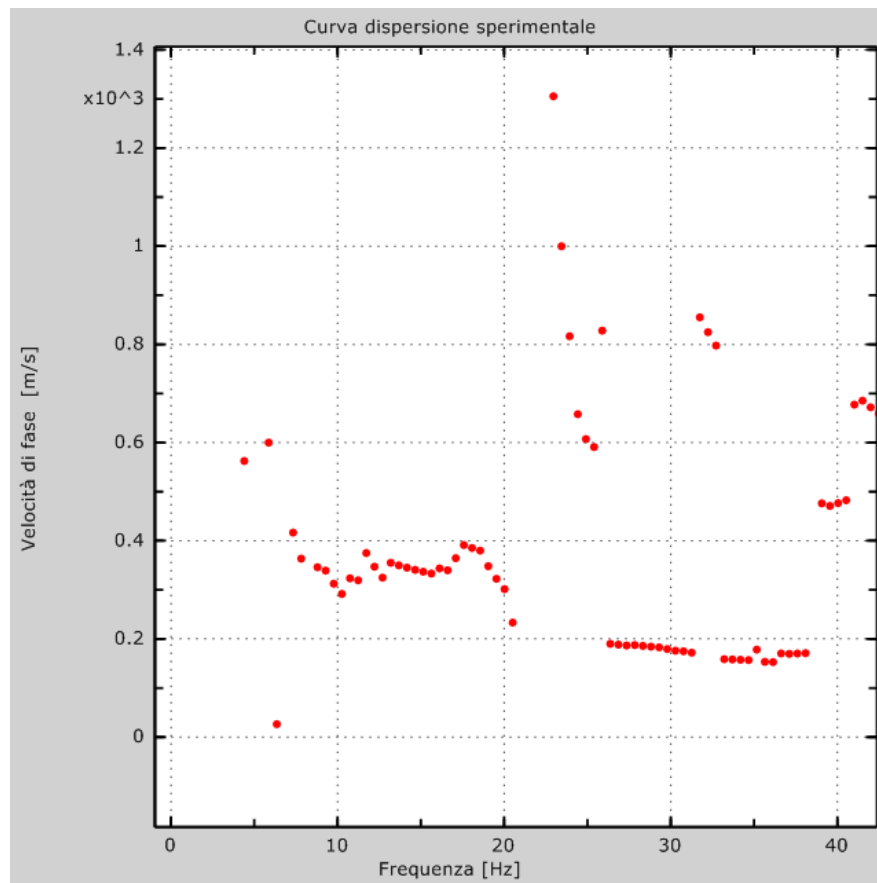


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
4.25139	564.421	529.458	599.385
6.09246	464.525	422.069	506.981
7.68247	389.603	369.624	409.582
8.83789	345.467	310.92	380.014
10.5278	287.21	254.743	319.676
20.6536	224.775	194.806	254.743
26.2605	192.308	172.329	212.288
29.4922	181.521	163.369	199.673
33.5411	157.345	129.873	184.816
36.3864	149.853	129.873	169.832

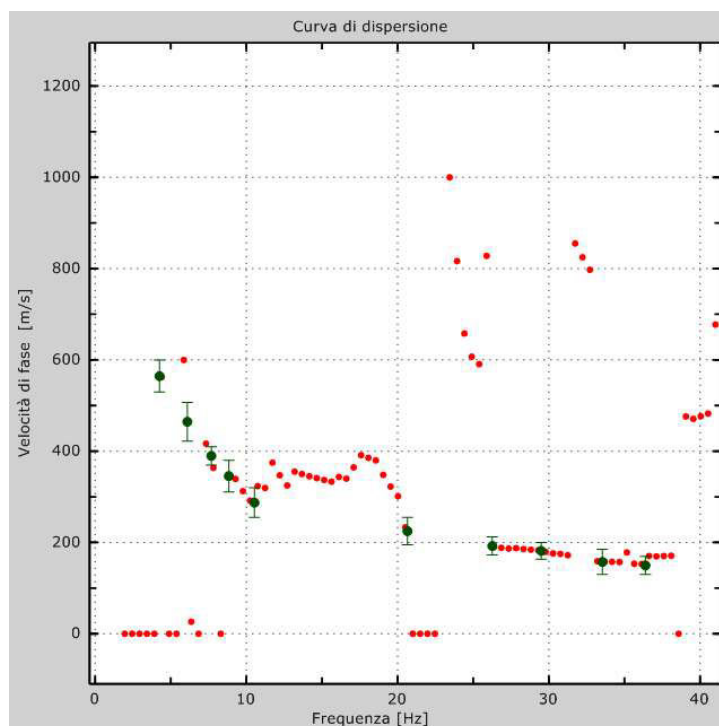


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	8
Spaziatura ricevitori [m]	2m
Numero ricevitori	40
Numero modi	10

Strato 1

h [m]	2,5
z [m]	-2.5
Densità [kg/m ³]	1600
Poisson	0.39
Vs [m/s]	166
Vp [m/s]	391
Vs min [m/s]	83
Vs max [m/s]	249
Vs fin.[m/s]	166

Strato 2

h [m]	2,5
z [m]	-5
Densità [kg/m ³]	1600
Poisson	0.39
Vs [m/s]	203
Vp [m/s]	478
Vs min [m/s]	107
Vs max [m/s]	305
Vs fin.[m/s]	203

Strato 3

h [m]	6
z [m]	-11
Densità [kg/m ³]	1700
Poisson	0.38
Vs [m/s]	278
Vp [m/s]	632
Vs min [m/s]	125
Vs max [m/s]	417
Vs fin.[m/s]	278

Strato 4

h [m]	2
z [m]	-13
Densità [kg/m ³]	1800

Poisson	0.38
Vs [m/s].....	319
Vp [m/s]	725
Vs min [m/s].....	160
Vs max [m/s].....	638
Vs fin.[m/s]	319

Strato 5

h [m]	3
z [m]	-16
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.38
Vs [m/s].....	349
Vp [m/s]	793
Vs min [m/s].....	192
Vs max [m/s].....	524
Vs fin.[m/s]	349

Strato 6

h [m]	5
z [m]	-21
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.37
Vs [m/s].....	405
Vp [m/s]	892
Vs min [m/s].....	216
Vs max [m/s].....	608
Vs fin.[m/s]	405

Strato 7

h [m]	5
z [m]	-26
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.37
Vs [m/s].....	441
Vp [m/s]	971
Vs min [m/s].....	216
Vs max [m/s].....	662
Vs fin.[m/s]	441

Strato 8

h [m]	9
z [m]	-35
Densità [kg/m ³].....	1800

Poisson	0.37
Vs [m/s].....	500
Vp [m/s]	1101
Vs min [m/s].....	258
Vs max [m/s].....	750
Vs fin.[m/s]	500

Strato 9

h [m].....	0
z [m]	-00
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.36
Vs [m/s].....	660
Vp [m/s]	1411
Vs min [m/s].....	314
Vs max [m/s].....	990
Vs fin.[m/s]	660

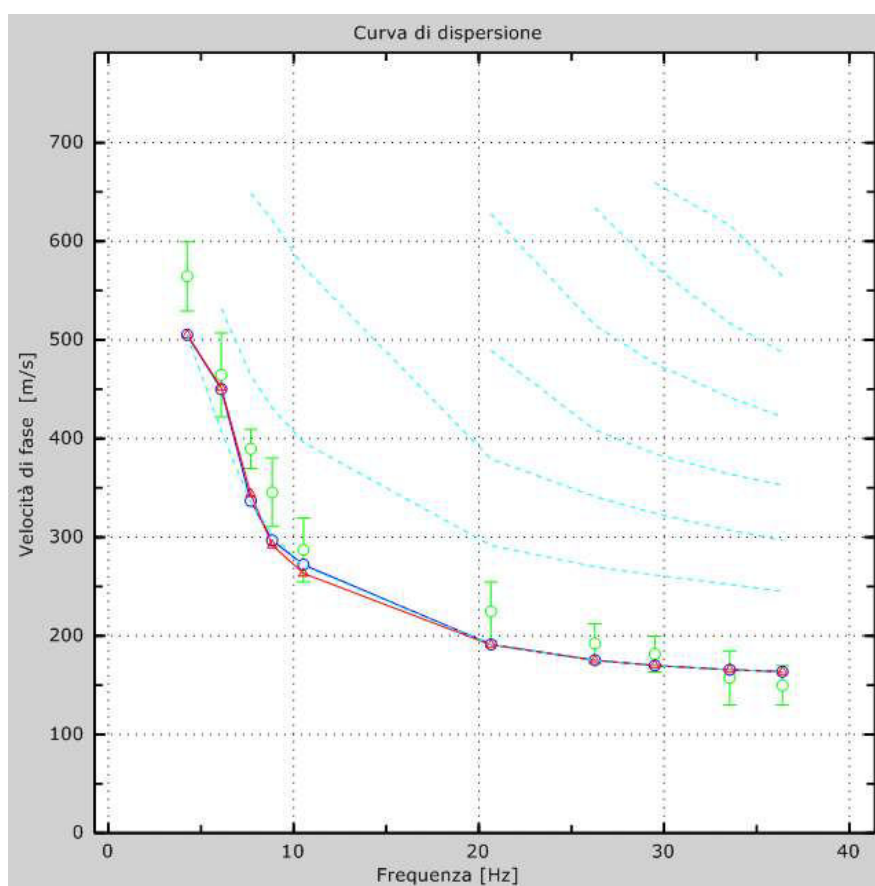


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

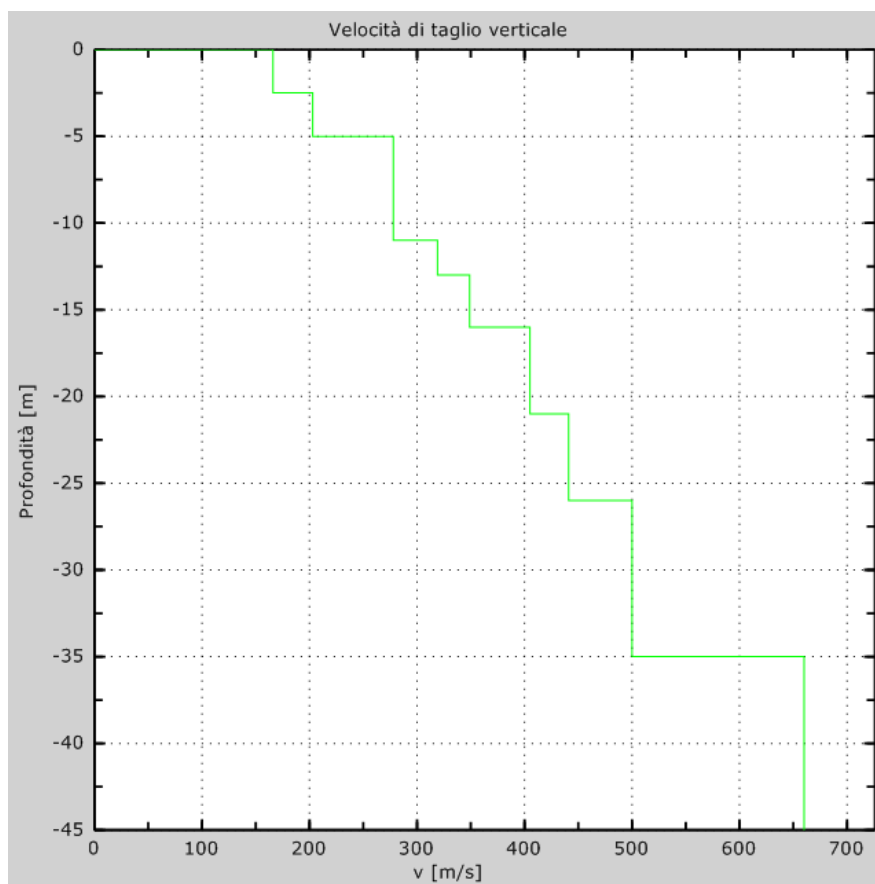


Figura 5: Profilo Vs numerico

Sintesi profondità-VS

Profondità dal p.c. (al centro della stesa sismica)	Velocità delle onde di taglio VS
- 2,50 m	166 m/sec
- 5,00 m	203 m/sec
- 11,0 m	278 m/sec
- 13,0 m	319 m/sec
- 16,0 m	349 m/sec
- 21,0 m	405 m/sec
- 26,0 m	441 m/sec
- 35,0 m	500 m/sec
- ∞	660 m/sec

IPOTESI DI CALCOLO DEL $V_{s,eq}$ DALLA SISMICA DI SUPERFICIE MASW
PER LA DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
(vedi tabella NTC 2018)

IPOTESI DI $V_{s,eq}$:

TIPO PROVA DIRETTA: PROVA MASW

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 314$ m/sec → Ipotesi 1 con profondità dal piano campagna

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 327$ m/sec → Ipotesi 2 con profondità a partire da 1 m dal p.c

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 343$ m/sec → Ipotesi 3 con profondità a partire da 2 m dal p.c

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 357$ m/sec → Ipotesi 4 con profondità a partire da 3 m dal p.c

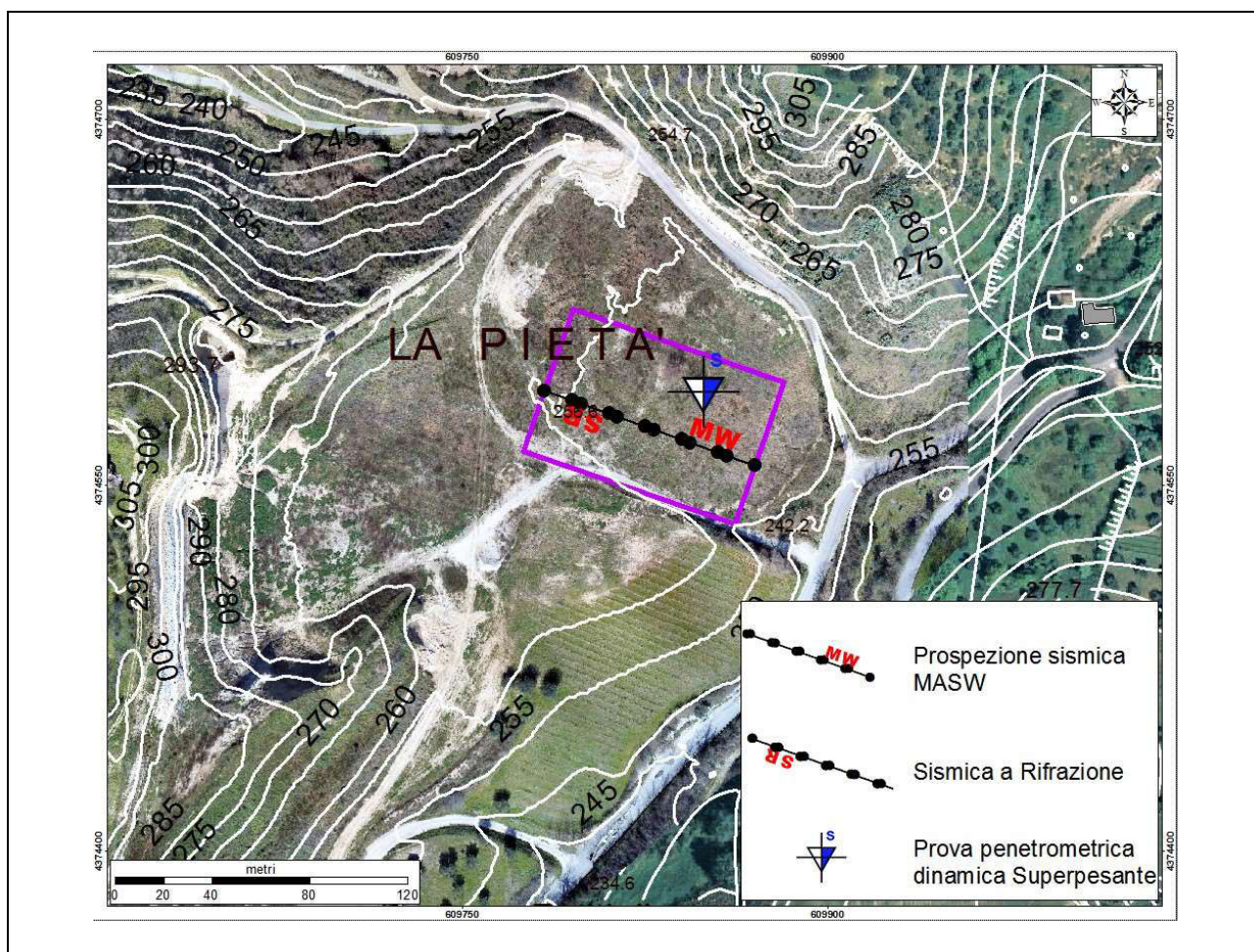
$V_{s,eq} = V_{s,30} = 370$ m/sec → Ipotesi 5 con profondità a partire da 4 m dal p.c

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 383$ m/sec → Ipotesi 6 con profondità a partire da 5 m dal p.c

Categorie di sottosuolo: C

Allegato 3

Stendimento sismica rifrazione **SR**



Ubicazione delle indagini reperite/effettuate in situ (Il rettangolo indica l'area di impronta dell'intervento in progetto)

STENDIMENTO A RIFRAZIONE:

L'indagine è stata interpretata con uno stendimento ad 18 canali di registrazione, e geofoni infissi nel terreno ad una distanza prefissata di 4.0 m.

