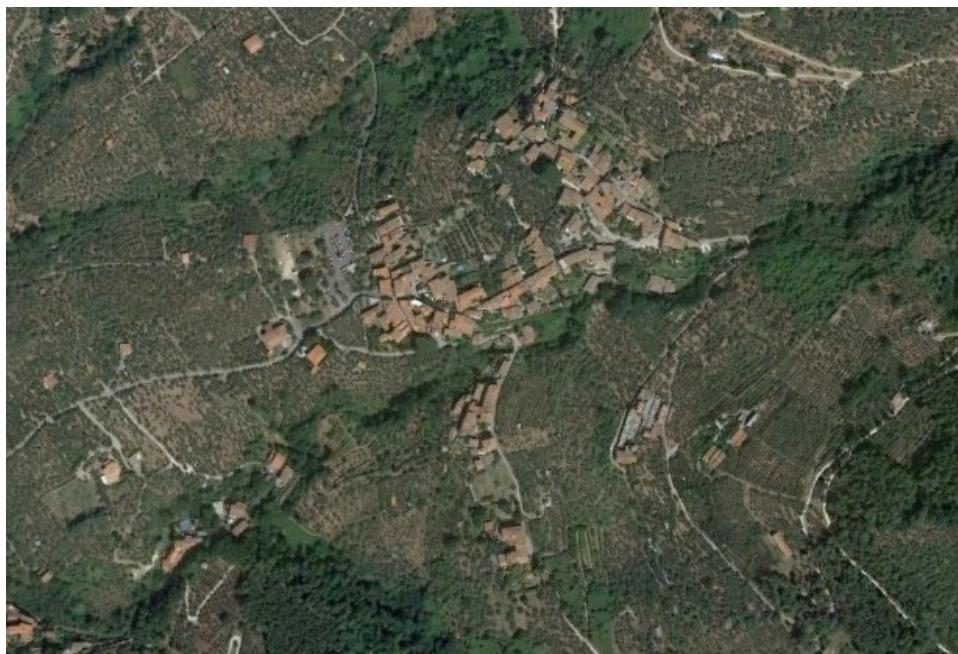




COMUNE DI CALCI
Piazza Garibaldi, 1 - CAP 56011 Calci (PI)

OPERE DI CONSOLIDAMENTO E REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI IN AREA SOGGETTA A DISSESTO GRAVITATIVO IN LOCALITA' SAN MARTINO DI MONTEMAGNO IN COMUNE DI CALCI (PI) - INTERVENTO DODS2017PI0036 - LOTTO 1



PROGETTO ESECUTIVO
Elaborato 2 – Relazione Geologica

Gruppo di Lavoro

Dott. Ing. Simone Galardini

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Ing. Linda Maniezzi

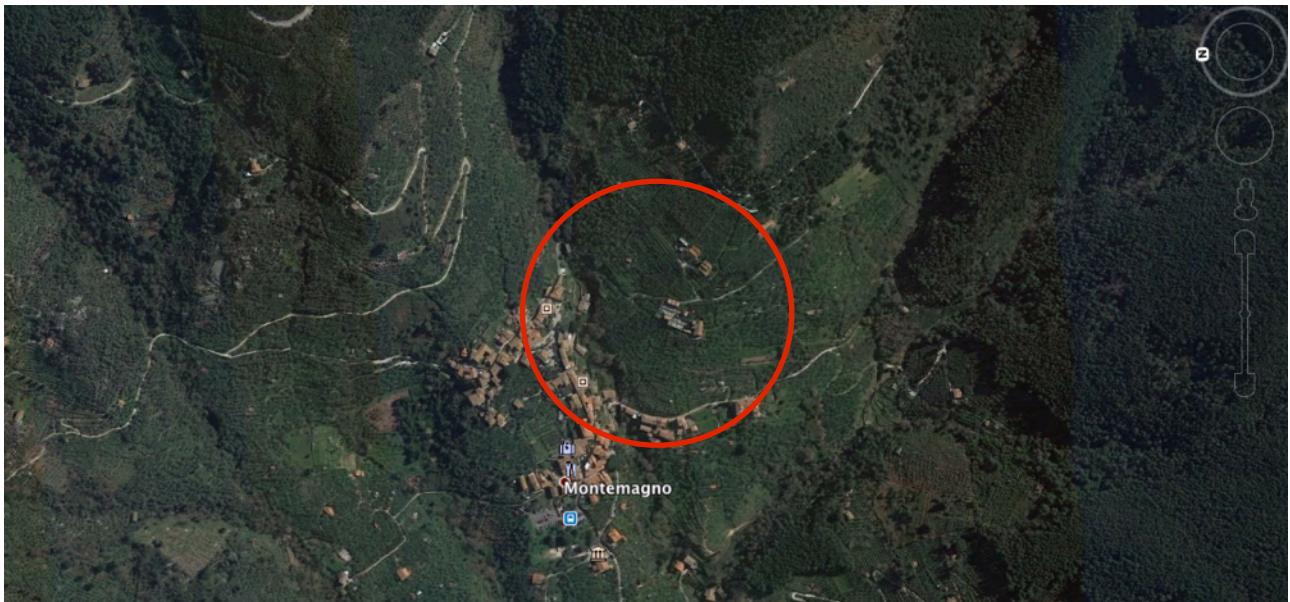
Codice	Emesso	D.R.E.A.M. Italia Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14	 D.R.E.A.M. ITALIA
08433	Bizzarri		
Rev. 00	Controllato Galardini	Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67	
Data Novembre 2017	Approvato D.T. Miozzo	http://www.dream-italia.it	

Sommario

1. Premessa	3
2. Inquadramento geologico	3
3. Stratigrafia e parametri geotecnici	6
4. Inquadramento Strumenti Urbanistici Comunali	12
5. Considerazioni sul progetto	13
6. Verifiche di stabilità globale dei versanti	13
6.1. Relazione di calcolo - Cenni teorici	13
7. Verifica di stabilità globale area cimiteriale	17
7.1. Stato attuale (condizione non sismica)	18
7.2. Stato di progetto (NTC 2008)	21
7.3. Commento alle verifiche di stabilità	25
8. Verifica di stabilità paratia lato valle strada d'accesso	26
8.1. Stato attuale (condizione non sismica)	27
8.2. Stato di progetto (NTC 2008)	31
8.3. Commento alle verifiche di stabilità	35
9. Consolidamento scarpata di monte	36
9.1. Stato attuale (condizione non sismica)	36
9.2. Stato di progetto (NTC 2008)	38
9.3. Commento alle verifiche di stabilità	41
10. Altri interventi	41
11. Vincolo idrogeologico	42
12. Terre e rocce di scavo	43
13. Parametri sismici (NTC 2008)	43
13.1. Categoria di suolo	44
13.1.1. Indagine geofisica	45
13.1.2. Principi	46
13.1.3. Programma di calcolo utilizzato	46
13.1.4. Analisi dei risultati	47
13.2. Condizioni topografiche	54
13.3. Parametri sismici sitospecifici	55
14. Conclusioni	56

1. Premessa

Il presente documento costituisce il supporto geologico tecnico alla progettazione esecutiva dell'intervento "Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci". (v. ubicazione in foto estratta da Google Earth™).



A seguito dell'aggravarsi delle condizioni di stabilità del versante, che possono mettere a repentaglio l'incolumità dell'abitato di San Martino di Montemagno, è intenzione dell'Amministrazione continuare l'iter progettuale dell'opera di consolidamento, procedendo con l'inserimento della richiesta di finanziamento del progetto definitivo ed esecutivo nel Documento Operativo per la Difesa del Suolo della Regione Toscana.

Il consolidamento della pendice del cimitero di Montemagno ha, invero, un lungo trascorso ed è stato oggetto, nel 2003 e successivamente nel 2010 di specifici studi per il monitoraggio della frana di Montemagno a cura del collega Florindo Granucci e della Società GT Consulting a firma della collega Maria Teresa Fagioli. Tale studio, commissionato dal Comune di Calci, è corredata da un'accurata campagna geognostica composta da: 2 sondaggi a carotaggio continuo; 11 prove penetrometriche dinamiche (DPSH); 10 prove penetrometriche leggere (dl₃₀); 4 stendimenti geoelettrici e prove di laboratorio.

L'aggiornamento del 2010 del citato studio presenta, infine, le risultanze del monitoraggio effettuato su tubi inclinometrici, caposaldi altimetrici e tubi piezometrici.

Questo studio fa parte integrante, come quadro conoscitivo, del presente lavoro dal quale attingeremo informazioni geognostiche e geotecniche riguardo i materiali interessati dal dissesto gravitativo e, in virtù della grande quantità di dati raccolti, andremo, in gran parte, a confermare in modello concettuale geologico d'area.

Il quadro conoscitivo si avvarrà, inoltre, delle cartografie allegate a PS Comunale e dai rilievi geologici di superficie personalmente eseguiti.

Indicazioni sitospecifiche saranno, invece, acquisite mediante uno stendimento sismico a rifrazione per la definizione dei parametri da inserire nei calcoli strutturali.

Al fine di ubicare le indicazioni progettuali e la morfologia dei luoghi abbiamo, infine, eseguito un rilievo geologico e topografico di dettaglio mediante strumentazione GPS della Leica.

Scopo della presente relazione è quello di verificare la fattibilità geologica e geotecnica del progetto di consolidamento ai sensi delle disposizioni di legge vigenti.

2. Inquadramento geologico

L'area, oggetto della presente relazione, è ubicata su un versante degradante verso Sud Sud-Est ad una quota media di circa 185 m s.l.m. (v. figura 1). Il versante appare globalmente dotato di acclività medio elevata con pendenze massime di circa 35-40 % ma localmente sono presenti terrazzamenti, sia in terra sia protetti da murature a secco, che ne smorzano l'acclività globale. Tali terrazzamenti, tuttavia, presentano zone in dissesto dovute, principalmente, a fenomeni meteorici. Questi hanno prodotto piccoli

smottamenti che non sono stati tempestivamente ripristinati, come era uso fare quando i terreni erano presidiati da coltivatori che da questi terreni ne ricavavano una gran parte del sostentamento familiare. La mancanza di questi interventi, puntuali di ripristino, ha condotto e conduce all'amplificazione dei fenomeni che da semplici erosioni/smottamenti si trasformano, in varie annualità, in dissesti di maggiore gravità.

Il deflusso delle acque superficiali è affidato all'infiltrazione nel sottosuolo e, principalmente, allo scorrimento superficiale che va ad essere regimato dagli impluvi presenti, antichi testimoni, del presidio umano. Tali impluvi sono, oggi, interessati da accentuati fenomeni erosivi, dovuti all'eccessiva velocità delle acque di deflusso incanalate, che rendono instabile alveo e sponde. Tali linee di deflusso appaiono, comunque, in numero insufficiente per la gestione degli eventi meteorici. Ciò in quanto risulta, ormai, assente il sistema di canalette di piede terrazzo che, in passato, contribuiva in maniera determinante al rallentamento delle acque di versante favorendone l'infiltrazione nel sottosuolo.

Dal punto di vista geologico la zona si inserisce, per intero, all'interno dei terreni denominati in letteratura "Verrucano" s.l. (la descrizione che segue riprende, in parte, alcuni studi realizzati dal Collega Marco Tongiorgi)

Con questo nome si indicano i depositi Triassici prevalentemente quarzitici che affiorano in vari punti dell'Appennino Settentrionale, dalla Toscana meridionale alla Liguria, ed in particolare nei Monti Pisani (nei pressi, appunto, del Monte Verruca), ove sono stati più dettagliatamente studiati.

La loro storia abbraccia un periodo compreso all'incirca tra 230 e 200 milioni di anni fa, quando il grande supercontinente detto Pangea, formatosi nel corso dei precedenti 300 milioni di anni con la progressiva unione di tutti quelli che sono gli attuali continenti, cominciava di nuovo a smembrarsi. E l'atto di nascita della Terra moderna, il primo passo verso l'attuale configurazione geografica del nostro pianeta.

Come possiamo immaginare il paesaggio del Verrucano? Nella geografia del Triassico ci troviamo più o meno a metà della Pangea, vicino al margine occidentale della Tetide (un grandissimo golfo che intagliava profondamente il margine orientale della Pangea), là dove i continenti meridionali che formavano la grande massa di terre detta Gondwana si saldavano alle terre settentrionali della Laurasia. Questa saldatura cominciava appunto a rompersi: la terra del Verrucano si trovava proprio dove l'attuale Africa cominciava a separarsi da quella che ora è l'Europa e dove una depressione allungata segnava appunto l'incipiente lacerazione.

Per trovare nella Terra attuale un equivalente della situazione all'inizio della deposizione del Verrucano, bisogna andare all'odierna Africa orientale. Qui, numerose fosse e depressioni allungate, spesso occupate da grandi laghi, si susseguono lungo una direttrice che va dalla Somalia occidentale al Mozambico, evidenziando una fascia di "debolezza" della crosta terrestre, dove l'Africa si va spaccando per la progressiva separazione, dal corpo del continente, di tutto il suo "corno" orientale.

La Terra del Verrucano era allora situata nelle vicinanze del Tropico e l'aridità climatica era ancora accentuata dalle caratteristiche del reticolo fluviale, che vedeva i corsi d'acqua allontanarsi centrifugamente dai margini sollevati della depressione, piuttosto che rifornire d'acqua la fossa centrale.

Più ad Est, in direzione del golfo della Tetide, la depressione diveniva più larga e profonda, fino ad essere invasa dal mare. La storia del Verrucano è appunto marcata dall'ampliarsi progressivo della spaccatura del continente e dal progressivo insinuarsi del mare al suo interno, mentre Africa ed Europa iniziavano a separarsi. Un equivalente attuale della situazione instauratasi alla fine della deposizione del Verrucano, è rappresentato dal Mar Rosso, insinuato tra Africa ed Arabia. Tutti questi eventi sono puntualmente registrati nelle caratteristiche strutture delle rocce del Verrucano.

Alla base del Verrucano si trovano infatti depositi di brecce mal stratificate, che indicano un abbondante apporto di materiale, eroso dalle vicine scarpate, situate probabilmente proprio lungo i margini della depressione. Il paesaggio doveva essere quindi piuttosto aspro: una stretta, arida fossa, limitata da ripide scarpate, alla cui base si espandevano ventagli di detrito grossolano.

Al di sopra, poco più tardi nel tempo, notiamo invece comparire depositi più fini. Questi testimoniano di un apporto da zone di erosione più distanti: la depressione si era allargata ed al suo interno si trovava ora una piana alluvionale, in cui si alternavano sedimenti fini di pianura con quelli un po' più grossolani delle ampie fiumare che la attraversavano. La vegetazione, brulla e discontinua, richiamava quella delle moderne savane, ma, al contrario di quanto si osserva nelle savane attuali, mancava ancora l'erba dato che le piante che in gran parte la costituiscono (le Graminacee) sarebbero apparse sulla Terra soltanto più di un centinaio di milioni di anni dopo. Nonostante il clima semiarido, la morfologia del territorio mostrava ovunque l'impronta delle acque correnti, che si può oggi facilmente riconoscere anche nelle caratteristiche dei depositi Verrucani: la discontinuità della vegetazione favoriva la rapida erosione del suolo e le piogge, rare ma

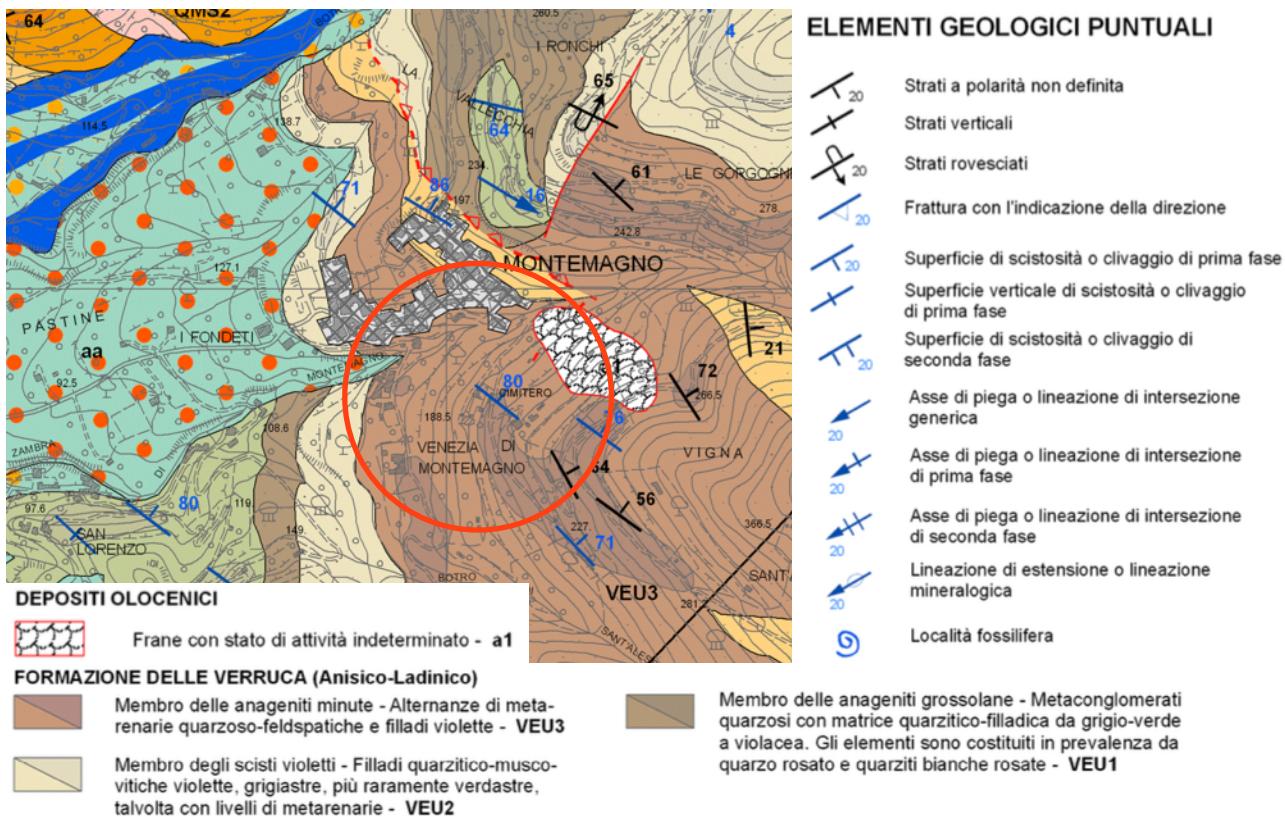
Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

violente, convogliavano sabbie e limi lungo la depressione centrale, prima di venire assorbite dal terreno asciutto.

Ma l'ulteriore allargarsi e approfondirsi della depressione e l'avanzare del mare al suo interno determinarono nuovi cambiamenti nel paesaggio del Verrucano. Verso la fine del Triassico, il mare era avanzato molto e ci trovavamo ora vicino alla costa, su una terra bassa ove giungevano alla loro foce le fiumare che convogliavano verso il mare le scarse acque raccolte lungo tutta la depressione. L' ambiente era perciò un po' più umido: acquitrini, sia pure temporanei, si alternavano lungo la costa a piane deltizie; lagune, spesso soprasalate, segnavano la transizione all' ambiente marino.

E' in questa terra bassa e relativamente umida, tra le savane e il mare, che vivevano nel Triassico i tetrapodi di cui sono state trovate le orme alla Spezia. Sui Monti Pisani, i depositi sottili degli effimeri acquitrini costieri hanno conservato, impresse nel fango disseccato e screpolato, le orme di un gran numero di piccoli animali che si muovevano lungo la costa alla ricerca di cibo. Alla Spezia, orme più grandi di quelle comuni nei Monti Pisani sono state trovate in depositi deltizi, ove sono impresse sul fondo di antichi canali fluviali. Sulle sabbie relativamente grossolane che riempivano il letto di questi corsi d'acqua, certamente poco profondi e spesso asciutti, solo animali di una certa taglia avevano la possibilità di lasciare testimonianza del loro passaggio.

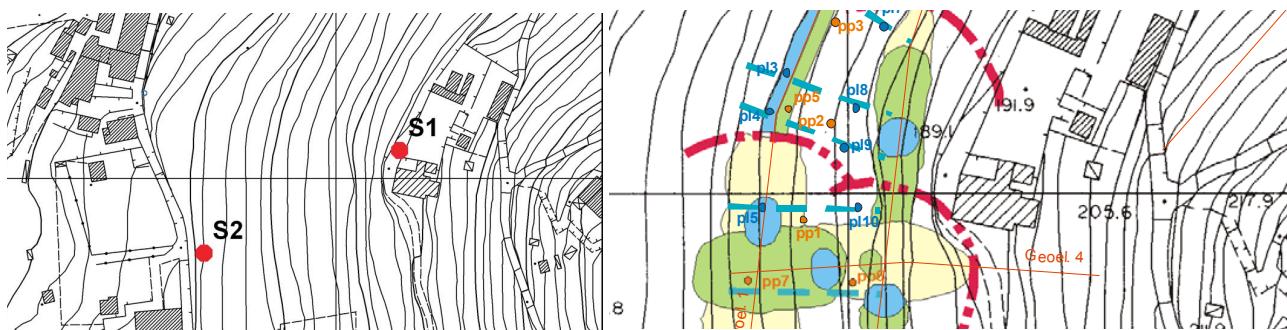


Estratto CARG Sezione 273070 . Il cerchio rosso indica l'area oggetto di studio

I terreni Verrucani, riportati nell'estratto CARG appaiono, in genere, mascherati da una coltre detritica di origine eluvio colluviale di modesto spessore.

3. Stratigrafia e parametri geotecnici

Nel corso del sopralluogo effettuato nell'area d'intervento abbiamo rilevato, in accordo con l'inquadramento geologico appena formulato, la presenza della copertura prevalentemente di origine eluvio colluviale dello spessore di circa 0,50 m ÷ 1,00 m che maschera la Formazione del "Verrucano", in particolare, il Membro delle anageniti minute (VEU3). Tale profondità è bene evidenziata dalla visione del sottosuolo permessa dalle scarpate presenti nei luoghi d'intervento e, soprattutto dai log stratigrafici dedotti dai sondaggi 1 e 2 eseguiti a corredo dei citati lavori eseguiti da colleghi. La seguente caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ottenuta dalla rielaborazione degli stessi dati geognostici. Con particolare riguardo ai sondaggi e alle prova penetrometrica super pesante DPSH 2 che ha raggiunto la massima profondità (vedi log e tabulati relativi in testo).



Ubicazione delle indagini consultate

Parametri geotecnici caratteristici

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità base strato da piano campagna (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (kPa)
Mo:	Modulo Edometrico (Mpa)
Ey:	Modulo di Young (Mpa)
Puv:	Peso unità di volume (kN/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (kN/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)

Nr.	Descrizione	Prof.	Tipo	Cu	C'	Mo	Ey	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	Sabbia limosa di colore giallo ocra (dpsh2)	2,8	CI	7	5	25	25	19	19,5	40	30
2	Livello prevalentemente ghiaioso in matrice sabbiosa debolmente argillosa di colore mattone (dpsh2)	4,20	CI	23	5	50	30	20	21	73	35
3	Livello addensato prevalentemente ghiaioso in matrice sabbiosa debolmente argillosa di colore mattone (dpsh2)	10	CI	15	5	30	30	20	21	50	35
4	Livello fortemente alterato costituito da un'alternanza di quarziti e Filladi (dpsh2)	21,5	CI	50	10	100	100	21	22	80	>35
5	Substrato lapideo costituito da un'alternanza di quarziti e Filladi	>21,5	I	100	100	5000	5000	22	22	90	>35

I valori dei parametri geotecnici relativi al livello 5 sono ripresi da notazioni bibliografiche.

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Profondità	Stratigrafia e descrizione dettagliata	Foto
-1,0m -2,0m -3,0m -4,0m -5,0m -6,0m -7,0m -8,0m -9,0m -10,0m -11,0m -12,0m -13,0m -14,0m -15,0m -16,0m -17,0m -18,0m -19,0m -20,0m -21,0m -22,0m -23,0m -24,0m -25,0m -26,0m -27,0m -28,0m	<p>Suolo</p> <p>Sabbia limosa di color giallo-ocra</p> <p>Ghiaia con sabbia limosa</p> <p>Ghiaia (costituita prevalentemente da litici, quarzo, e frammenti di scisti violetti) con sabbia limosa debolmente argillosa di color rosso mattone</p> <p>Quarziti biancastre con intercalazioni di livelli limosi-sabbiosi</p> <p>Filladi violacee con intercalazioni di livelli limosi-sabbiosi</p> <p>Quarziti biancastre con intercalazioni di livelli limosi con clasti di quarzo, litici e filladi</p> <p>Filladi alternate a livelli limosi-sabbiosi</p> <p>Filladi fortemente cataclasate in matrice limosa</p> <p>Quarziti a grana fine</p> <p>Filladi grigio chiare con presenza di livelli meccanicamente disaggregati a consistenza argillosa</p> <p>Filladi grigio scuro fratturate</p> <p>Filladi grigio scuro cataclasate e presenza di clasti di quarzo</p> <p>Filladi grigio scuro fratturate</p>	 <p>0-5m</p>  <p>-5 - 10m</p>  <p>-10 - 15m</p>  <p>-15 - 20m</p>  <p>-20 - 25m</p>  <p>-25 - 28m</p>

Fig. 5.8. Log sondaggio in corso di esecuzione.
Prova SPT 2= N° di Colpi 19,13,16, - Prova SPT 3= N° di colpi 7,14,19
C2 = campione per analisi mineralogica (-10m) C3 = campione per analisi mineralogica (-18,5m)

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Profondità	Stratigrafia e descrizione dettagliata		Foto
-1,0m	-0,30m Manto di usura e sottofondo stradale		
-2,0m	-2,0m Riporto recente con frammenti lapidei di dimensioni subcentimetriche da debolmente a mediamente addensato		
-3,0m			
-4,0m	-4,0m SPT 1 → C.1 → Riporto recente ben addensato costituito da clasti minimi di natura filladica in matrice sabbiosa quarzitico e limosa di colore marrone chiaro-ocra		 0 - 5m
-5,0m	-4,75m Riporto antico prevalente componente argillosa e limosa, si riconosce una certa struttura sedimentaria		
-6,0m	-5,8m Riporto antico ghiaioso con presenza di litici di natura antropica come laterizi e scorie		
-7,0m	-6,7m Riporto antico o alterazione a componente prevalentemente argillosa-limosa in cui è riconoscibile una certa struttura sedimentaria		
-8,0m	-7,4m Riporto antico o alterazione con frammenti filadici violacei in matrice limosa sabbiosa di color rosa		
-9,0m			
-10,0m			
-11,0m			
-12,0m			
-13,0m			
-14,0m			
-15,0m			
-23,0m	-12,1m a -12,2m -13,4m a -13,5m -15,7m a -16,0m -19,0m a -19,5m Tale orizzonti si trovano da:		 10 - 15m
-16,0m			
-17,0m			
-19,0m			
-20,0m			
-21,0m			
-22,0m			
-23,0m			 15 - 20m
			 20 - 23m

Fig. 5.27 - Log stratigrafico sondaggio 4.