L'obiettivo è stato quello di indagare gli spessori in profondità, e quindi per una caratterizzazione dinamica del sottosuolo, con la definizione delle velocità apparenti delle onde longitudinali P (v_p).

Per le analisi interpretative sono stati utilizzati metodi tradizionali (Intercette), e simmetricamente lungo lo stendimento sono stati realizzati punti di energizzazione ad offset laterali, con distanza dallo stendimento pari a quella intergeofonica, ed offset centrale, con registrazione dei tempi di arrivo delle onde V_p .

Al fine di migliorare i segnali acquisiti, sono state effettuate più battute nei punti di energizzazione, impostando automaticamente le amplificazioni dei guadagni (gain) in ingresso dei vari geofoni lungo lo stendimento.

La strumentazione adoperata è quella utilizzata anche per la prospezione sismica MASW.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita col software di calcolo "Easy Refract".

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

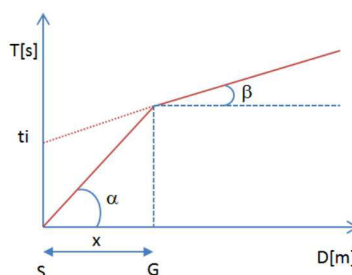
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

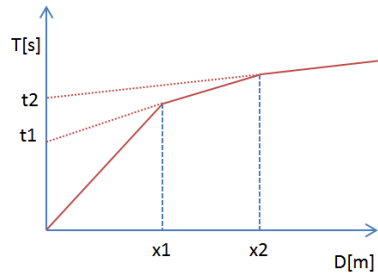
I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte.

Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

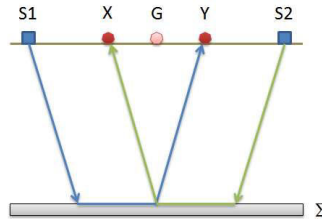


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

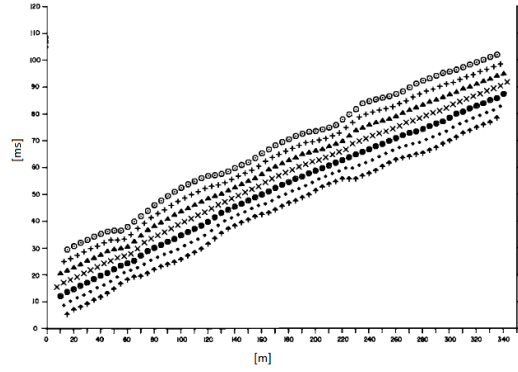
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



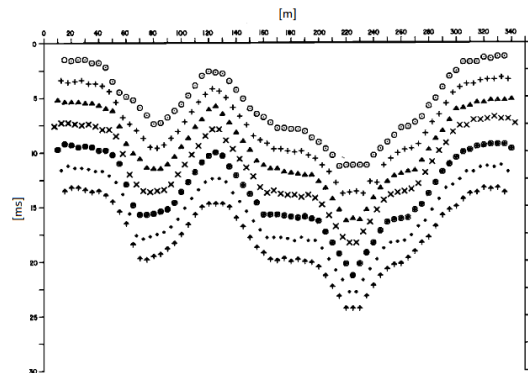
dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S_1 ad X e dalla sorgente S_2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S_1 ed S_2 , esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_V è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y , non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l' XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h .

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Dati generali

Data 11/03/2019
Via via Italia, Roma

Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	4.0	0.0
2	8.0	0.0
3	12.0	0.0
4	16.0	0.0
5	20.0	0.0
6	24.0	0.0
7	28.0	0.0
8	32.0	0.0
9	36.0	0.0
10	40.0	0.0
11	44.0	0.0
12	48.0	0.0
13	52.0	0.0
14	56.0	0.0
15	60.0	0.0
16	64.0	0.0
17	68.0	0.0
18	72.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -4 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
4.0	14.7287
8.0	28.2946
12.0	37.9845
16.0	47.2868
20.0	50.0000
24.0	53.1008
28.0	56.9767
32.0	58.5271

36.0	62.4031
40.0	63.5659
44.0	63.1783
48.0	65.8915
52.0	64.7287
56.0	66.2791
60.0	67.8295
64.0	69.7674
68.0	69.7674
72.0	71.3178

Battuta 2

Posizione sorgente X 38 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

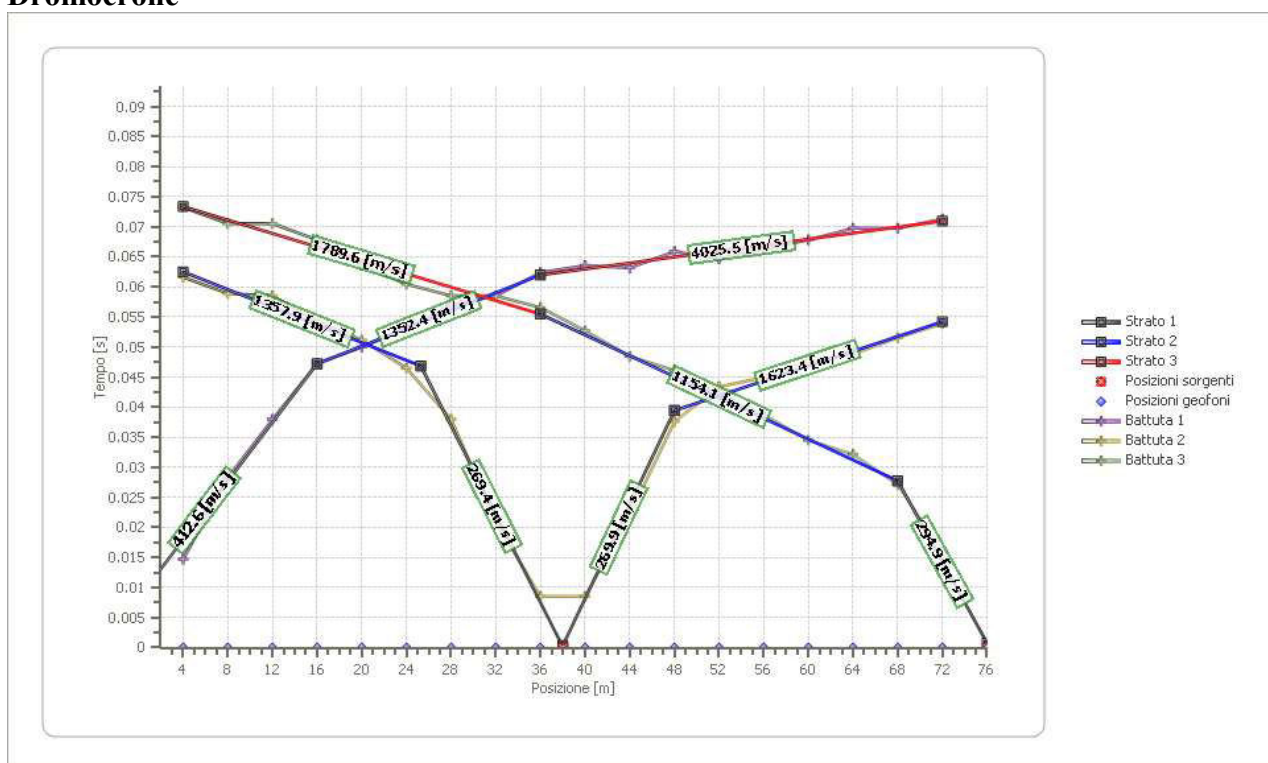
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
4.0	61.6279
8.0	58.9147
12.0	58.5271
16.0	54.2636
20.0	51.1628
24.0	46.5116
28.0	37.9845
32.0	20.9302
36.0	8.5271
40.0	8.5271
44.0	22.0930
48.0	37.5969
52.0	43.4109
56.0	44.9612
60.0	47.6744
64.0	48.8372
68.0	51.5504
72.0	53.8760

Battuta 3

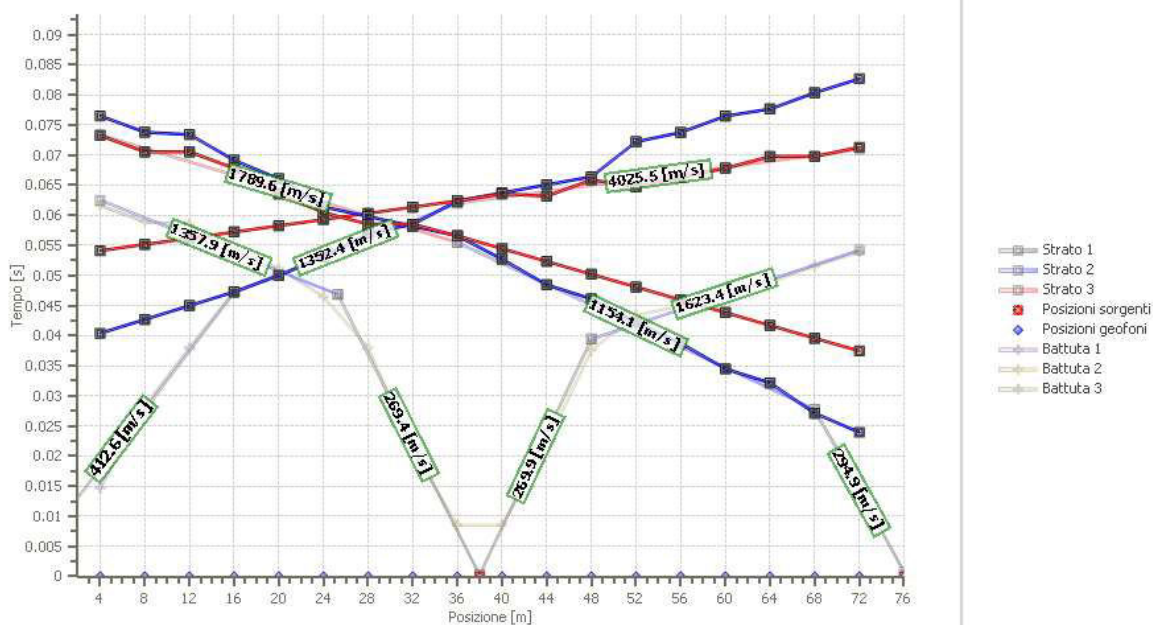
Posizione sorgente X 76 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
4.0	73.2558
8.0	70.5426
12.0	70.5426
16.0	67.8295
20.0	63.5659
24.0	60.4651
28.0	58.5271
32.0	58.5271
36.0	56.5891
40.0	52.7132
44.0	48.4496
48.0	46.1240
52.0	42.2481
56.0	38.7597
60.0	34.4961
64.0	32.1705
68.0	27.1318
72.0	15.8915

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

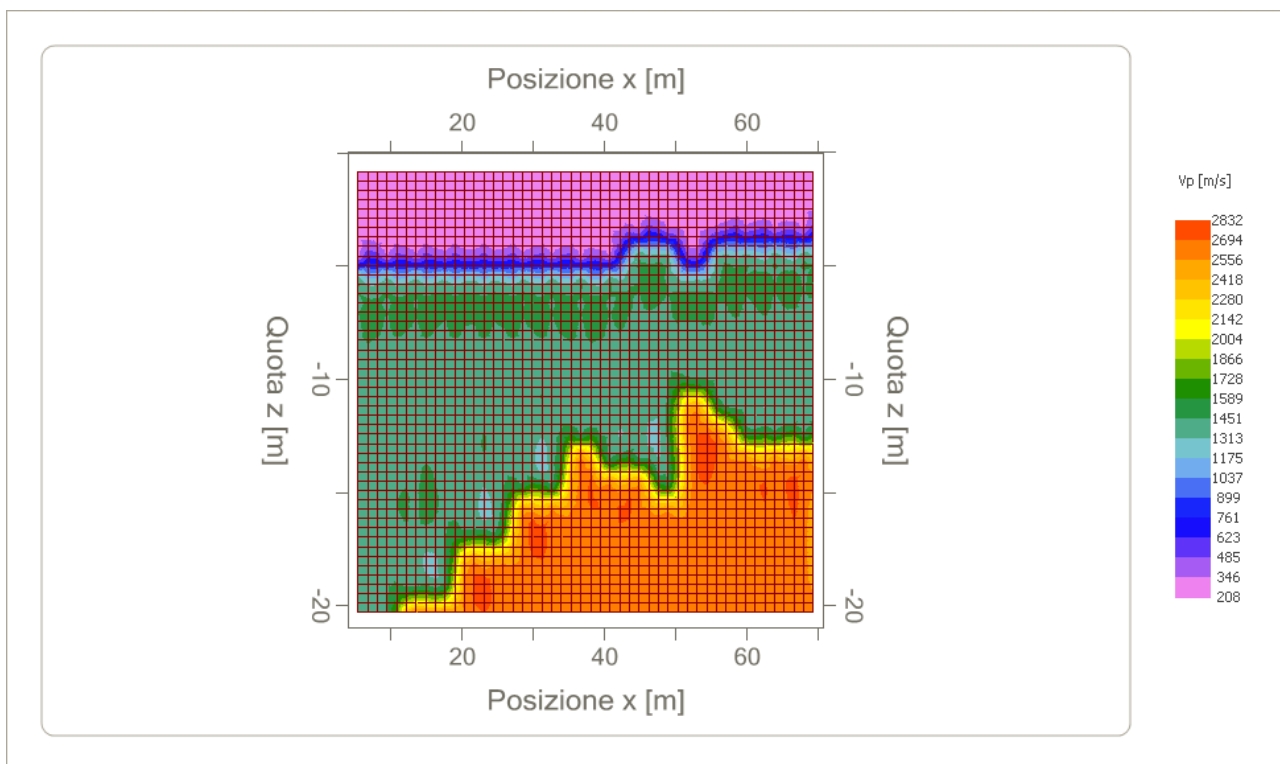
XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 4.0 [m]	5.1	22.1	--
G= 8.0 [m]	5.0	21.0	--
G= 12.0 [m]	5.3	20.5	--
G= 16.0 [m]	5.0	20.5	--
G= 20.0 [m]	5.0	18.0	--
G= 24.0 [m]	4.7	17.4	--
G= 28.0 [m]	5.1	15.0	--
G= 32.0 [m]	5.1	15.9	--
G= 36.0 [m]	5.4	13.5	--
G= 40.0 [m]	5.0	14.5	--
G= 44.0 [m]	4.6	14.4	--
G= 48.0 [m]	4.4	15.6	--
G= 52.0 [m]	4.7	11.5	--
G= 56.0 [m]	4.4	12.4	--
G= 60.0 [m]	4.1	13.0	--
G= 64.0 [m]	4.0	13.6	--
G= 68.0 [m]	3.6	13.5	--
G= 72.0 [m]	3.5	13.6	--
Velocità [m/sec]	311.7	1425.5	2612.5
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