Prova SPT 1= N° di Colpi 7,9,12
C1 = campione per analisi mineralogica (-5m)

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Geoluk S.r.l.

Via Nazario Sauro, 113
55100 Lucca

Riferimento: 97-09

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 2

- committente :	Geol. Florindo Granucci	- data :	30/06/2009						
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna						
- località :	Montemagno - Calci (PI)	- prof. falda :	Falda non rilevata						
- note :	rifiuto strumentale -8,8m	- pagina :	1						
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	5	37,2	---	1	4,40 - 4,60	18	101,9	---	5
0,20 - 0,40	5	37,2	---	1	4,60 - 4,80	16	90,6	---	5
0,40 - 0,60	6	44,7	---	1	4,80 - 5,00	16	85,5	---	6
0,60 - 0,80	6	44,7	---	1	5,00 - 5,20	15	80,1	---	6
0,80 - 1,00	5	34,5	---	2	5,20 - 5,40	19	101,5	---	6
1,00 - 1,20	5	34,5	---	2	5,40 - 5,60	13	69,5	---	6
1,20 - 1,40	6	41,4	---	2	5,60 - 5,80	19	101,5	---	6
1,40 - 1,60	6	41,4	---	2	5,80 - 6,00	22	111,3	---	7
1,60 - 1,80	6	41,4	---	2	6,00 - 6,20	14	70,8	---	7
1,80 - 2,00	10	64,3	---	3	6,20 - 6,40	23	116,3	---	7
2,00 - 2,20	10	64,3	---	3	6,40 - 6,60	19	96,1	---	7
2,20 - 2,40	9	57,9	---	3	6,60 - 6,80	16	80,9	---	7
2,40 - 2,60	8	51,5	---	3	6,80 - 7,00	12	57,6	---	8
2,60 - 2,80	11	70,8	---	3	7,00 - 7,20	8	38,4	---	8
2,80 - 3,00	20	120,5	---	4	7,20 - 7,40	14	67,2	---	8
3,00 - 3,20	24	144,6	---	4	7,40 - 7,60	16	76,8	---	8
3,20 - 3,40	27	162,7	---	4	7,60 - 7,80	14	67,2	---	8
3,40 - 3,60	24	144,6	---	4	7,80 - 8,00	15	68,5	---	9
3,60 - 3,80	27	162,7	---	4	8,00 - 8,20	13	59,4	---	9
3,80 - 4,00	28	158,6	---	5	8,20 - 8,40	11	50,3	---	9
4,00 - 4,20	22	124,6	---	5	8,40 - 8,60	13	59,4	---	9
4,20 - 4,40	19	107,6	---	5	8,60 - 8,80	51	233,0	---	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : DPSH (S. Heavy)

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**
- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

Software by Dr.D.MERLIN - 0425/840820

P.Iva:02069440465

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Geoluk S.r.l.
Via Nazario Sauro, 113
55100 Lucca

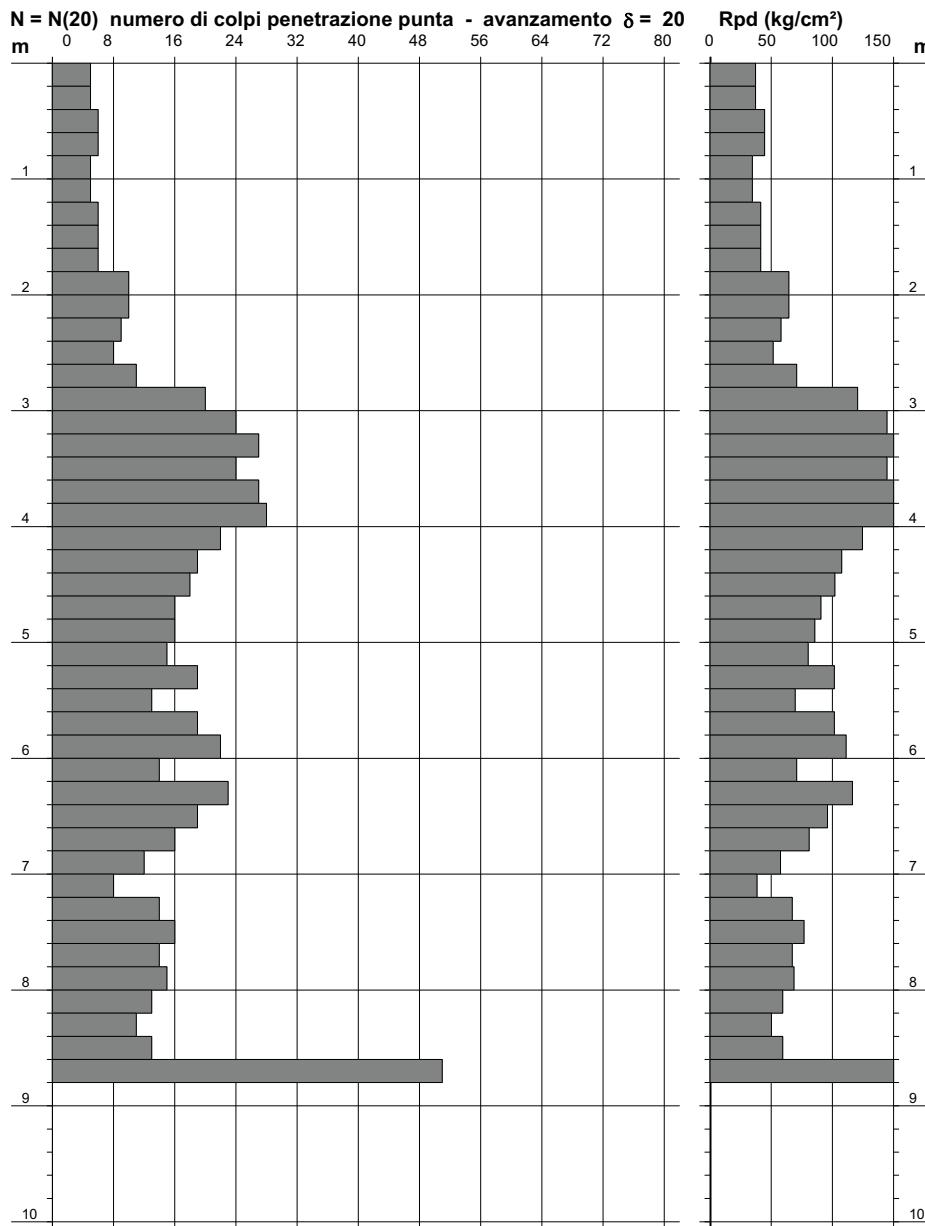
Riferimento: 97-09

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

DIN 2

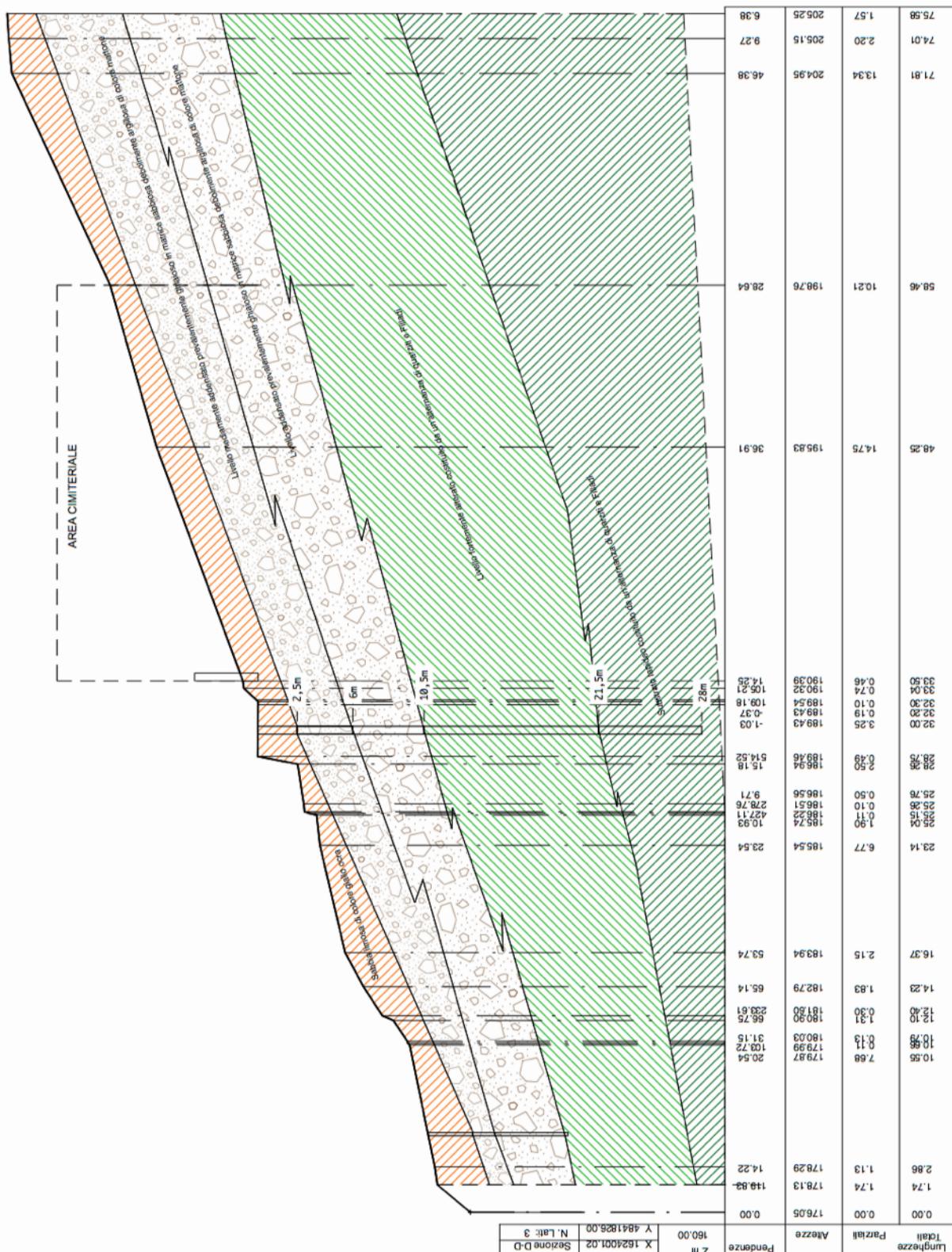
Scala 1: 50

- committente :	Geol. Florindo Granucci	- data :	30/06/2009
- lavoro :	indagine geognostica	- quota inizio :	piano campagna
- località :	Montemagno - Calci (PI)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	rifiuto strumentale -8.8m	- pagina :	1



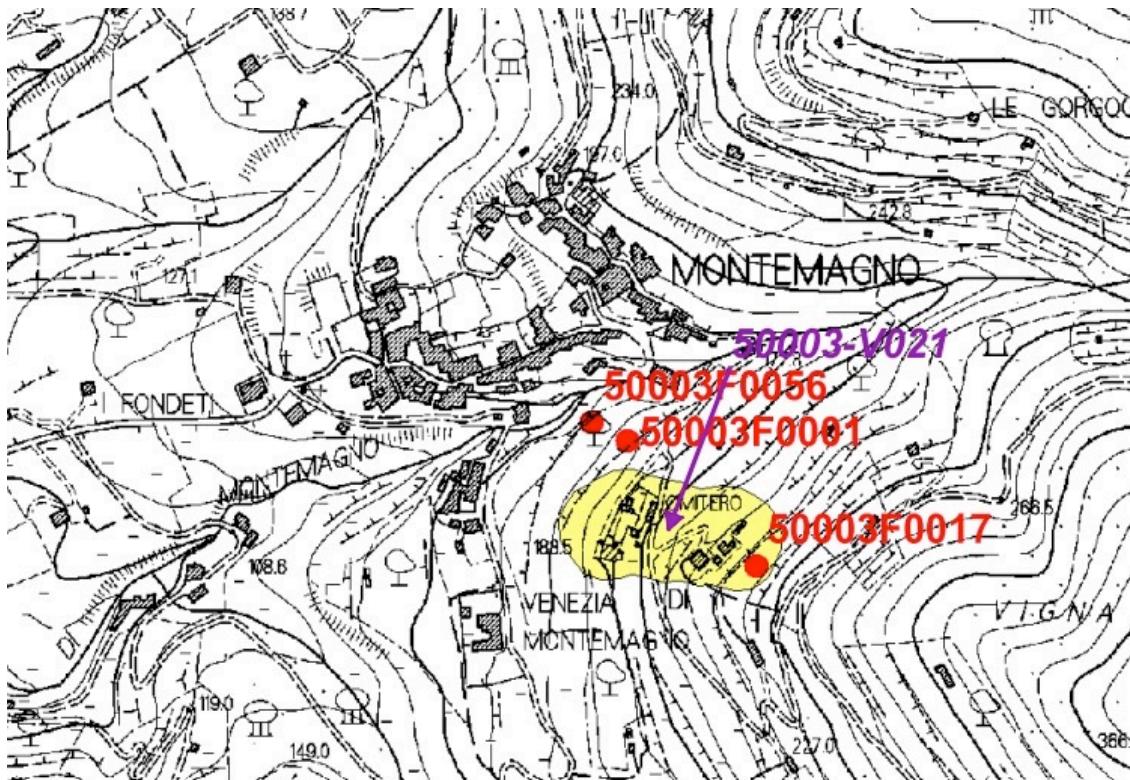
Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

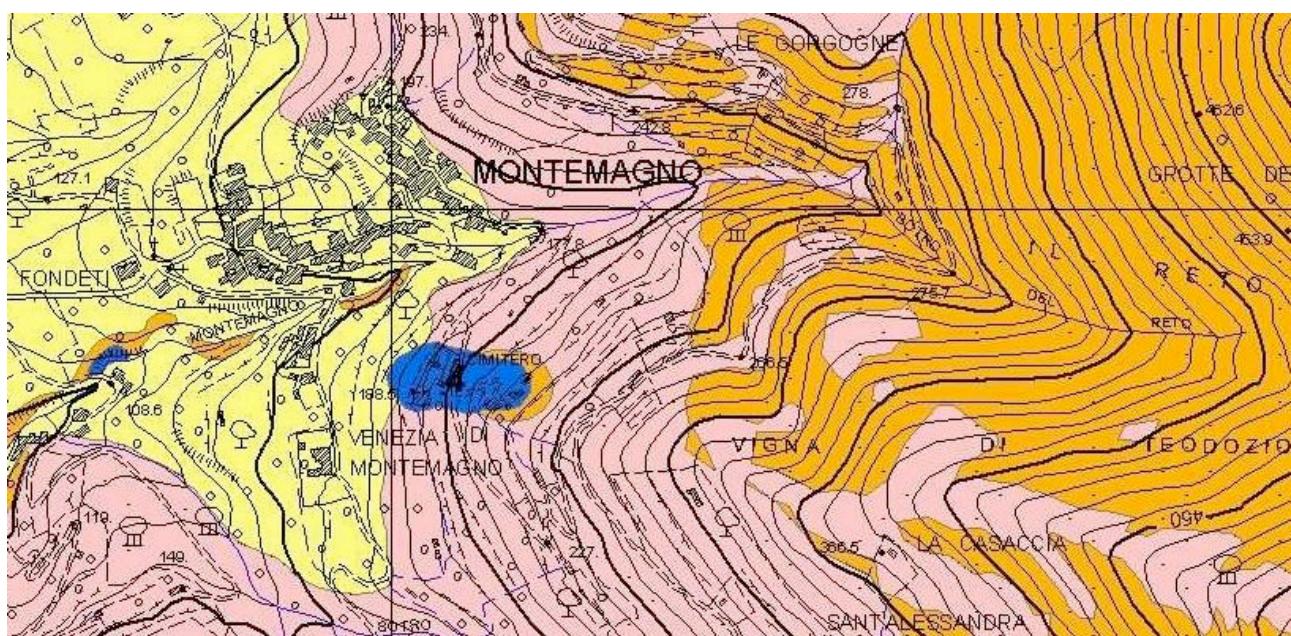


4. Inquadramento Strumenti Urbanistici Comunali

L'area oggetto di studio è identificata nella cartografia del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno con l'identificativo 50003 – V021 e presenta una pericolosità di frana molto elevata P.F. 4 come riportato nello stralcio 354 in scala 1:10.000. L'area è altresì classificata a pericolosità geomorfologica elevata nel Piano Strutturale del Comune di Calci (PI).



Estratto stralcio n. 354 cartografia PAI pericolosità da frana



Estratto carta pericolosità geomorfologica del Piano Strutturale del Comune di Calci

Estratto NTA:

Classe 3 di pericolosità media: Tale classe è attribuita a quelle aree dove non sono presenti fenomeni attivi, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e morfologiche del sito sono tali da far ritenere che esso si trova al limite dell'equilibrio e/o può essere interessato da fenomeni di amplificazione della sollecitazione sismica o di liquefazione o interessato da episodi di alluvionamento o difficoltoso drenaggio delle acque.

...Omissis...

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Sottoclasse 3b: n questa sottoclasse ricadono le aree acclivi (pendenze oltre il 15%) con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche (coperture detritiche non stabilizzate, sassia, roccia in posto fratturata) sfavorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni fransosi, comunque non rilevati, ma pur possibili, coinvolgerebbero ampie porzioni di territorio e di sottosuolo. Sono comprese le aree con elementi di instabilità diffuse, le aree di potenziale instabilità per erosione di sponda nonché le aree adiacenti a zone di frana attiva che potrebbero nel tempo essere interessate dal dissesto

Ricadono in questa sottoclasse anche quelle zone che potrebbero essere soggette a probabile amplificazione della sollecitazione sismica e/o a distacco di blocchi, sia come conseguenza dell'azione dinamica, che per scalzamento alla base delle formazioni più tenaci.

Classe 4 - Pericolosità alta: Nella classe 4 ricadono le aree coinvolte da fenomeni fransosi attivi o che attualmente risultano in condizioni di quiescenza, ma le cui caratteristiche geomorfologiche sono tali da non poter escludere una ripresa generalizzata dell'attività in concomitanza con eventi sismici, ovvero con eventi meteorici di particolare importanza, ovvero ancora per effetto di interventi antropici. Ricadono in questa classe anche gli alvei pensili delle Zambra.

5. Considerazioni sul progetto

I tema principale dei lavori sarà quello di mettere in sicurezza le infrastrutture principali, esistenti, quali il Cimitero di Montemagno e le strade asfaltate di collegamento. Questi interventi saranno di tipo strutturale:

- Trave di tipo “Berlinese” in fregio all’opera cimiteriale
- Trave di tipo “Berlinese” a protezione del ciglio di valle della strada d’accesso al cimitero;
- Muro in cemento armato a sostegno/consolidamento di uno smottamento interessante il ciglio stradale di monte della strada d’accesso al cimitero;
- Ripristino di alcune murature a secco prossime al collasso mediante interventi di scuci cuci.

Interventi di tipo idrogeologico

- Regimazione dei deflussi meteorici mediante la realizzazione di una tubazione posta al centro della viabilità asfaltata per il cimitero e a monte di questo;
- Ripulitura, dalla vegetazione infestante, delle linee di deflusso.

L’insieme di questa azioni contrasterà il movimento in atto nella zona del cimitero e diminuirà l’influenza destabilizzante dei fattori morfogenetici attivi con particolare riguardo all’azione delle acque meteoriche.

Per ottenere indicazioni progettuali di carattere geotecnico abbiamo impostato delle verifiche di stabilità globale del pendio inserendo le caratteristiche litostatografiche del substrato dedotte dai risultati della campagna geognostica eseguita, da Colleghi, nella stessa area.

La sezione geologico tecnica riportata a pagina precedente rappresenta la base concettuale d’analisi utilizzata nelle elaborazioni geologiche e strutturali per la paratia del Cimitero. Per gli altri interventi strutturali, come vedremo in seguito, ci siamo affidati a verifiche in back analysis.

6. Verifiche di stabilità globale dei versanti

Per valutare la stabilità globale del pendio, nelle aree d’intervento, si sono realizzate delle verifiche di stabilità globale utilizzando il software Slope della Software House Geostru di Vicenza mediante la procedura di calcolo elaborata da Bishop (1955).

La procedura di calcolo sarà applicata per verificare la stabilità e la coerenza geologico tecnica dei terreni in corrispondenza delle tre opere strutturali di progetto, le due travi sottofondate e la muratura in calcestruzzo.

Di seguito si riporta la relazione di calcolo, elaborata dal programma riguardo le specifiche di calcolo e, a seguire i tabulati relativi alle varie verifiche.

6.1. Relazione di calcolo - Cenni teorici

Definizione

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

Introduzione all’analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

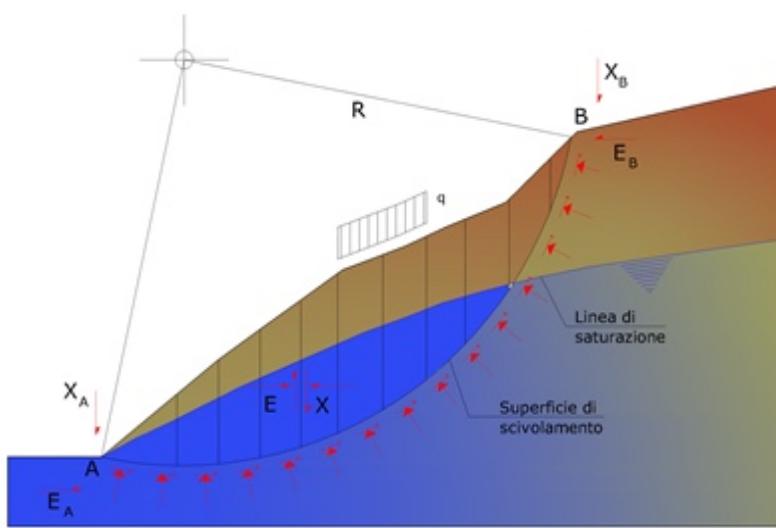
sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

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

Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)



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

$$F = \tau_f / \tau$$

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

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scorrimento 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 x_i 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.

Comune di Calci (PI)

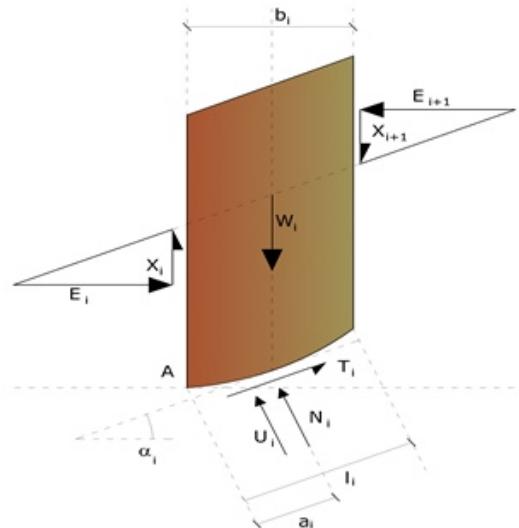
Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Metodo di Bishop (1955)

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

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

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



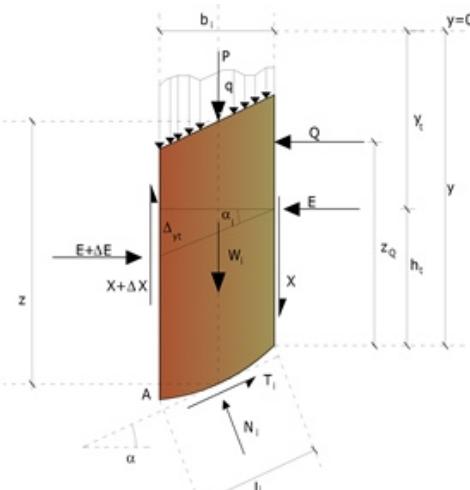
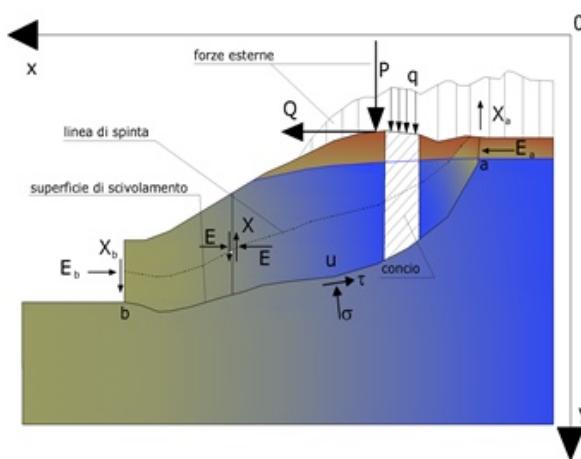
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi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

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

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

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



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

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

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

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

Valutazione dell'azione sismica

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

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

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Essendo:

FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W peso concio;

Kx coefficiente sismico orizzontale;

Ky coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

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

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

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

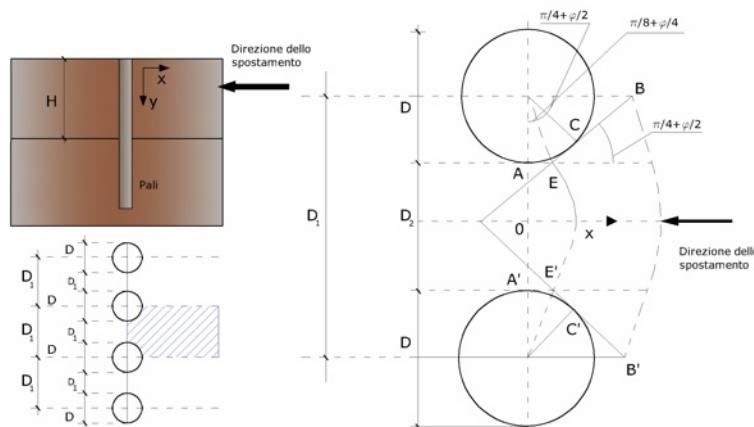
Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativi nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;

essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

Sotto l'azione della spinta attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B';

Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \phi/2)$ e $-(45 + \phi/2)$;

Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;

La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z , relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \times D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \left[1/\left(N_\phi \tan \phi\right)^2 - 2\left(N_\phi\right)^2 \tan \phi - 1 \right] + K_3 - C \left[D_1 \times k_3 - D_2 / \left(N_\phi\right)^2 \right] + \gamma Z / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \times e^{k_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

ϕ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D_1 = interasse tra i pali;

D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;

$N_\phi = \tan^2(\pi/4 + \phi/2)$

$$K_1 = \left(N_\phi\right)^2 \tan \phi + N_\phi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \times N_\phi \tan(\pi/8 + \phi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \phi + 2 \left(N_\phi\right)^2 + 1 / \left(N_\phi\right)^2 \right] / \left[\left(N_\phi\right)^2 \tan \phi + N_\phi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H , è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \times H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k_1} \times e^{k_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(Z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2) / D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \times Z (D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \times H \left[D_1 (3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2) / D_2 \tan \pi/8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P , influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;

A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0$ $P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1$ $P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;

A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;

Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

7. Verifica di stabilità globale area cimiteriale

Di seguito si riporta la verifica di stabilità globale dell'area cimiteriale utilizzando il modello concettuale, geologico tecnico, riportato a precedente capitolo impostato sulla sezione topografica D-D'. Il calcolo, in favore di sicurezza, è stato eseguito, allo stato attuale, senza applicare i parametri sismici imposti dalle vigenti normative (NTC 2008). Ciò in quanto la procedura di calcolo viene utilizzata per verificare se i parametri geotecnici riportati al capitolo 3, sono compatibili con una condizione d'equilibrio del versante

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

($F_s=1,00$). Il calcolo è stato “forzato”, per ottenere questa condizione limite, inserendo un carico nell’impronta costituita dall’area cimiteriale pari a 100 kN/m^2 che riteniamo essere, certamente, sovrastimato.