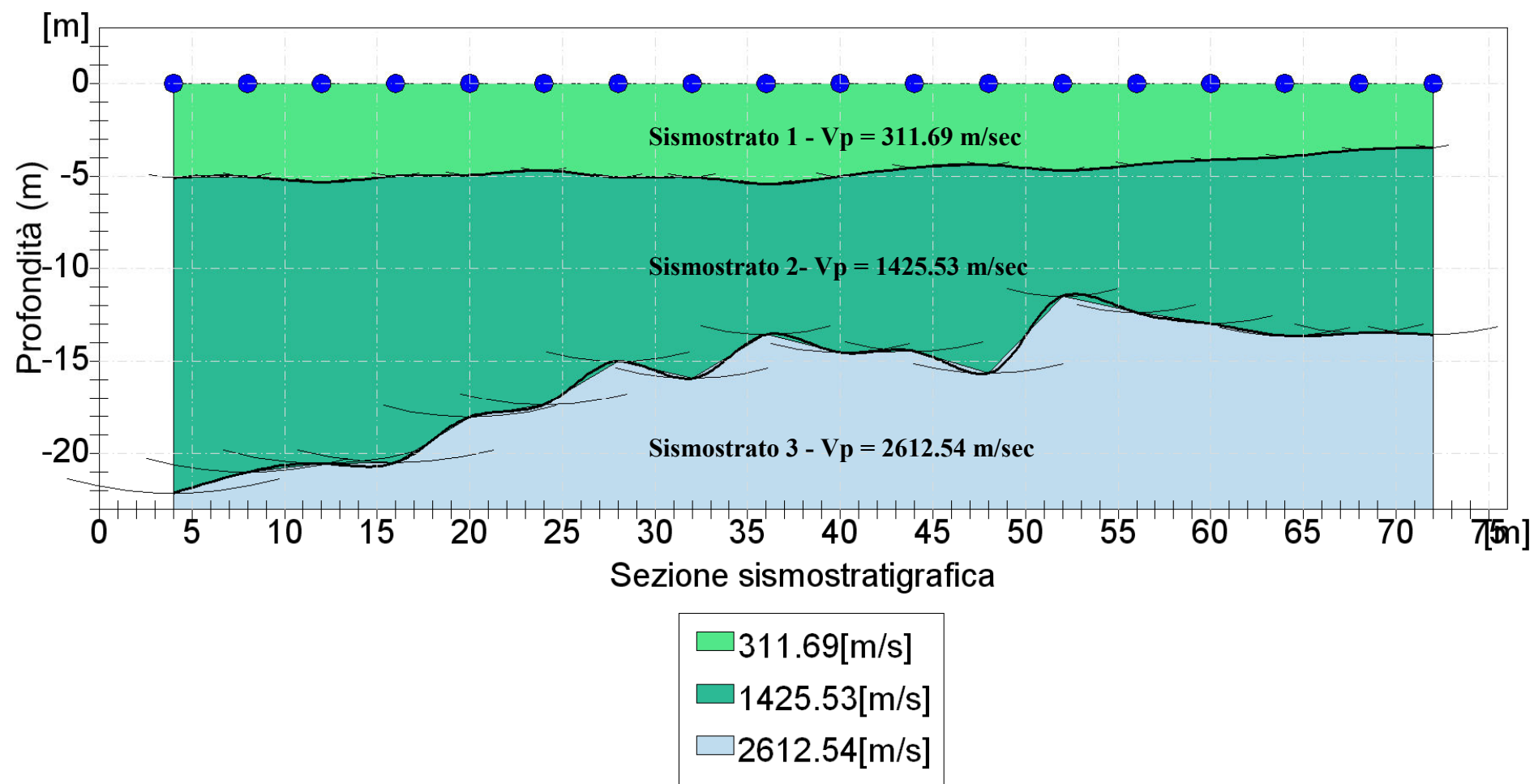
	Sismostrato 1	Sismostrato 2	Sismostrato 3
Coefficiente Poisson	0.39	0.38	0.38
Densità [kg/m ³]	1600.00	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	311.69	1425.53	2612.54
Vs [m/s]	132.36	627.15	1149.37
G0 [MPa]	28.03	668.64	2377.87
Ed [Mpa]	155.44	3454.64	12285.68
M0 [MPa]	127.41	2786.00	9907.81
Ey [Mpa]	77.92	1845.45	6562.93

G0: Modulo di deformazione al taglio;
Ed: Modulo edometrico;
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;
Ey: Modulo di Young;



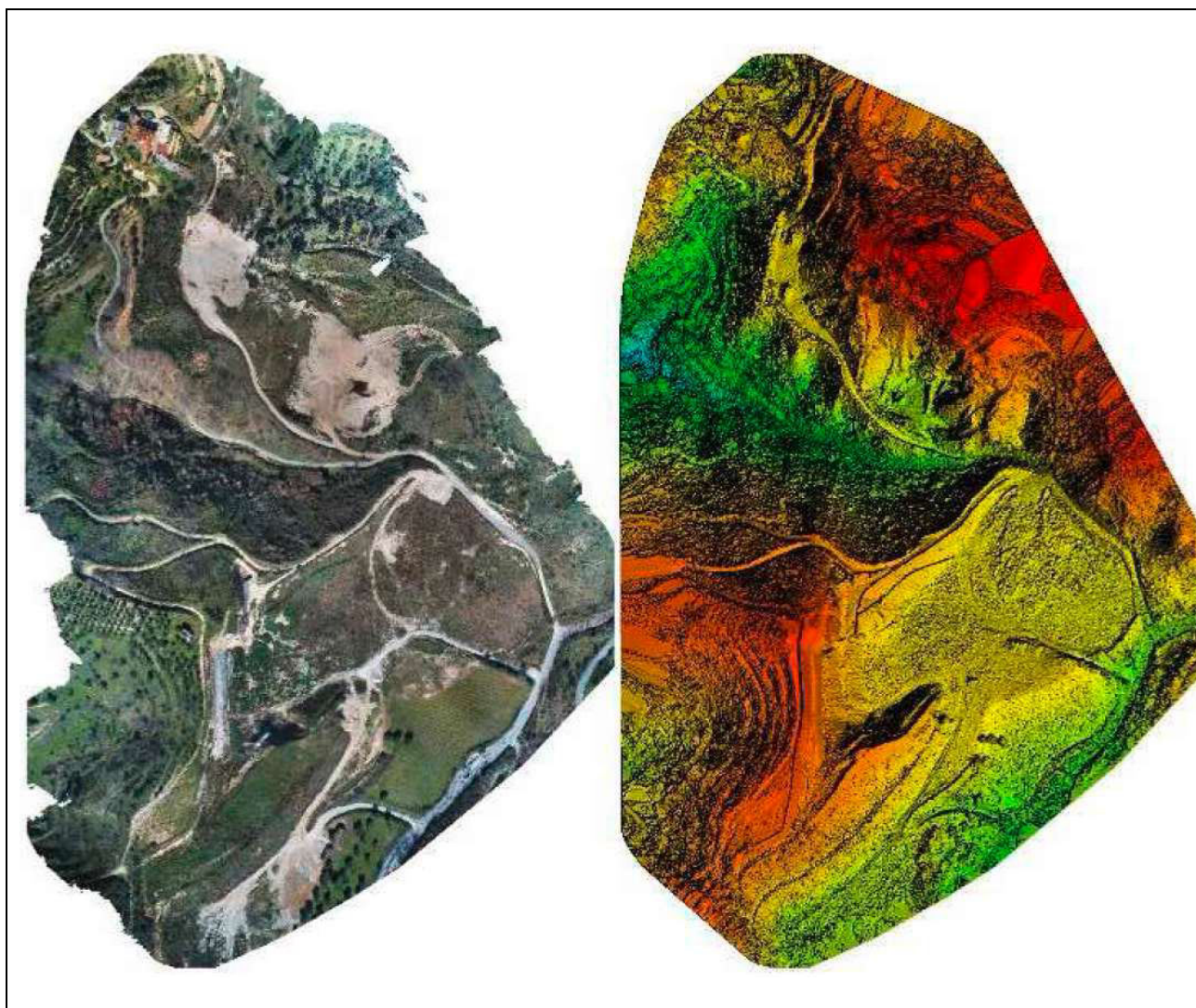
Indice

Dati generali
Geometria geofoni
Dati battute
Dromocrone
Dromocrone traslate
Interpretazione col metodo G.,R.M.
Altri parametri geotecnici
Indice
Sezione sismostratigrafica



Allegato 4

Rilievo con drone



Quality Report

Project	Cava
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.06 cm / 1.20 in
Area Covered	0.263 km ² / 26.3026 ha / 0.10 sq. mi. / 65.0288 acres

Quality Check

O Images	median of 77171 keypoints per image
Dataset	350 out of 351 images calibrated (99%), all images enabled
Camera Optimization	1.1% relative difference between initial and optimized internal camera parameters
Matching	median of 284382 matches per calibrated image

Preview

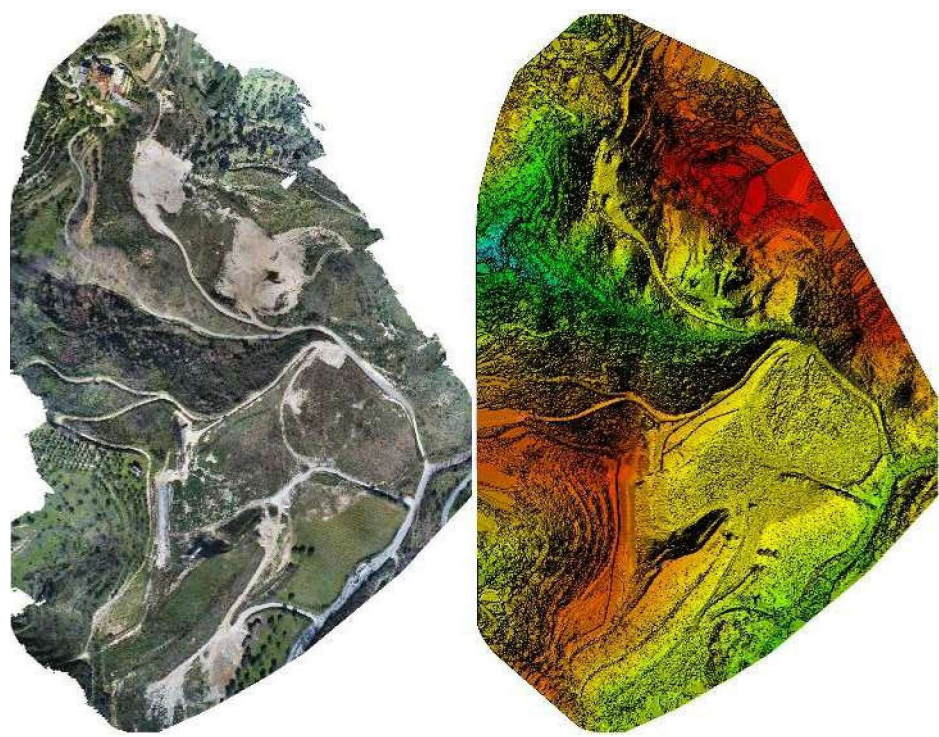


Figure I: Olthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification,

Calibration Details

0

Number of Calibrated Images	351 out of 351
Number of Geolocated Images	351 out of 351

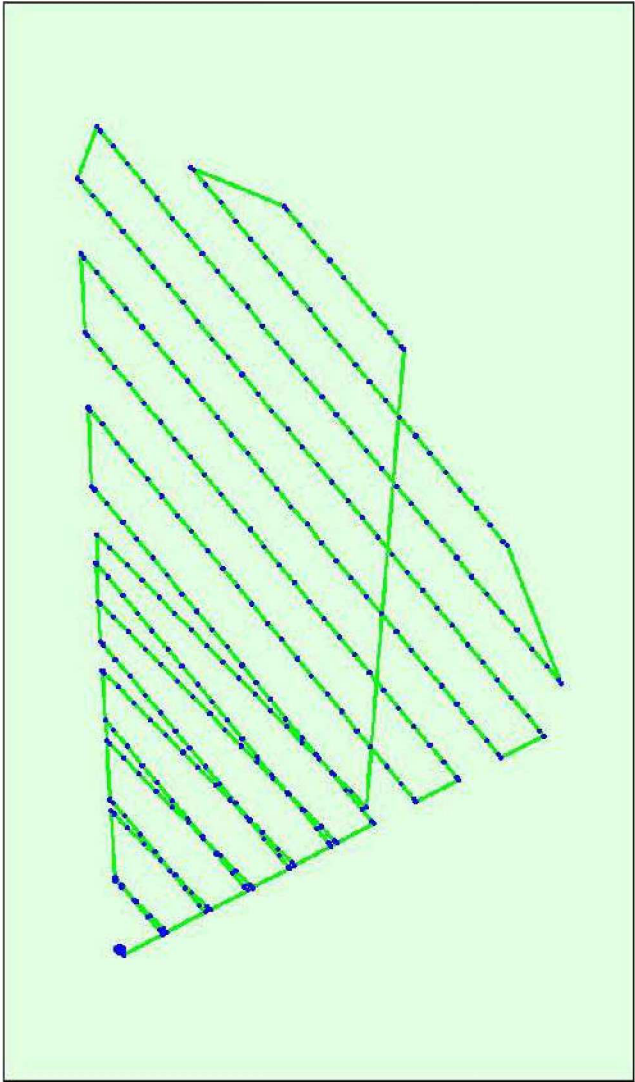
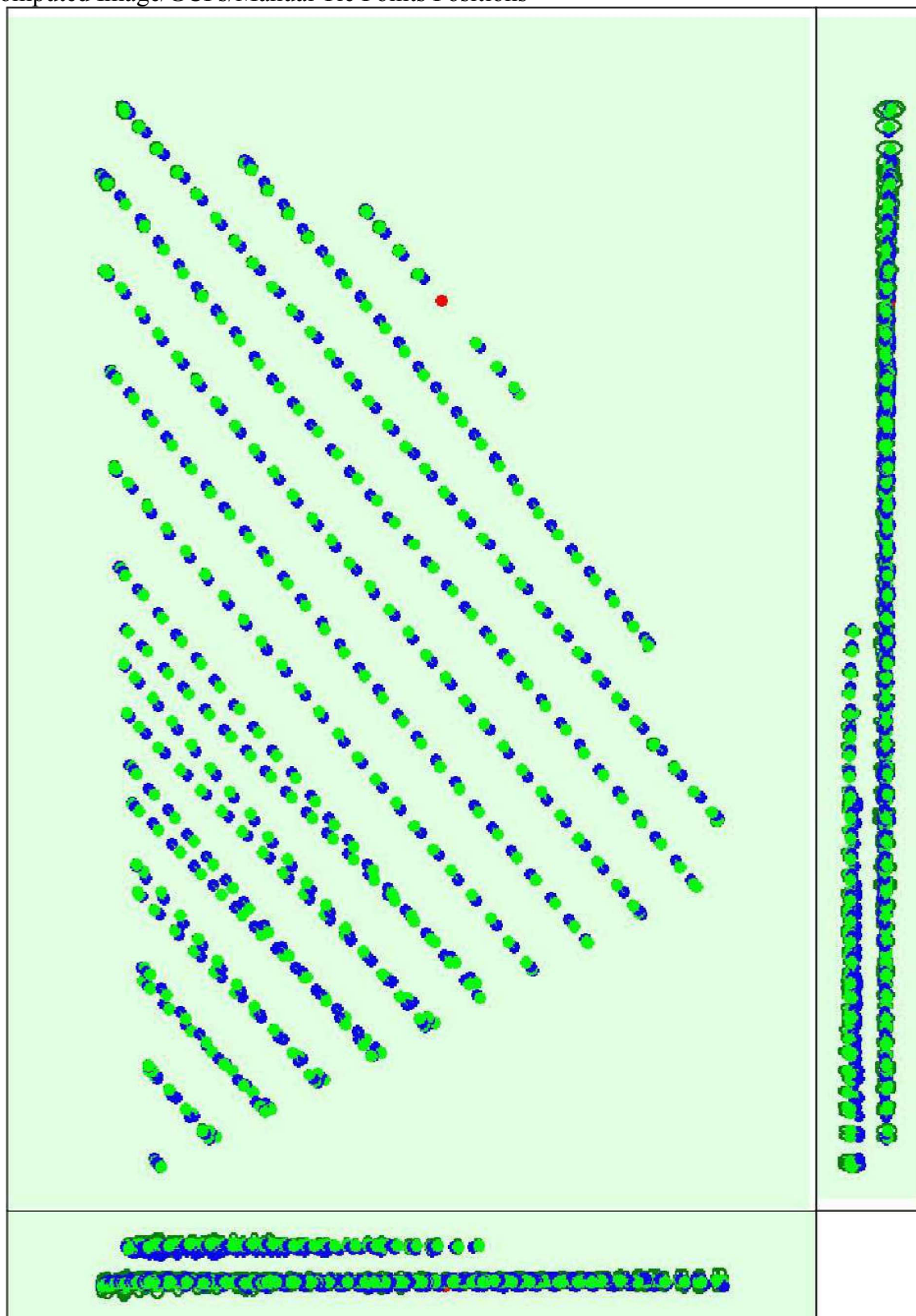


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



Uncertainty ellipses IOOx magnified

Fig. 3: Offset between Initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result,

Absolute camera position and orientation uncertainties

				Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.022	0.022	0.040	0.017	0.014	0.006
Sigma	0.004	0.004	0.010	0.001	0.002	0.001

Overlap



Number of overlapping images: 1 2 3 4 5

Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic.

Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

0

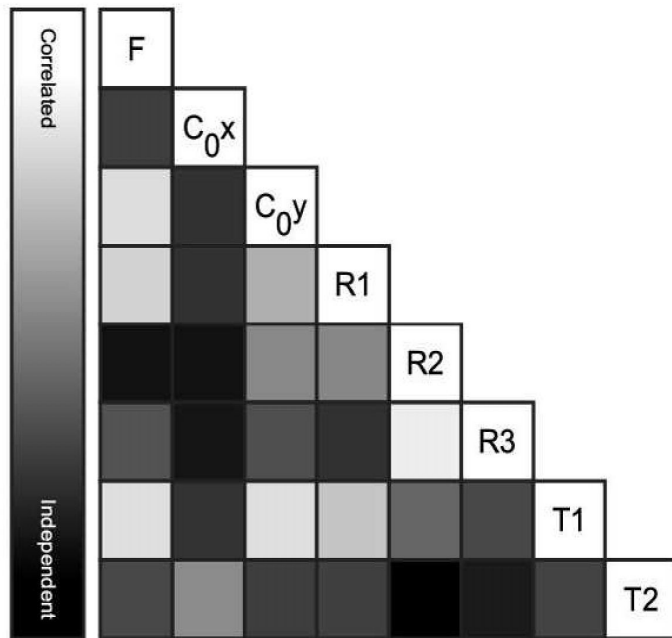
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	9843675
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	3286291
Mean Reprojection Error [pixels]	0.223

Internal Camera Parameters

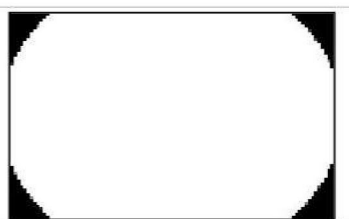
5344x4016 (RGB). Sensor Dimensions: 5.985 [mm] x 4.498 [mm]

EXF ID: 5344x4016

	Focal Length	Principal Point x	Principal Pointy	RI			TI	T2
Initial Values	3634.470 [pixel] 4.071 [mm]	2662230 [pixel] 2982 [mm]	1976.860 [pixel] 2214 [mm]	- 0.249	0.020	0.012	0.000	0.001
Optimized Values	3594.293 [pixel] 4.026 [mm]	2654758 [pixel] 2.973 [mm]	2002.067 [pixel] 2242 [mm]	- 0.240	0.004	0.023	- 0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	1.089 [pixel] 0.001 [mm]	0.083 [pixel] 0.000 [mm]	0.138 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



The correlation between camera internal parameters determined by the bundle adjustment. White indicates a full correlation between the parameters, ie. any change in one can be fully compensated by the other Black indicates that the parameter is completely independent, and is not affected by other parameters.



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to the see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization. The scale bar indicates the magnitude of 1 pixel error.

2D Keypoints Table

Number of 2D Keypoints per Image		Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	77171	28438
Min	44538	1798
Max	80278	46311
Mean	75115	28125

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points bserved
In 2 Images	2224149
In 3 Images	526065
In 4 Images	195583
In 5 Images	100397
In 6 Images	59852
In 7 Images	39787
In 8 Images	28007
In 9 Images	20518
In 10 Images	15591
In 11 Images	12192
In 12 Images	9887
In 13 Images	7840
In 14 Images	6686
In 15 Images	5404
In 16 Images	4593
In 17 Images	3827
In 18 Images	3182
In 19 Images	2961
In 20 Images	2344
In 21 Images	2074
In 22 Images	1885
In 23 Images	1661
In 24 Images	1385
In 25 Images	1208
In 26 Images	1071
In 27 Images	897
In 28 Images	797
In 29 Images	713
In 30 Images	631
In 31 Images	575
In 32 Images	559
In 33 Images	454
In 34 Images	372
In 35 Images	303
In 36 Images	292
In 37 Images	257
In 38 Images	222
In 39 Images	227
In 40 Images	189
In 41 Images	148
In 42 Images	161

In 43 Images	141
In 44 Images	110
In 45 Images	99
In 46 Images	103
In 47 Images	95
In 48 Images	68
In 49 Images	71
In 50 Images	74
In 51 Images	53
In 52 Images	68
In 53 Images	48
In 54 Images	39
In 55 Images	44
In 56 Images	25
In 57 Images	27
In 58 Images	20
In 59 Images	26
In 60 Images	18
In 61 Images	22
In 62 Images	16
In 63 Images	18
In 64 Images	15
In 65 Images	12
In 66 Images	15
In 67 Images	9
In 68 Images	12
In 69 Images	9
In 70 Images	9
In 71 Images	9
In 72 Images	2
In 73 Images	5
In 74 Images	10
In 75 Images	9
In 76 Images	5
In 77 Images	4
In 78 Images	4
In 79 Images	4
In 80 Images	7
In 81 Images	2
In 82 Images	6
In 83 Images	1
In 84 Images	4
In 85 Images	3
In 87 Images	3
In 89 Images	1

2D Keypoint Matches

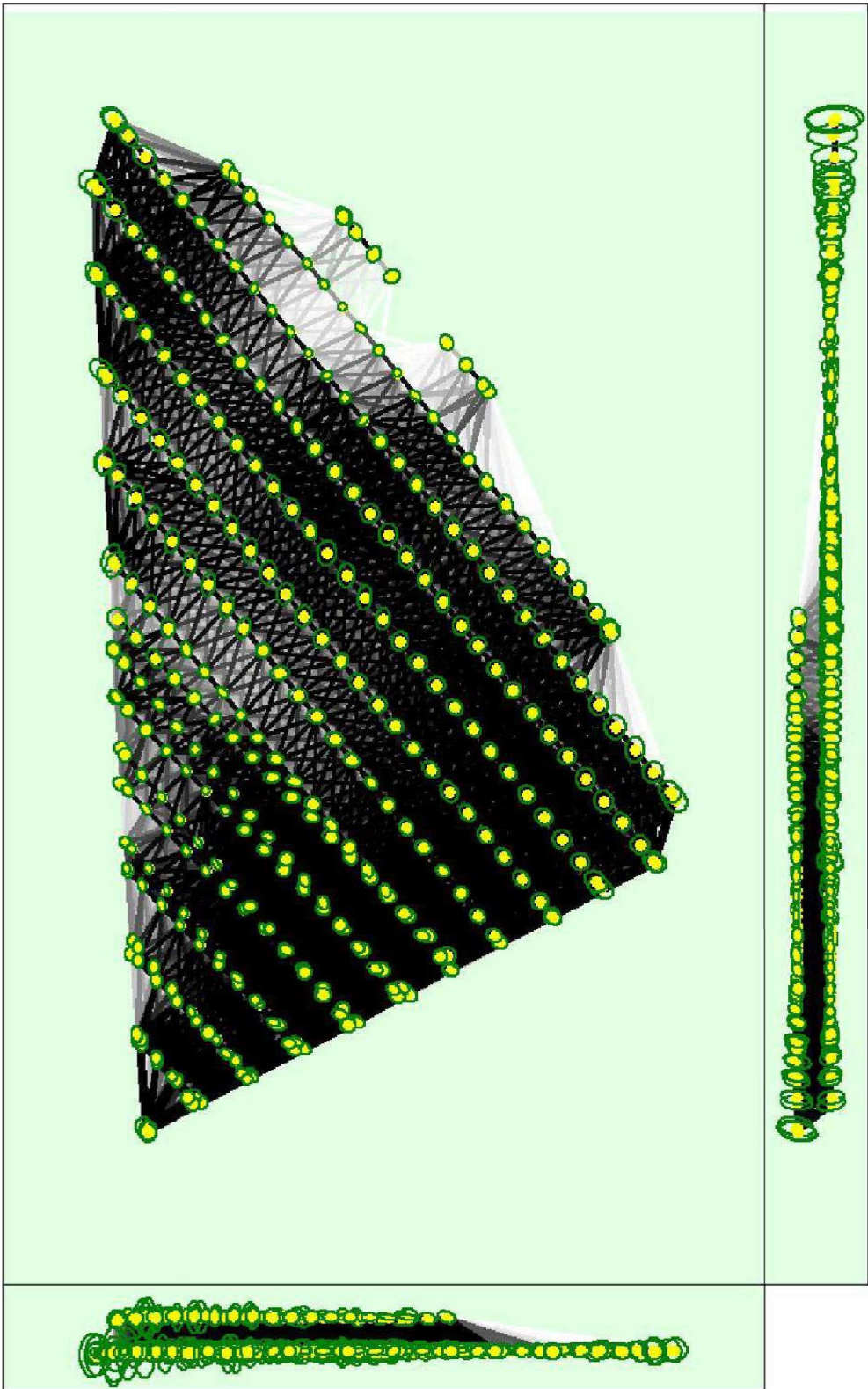


Figure 5: Computed image positions with links between matched images, The darkness of the links indicates the number of matched 20 keypoints between the images.
Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images, Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

				Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.009	0.009	0.009	0.006	0.008	0.002
Sigma	0.002	0.002	0.005	0.002	0.003	0.001

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) 7-7700K CPU @3.30GHz RAM: 32GB CPU: 3x NVIDIA GeForce GTX 970 (Driver: 2521.14.1935)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84 (EGM 96 Geoid)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 33N (EGM 96 Geoid)

0

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	4

3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes

Results

Number of Processed Clusters	9
Number of Generated Tiles	
Number of 3D Densified Points	27002768
Average Density (per m ³)	122.36

DSM, Orthomosaic and Index Details

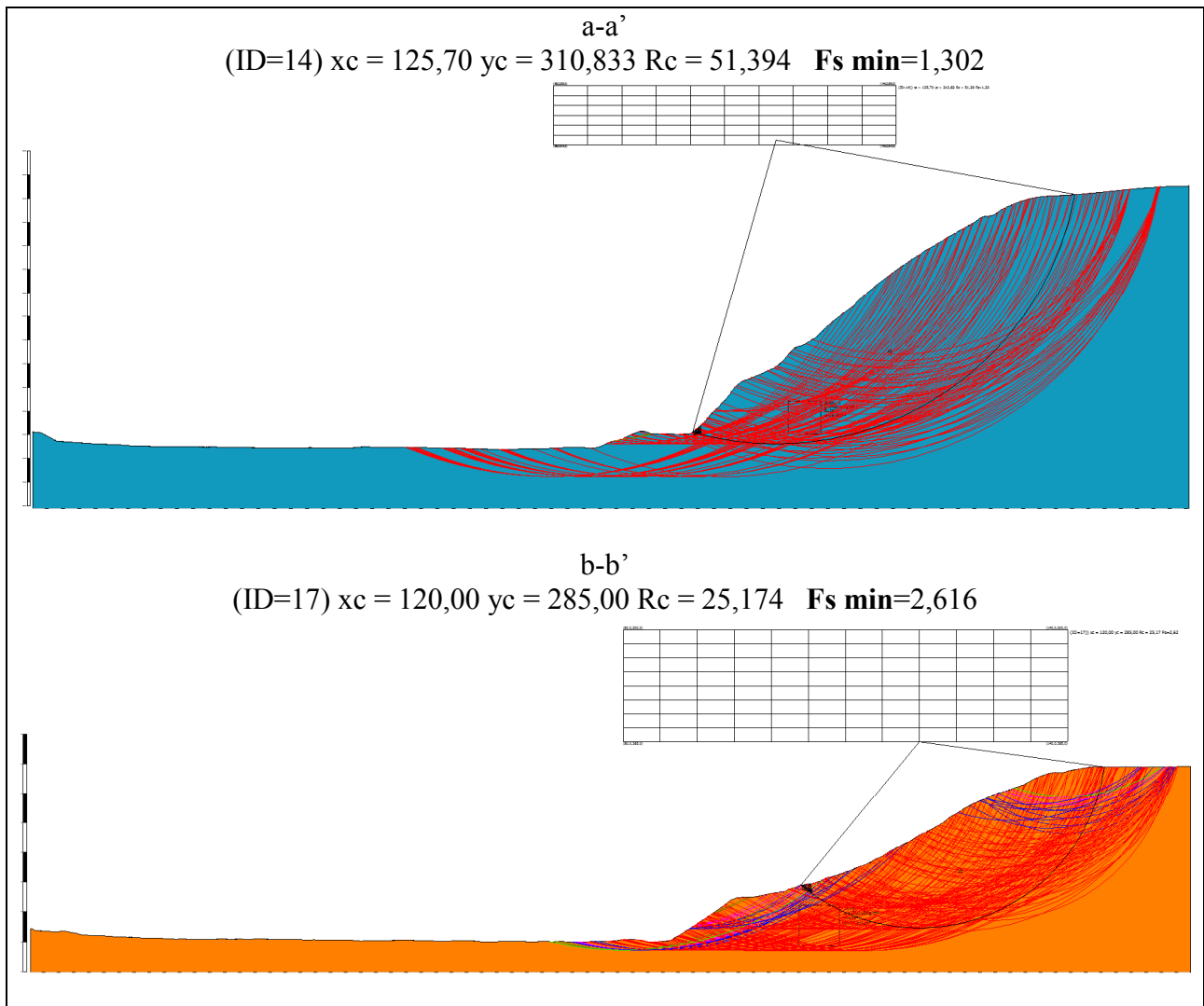
Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.06 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 100
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.06 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 5 Resolution [cm]: 50 Minimum Line Size [vertices]: 10

0

Allegato 5

Analisi di stabilità



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.

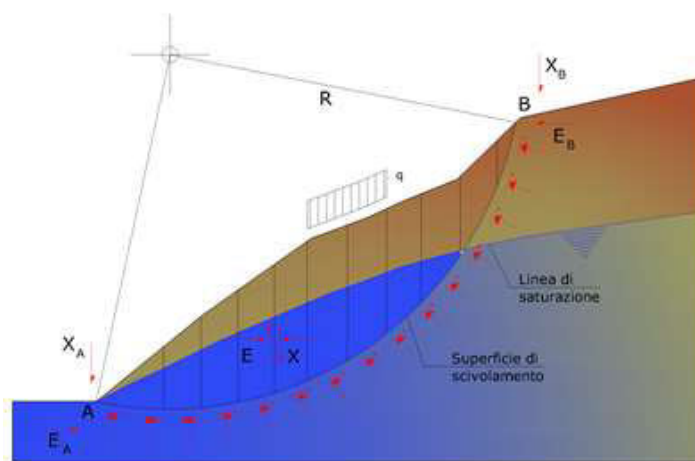
Metodo equilibrio limite (LEM)

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.

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

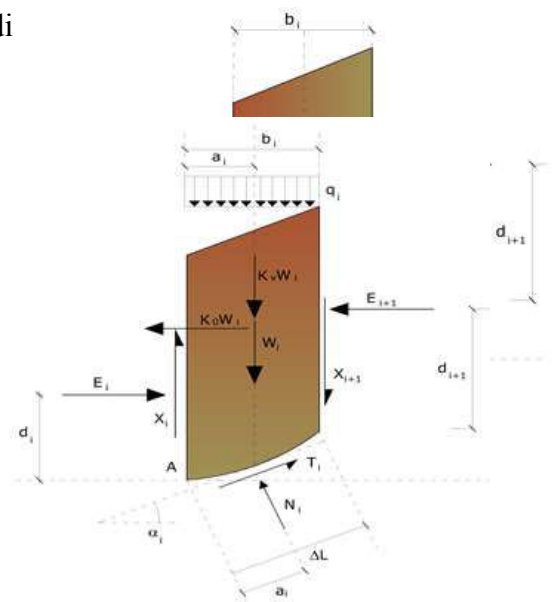
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

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.

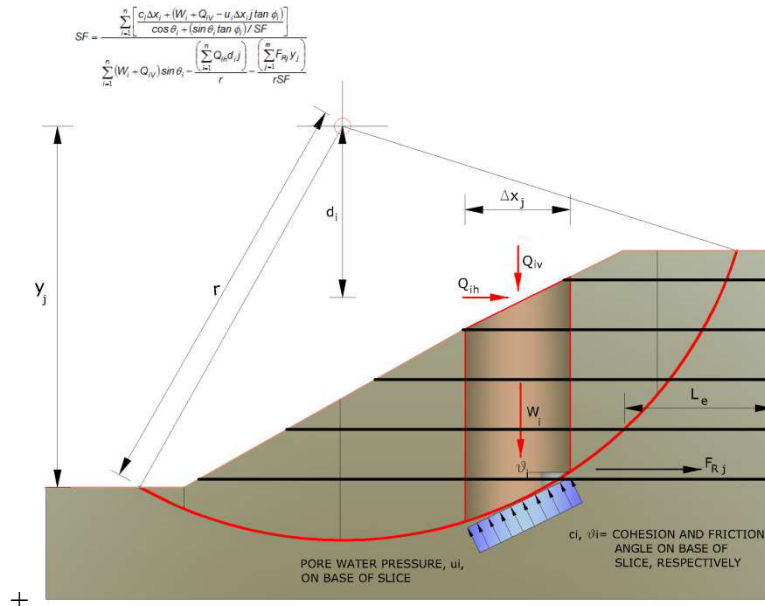
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un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

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

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' .

VERIFICHE DI STABILITÀ DI PENDIO SEZ. a-a'

Le condizioni di stabilità del versante in oggetto sono state analizzate con riferimento al modello geologico-tecnico della Figura sottostante, utilizzando il software SLOPE della GEOSTRU e facendo riferimento a quanto prescritto dalle NTC 2018.

Il versante in esame è stato considerato costituito da un unico strato di terreno caratterizzato dai parametri fisico-meccanici riportati in Tabella 1.