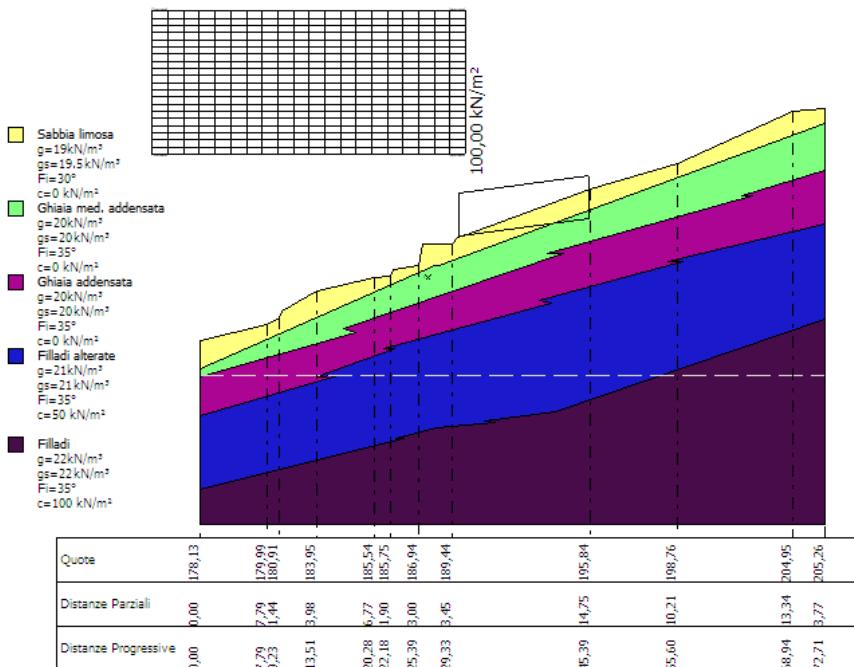
7.1. Stato attuale (condizione non sismica)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	43,719111/10,539565
Normativa	Utente
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-5,57 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	199,9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	30,9 m
Ordinata vertice destro superiore ys	216,57 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0



Schema di calcolo

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,00
Coefficiente azione sismica verticale	0,00

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	178,13
2	7,79	179,99
3	9,23	180,91

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

4	9,53	181,6
5	13,51	183,95
6	20,28	185,54
7	22,18	185,75
8	22,39	186,51
9	25,39	186,94
10	25,88	189,47
11	29,33	189,44
12	30,18	190,33
13	30,63	190,39
14	45,39	195,84
15	55,6	198,76
16	68,94	204,95
17	72,71	205,26

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	174,93
2	27,28	186,97
3	27,78	186,97
4	72,71	203,45

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	173,93
2	18,14	179,05
3	16,65	179,56
4	42,35	188,38
5	40,4	188,34
6	64,33	195,08
7	63,1	195,08
8	72,71	197,99

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	169,52
2	16,01	174,09
3	13,6	174,0
4	22,63	177,18
5	21,32	177,22
6	40,91	182,57
7	39,47	182,91
8	56,18	187,4
9	54,4	187,45
10	72,71	191,8

Vertici strato4

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

N	X (m)	y (m)
1	0,0	160,82
2	23,65	166,79
3	22,72	166,81
4	27,53	167,97
5	34,25	168,61
6	33,15	168,83
7	41,38	169,93
8	72,71	180,69

Coefficienti parziali azioni

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

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

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	0	7	30	19	19,5	Sabbia limosa	
2	0	23	35	20	20	Ghiaia med. addensata	
3	0	15	35	20	20	Ghiaia addensata	
4	50	50	35	21	21	Filladi alterate	
5	100	100	35	22	22	Filladi	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	30,18	190,33	45,18	192,4696	100

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,0
Ascissa centro superficie	21,78 m
Ordinata centro superficie	199,9 m
Raggio superficie	15,19 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.

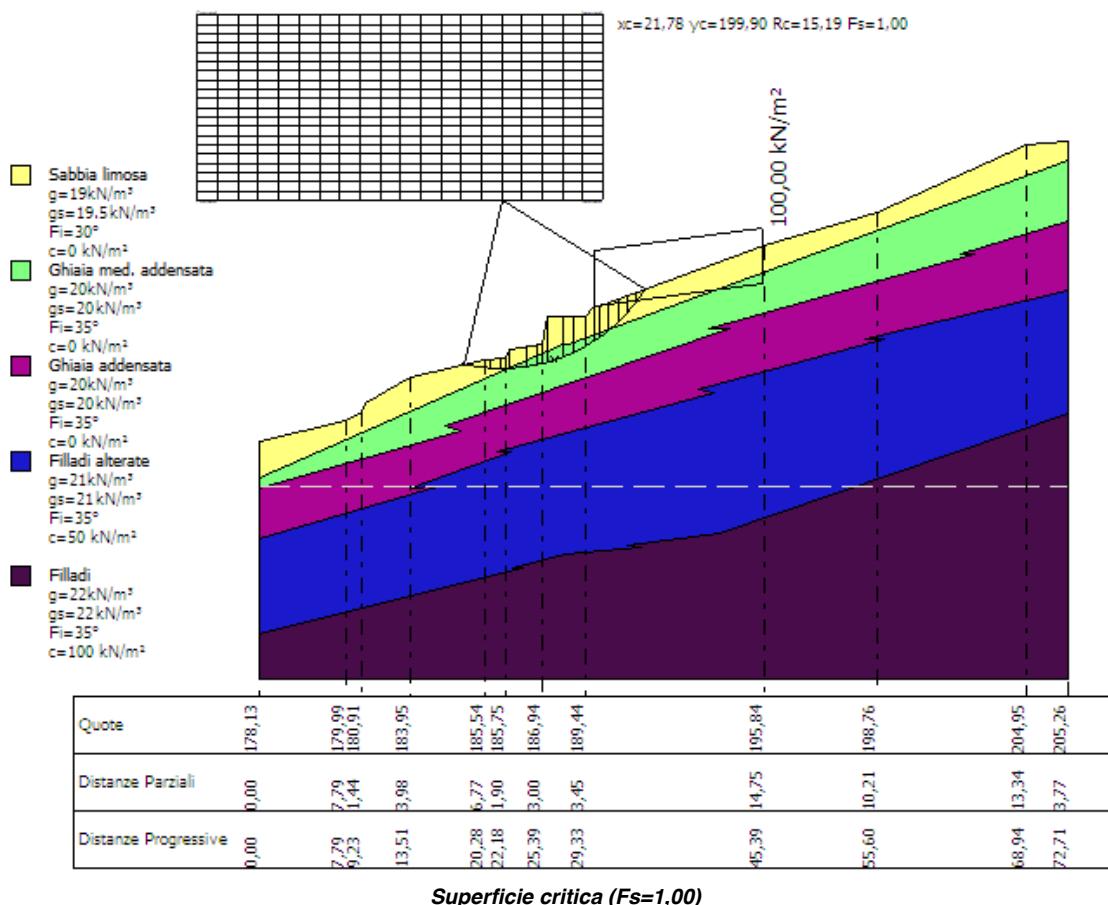
$$xc = 21,779 \quad yc = 199,897 \quad Rc = 15,189 \quad Fs = 1,003$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,82	-11,4	0,83	2,85	0,16	0,08	0,0	30,0	0,0	3,3	1,9
2	1,09	-7,7	1,1	11,7	0,64	0,33	0,0	30,0	0,0	12,8	7,4

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

3	0,55	-4,6	0,55	8,44	0,46	0,24	0,0	30,0	0,0	8,9	5,1
4	0,82	-2,1	0,82	14,38	0,79	0,4	0,0	30,0	0,0	14,7	8,5
5	0,54	0,5	0,54	10,39	0,57	0,29	0,0	30,0	0,0	10,3	6,0
6	0,22	1,9	0,22	5,8	0,32	0,16	0,0	35,0	0,0	5,7	4,0
7	1,69	5,5	1,7	60,34	3,32	1,69	0,0	35,0	0,0	56,8	39,7
8	0,82	10,3	0,83	29,49	1,62	0,83	0,0	35,0	0,0	26,6	18,6
9	0,49	12,8	0,5	17,5	0,96	0,49	0,0	35,0	0,0	15,5	10,8
10	0,49	14,7	0,51	28,53	1,57	0,8	0,0	35,0	0,0	24,9	17,4
11	1,46	18,6	1,54	111,94	6,16	3,13	0,0	35,0	0,0	95,6	66,8
12	0,82	23,2	0,89	55,39	3,05	1,55	0,0	35,0	0,0	46,4	32,4
13	1,17	27,3	1,32	68,66	3,78	1,92	0,0	35,0	0,0	56,8	39,7
14	0,84	31,7	0,99	47,32	2,6	1,32	0,0	35,0	0,0	38,9	27,1
15	0,46	34,6	0,56	71,24	3,92	1,99	0,0	35,0	0,0	58,4	40,8
16	0,79	37,5	1,0	119,97	6,6	3,36	0,0	35,0	0,0	98,5	68,8
17	0,82	41,5	1,09	117,6	6,47	3,29	0,0	30,0	0,0	104,0	59,9
18	0,82	45,7	1,17	110,24	6,06	3,09	0,0	30,0	0,0	99,3	57,2
19	0,82	50,3	1,28	100,88	5,55	2,82	0,0	30,0	0,0	93,3	53,7
20	0,82	55,5	1,44	78,87	4,34	2,21	0,0	30,0	0,0	75,7	43,6



7.2. Stato di progetto (NTC 2008)

In questo capitolo il calcolo viene riproposto nelle condizioni di **progetto** inserendo le indicazioni sismiche previste dalla NTC 2008 e mantenendo, cautelativamente, il sovraccarico da 100 kN/m², per l'area cimiteriale.

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	43,719111/10,539565
Normativa	[A2+M2+R2]
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	40,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Analisi
Superficie di forma circolare

Condizione drenata

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-5,57 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	199,9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	30,9 m
Ordinata vertice destro superiore ys	216,57 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,055
Coefficiente azione sismica verticale	0,028

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	178,13
2	7,79	179,99
3	9,23	180,91
4	9,53	181,6
5	13,51	183,95
6	20,28	185,54
7	22,18	185,75
8	22,39	186,51
9	25,39	186,94
10	25,88	189,47
11	29,33	189,44
12	30,18	190,33
13	30,63	190,39
14	45,39	195,84
15	55,6	198,76
16	68,94	204,95
17	72,71	205,26

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	174,93
2	27,28	186,97
3	27,78	186,97
4	72,71	203,45

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	173,93
2	18,14	179,05

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

3	16,65	179,56
4	42,35	188,38
5	40,4	188,34
6	64,33	195,08
7	63,1	195,08
8	72,71	197,99

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	169,52
2	16,01	174,09
3	13,6	174,0
4	22,63	177,18
5	21,32	177,22
6	40,91	182,57
7	39,47	182,91
8	56,18	187,4
9	54,4	187,45
10	72,71	191,8

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	160,82
2	23,65	166,79
3	22,72	166,81
4	27,53	167,97
5	34,25	168,61
6	33,15	168,83
7	41,38	169,93
8	72,71	180,69

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	0	7	30	19	19,5	Sabbia limosa	
2	0	23	35	20	20	Ghiaia med. addensata	

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

3	0	15	35	20	20	Ghiaia addensata	
4	50	50	35	21	21	Filladi alterate	
5	100	100	35	22	22	Filladi	

Pali...