Strato	Peso dell'unità di volume di terreno γ [kN/m ³]	Peso dell'unità di volume di terreno saturo γ_{sat} [kN/m ³]	Coesione c [Kg/cm ²]	Angolo di resistenza a taglio ϕ [°]
1	17	21	0,8	35

Tabella 1 – Sintesi dei parametri geotecnici di calcolo utilizzati nelle analisi di stabilità.

Conformemente alla normativa vigente, il calcolo del fattore di sicurezza è stato eseguito analizzando un numero sufficiente di superfici circolari, cinematicamente ammissibili, generate automaticamente dal software a partire da una maglia di centri definita dall'utente.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti nell'analisi delle condizioni di equilibrio limite del versante in esame per la configurazione di calcolo considerata e riportata nella Figura sottostante.

In particolare si evidenzia l'assenza di potenziali superfici di scorrimento caratterizzate da un fattore di sicurezza minore o uguale ad 1 (instabili) e localizza la superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minimo ($F_s=1.3$).

Si precisa che le opere previste in progetto, localizzate in corrispondenza della base del versante, non pregiudicano le condizioni di stabilità del versante stesso.

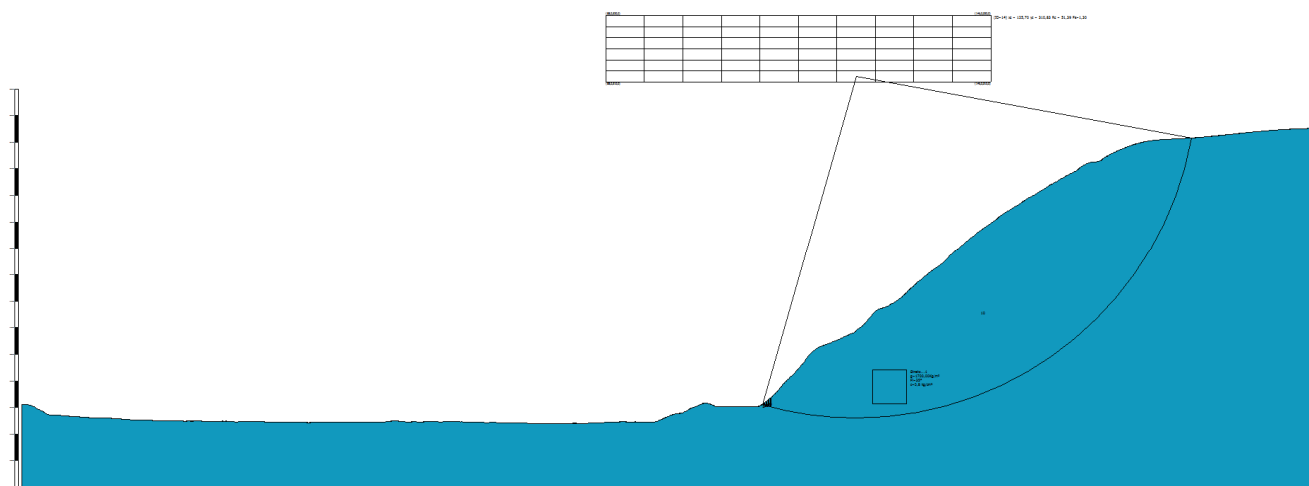


Figura SEZ. a-a' – Superficie di rottura a fattore di sicurezza minimo ($F_s=1.3$).

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Lat./Long.	39,51377/16,277755
Calcolo eseguito secondo	[A2+M1+R2]
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
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	88,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	310,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	146,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	320,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	6,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,7	2,29	0,28
S.L.D.	50,0	0,92	2,27	0,3
S.L.V.	475,0	2,69	2,43	0,37
S.L.C.	975,0	3,6	2,48	0,4

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,05	0,2	0,0214	0,0107
S.L.D.	1,38	0,2	0,0281	0,0141
S.L.V.	3,4971	0,28	0,0999	0,0499
S.L.C.	4,1534	0,28	0,1186	0,0593

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,1

Coefficiente azione sismica verticale 0,0 5

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	261,44
2	0,15	261,43
3	0,31	261,43
4	0,46	261,43
5	0,61	261,43
6	0,76	261,42
7	0,92	261,41
8	1,07	261,38
9	1,22	261,34
10	1,38	261,29
11	1,53	261,23
12	1,68	261,16
13	1,84	261,07
14	1,99	260,98
15	2,14	260,89
16	2,29	260,8
17	2,45	260,72
18	2,6	260,65
19	2,75	260,59
20	2,91	260,52
21	3,06	260,45
22	3,21	260,36
23	3,37	260,26
24	3,52	260,17
25	3,67	260,07
26	3,82	259,98
27	3,98	259,92
28	4,13	259,89
29	4,28	259,88
30	4,44	259,87
31	4,59	259,86
32	4,74	259,85
33	4,9	259,85
34	5,05	259,84

35	5,2	259,83
36	5,35	259,82
37	5,51	259,82
38	5,66	259,81
39	5,81	259,8
40	5,97	259,79
41	6,12	259,77
42	6,27	259,76
43	6,43	259,75
44	6,58	259,73
45	6,73	259,72
46	6,88	259,7
47	7,04	259,69
48	7,19	259,68
49	7,34	259,67
50	7,5	259,66
51	7,65	259,66
52	7,8	259,65
53	7,96	259,63
54	8,11	259,62
55	8,26	259,61
56	8,41	259,6
57	8,57	259,59
58	8,72	259,58
59	8,87	259,57
60	9,03	259,56
61	9,18	259,56
62	9,33	259,55
63	9,48	259,53
64	9,64	259,52
65	9,79	259,5
66	9,94	259,49
67	10,1	259,47
68	10,25	259,46
69	10,4	259,46
70	10,56	259,46
71	10,71	259,46
72	10,86	259,46
73	11,01	259,45
74	11,17	259,44
75	11,32	259,43
76	11,47	259,43
77	11,63	259,42
78	11,78	259,42
79	11,93	259,41
80	12,09	259,4
81	12,24	259,39
82	12,39	259,38
83	12,54	259,37
84	12,7	259,37
85	12,85	259,37

86	13,0	259,37
87	13,16	259,37
88	13,31	259,37
89	13,46	259,37
90	13,62	259,36
91	13,77	259,36
92	13,92	259,35
93	14,07	259,34
94	14,23	259,33
95	14,38	259,31
96	14,53	259,3
97	14,69	259,29
98	14,84	259,27
99	14,99	259,26
100	15,15	259,25
101	15,3	259,23
102	15,45	259,22
103	15,6	259,21
104	15,76	259,2
105	15,91	259,19
106	16,06	259,18
107	16,22	259,17
108	16,37	259,14
109	16,52	259,12
110	16,68	259,1
111	16,83	259,09
112	16,98	259,08
113	17,13	259,07
114	17,29	259,06
115	17,44	259,06
116	17,59	259,06
117	17,75	259,06
118	17,9	259,06
119	18,05	259,07
120	18,21	259,07
121	18,36	259,08
122	18,51	259,09
123	18,66	259,08
124	18,82	259,07
125	18,97	259,09
126	19,12	259,08
127	19,28	259,08
128	19,43	259,07
129	19,58	259,05
130	19,73	259,03
131	19,89	259,02
132	20,04	259,0
133	20,19	259,0
134	20,35	259,0
135	20,5	259,01
136	20,65	259,01

137	20,81	259,02
138	20,96	259,02
139	21,11	259,03
140	21,26	259,03
141	21,42	259,03
142	21,57	259,03
143	21,72	259,02
144	21,88	259,02
145	22,03	259,02
146	22,18	259,02
147	22,34	259,01
148	22,49	259,0
149	22,64	258,99
150	22,79	258,98
151	22,95	258,98
152	23,1	258,98
153	23,25	258,99
154	23,41	259,0
155	23,56	258,98
156	23,71	258,98
157	23,87	258,98
158	24,02	258,96
159	24,17	258,96
160	24,32	258,94
161	24,48	258,94
162	24,63	258,94
163	24,78	258,94
164	24,94	258,94
165	25,09	258,94
166	25,24	258,94
167	25,4	258,94
168	25,55	258,94
169	25,7	258,94
170	25,85	258,94
171	26,01	258,94
172	26,16	258,95
173	26,31	258,95
174	26,47	258,95
175	26,62	258,95
176	26,77	258,95
177	26,93	258,95
178	27,08	258,94
179	27,23	258,93
180	27,38	258,93
181	27,54	258,93
182	27,69	258,92
183	27,84	258,93
184	28,0	258,92
185	28,15	258,92
186	28,3	258,92
187	28,45	258,92

188	28,61	258,92
189	28,76	258,92
190	28,91	258,92
191	29,07	258,91
192	29,22	258,92
193	29,37	258,92
194	29,53	258,92
195	29,68	258,92
196	29,83	258,92
197	29,98	258,92
198	30,14	258,93
199	30,29	258,94
200	30,44	258,93
201	30,6	258,93
202	30,75	258,94
203	30,9	258,93
204	31,06	258,92
205	31,21	258,91
206	31,36	258,89
207	31,51	258,88
208	31,67	258,87
209	31,82	258,85
210	31,97	258,84
211	32,13	258,83
212	32,28	258,83
213	32,43	258,83
214	32,59	258,83
215	32,74	258,84
216	32,89	258,85
217	33,04	258,86
218	33,2	258,86
219	33,35	258,87
220	33,5	258,87
221	33,66	258,87
222	33,81	258,87
223	33,96	258,86
224	34,12	258,85
225	34,27	258,85
226	34,42	258,85
227	34,57	258,85
228	34,73	258,86
229	34,88	258,86
230	35,03	258,86
231	35,19	258,85
232	35,34	258,85
233	35,49	258,85
234	35,65	258,86
235	35,8	258,86
236	35,95	258,87
237	36,1	258,86
238	36,26	258,85

239	36,41	258,85
240	36,56	258,83
241	36,72	258,82
242	36,87	258,81
243	37,02	258,81
244	37,17	258,81
245	37,33	258,8
246	37,48	258,81
247	37,63	258,8
248	37,79	258,8
249	37,94	258,8
250	38,09	258,79
251	38,25	258,79
252	38,4	258,78
253	38,55	258,78
254	38,7	258,77
255	38,86	258,77
256	39,01	258,76
257	39,16	258,75
258	39,32	258,75
259	39,47	258,74
260	39,62	258,74
261	39,78	258,74
262	39,93	258,74
263	40,08	258,74
264	40,23	258,75
265	40,39	258,76
266	40,54	258,76
267	40,69	258,77
268	40,85	258,77
269	41,0	258,76
270	41,15	258,76
271	41,31	258,77
272	41,46	258,76
273	41,61	258,76
274	41,76	258,75
275	41,92	258,75
276	42,07	258,74
277	42,22	258,75
278	42,38	258,75
279	42,53	258,74
280	42,68	258,74
281	42,84	258,74
282	42,99	258,73
283	43,14	258,73
284	43,29	258,73
285	43,45	258,73
286	43,6	258,73
287	43,75	258,74
288	43,91	258,75
289	44,06	258,76

290	44,21	258,77
291	44,37	258,78
292	44,52	258,78
293	44,67	258,78
294	44,82	258,78
295	44,98	258,78
296	45,13	258,77
297	45,28	258,75
298	45,44	258,75
299	45,59	258,75
300	45,74	258,75
301	45,89	258,76
302	46,05	258,77
303	46,2	258,78
304	46,35	258,79
305	46,51	258,8
306	46,66	258,8
307	46,81	258,8
308	46,97	258,81
309	47,12	258,81
310	47,27	258,79
311	47,42	258,79
312	47,58	258,79
313	47,73	258,78
314	47,88	258,78
315	48,04	258,78
316	48,19	258,78
317	48,34	258,77
318	48,5	258,77
319	48,65	258,77
320	48,8	258,76
321	48,95	258,76
322	49,11	258,75
323	49,26	258,76
324	49,41	258,76
325	49,57	258,76
326	49,72	258,77
327	49,87	258,77
328	50,03	258,77
329	50,18	258,77
330	50,33	258,77
331	50,48	258,77
332	50,64	258,77
333	50,79	258,77
334	50,94	258,77
335	51,1	258,77
336	51,25	258,77
337	51,4	258,78
338	51,56	258,78
339	51,71	258,78
340	51,86	258,78

341	52,01	258,78
342	52,17	258,78
343	52,32	258,78
344	52,47	258,78
345	52,63	258,79
346	52,78	258,78
347	52,93	258,78
348	53,09	258,78
349	53,24	258,78
350	53,39	258,78
351	53,54	258,77
352	53,7	258,77
353	53,85	258,77
354	54,0	258,78
355	54,16	258,79
356	54,31	258,8
357	54,46	258,81
358	54,62	258,82
359	54,77	258,83
360	54,92	258,84
361	55,07	258,85
362	55,23	258,87
363	55,38	258,89
364	55,53	258,92
365	55,69	258,94
366	55,84	258,96
367	55,99	258,97
368	56,14	258,98
369	56,3	258,98
370	56,45	258,98
371	56,6	258,96
372	56,76	258,94
373	56,91	258,92
374	57,06	258,9
375	57,22	258,88
376	57,37	258,86
377	57,52	258,85
378	57,67	258,84
379	57,83	258,83
380	57,98	258,82
381	58,13	258,81
382	58,29	258,81
383	58,44	258,82
384	58,59	258,83
385	58,75	258,83
386	58,9	258,84
387	59,05	258,85
388	59,2	258,85
389	59,36	258,84
390	59,51	258,83
391	59,66	258,82

392	59,82	258,82
393	59,97	258,82
394	60,12	258,83
395	60,28	258,83
396	60,43	258,83
397	60,58	258,84
398	60,73	258,84
399	60,89	258,85
400	61,04	258,85
401	61,19	258,85
402	61,35	258,85
403	61,5	258,85
404	61,65	258,85
405	61,81	258,85
406	61,96	258,85
407	62,11	258,85
408	62,26	258,86
409	62,42	258,86
410	62,57	258,85
411	62,72	258,84
412	62,88	258,83
413	63,03	258,82
414	63,18	258,83
415	63,34	258,83
416	63,49	258,84
417	63,64	258,84
418	63,79	258,85
419	63,95	258,86
420	64,1	258,86
421	64,25	258,86
422	64,41	258,86
423	64,56	258,85
424	64,71	258,85
425	64,86	258,85
426	65,02	258,84
427	65,17	258,84
428	65,32	258,84
429	65,48	258,84
430	65,63	258,84
431	65,78	258,85
432	65,94	258,84
433	66,09	258,83
434	66,24	258,84
435	66,39	258,82
436	66,55	258,81
437	66,7	258,79
438	66,85	258,78
439	67,01	258,77
440	67,16	258,76
441	67,31	258,76
442	67,47	258,76

443	67,62	258,76
444	67,77	258,77
445	67,92	258,77
446	68,08	258,77
447	68,23	258,76
448	68,38	258,75
449	68,54	258,75
450	68,69	258,75
451	68,84	258,75
452	69,0	258,75
453	69,15	258,75
454	69,3	258,75
455	69,45	258,74
456	69,61	258,73
457	69,76	258,72
458	69,91	258,72
459	70,07	258,72
460	70,22	258,72
461	70,37	258,72
462	70,53	258,74
463	70,68	258,75
464	70,83	258,74
465	70,98	258,76
466	71,14	258,76
467	71,29	258,74
468	71,44	258,74
469	71,6	258,72
470	71,75	258,72
471	71,9	258,71
472	72,06	258,72
473	72,21	258,72
474	72,36	258,71
475	72,51	258,71
476	72,67	258,71
477	72,82	258,71
478	72,97	258,71
479	73,13	258,7
480	73,28	258,68
481	73,43	258,67
482	73,58	258,66
483	73,74	258,65
484	73,89	258,65
485	74,04	258,64
486	74,2	258,64
487	74,35	258,64
488	74,5	258,63
489	74,66	258,63
490	74,81	258,63
491	74,96	258,64
492	75,11	258,65
493	75,27	258,65

494	75,42	258,65
495	75,57	258,65
496	75,73	258,64
497	75,88	258,64
498	76,03	258,63
499	76,19	258,62
500	76,34	258,61
501	76,49	258,6
502	76,64	258,59
503	76,8	258,57
504	76,95	258,56
505	77,1	258,55
506	77,26	258,55
507	77,41	258,54
508	77,56	258,54
509	77,72	258,54
510	77,87	258,53
511	78,02	258,53
512	78,17	258,53
513	78,33	258,52
514	78,48	258,52
515	78,63	258,52
516	78,79	258,52
517	78,94	258,52
518	79,09	258,52
519	79,25	258,52
520	79,4	258,52
521	79,55	258,53
522	79,7	258,53
523	79,86	258,53
524	80,01	258,53
525	80,16	258,54
526	80,32	258,55
527	80,47	258,55
528	80,62	258,55
529	80,78	258,56
530	80,93	258,55
531	81,08	258,55
532	81,23	258,55
533	81,39	258,55
534	81,54	258,55
535	81,69	258,55
536	81,85	258,56
537	82,0	258,57
538	82,15	258,58
539	82,31	258,59
540	82,46	258,6
541	82,61	258,61
542	82,76	258,61
543	82,92	258,62
544	83,07	258,62

545	83,22	258,62
546	83,38	258,62
547	83,53	258,62
548	83,68	258,61
549	83,83	258,61
550	83,99	258,61
551	84,14	258,6
552	84,29	258,59
553	84,45	258,58
554	84,6	258,58
555	84,75	258,58
556	84,91	258,59
557	85,06	258,6
558	85,21	258,61
559	85,36	258,63
560	85,52	258,64
561	85,67	258,65
562	85,82	258,65
563	85,98	258,66
564	86,13	258,68
565	86,28	258,68
566	86,44	258,67
567	86,59	258,66
568	86,74	258,66
569	86,89	258,66
570	87,05	258,67
571	87,2	258,68
572	87,35	258,7
573	87,51	258,72
574	87,66	258,72
575	87,81	258,73
576	87,97	258,73
577	88,12	258,74
578	88,27	258,74
579	88,42	258,74
580	88,58	258,74
581	88,73	258,74
582	88,88	258,75
583	89,04	258,77
584	89,19	258,78
585	89,34	258,79
586	89,5	258,8
587	89,65	258,81
588	89,8	258,83
589	89,95	258,83
590	90,11	258,84
591	90,26	258,85
592	90,41	258,85
593	90,57	258,86
594	90,72	258,87
595	90,87	258,84

596	91,03	258,83
597	91,18	258,83
598	91,33	258,82
599	91,48	258,82
600	91,64	258,82
601	91,79	258,82
602	91,94	258,83
603	92,1	258,83
604	92,25	258,83
605	92,4	258,83
606	92,55	258,83
607	92,71	258,83
608	92,86	258,82
609	93,01	258,82
610	93,17	258,81
611	93,32	258,81
612	93,47	258,8
613	93,63	258,8
614	93,78	258,8
615	93,93	258,79
616	94,08	258,79
617	94,24	258,79
618	94,39	258,79
619	94,54	258,79
620	94,7	258,79
621	94,85	258,79
622	95,0	258,79
623	95,16	258,8
624	95,31	258,82
625	95,46	258,85
626	95,61	258,89
627	95,77	258,94
628	95,92	258,99
629	96,07	259,05
630	96,23	259,12
631	96,38	259,19
632	96,53	259,26
633	96,69	259,34
634	96,84	259,41
635	96,99	259,47
636	97,14	259,54
637	97,3	259,61
638	97,45	259,67
639	97,6	259,74
640	97,76	259,8
641	97,91	259,85
642	98,06	259,9
643	98,22	259,94
644	98,37	259,98
645	98,52	260,01
646	98,67	260,04

647	98,83	260,06
648	98,98	260,09
649	99,13	260,11
650	99,29	260,14
651	99,44	260,17
652	99,59	260,21
653	99,75	260,26
654	99,9	260,33
655	100,05	260,42
656	100,2	260,5
657	100,36	260,59
658	100,51	260,68
659	100,66	260,78
660	100,82	260,86
661	100,97	260,94
662	101,12	261,01
663	101,27	261,06
664	101,43	261,13
665	101,58	261,17
666	101,73	261,22
667	101,89	261,27
668	102,04	261,33
669	102,19	261,4
670	102,35	261,46
671	102,5	261,53
672	102,65	261,6
673	102,8	261,63
674	102,96	261,64
675	103,11	261,64
676	103,26	261,62
677	103,42	261,59
678	103,57	261,55
679	103,72	261,49
680	103,88	261,43
681	104,03	261,35
682	104,18	261,28
683	104,33	261,22
684	104,49	261,16
685	104,64	261,12
686	104,79	261,11
687	104,95	261,11
688	105,1	261,12
689	105,25	261,13
690	105,41	261,14
691	105,56	261,15
692	105,71	261,16
693	105,86	261,16
694	106,02	261,17
695	106,17	261,17
696	106,32	261,16
697	106,48	261,16

698	106,63	261,15
699	106,78	261,14
700	106,94	261,14
701	107,09	261,13
702	107,24	261,13
703	107,39	261,13
704	107,55	261,13
705	107,7	261,12
706	107,85	261,11
707	108,01	261,11
708	108,16	261,1
709	108,31	261,1
710	108,47	261,1
711	108,62	261,09
712	108,77	261,08
713	108,92	261,08
714	109,08	261,08
715	109,23	261,08
716	109,38	261,08
717	109,54	261,08
718	109,69	261,08
719	109,84	261,09
720	110,0	261,1
721	110,15	261,1
722	110,3	261,1
723	110,45	261,11
724	110,61	261,11
725	110,76	261,12
726	110,91	261,14
727	111,07	261,17
728	111,22	261,23
729	111,37	261,3
730	111,52	261,38
731	111,68	261,49
732	111,83	261,61
733	111,98	261,74
734	112,14	261,87
735	112,29	261,99
736	112,44	262,12
737	112,6	262,24
738	112,75	262,37
739	112,9	262,49
740	113,05	262,62
741	113,21	262,78
742	113,36	262,92
743	113,51	263,06
744	113,67	263,21
745	113,82	263,38
746	113,97	263,57
747	114,13	263,76
748	114,28	263,95

749	114,43	264,15
750	114,58	264,33
751	114,74	264,51
752	114,89	264,67
753	115,04	264,83
754	115,2	264,99
755	115,35	265,13
756	115,5	265,27
757	115,66	265,41
758	115,81	265,54
759	115,96	265,68
760	116,11	265,83
761	116,27	265,99
762	116,42	266,16
763	116,57	266,33
764	116,73	266,5
765	116,88	266,66
766	117,03	266,83
767	117,19	267,0
768	117,34	267,17
769	117,49	267,35
770	117,64	267,54
771	117,8	267,73
772	117,95	267,93
773	118,1	268,14
774	118,26	268,35
775	118,41	268,56
776	118,56	268,76
777	118,72	268,95
778	118,87	269,11
779	119,02	269,27
780	119,17	269,41
781	119,33	269,53
782	119,48	269,64
783	119,63	269,75
784	119,79	269,85
785	119,94	269,95
786	120,09	270,04
787	120,24	270,12
788	120,4	270,18
789	120,55	270,23
790	120,7	270,27
791	120,86	270,32
792	121,01	270,37
793	121,16	270,43
794	121,32	270,48
795	121,47	270,54
796	121,62	270,6
797	121,77	270,67
798	121,93	270,73
799	122,08	270,79

800	122,23	270,86
801	122,39	270,92
802	122,54	270,99
803	122,69	271,05
804	122,85	271,12
805	123,0	271,19
806	123,15	271,25
807	123,3	271,32
808	123,46	271,39
809	123,61	271,46
810	123,76	271,53
811	123,92	271,6
812	124,07	271,67
813	124,22	271,74
814	124,38	271,81
815	124,53	271,88
816	124,68	271,95
817	124,83	272,02
818	124,99	272,09
819	125,14	272,15
820	125,29	272,21
821	125,45	272,31
822	125,6	272,43
823	125,75	272,55
824	125,91	272,67
825	126,06	272,79
826	126,21	272,91
827	126,36	273,03
828	126,52	273,14
829	126,67	273,28
830	126,82	273,42
831	126,98	273,57
832	127,13	273,73
833	127,28	273,92
834	127,44	274,1
835	127,59	274,29
836	127,74	274,48
837	127,89	274,67
838	128,05	274,86
839	128,2	275,03
840	128,35	275,19
841	128,51	275,33
842	128,66	275,46
843	128,81	275,57
844	128,96	275,67
845	129,12	275,74
846	129,27	275,8
847	129,42	275,87
848	129,58	275,91
849	129,73	275,95
850	129,88	275,99

851	130,04	276,04
852	130,19	276,1
853	130,34	276,16
854	130,49	276,24
855	130,65	276,32
856	130,8	276,41
857	130,95	276,5
858	131,11	276,59
859	131,26	276,69
860	131,41	276,78
861	131,57	276,88
862	131,72	276,97
863	131,87	277,07
864	132,02	277,16
865	132,18	277,26
866	132,33	277,36
867	132,48	277,46
868	132,64	277,6
869	132,79	277,76
870	132,94	277,92
871	133,1	278,07
872	133,25	278,22
873	133,4	278,37
874	133,55	278,52
875	133,71	278,67
876	133,86	278,82
877	134,01	278,96
878	134,17	279,1
879	134,32	279,24
880	134,47	279,37
881	134,63	279,51
882	134,78	279,64
883	134,93	279,78
884	135,08	279,91
885	135,24	280,04
886	135,39	280,17
887	135,54	280,3
888	135,7	280,43
889	135,85	280,56
890	136,0	280,68
891	136,16	280,8
892	136,31	280,93
893	136,46	281,05
894	136,61	281,17
895	136,77	281,29
896	136,92	281,41
897	137,07	281,52
898	137,23	281,63
899	137,38	281,74
900	137,53	281,86
901	137,68	281,97

902	137,84	282,08
903	137,99	282,19
904	138,14	282,3
905	138,3	282,41
906	138,45	282,51
907	138,6	282,62
908	138,76	282,74
909	138,91	282,89
910	139,06	283,05
911	139,21	283,22
912	139,37	283,37
913	139,52	283,53
914	139,67	283,68
915	139,83	283,83
916	139,98	283,98
917	140,13	284,12
918	140,29	284,26
919	140,44	284,4
920	140,59	284,54
921	140,74	284,68
922	140,9	284,81
923	141,05	284,95
924	141,2	285,08
925	141,36	285,21
926	141,51	285,34
927	141,66	285,47
928	141,82	285,6
929	141,97	285,73
930	142,12	285,86
931	142,27	285,99
932	142,43	286,11
933	142,58	286,24
934	142,73	286,37
935	142,89	286,49
936	143,04	286,61
937	143,19	286,74
938	143,35	286,86
939	143,5	286,98
940	143,65	287,1
941	143,8	287,22
942	143,96	287,34
943	144,11	287,45
944	144,26	287,57
945	144,42	287,68
946	144,57	287,8
947	144,72	287,91
948	144,88	288,02
949	145,03	288,13
950	145,18	288,24
951	145,33	288,35
952	145,49	288,46

953	145,64	288,56
954	145,79	288,67
955	145,95	288,78
956	146,1	288,89
957	146,25	289,0
958	146,41	289,11
959	146,56	289,22
960	146,71	289,33
961	146,86	289,44
962	147,02	289,55
963	147,17	289,66
964	147,32	289,77
965	147,48	289,88
966	147,63	289,99
967	147,78	290,1
968	147,93	290,21
969	148,09	290,31
970	148,24	290,42
971	148,39	290,52
972	148,55	290,62
973	148,7	290,71
974	148,85	290,8
975	149,01	290,9
976	149,16	291,0
977	149,31	291,1
978	149,46	291,19
979	149,62	291,28
980	149,77	291,37
981	149,92	291,45
982	150,08	291,54
983	150,23	291,66
984	150,38	291,77
985	150,54	291,89
986	150,69	292,0
987	150,84	292,1
988	150,99	292,21
989	151,15	292,31
990	151,3	292,4
991	151,45	292,48
992	151,61	292,56
993	151,76	292,64
994	151,91	292,71
995	152,07	292,79
996	152,22	292,88
997	152,37	292,97
998	152,52	293,05
999	152,68	293,14
1000	152,83	293,25
1001	152,98	293,35
1002	153,14	293,45
1003	153,29	293,54

1004	153,44	293,62
1005	153,6	293,7
1006	153,75	293,78
1007	153,9	293,86
1008	154,05	293,96
1009	154,21	294,07
1010	154,36	294,19
1011	154,51	294,29
1012	154,67	294,39
1013	154,82	294,49
1014	154,97	294,57
1015	155,13	294,65
1016	155,28	294,73
1017	155,43	294,82
1018	155,58	294,9
1019	155,74	294,98
1020	155,89	295,06
1021	156,04	295,14
1022	156,2	295,23
1023	156,35	295,33
1024	156,5	295,42
1025	156,65	295,51
1026	156,81	295,6
1027	156,96	295,68
1028	157,11	295,76
1029	157,27	295,85
1030	157,42	295,93
1031	157,57	296,02
1032	157,73	296,1
1033	157,88	296,18
1034	158,03	296,27
1035	158,18	296,35
1036	158,34	296,43
1037	158,49	296,51
1038	158,64	296,58
1039	158,8	296,67
1040	158,95	296,77
1041	159,1	296,88
1042	159,26	296,99
1043	159,41	297,1
1044	159,56	297,22
1045	159,71	297,34
1046	159,87	297,44
1047	160,02	297,54
1048	160,17	297,63
1049	160,33	297,7
1050	160,48	297,78
1051	160,63	297,83
1052	160,79	297,89
1053	160,94	297,92
1054	161,09	297,96

1055	161,24	297,97
1056	161,4	297,98
1057	161,55	298,0
1058	161,7	298,02
1059	161,86	298,04
1060	162,01	298,07
1061	162,16	298,1
1062	162,32	298,14
1063	162,47	298,17
1064	162,62	298,24
1065	162,77	298,37
1066	162,93	298,49
1067	163,08	298,61
1068	163,23	298,71
1069	163,39	298,81
1070	163,54	298,9
1071	163,69	298,99
1072	163,85	299,08
1073	164,0	299,16
1074	164,15	299,24
1075	164,3	299,32
1076	164,46	299,39
1077	164,61	299,46
1078	164,76	299,54
1079	164,92	299,61
1080	165,07	299,67
1081	165,22	299,74
1082	165,37	299,81
1083	165,53	299,87
1084	165,68	299,94
1085	165,83	300,0
1086	165,99	300,06
1087	166,14	300,12
1088	166,29	300,18
1089	166,45	300,24
1090	166,6	300,3
1091	166,75	300,35
1092	166,9	300,41
1093	167,06	300,46
1094	167,21	300,51
1095	167,36	300,56
1096	167,52	300,61
1097	167,67	300,66
1098	167,82	300,71
1099	167,98	300,76
1100	168,13	300,8
1101	168,28	300,84
1102	168,43	300,88
1103	168,59	300,92
1104	168,74	300,96
1105	168,89	300,99

1106	169,05	301,03
1107	169,2	301,06
1108	169,35	301,09
1109	169,51	301,12
1110	169,66	301,14
1111	169,81	301,17
1112	169,96	301,19
1113	170,12	301,21
1114	170,27	301,23
1115	170,42	301,25
1116	170,58	301,27
1117	170,73	301,29
1118	170,88	301,3
1119	171,04	301,32
1120	171,19	301,33
1121	171,34	301,34
1122	171,49	301,35
1123	171,65	301,36
1124	171,8	301,37
1125	171,95	301,38
1126	172,11	301,39
1127	172,26	301,4
1128	172,41	301,41
1129	172,57	301,42
1130	172,72	301,43
1131	172,87	301,44
1132	173,02	301,44
1133	173,18	301,45
1134	173,33	301,46
1135	173,48	301,47
1136	173,64	301,47
1137	173,79	301,48
1138	173,94	301,49
1139	174,1	301,5
1140	174,25	301,5
1141	174,4	301,51
1142	174,55	301,52
1143	174,71	301,53
1144	174,86	301,54
1145	175,01	301,55
1146	175,17	301,56
1147	175,32	301,56
1148	175,47	301,57
1149	175,62	301,58
1150	175,78	301,59
1151	175,93	301,6
1152	176,08	301,61
1153	176,24	301,62
1154	176,39	301,63
1155	176,54	301,65
1156	176,7	301,66

1157	176,85	301,67
1158	177,0	301,68
1159	177,15	301,69
1160	177,31	301,7
1161	177,46	301,72
1162	177,61	301,73
1163	177,77	301,74
1164	177,92	301,76
1165	178,07	301,77
1166	178,23	301,78
1167	178,38	301,8
1168	178,53	301,81
1169	178,68	301,82
1170	178,84	301,84
1171	178,99	301,85
1172	179,14	301,87
1173	179,3	301,88
1174	179,45	301,9
1175	179,6	301,91
1176	179,76	301,93
1177	179,91	301,94
1178	180,06	301,96
1179	180,21	301,97
1180	180,37	301,99
1181	180,52	302,0
1182	180,67	302,02
1183	180,83	302,03
1184	180,98	302,05
1185	181,13	302,07
1186	181,29	302,08
1187	181,44	302,1
1188	181,59	302,11
1189	181,74	302,13
1190	181,9	302,15
1191	182,05	302,16
1192	182,2	302,18
1193	182,36	302,19
1194	182,51	302,21
1195	182,66	302,23
1196	182,82	302,24
1197	182,97	302,26
1198	183,12	302,27
1199	183,27	302,29
1200	183,43	302,31
1201	183,58	302,32
1202	183,73	302,34
1203	183,89	302,35
1204	184,04	302,37
1205	184,19	302,38
1206	184,34	302,4
1207	184,5	302,42