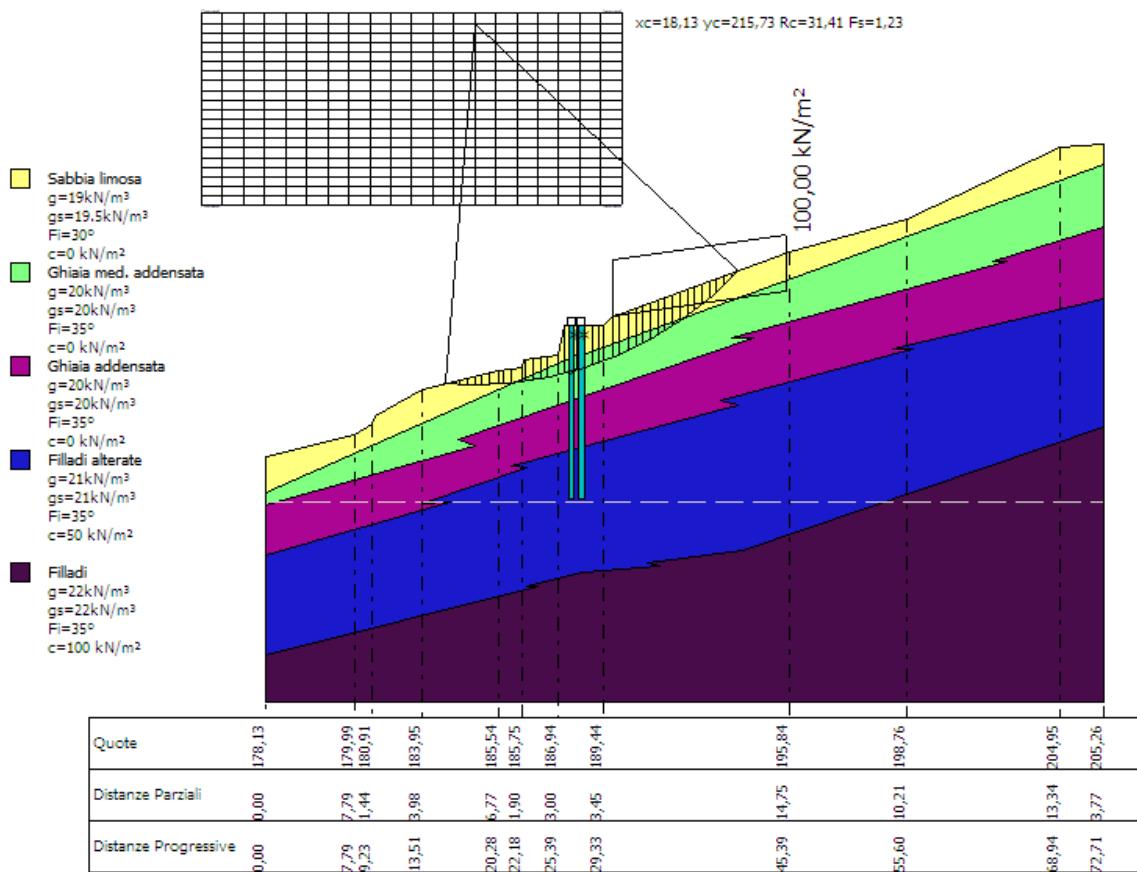
N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	26,27819	189,4672	0,20	15	90	0,60	500	--	Tensione tangenziale
2	27,10946	189,4589	0,20	15	90	0,60	500	--	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	30,18	190,33	45,18	192,4696	100

Risultati analisi pendio [[A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,23
Ascissa centro superficie	18,13 m
Ordinata centro superficie	215,73 m
Raggio superficie	31,41 m



$$xc = 18,133 \text{ } yc = 215,732 \text{ } Rc = 31,406 \text{ } Fs = 1,226$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,64	-4,1	0,64	1,2	0,07	0,03	0,0	24,8	0,0	1,2	0,5
2	0,64	-3,0	0,64	3,49	0,19	0,1	0,0	24,8	0,0	3,6	1,3
3	0,64	-1,8	0,64	5,62	0,31	0,16	0,0	24,8	0,0	5,7	2,1

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

4	0,64	-0,6	0,64	7,59	0,42	0,21	0,0	24,8	0,0	7,6	2,9
5	0,64	0,5	0,64	9,41	0,52	0,26	0,0	24,8	0,0	9,4	3,5
6	0,64	1,7	0,64	11,07	0,61	0,31	0,0	24,8	0,0	11,0	4,1
7	0,89	3,1	0,9	18,08	0,99	0,51	0,0	24,8	0,0	17,7	6,7
8	0,38	4,3	0,38	8,26	0,45	0,23	0,0	24,8	0,0	8,1	3,0
9	0,64	5,2	0,64	14,06	0,77	0,39	0,0	24,8	0,0	13,6	5,1
10	0,89	6,6	0,89	19,68	1,08	0,55	0,0	24,8	0,0	19,0	7,2
11	0,39	7,7	0,39	13,41	0,74	0,38	0,0	29,3	0,0	12,7	5,8
12	0,64	8,7	0,64	23,15	1,27	0,65	0,0	29,3	0,0	21,9	10,0
13	0,64	9,9	0,65	23,1	1,27	0,65	0,0	29,3	0,0	21,7	9,9
14	0,64	11,1	0,65	22,88	1,26	0,64	0,0	29,3	0,0	21,4	9,8
15	0,92	12,5	0,94	32,3	1,78	0,9	0,0	29,3	0,0	30,0	13,7
16	0,49	13,8	0,51	28,23	1,55	0,79	0,0	29,3	0,0	26,1	11,9
17	0,5	14,8	0,52	39,49	2,17	1,11	0,0	29,3	0,0	36,5	16,7
18	0,64	15,8	0,66	48,47	2,67	1,36	0,0	29,3	0,0	44,6	20,4
19	0,64	17,0	0,67	46,17	2,54	1,29	0,0	29,3	0,0	42,4	19,4
20	0,64	18,3	0,67	43,56	2,4	1,22	0,0	29,3	0,0	39,9	18,2
21	0,64	19,5	0,68	40,86	2,25	1,14	0,0	29,3	0,0	37,3	17,1
22	0,4	20,5	0,43	24,34	1,34	0,68	0,0	29,3	0,0	22,2	10,1
23	0,84	21,7	0,91	54,3	2,99	1,52	0,0	29,3	0,0	49,5	22,6
24	0,46	23,0	0,5	76,46	4,21	2,14	0,0	29,3	0,0	69,6	31,8
25	0,84	24,3	0,92	140,29	7,72	3,93	0,0	29,3	0,0	127,6	58,3
26	0,64	25,8	0,71	105,03	5,78	2,94	0,0	29,3	0,0	95,5	43,7
27	0,64	27,1	0,71	103,99	5,72	2,91	0,0	29,3	0,0	94,7	43,3
28	0,64	28,4	0,72	102,72	5,65	2,88	0,0	29,3	0,0	93,6	42,8
29	0,64	29,7	0,73	101,21	5,57	2,83	0,0	29,3	0,0	92,4	42,2
30	0,64	31,1	0,74	99,44	5,47	2,78	0,0	29,3	0,0	91,0	41,6
31	0,64	32,4	0,75	97,42	5,36	2,73	0,0	29,3	0,0	89,4	40,9
32	0,64	33,8	0,77	95,12	5,23	2,66	0,0	29,3	0,0	87,7	40,1
33	0,64	35,2	0,78	92,54	5,09	2,59	0,0	24,8	0,0	89,5	33,7
34	0,64	36,7	0,79	89,8	4,94	2,51	0,0	24,8	0,0	87,4	32,9
35	0,64	38,1	0,81	86,76	4,77	2,43	0,0	24,8	0,0	85,1	32,1
36	0,64	39,6	0,83	83,39	4,59	2,34	0,0	24,8	0,0	82,5	31,1
37	0,64	41,1	0,85	79,69	4,38	2,23	0,0	24,8	0,0	79,6	30,0
38	0,64	42,7	0,87	75,62	4,16	2,12	0,0	24,8	0,0	76,3	28,8
39	0,64	44,3	0,89	71,15	3,91	1,99	0,0	24,8	0,0	72,7	27,4
40	0,64	46,0	0,92	56,27	3,09	1,58	0,0	24,8	0,0	58,2	21,9

7.3. Commento alle verifiche di stabilità

Il risultato ottenuto in condizioni di **progetto** $F_{S\min}=1,226 > 1,1$ (da NTC 2008) conduce a ritenere che le opere siano correttamente dimensionate per contrastare le dinamiche di versante.

La condizione ottenuta risulta particolarmente cautelativa in funzione, lo ricordiamo, dell'elevato sovraccarico imposto per l'area cimiteriale (100 kN/m²)

8. Verifica di stabilità paratia lato valle strada d'accesso

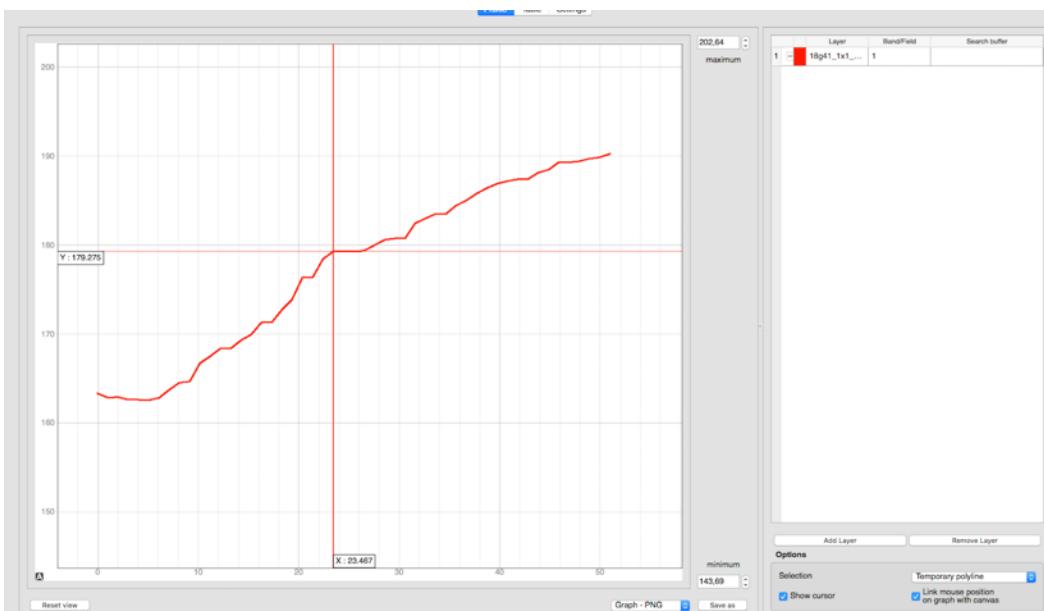
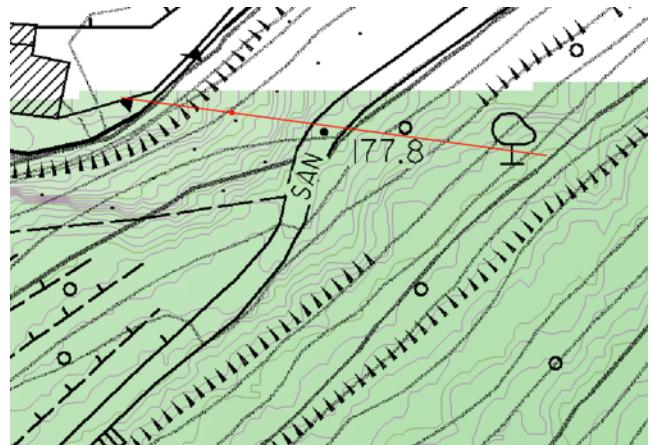


Procedendo dall'abitato di Montemagno verso il cimitero si ha un tratto di viabilità caratterizzata da una scarpata di valle molto acclive in condizioni di stabilità precaria.

In questo tratto, per una lunghezza di circa 20 m, è in progetto la realizzazione di una paratia sottofondata che possa dare un sicuro sostegno all'asse viario.

Su una sezione tracciata lungo una linea di massima pendenza si è disegnata una superficie d'ipotetico scivolamento, compatibile con le evidenze di campagna, e su questa si sono applicate procedure di calcolo per la valutazione dei parametri geotecnici mobilizzati a rottura (back

analisis) in condizioni non sismiche. Con tali calcoli siamo andati a ricercare il valore della coesione efficace ponendo l'angolo d'attrito pari a 30° (compatibile con le indagini geognostiche d'aree limitrofe) e il peso di volume, da bibliografia, pari a 19 kN/m³. Nel caso specifico il rilievo topografico a causa della forte acclività dei luoghi e soprattutto l'elevata presenza di specie arbustive infestanti non è stato sufficientemente approfondito. Abbiamo, pertanto, tracciato la sezione topografica di calcolo utilizzando i rilievi Lidar Regionali (estratti da geoscopio) rielaborandoli con il programma Qgis. In pratica abbiamo caricato in Qgis il foglio lidar (18g41 1*1 dtm 006-2008-3003) ed estratto, da questo una ricostruzione dei luoghi a curve di livello con isoipsa 1 m e infine, con il plug in Terrain profile si è estratta la sezione topografica d'interesse.