1208	184,65	302,43
1209	184,8	302,45
1210	184,96	302,46
1211	185,11	302,48
1212	185,26	302,49
1213	185,42	302,51
1214	185,57	302,52
1215	185,72	302,54
1216	185,87	302,55
1217	186,03	302,56
1218	186,18	302,58
1219	186,33	302,59
1220	186,49	302,61
1221	186,64	302,62
1222	186,79	302,63
1223	186,95	302,65
1224	187,1	302,66
1225	187,25	302,67
1226	187,4	302,69
1227	187,56	302,7
1228	187,71	302,71
1229	187,86	302,73
1230	188,02	302,74
1231	188,17	302,75
1232	188,32	302,76
1233	188,48	302,77
1234	188,63	302,79
1235	188,78	302,8
1236	188,93	302,81
1237	189,09	302,82
1238	189,24	302,83
1239	189,39	302,84
1240	189,55	302,85
1241	189,7	302,86
1242	189,85	302,87
1243	190,01	302,88
1244	190,16	302,89
1245	190,31	302,9
1246	190,46	302,91
1247	190,62	302,92
1248	190,77	302,93
1249	190,92	302,94
1250	191,08	302,94
1251	191,23	302,95
1252	191,38	302,96
1253	191,54	302,97
1254	191,69	302,97
1255	191,84	302,98
1256	191,99	302,99
1257	192,15	303,0
1258	192,3	303,0

1259	192,45	303,01
1260	192,61	303,01
1261	192,76	303,02
1262	192,91	303,02
1263	193,06	303,03
1264	193,22	303,03
1265	193,37	303,04
1266	193,52	303,04
1267	193,68	303,05
1268	193,83	303,05
1269	193,98	303,06
1270	194,14	303,06
1271	194,29	303,06
1272	194,44	303,07
1273	194,59	303,07
1274	194,75	303,07
1275	194,9	303,07
1276	195,05	303,08
1277	195,21	303,08
1278	195,36	303,08
1279	195,51	303,1

Coefficienti 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

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0,8		35	170 0,00	210 0,00	0,00		

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,3
Ascissa centro superficie	125,7 m
Ordinata centro superficie	310,83 m
Raggio superficie	51,39 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=14) xc = 125,70 yc = 310,833 Rc = 51,394 Fs=1,302

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	0,1	-15,9	0,11	8,89	0,89	0,44	0,8	35,0	0,0	9,2	-1,6
2	0,15	-15,7	0,16	47,32	4,73	2,37	0,8	35,0	0,0	49,1	-8,3
3	0,15	-15,6	0,16	90,6	9,06	4,53	0,8	35,0	0,0	94,1	-15,6
4	0,15	-15,4	0,16	135,28	13,53	6,76	0,8	35,0	0,0	140,5	-22,9
5	0,15	-15,2	0,16	179,29	17,93	8,96	0,8	35,0	0,0	186,4	-29,8
6	0,15	-15,0	0,16	222,72	22,27	11,14	0,8	35,0	0,0	231,6	-36,2
7	0,15	-14,9	0,16	266,15	26,61	13,31	0,8	35,0	0,0	276,9	-42,5
8	0,15	-14,7	0,16	308,7	30,87	15,44	0,8	35,0	0,0	321,4	-48,4
9	0,15	-14,5	0,16	350,69	35,07	17,53	0,8	35,0	0,0	365,3	-53,9
10	63,36	32,6	75,24	2668172,02	66817,21	33408,6	0,8	35,0	0,02	215541,01	663410,0

VERIFICHE DI STABILITA' DI PENDIO SEZ. b-b'

Le condizioni di stabilità del versante in oggetto sono state analizzate con riferimento al modello geologico-tecnico della Figura sottostante, utilizzando il software SLOPE della GEOSTRU e facendo riferimento a quanto prescritto dalle NTC 2018.

Il versante in esame è stato considerato costituito da un unico strato di terreno caratterizzato dai parametri fisico-meccanici riportati in Tabella 1.

Strato	Peso dell'unità di volume di terreno γ [kN/m ³]	Peso dell'unità di volume di terreno saturo γ_{sat} [kN/m ³]	Coesione c [Kg/cm ²]	Angolo di resistenza a taglio ϕ [°]
1	17	21	0,8	35

Tabella 1 – Sintesi dei parametri geotecnici di calcolo utilizzati nelle analisi di stabilità.

Conformemente alla normativa vigente, il calcolo del fattore di sicurezza è stato eseguito analizzando un numero sufficiente di superfici circolari, cinematicamente ammissibili, generate automaticamente dal software a partire da una maglia di centri definita dall'utente.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti nell'analisi delle condizioni di equilibrio limite del versante in esame per la configurazione di calcolo considerata e riportata nella Figura sottostante.

In particolare si evidenzia l'assenza di potenziali superfici di scorrimento caratterizzate da un fattore di sicurezza minore o uguale ad 1 (instabili) e localizza la superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minimo ($F_s=2.6$).

Si precisa che le opere previste in progetto, localizzate in corrispondenza della base del versante, non pregiudicano le condizioni di stabilità del versante stesso.

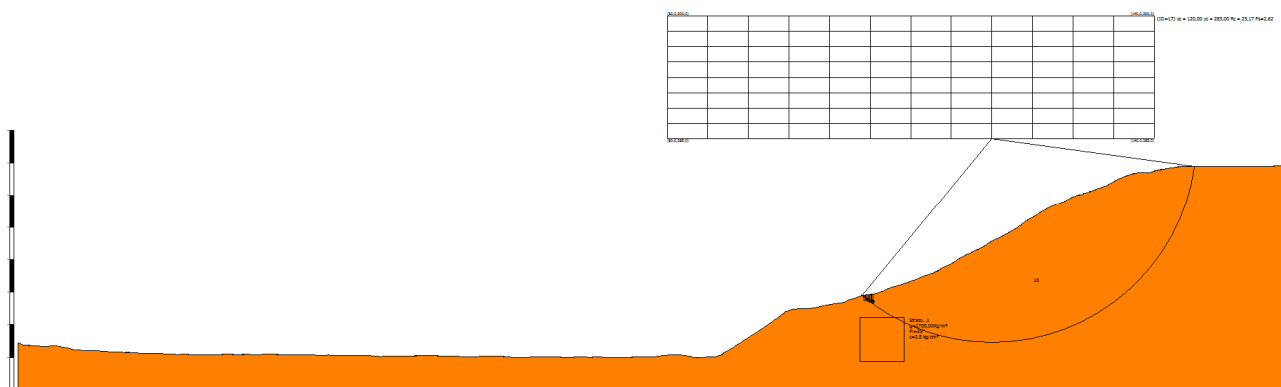


Figura SEZ. b-b'' – Superficie di rottura a fattore di sicurezza minimo ($F_s=2.6$).

SEZ. b-b'

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	[A2+M1+R2]
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
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	80,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	285,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	140,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	300,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	12,0
Numero di celle lungo y	8,0

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	259,78
2	0,15	259,71
3	0,31	259,64
4	0,46	259,57
5	0,61	259,52
6	0,76	259,49
7	0,92	259,47
8	1,07	259,46
9	1,22	259,46
10	1,38	259,44
11	1,53	259,44
12	1,68	259,43
13	1,84	259,41
14	1,99	259,4
15	2,14	259,39
16	2,29	259,38
17	2,45	259,37

18	2,6	259,36
19	2,75	259,35
20	2,91	259,34
21	3,06	259,34
22	3,21	259,34
23	3,37	259,34
24	3,52	259,35
25	3,67	259,35
26	3,82	259,36
27	3,98	259,37
28	4,13	259,37
29	4,28	259,38
30	4,44	259,39
31	4,59	259,38
32	4,74	259,37
33	4,89	259,36
34	5,05	259,33
35	5,2	259,3
36	5,35	259,27
37	5,51	259,25
38	5,66	259,21
39	5,81	259,18
40	5,97	259,16
41	6,12	259,11
42	6,27	259,07
43	6,42	259,03
44	6,58	258,99
45	6,73	258,95
46	6,88	258,93
47	7,04	258,91
48	7,19	258,9
49	7,34	258,89
50	7,49	258,88
51	7,65	258,86
52	7,8	258,84
53	7,95	258,83
54	8,11	258,81
55	8,26	258,79
56	8,41	258,78
57	8,57	258,78
58	8,72	258,78
59	8,87	258,79
60	9,02	258,79
61	9,18	258,79
62	9,33	258,79
63	9,48	258,79
64	9,64	258,78
65	9,79	258,79
66	9,94	258,77
67	10,1	258,76
68	10,25	258,75

69	10,4	258,74
70	10,55	258,73
71	10,71	258,72
72	10,86	258,71
73	11,01	258,69
74	11,17	258,68
75	11,32	258,66
76	11,47	258,65
77	11,62	258,65
78	11,78	258,65
79	11,93	258,65
80	12,08	258,65
81	12,24	258,64
82	12,39	258,64
83	12,54	258,62
84	12,7	258,61
85	12,85	258,6
86	13,0	258,59
87	13,15	258,59
88	13,31	258,6
89	13,46	258,59
90	13,61	258,6
91	13,77	258,59
92	13,92	258,58
93	14,07	258,57
94	14,22	258,56
95	14,38	258,55
96	14,53	258,53
97	14,68	258,52
98	14,84	258,51
99	14,99	258,49
100	15,14	258,48
101	15,3	258,48
102	15,45	258,47
103	15,6	258,47
104	15,75	258,47
105	15,91	258,47
106	16,06	258,47
107	16,21	258,47
108	16,37	258,46
109	16,52	258,46
110	16,67	258,46
111	16,83	258,46
112	16,98	258,45
113	17,13	258,45
114	17,28	258,45
115	17,44	258,44
116	17,59	258,44
117	17,74	258,43
118	17,9	258,42
119	18,05	258,42

120	18,2	258,41
121	18,35	258,4
122	18,51	258,39
123	18,66	258,38
124	18,81	258,38
125	18,97	258,37
126	19,12	258,36
127	19,27	258,35
128	19,43	258,34
129	19,58	258,33
130	19,73	258,33
131	19,88	258,34
132	20,04	258,35
133	20,19	258,36
134	20,34	258,36
135	20,5	258,36
136	20,65	258,36
137	20,8	258,35
138	20,95	258,34
139	21,11	258,33
140	21,26	258,31
141	21,41	258,3
142	21,57	258,3
143	21,72	258,3
144	21,87	258,3
145	22,03	258,3
146	22,18	258,3
147	22,33	258,3
148	22,48	258,31
149	22,64	258,32
150	22,79	258,32
151	22,94	258,33
152	23,1	258,32
153	23,25	258,32
154	23,4	258,31
155	23,56	258,31
156	23,71	258,3
157	23,86	258,3
158	24,01	258,31
159	24,17	258,31
160	24,32	258,32
161	24,47	258,32
162	24,63	258,33
163	24,78	258,33
164	24,93	258,34
165	25,08	258,34
166	25,24	258,34
167	25,39	258,35
168	25,54	258,35
169	25,7	258,36
170	25,85	258,37

171	26,0	258,36
172	26,16	258,36
173	26,31	258,36
174	26,46	258,34
175	26,61	258,33
176	26,77	258,32
177	26,92	258,32
178	27,07	258,32
179	27,23	258,32
180	27,38	258,33
181	27,53	258,33
182	27,68	258,34
183	27,84	258,34
184	27,99	258,34
185	28,14	258,35
186	28,3	258,35
187	28,45	258,33
188	28,6	258,35
189	28,76	258,33
190	28,91	258,32
191	29,06	258,31
192	29,21	258,3
193	29,37	258,29
194	29,52	258,29
195	29,67	258,3
196	29,83	258,31
197	29,98	258,33
198	30,13	258,34
199	30,29	258,35
200	30,44	258,37
201	30,59	258,38
202	30,74	258,37
203	30,9	258,38
204	31,05	258,38
205	31,2	258,37
206	31,36	258,36
207	31,51	258,36
208	31,66	258,35
209	31,81	258,33
210	31,97	258,34
211	32,12	258,33
212	32,27	258,32
213	32,43	258,31
214	32,58	258,3
215	32,73	258,28
216	32,89	258,27
217	33,04	258,27
218	33,19	258,27
219	33,34	258,28
220	33,5	258,28
221	33,65	258,29

222	33,8	258,29
223	33,96	258,29
224	34,11	258,3
225	34,26	258,3
226	34,41	258,3
227	34,57	258,31
228	34,72	258,32
229	34,87	258,31
230	35,03	258,32
231	35,18	258,32
232	35,33	258,32
233	35,49	258,32
234	35,64	258,33
235	35,79	258,32
236	35,94	258,31
237	36,1	258,31
238	36,25	258,3
239	36,4	258,28
240	36,56	258,26
241	36,71	258,24
242	36,86	258,22
243	37,02	258,21
244	37,17	258,2
245	37,32	258,21
246	37,47	258,22
247	37,63	258,23
248	37,78	258,24
249	37,93	258,25
250	38,09	258,25
251	38,24	258,26
252	38,39	258,25
253	38,54	258,24
254	38,7	258,24
255	38,85	258,23
256	39,0	258,21
257	39,16	258,2
258	39,31	258,19
259	39,46	258,19
260	39,62	258,19
261	39,77	258,19
262	39,92	258,2
263	40,07	258,2
264	40,23	258,21
265	40,38	258,21
266	40,53	258,22
267	40,69	258,22
268	40,84	258,22
269	40,99	258,22
270	41,14	258,21
271	41,3	258,21
272	41,45	258,21

273	41,6	258,21
274	41,76	258,22
275	41,91	258,23
276	42,06	258,22
277	42,22	258,23
278	42,37	258,23
279	42,52	258,23
280	42,67	258,22
281	42,83	258,22
282	42,98	258,22
283	43,13	258,21
284	43,29	258,2
285	43,44	258,18
286	43,59	258,16
287	43,75	258,15
288	43,9	258,14
289	44,05	258,13
290	44,2	258,11
291	44,36	258,09
292	44,51	258,08
293	44,66	258,08
294	44,82	258,08
295	44,97	258,09
296	45,12	258,11
297	45,27	258,13
298	45,43	258,14
299	45,58	258,14
300	45,73	258,15
301	45,89	258,14
302	46,04	258,14
303	46,19	258,13
304	46,35	258,12
305	46,5	258,12
306	46,65	258,12
307	46,8	258,12
308	46,96	258,13
309	47,11	258,14
310	47,26	258,15
311	47,42	258,15
312	47,57	258,15
313	47,72	258,16
314	47,87	258,16
315	48,03	258,16
316	48,18	258,15
317	48,33	258,15
318	48,49	258,15
319	48,64	258,16
320	48,79	258,17
321	48,95	258,17
322	49,1	258,17
323	49,25	258,18

324	49,4	258,18
325	49,56	258,18
326	49,71	258,18
327	49,86	258,19
328	50,02	258,19
329	50,17	258,19
330	50,32	258,2
331	50,48	258,2
332	50,63	258,2
333	50,78	258,2
334	50,93	258,2
335	51,09	258,19
336	51,24	258,19
337	51,39	258,19
338	51,55	258,18
339	51,7	258,17
340	51,85	258,17
341	52,0	258,16
342	52,16	258,15
343	52,31	258,15
344	52,46	258,14
345	52,62	258,14
346	52,77	258,13
347	52,92	258,13
348	53,08	258,13
349	53,23	258,13
350	53,38	258,12
351	53,53	258,12
352	53,69	258,13
353	53,84	258,12
354	53,99	258,12
355	54,15	258,11
356	54,3	258,1
357	54,45	258,08
358	54,6	258,07
359	54,76	258,05
360	54,91	258,04
361	55,06	258,03
362	55,22	258,02
363	55,37	258,02
364	55,52	258,01
365	55,68	258,01
366	55,83	258,01
367	55,98	258,02
368	56,13	258,02
369	56,29	258,03
370	56,44	258,04
371	56,59	258,06
372	56,75	258,08
373	56,9	258,09
374	57,05	258,12

375	57,21	258,12
376	57,36	258,13
377	57,51	258,14
378	57,66	258,15
379	57,82	258,14
380	57,97	258,15
381	58,12	258,15
382	58,28	258,13
383	58,43	258,12
384	58,58	258,1
385	58,73	258,09
386	58,89	258,09
387	59,04	258,09
388	59,19	258,1
389	59,35	258,1
390	59,5	258,1
391	59,65	258,1
392	59,81	258,09
393	59,96	258,07
394	60,11	258,06
395	60,26	258,05
396	60,42	258,03
397	60,57	258,01
398	60,72	258,0
399	60,88	257,99
400	61,03	257,99
401	61,18	257,99
402	61,34	258,0
403	61,49	258,0
404	61,64	258,0
405	61,79	258,0
406	61,95	257,99
407	62,1	257,99
408	62,25	257,98
409	62,41	257,96
410	62,56	257,96
411	62,71	257,97
412	62,86	257,98
413	63,02	257,99
414	63,17	258,0
415	63,32	258,01
416	63,48	258,02
417	63,63	258,02
418	63,78	258,01
419	63,94	258,02
420	64,09	258,03
421	64,24	258,03
422	64,39	258,03
423	64,55	258,04
424	64,7	258,04
425	64,85	258,04

426	65,01	258,04
427	65,16	258,04
428	65,31	258,04
429	65,46	258,04
430	65,62	258,04
431	65,77	258,05
432	65,92	258,06
433	66,08	258,05
434	66,23	258,04
435	66,38	258,05
436	66,54	258,02
437	66,69	258,01
438	66,84	258,0
439	66,99	257,99
440	67,15	257,98
441	67,3	257,98
442	67,45	257,98
443	67,61	257,98
444	67,76	257,99
445	67,91	257,99
446	68,07	257,99
447	68,22	258,0
448	68,37	258,0
449	68,52	258,0
450	68,68	258,01
451	68,83	258,02
452	68,98	258,03
453	69,14	258,03
454	69,29	258,04
455	69,44	258,04
456	69,59	258,03
457	69,75	258,03
458	69,9	258,02
459	70,05	258,0
460	70,21	258,0
461	70,36	257,99
462	70,51	257,99
463	70,67	258,0
464	70,82	258,0
465	70,97	258,01
466	71,12	258,01
467	71,28	258,02
468	71,43	258,02
469	71,58	258,02
470	71,74	258,03
471	71,89	258,01
472	72,04	257,99
473	72,19	257,98
474	72,35	257,96
475	72,5	257,96
476	72,65	257,95

477	72,81	257,95
478	72,96	257,95
479	73,11	257,95
480	73,27	257,94
481	73,42	257,94
482	73,57	257,95
483	73,72	257,95
484	73,88	257,96
485	74,03	257,96
486	74,18	257,97
487	74,34	257,98
488	74,49	257,98
489	74,64	257,98
490	74,8	257,98
491	74,95	257,98
492	75,1	257,98
493	75,25	257,98
494	75,41	257,98
495	75,56	257,99
496	75,71	258,0
497	75,87	258,01
498	76,02	258,01
499	76,17	258,03
500	76,32	258,03
501	76,48	258,03
502	76,63	258,04
503	76,78	258,04
504	76,94	258,03
505	77,09	258,03
506	77,24	258,02
507	77,4	258,01
508	77,55	258,01
509	77,7	258,01
510	77,85	258,01
511	78,01	258,02
512	78,16	258,02
513	78,31	258,03
514	78,47	258,05
515	78,62	258,07
516	78,77	258,09
517	78,92	258,12
518	79,08	258,14
519	79,23	258,17
520	79,38	258,19
521	79,54	258,21
522	79,69	258,23
523	79,84	258,24
524	80,0	258,25
525	80,15	258,26
526	80,3	258,27
527	80,45	258,27

528	80,61	258,28
529	80,76	258,28
530	80,91	258,28
531	81,07	258,28
532	81,22	258,28
533	81,37	258,28
534	81,53	258,27
535	81,68	258,26
536	81,83	258,24
537	81,98	258,23
538	82,14	258,21
539	82,29	258,19
540	82,44	258,16
541	82,6	258,13
542	82,75	258,1
543	82,9	258,07
544	83,05	258,03
545	83,21	257,98
546	83,36	257,95
547	83,51	257,93
548	83,67	257,92
549	83,82	257,92
550	83,97	257,93
551	84,13	257,94
552	84,28	257,95
553	84,43	257,97
554	84,58	257,98
555	84,74	257,99
556	84,89	258,01
557	85,04	258,02
558	85,2	258,02
559	85,35	258,03
560	85,5	258,04
561	85,65	258,04
562	85,81	258,06
563	85,96	258,08
564	86,11	258,11
565	86,27	258,15
566	86,42	258,19
567	86,57	258,24
568	86,73	258,33
569	86,88	258,43
570	87,03	258,52
571	87,18	258,61
572	87,34	258,71
573	87,49	258,8
574	87,64	258,9
575	87,8	259,0
576	87,95	259,09
577	88,1	259,19
578	88,26	259,28

579	88,41	259,38
580	88,56	259,48
581	88,71	259,57
582	88,87	259,67
583	89,02	259,77
584	89,17	259,87
585	89,33	259,96
586	89,48	260,06
587	89,63	260,16
588	89,78	260,26
589	89,94	260,36
590	90,09	260,46
591	90,24	260,55
592	90,4	260,65
593	90,55	260,75
594	90,7	260,85
595	90,86	260,95
596	91,01	261,05
597	91,16	261,16
598	91,31	261,26
599	91,47	261,36
600	91,62	261,46
601	91,77	261,56
602	91,93	261,67
603	92,08	261,77
604	92,23	261,87
605	92,38	261,98
606	92,54	262,08
607	92,69	262,19
608	92,84	262,3
609	93,0	262,41
610	93,15	262,52
611	93,3	262,63
612	93,46	262,74
613	93,61	262,85
614	93,76	262,97
615	93,91	263,09
616	94,07	263,2
617	94,22	263,32
618	94,37	263,43
619	94,53	263,54
620	94,68	263,62
621	94,83	263,68
622	94,99	263,75
623	95,14	263,8
624	95,29	263,83
625	95,44	263,87
626	95,6	263,9
627	95,75	263,91
628	95,9	263,94
629	96,06	263,96

630	96,21	263,97
631	96,36	263,97
632	96,51	263,98
633	96,67	263,98
634	96,82	263,97
635	96,97	263,97
636	97,13	263,95
637	97,28	263,96
638	97,43	263,97
639	97,59	264,0
640	97,74	264,02
641	97,89	264,05
642	98,04	264,07
643	98,2	264,1
644	98,35	264,12
645	98,5	264,14
646	98,66	264,19
647	98,81	264,24
648	98,96	264,28
649	99,11	264,31
650	99,27	264,33
651	99,42	264,35
652	99,57	264,38
653	99,73	264,41
654	99,88	264,44
655	100,03	264,47
656	100,19	264,5
657	100,34	264,53
658	100,49	264,55
659	100,64	264,57
660	100,8	264,59
661	100,95	264,62
662	101,1	264,64
663	101,26	264,66
664	101,41	264,68
665	101,56	264,7
666	101,72	264,73
667	101,87	264,79
668	102,02	264,86
669	102,17	264,94
670	102,33	265,01
671	102,48	265,08
672	102,63	265,13
673	102,79	265,18
674	102,94	265,21
675	103,09	265,24
676	103,24	265,29
677	103,4	265,35
678	103,55	265,42
679	103,7	265,49
680	103,86	265,54

681	104,01	265,58
682	104,16	265,62
683	104,32	265,64
684	104,47	265,66
685	104,62	265,68
686	104,77	265,7
687	104,93	265,72
688	105,08	265,73
689	105,23	265,76
690	105,39	265,78
691	105,54	265,81
692	105,69	265,84
693	105,84	265,88
694	106,0	265,92
695	106,15	265,97
696	106,3	266,02
697	106,46	266,08
698	106,61	266,14
699	106,76	266,2
700	106,92	266,28
701	107,07	266,35
702	107,22	266,42
703	107,37	266,49
704	107,53	266,55
705	107,68	266,61
706	107,83	266,66
707	107,99	266,7
708	108,14	266,73
709	108,29	266,77
710	108,45	266,81
711	108,6	266,86
712	108,75	266,9
713	108,9	266,95
714	109,06	267,0
715	109,21	267,05
716	109,36	267,1
717	109,52	267,15
718	109,67	267,21
719	109,82	267,26
720	109,97	267,32
721	110,13	267,38
722	110,28	267,44
723	110,43	267,49
724	110,59	267,54
725	110,74	267,59
726	110,89	267,65
727	111,05	267,72
728	111,2	267,79
729	111,35	267,86
730	111,5	267,92
731	111,66	267,98

732	111,81	268,04
733	111,96	268,09
734	112,12	268,14
735	112,27	268,19
736	112,42	268,24
737	112,58	268,29
738	112,73	268,34
739	112,88	268,4
740	113,03	268,46
741	113,19	268,54
742	113,34	268,62
743	113,49	268,71
744	113,65	268,8
745	113,8	268,89
746	113,95	268,98
747	114,1	269,06
748	114,26	269,15
749	114,41	269,23
750	114,56	269,3
751	114,72	269,37
752	114,87	269,44
753	115,02	269,5
754	115,18	269,57
755	115,33	269,68
756	115,48	269,8
757	115,63	269,91
758	115,79	270,02
759	115,94	270,12
760	116,09	270,21
761	116,25	270,3
762	116,4	270,38
763	116,55	270,46
764	116,7	270,53
765	116,86	270,6
766	117,01	270,67
767	117,16	270,74
768	117,32	270,8
769	117,47	270,87
770	117,62	270,95
771	117,78	271,03
772	117,93	271,1
773	118,08	271,18
774	118,23	271,26
775	118,39	271,33
776	118,54	271,41
777	118,69	271,5
778	118,85	271,59
779	119,0	271,67
780	119,15	271,76
781	119,31	271,84
782	119,46	271,94

783	119,61	272,05
784	119,76	272,15
785	119,92	272,24
786	120,07	272,33
787	120,22	272,41
788	120,38	272,48
789	120,53	272,55
790	120,68	272,61
791	120,83	272,67
792	120,99	272,73
793	121,14	272,8
794	121,29	272,89
795	121,45	272,97
796	121,6	273,06
797	121,75	273,15
798	121,91	273,24
799	122,06	273,32
800	122,21	273,4
801	122,36	273,48
802	122,52	273,56
803	122,67	273,65
804	122,82	273,76
805	122,98	273,86
806	123,13	273,96
807	123,28	274,07
808	123,43	274,17
809	123,59	274,29
810	123,74	274,42
811	123,89	274,55
812	124,05	274,67
813	124,2	274,77
814	124,35	274,88
815	124,51	274,97
816	124,66	275,05
817	124,81	275,13
818	124,96	275,21
819	125,12	275,29
820	125,27	275,38
821	125,42	275,48
822	125,58	275,58
823	125,73	275,68
824	125,88	275,77
825	126,04	275,85
826	126,19	275,94
827	126,34	276,03
828	126,49	276,12
829	126,65	276,22
830	126,8	276,31
831	126,95	276,39
832	127,11	276,47
833	127,26	276,55

834	127,41	276,62
835	127,56	276,69
836	127,72	276,75
837	127,87	276,82
838	128,02	276,89
839	128,18	276,95
840	128,33	277,01
841	128,48	277,08
842	128,64	277,13
843	128,79	277,19
844	128,94	277,25
845	129,09	277,31
846	129,25	277,39
847	129,4	277,48
848	129,55	277,57
849	129,71	277,65
850	129,86	277,73
851	130,01	277,8
852	130,16	277,87
853	130,32	277,93
854	130,47	277,98
855	130,62	278,02
856	130,78	278,06
857	130,93	278,09
858	131,08	278,14
859	131,24	278,19
860	131,39	278,24
861	131,54	278,28
862	131,69	278,33
863	131,85	278,37
864	132,0	278,42
865	132,15	278,48
866	132,31	278,53
867	132,46	278,59
868	132,61	278,65
869	132,77	278,71
870	132,92	278,77
871	133,07	278,82
872	133,22	278,88
873	133,38	278,93
874	133,53	278,98
875	133,68	279,03
876	133,84	279,08
877	133,99	279,13
878	134,14	279,19
879	134,29	279,25
880	134,45	279,34
881	134,6	279,43
882	134,75	279,52
883	134,91	279,62
884	135,06	279,71

885	135,21	279,79
886	135,37	279,87
887	135,52	279,94
888	135,67	280,02
889	135,82	280,1
890	135,98	280,17
891	136,13	280,23
892	136,28	280,3
893	136,44	280,35
894	136,59	280,41
895	136,74	280,46
896	136,89	280,51
897	137,05	280,56
898	137,2	280,61
899	137,35	280,65
900	137,51	280,69
901	137,66	280,72
902	137,81	280,76
903	137,97	280,79
904	138,12	280,81
905	138,27	280,83
906	138,42	280,84
907	138,58	280,84
908	138,73	280,84
909	138,88	280,83
910	139,04	280,83
911	139,19	280,84
912	139,34	280,85
913	139,5	280,86
914	139,65	280,87
915	139,8	280,93
916	139,95	280,98
917	140,11	281,03
918	140,26	281,07
919	140,41	281,11
920	140,57	281,14
921	140,72	281,17
922	140,87	281,2
923	141,02	281,23
924	141,18	281,26
925	141,33	281,28
926	141,48	281,31
927	141,64	281,33
928	141,79	281,36
929	141,94	281,38
930	142,1	281,41
931	142,25	281,43
932	142,4	281,45
933	142,55	281,48
934	142,71	281,5
935	142,86	281,52

936	143,01	281,54
937	143,17	281,55
938	143,32	281,56
939	143,47	281,57
940	143,62	281,57
941	143,78	281,56
942	143,93	281,56
943	144,08	281,56
944	144,24	281,55
945	144,39	281,55
946	144,54	281,55
947	144,7	281,55
948	144,85	281,55
949	145,0	281,55
950	145,15	281,55
951	145,31	281,55
952	145,46	281,56
953	145,61	281,56
954	145,77	281,56
955	145,92	281,56
956	146,07	281,57
957	146,23	281,57
958	146,38	281,57
959	146,53	281,58
960	146,68	281,58
961	146,84	281,58
962	146,99	281,59
963	147,14	281,59
964	147,3	281,59
965	147,45	281,6
966	147,6	281,6
967	147,75	281,6
968	147,91	281,6
969	148,06	281,6
970	148,21	281,6
971	148,37	281,59
972	148,52	281,59
973	148,67	281,59
974	148,83	281,58
975	148,98	281,58
976	149,13	281,58
977	149,28	281,57
978	149,44	281,57
979	149,59	281,57
980	149,74	281,57
981	149,9	281,56
982	150,05	281,56
983	150,2	281,56
984	150,35	281,56
985	150,51	281,56
986	150,66	281,56

987	150,81	281,56
988	150,97	281,56
989	151,12	281,56
990	151,27	281,56
991	151,43	281,56
992	151,58	281,56
993	151,73	281,57
994	151,88	281,57
995	152,04	281,57
996	152,19	281,57
997	152,34	281,57
998	152,5	281,57
999	152,65	281,58
1000	152,8	281,58
1001	152,96	281,58
1002	153,11	281,59
1003	153,26	281,59
1004	153,41	281,59
1005	153,57	281,6
1006	153,72	281,6
1007	153,87	281,6
1008	154,03	281,61
1009	154,18	281,61
1010	154,33	281,61
1011	154,48	281,62
1012	154,64	281,62
1013	154,79	281,63
1014	154,94	281,63
1015	155,1	281,63
1016	155,25	281,64
1017	155,4	281,64
1018	155,56	281,65
1019	155,71	281,65
1020	155,86	281,66
1021	156,01	281,66
1022	156,17	281,67
1023	156,32	281,67
1024	156,47	281,67
1025	156,63	281,69

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0,8		35	170 0,00	210 0,00	0,00		

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,62
Ascissa centro superficie	120,0 m
Ordinata centro superficie	285,0 m
Raggio superficie	25,17 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=17) xc = 120,00 yc = 285,00 Rc = 25,174 Fs=2,616

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	0,18	-39,3	0,23	27,94	0,0	1,39	0,8	35,0	0,0	22,7	-17,7
2	0,15	-38,8	0,2	67,16	0,0	3,35	0,8	35,0	0,0	55,0	-42,0
3	0,15	-38,3	0,19	105,17	0,0	5,25	0,8	35,0	0,0	86,6	-65,2
4	0,15	-37,9	0,19	141,37	0,0	7,05	0,8	35,0	0,0	117,2	-86,8
5	0,15	-37,5	0,19	176,38	0,0	8,8	0,8	35,0	0,0	147,0	-107,3
6	0,15	-37,0	0,19	211,2	0,0	10,54	0,8	35,0	0,0	177,1	-127,1
7	0,15	-36,6	0,19	245,56	0,0	12,25	0,8	35,0	0,0	207,1	-146,3
8	0,15	-36,1	0,19	280,37	0,0	13,99	0,8	35,0	0,0	237,8	-165,3
9	0,15	-35,7	0,19	315,64	0,0	15,75	0,8	35,0	0,0	269,0	-184,4
1039,55	23,3	43,07	1005273,0	0,0	50163,1	0,8	35,0	0,0969240,6397897,3			