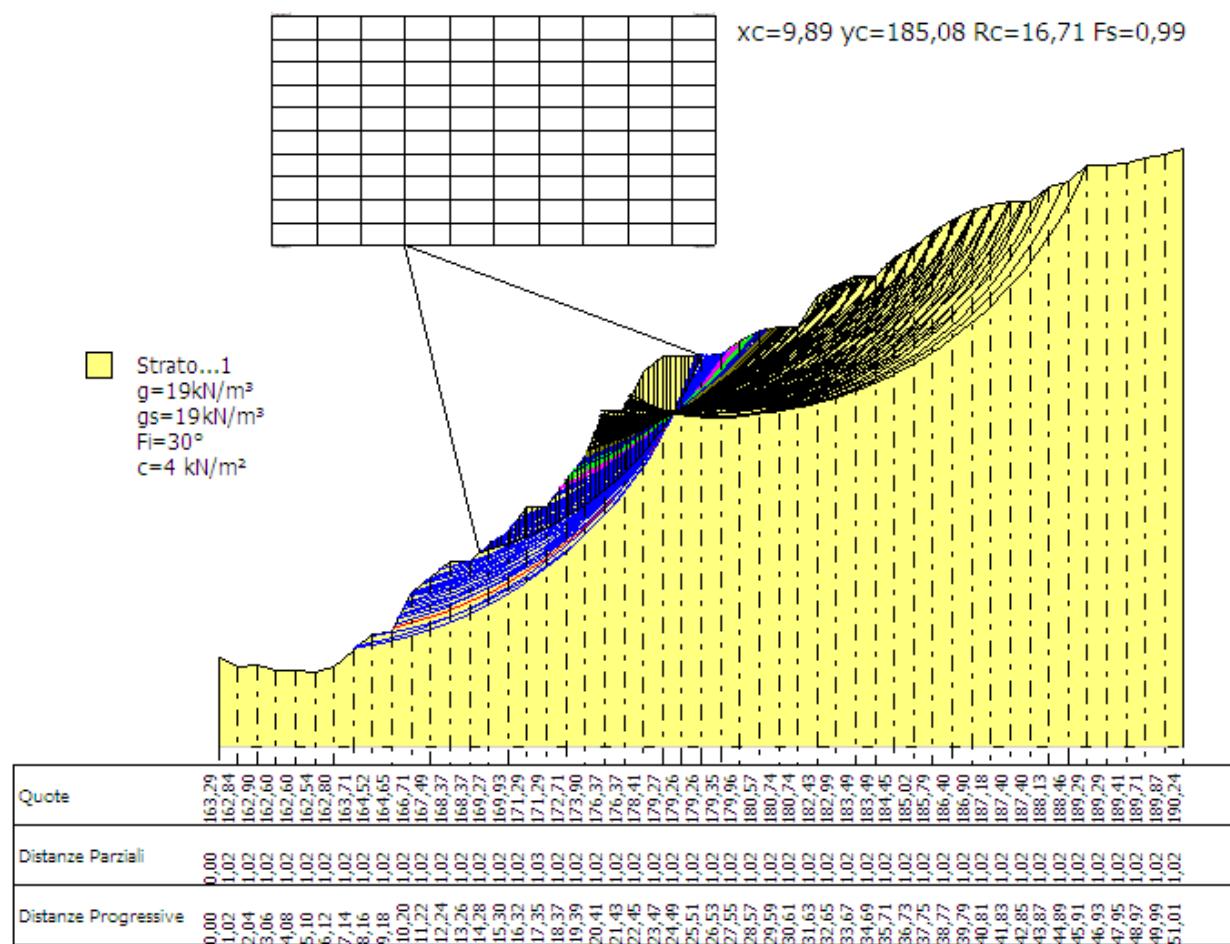


Sezione topografica basata su rilievi Lidar

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

La sezione ottenuta è stata, infine, caricata su Slope per la valutazione dei parametri in Back Analisys con il metodo elaborato da Janbu nel 1967 utilizzando, cautelativamente, una ricostruzione litologica del terreno monostrato. Al fine di evitare la criticità di superfici d'ipotetico scivolamento troppo superficiali, e quindi, non significative, abbiamo forzato il calcolo imponendo un vincolo ubicato sotto la strada asfaltata (v. figura in testo).



Insieme delle superfici sottoposte a verifica, la figura indica la posizione del vincolo utilizzato nei calcoli

Dalle verifiche abbiamo per $\phi=30^\circ$ una coesione mobilizzata all'equilibrio pari a 4 kN/m^2 . La verifica dello stato attuale, riportata di seguito, specifica e quantifica quanto descritto.

8.1. Stato attuale (condizione non sismica)

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	43,719111/10,539565
Normativa	Utente
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	50,0
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 2,86 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi 185,08 m
Ascissa vertice destro superiore xs 26,31 m

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Ordinata vertice destro superiore ys	197,21 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	163,3
2	1,02	162,84
3	2,04	162,9
4	3,06	162,6
5	4,08	162,6
6	5,1	162,55
7	6,12	162,81
8	7,14	163,72
9	8,16	164,53
10	9,18	164,65
11	10,2	166,72
12	11,22	167,49
13	12,24	168,37
14	13,26	168,37
15	14,28	169,28
16	15,3	169,94
17	16,32	171,3
18	17,35	171,3
19	18,37	172,72
20	19,39	173,91
21	20,41	176,37
22	21,43	176,37
23	22,45	178,42
24	23,47	179,28
25	24,49	179,27
26	25,51	179,27
27	26,53	179,35
28	27,55	179,97
29	28,57	180,58
30	29,59	180,74
31	30,61	180,74
32	31,63	182,44
33	32,65	182,99
34	33,67	183,5
35	34,69	183,5
36	35,71	184,45
37	36,73	185,03
38	37,75	185,79
39	38,77	186,41

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

40	39,79	186,9
41	40,81	187,19
42	41,83	187,4
43	42,85	187,4
44	43,87	188,14
45	44,89	188,46
46	45,91	189,3
47	46,93	189,3
48	47,95	189,42
49	48,97	189,71
50	49,99	189,87
51	51,01	190,24

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

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

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	4		30	19	19		

Risultati analisi pendio [Utente]

Fs minimo individuato	0,99
Ascissa centro superficie	9,89 m
Ordinata centro superficie	185,08 m
Raggio superficie	16,71 m

xc = 9,893 yc = 185,084 Rc = 16,706 Fs=0,99

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,24	13,9	0,24	0,34	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	0,1	1,2
2	0,25	14,8	0,26	1,12	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	0,7	1,8
3	0,22	15,6	0,23	1,45	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	1,0	1,9
4	0,24	16,4	0,25	1,93	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	1,4	2,2
5	0,24	17,3	0,25	2,3	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	1,7	2,5
6	0,33	18,3	0,35	3,83	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	2,8	3,9
7	0,14	19,1	0,15	1,91	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	1,4	1,8
8	0,24	19,8	0,25	4,06	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	3,1	3,6
9	0,24	20,7	0,25	5,08	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	3,9	4,2
10	0,24	21,5	0,25	6,07	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	4,7	4,9
11	0,18	22,3	0,19	5,19	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	4,1	4,1

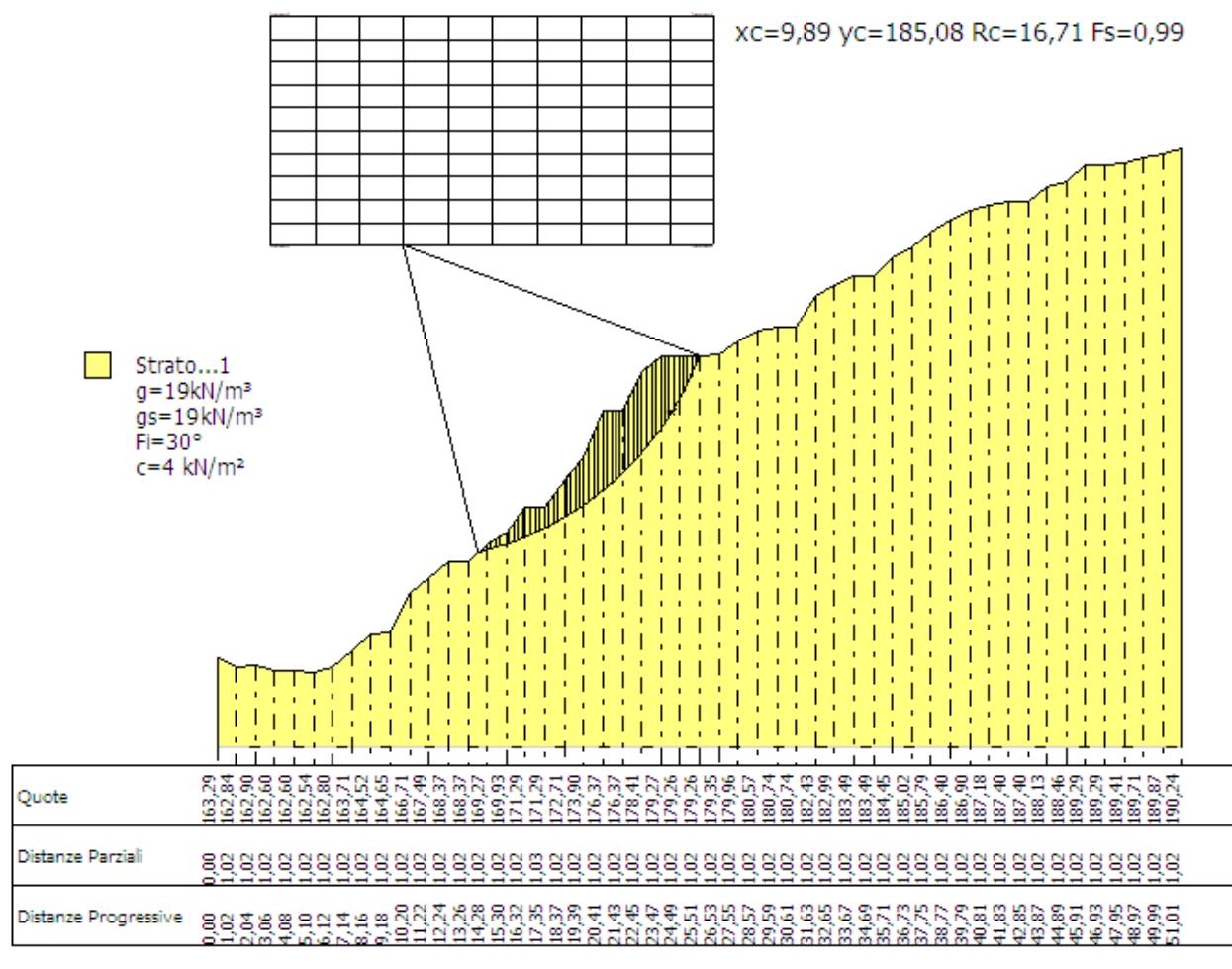
Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

12	0,29	23,2	0,32	8,78	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	6,8	6,9
13	0,24	24,2	0,26	6,5	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	5,0	5,2
14	0,24	25,1	0,26	6,01	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	4,6	4,9
15	0,24	25,9	0,26	5,51	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	4,1	4,6
16	0,24	26,9	0,26	5,54	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	4,1	4,7
17	0,24	27,8	0,27	6,46	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	4,8	5,3
18	0,24	28,7	0,27	7,36	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	5,6	5,9
19	0,34	29,8	0,4	12,34	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	9,4	9,8
20	0,13	30,7	0,15	4,96	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	3,8	3,9
21	0,24	31,5	0,28	9,68	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	7,4	7,6
22	0,24	32,4	0,28	10,25	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	7,8	8,1
23	0,24	33,4	0,28	10,8	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	8,2	8,5
24	0,19	34,3	0,23	8,99	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	6,9	7,1
25	0,28	35,2	0,35	15,08	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	11,6	12,0
26	0,24	36,3	0,29	14,51	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	11,2	11,5
27	0,24	37,3	0,3	16,26	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	12,6	12,9
28	0,27	38,4	0,34	20,51	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	16,0	16,4
29	0,2	39,5	0,26	16,18	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	12,6	13,1
30	0,24	40,5	0,31	17,85	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	13,9	14,7
31	0,24	41,5	0,31	16,94	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	13,1	14,3
32	0,24	42,6	0,32	15,99	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	12,4	13,8
33	0,24	43,7	0,33	15,07	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	11,6	13,4
34	0,24	44,8	0,33	16,16	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	12,5	14,6
35	0,24	46,0	0,34	17,21	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	13,4	15,8
36	0,24	47,2	0,35	18,21	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	14,2	17,1
37	0,19	48,3	0,28	15,35	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	12,1	14,7
38	0,28	49,5	0,43	23,0	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	18,1	22,7
39	0,24	50,9	0,37	18,84	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	14,9	19,3
40	0,24	52,2	0,38	18,4	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	14,5	19,6
41	0,27	53,6	0,45	20,38	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	16,1	22,7
42	0,2	55,0	0,35	14,53	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	11,4	16,9
43	0,24	56,3	0,42	15,47	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	12,1	18,9
44	0,24	57,8	0,44	13,84	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	10,7	18,0
45	0,35	59,7	0,69	17,24	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	13,0	24,6
46	0,12	61,3	0,26	5,14	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	3,7	8,0
47	0,24	62,7	0,51	8,3	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	5,6	14,0
48	0,24	64,5	0,55	6,19	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	3,6	11,9
49	0,24	66,4	0,59	3,89	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	1,2	9,3
50	0,24	68,5	0,64	1,36	0,0	0,0	4,0	30,0	0,0	-1,5	5,6

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036



8.2 Stato di progetto (NTC 2008)

In questo capitolo il calcolo viene riproposto nelle condizioni di **progetto** inserendo le indicazioni sismiche previste dalle NTC 2008.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	43,719111/10,539565
Normativa	[A2+M2+R2]
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	50,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,86 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	185,08 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26,31 m
Ordinata vertice destro superiore ys	197,21 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,055
Coefficiente azione sismica verticale	0,0275

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	163,3
2	1,02	162,84
3	2,04	162,9
4	3,06	162,6
5	4,08	162,6
6	5,1	162,55
7	6,12	162,81
8	7,14	163,72
9	8,16	164,53
10	9,18	164,65
11	10,2	166,72
12	11,22	167,49
13	12,24	168,37
14	13,26	168,37
15	14,28	169,28
16	15,3	169,94
17	16,32	171,3
18	17,35	171,3
19	18,37	172,72
20	19,39	173,91
21	20,41	176,37
22	21,43	176,37
23	22,45	178,42
24	23,47	179,28
25	24,49	179,27
26	25,51	179,27
27	26,53	179,35
28	27,55	179,97
29	28,57	180,58
30	29,59	180,74
31	30,61	180,74
32	31,63	182,44
33	32,65	182,99
34	33,67	183,5
35	34,69	183,5
36	35,71	184,45
37	36,73	185,03
38	37,75	185,79
39	38,77	186,41

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

40	39,79	186,9
41	40,81	187,19
42	41,83	187,4
43	42,85	187,4
44	43,87	188,14
45	44,89	188,46
46	45,91	189,3
47	46,93	189,3
48	47,95	189,42
49	48,97	189,71
50	49,99	189,87
51	51,01	190,24

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	4		30	19	19		

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazion e (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m ²)	Momento plasticizzaz ione (kN*m)	Metodo stabilizzazi one
1	23,59616	179,2738	0,2	12	90	0,75	500	--	Tensione tangenziale
2	24,29607	179,2669	0,2	12	90	0,75	500	--	Tensione tangenziale

Risultati analisi pendio [[A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,14
Ascissa centro superficie	4,03 m
Ordinata centro superficie	185,69 m
Raggio superficie	22,15 m

xc = 4,031 yc = 185,69 Rc = 22,151 Fs=1,135

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,36	8,7	0,36	0,8	0,04	0,02	3,2	24,8	0,0	0,6	1,4

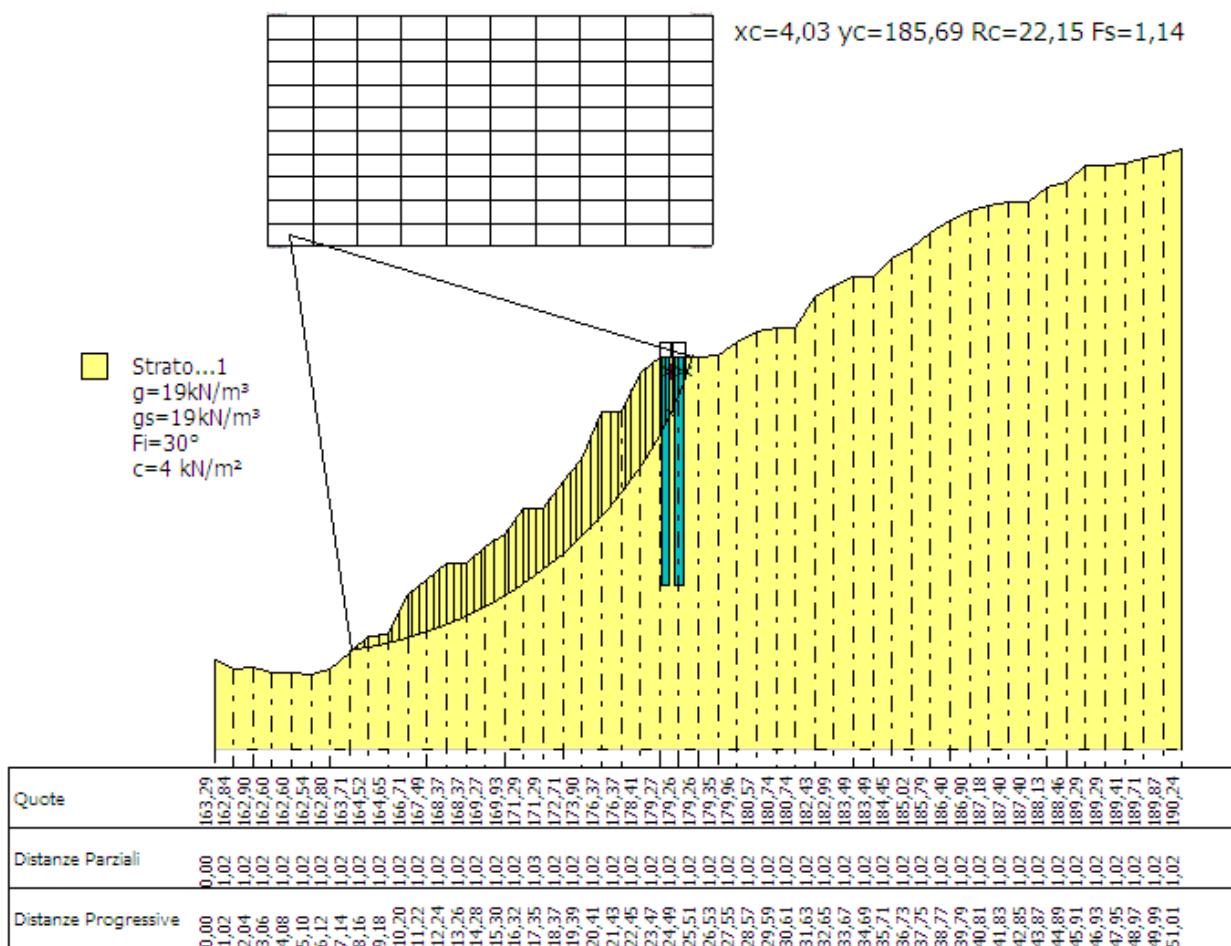
Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

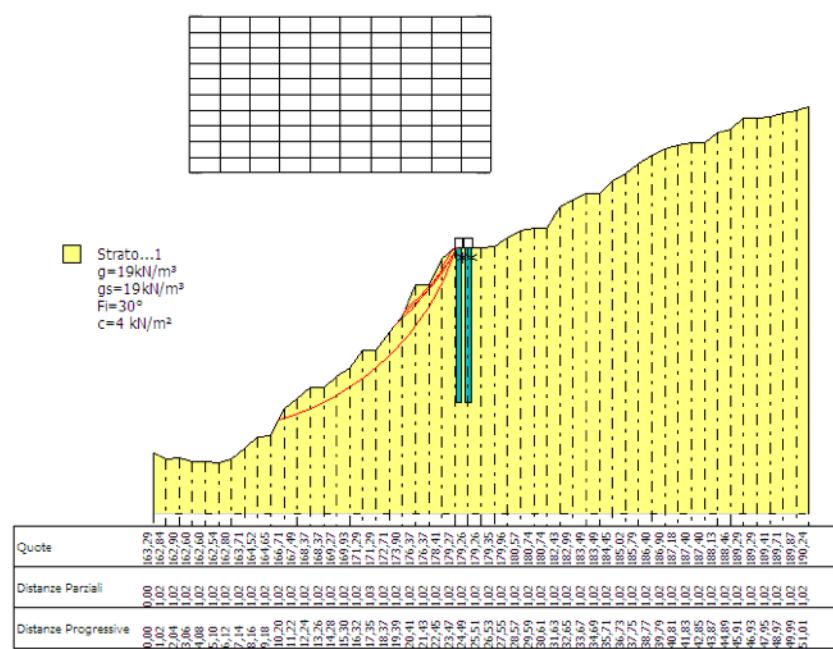
2	0,36	9,7	0,37	2,36	0,13	0,06	3,2	24,8	0,0	2,0	2,1
3	0,23	10,4	0,24	2,32	0,13	0,06	3,2	24,8	0,0	2,1	1,7
4	0,49	11,4	0,5	5,37	0,3	0,15	3,2	24,8	0,0	4,7	3,7
5	0,53	12,7	0,54	5,34	0,29	0,15	3,2	24,8	0,0	4,6	3,8
6	0,19	13,7	0,2	2,41	0,13	0,07	3,2	24,8	0,0	2,1	1,6
7	0,36	14,4	0,37	7,93	0,44	0,22	3,2	24,8	0,0	7,1	4,4
8	0,47	15,5	0,49	16,86	0,93	0,46	3,2	24,8	0,0	15,2	8,6
9	0,25	16,5	0,26	11,25	0,62	0,31	3,2	24,8	0,0	10,2	5,5
10	0,36	17,3	0,38	17,09	0,94	0,47	3,2	24,8	0,0	15,4	8,4
11	0,41	18,4	0,43	20,64	1,14	0,57	3,2	24,8	0,0	18,6	10,1
12	0,31	19,4	0,33	16,79	0,92	0,46	3,2	24,8	0,0	15,1	8,2
13	0,36	20,3	0,38	20,52	1,13	0,56	3,2	24,8	0,0	18,4	10,0
14	0,35	21,3	0,37	20,88	1,15	0,57	3,2	24,8	0,0	18,7	10,1
15	0,37	22,3	0,4	22,54	1,24	0,62	3,2	24,8	0,0	20,2	11,0
16	0,36	23,3	0,39	20,67	1,14	0,57	3,2	24,8	0,0	18,5	10,2
17	0,36	24,3	0,4	19,58	1,08	0,54	3,2	24,8	0,0	17,4	9,8
18	0,36	25,3	0,4	20,0	1,1	0,55	3,2	24,8	0,0	17,8	10,1
19	0,36	26,4	0,4	21,0	1,16	0,58	3,2	24,8	0,0	18,7	10,6
20	0,22	27,2	0,25	13,55	0,75	0,37	3,2	24,8	0,0	12,1	6,9
21	0,5	28,3	0,56	30,67	1,69	0,84	3,2	24,8	0,0	27,4	15,8
22	0,52	29,8	0,6	32,79	1,8	0,9	3,2	24,8	0,0	29,3	17,1
23	0,2	30,9	0,23	12,71	0,7	0,35	3,2	24,8	0,0	11,4	6,7
24	0,36	31,7	0,42	24,59	1,35	0,68	3,2	24,8	0,0	22,1	13,0
25	0,46	33,0	0,55	34,05	1,87	0,94	3,2	24,8	0,0	30,7	18,2
26	0,26	34,1	0,31	19,41	1,07	0,53	3,2	24,8	0,0	17,5	10,5
27	0,36	35,1	0,44	25,57	1,41	0,7	3,2	24,8	0,0	23,1	14,2
28	0,36	36,2	0,45	23,8	1,31	0,65	3,2	24,8	0,0	21,5	13,5
29	0,36	37,4	0,45	23,19	1,28	0,64	3,2	24,8	0,0	21,0	13,5
30	0,36	38,6	0,46	24,7	1,36	0,68	3,2	24,8	0,0	22,5	14,6
31	0,35	39,8	0,45	25,31	1,39	0,7	3,2	24,8	0,0	23,2	15,2
32	0,37	41,0	0,49	27,99	1,54	0,77	3,2	24,8	0,0	25,8	17,2
33	0,36	42,2	0,49	27,85	1,53	0,77	3,2	24,8	0,0	25,9	17,5
34	0,29	43,4	0,4	22,69	1,25	0,62	3,2	24,8	0,0	21,2	14,6
35	0,43	44,7	0,61	36,89	2,03	1,01	3,2	24,8	0,0	34,8	24,3
36	0,36	46,2	0,52	34,52	1,9	0,95	3,2	24,8	0,0	33,0	23,4
37	0,23	47,3	0,33	23,43	1,29	0,64	3,2	24,8	0,0	22,6	16,3
38	0,49	48,7	0,75	49,86	2,74	1,37	3,2	24,8	0,0	48,5	36,0
39	0,36	50,3	0,56	32,95	1,81	0,91	3,2	24,8	0,0	32,3	25,1
40	0,36	51,8	0,58	30,1	1,66	0,83	3,2	24,8	0,0	29,7	24,2
41	0,36	53,4	0,6	31,83	1,75	0,88	3,2	24,8	0,0	31,9	26,8
42	0,46	55,2	0,81	43,28	2,38	1,19	3,2	24,8	0,0	44,1	38,7
43	0,26	56,9	0,47	24,07	1,32	0,66	3,2	24,8	0,0	24,9	22,8
44	0,36	58,4	0,69	32,31	1,78	0,89	3,2	24,8	0,0	33,8	32,6
45	0,4	60,3	0,81	33,68	1,85	0,93	3,2	24,8	0,0	35,8	37,1
46	0,32	62,2	0,68	23,58	1,3	0,65	3,2	24,8	0,0	25,3	28,6
47	0,36	64,2	0,83	22,14	1,22	0,61	3,2	24,8	0,0	23,8	30,1
48	0,34	66,4	0,85	16,03	0,88	0,44	3,2	24,8	0,0	16,9	25,2
49	0,38	68,8	1,05	11,47	0,63	0,32	3,2	24,8	0,0	10,9	22,3
50	0,36	71,7	1,15	3,88	0,21	0,11	3,2	24,8	0,0	0,7	12,2

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036



8.3. Commento alle verifiche di stabilità



dissesto verso monte e consolida il versante soprastante.

Il risultato ottenuto in condizioni di progetto $F_{S\min}=1,13 > 1,1$ (da NTC 2008) conduce a ritenere la verifica **soddisfatta**.

Tuttavia esistono delle criticità a carico del versante di valle che emergono una volta tolto il “vincolo” di calcolo (v. figura a fianco). Queste criticità non sono sanabili in quanto l'elevata pendenza del versante impedisce la realizzazione di accessi alle necessarie lavorazioni di cantiere. L'intervento in progetto, comunque, migliora la stabilità del versante impedendo la progressione regressiva delle indicate linee di

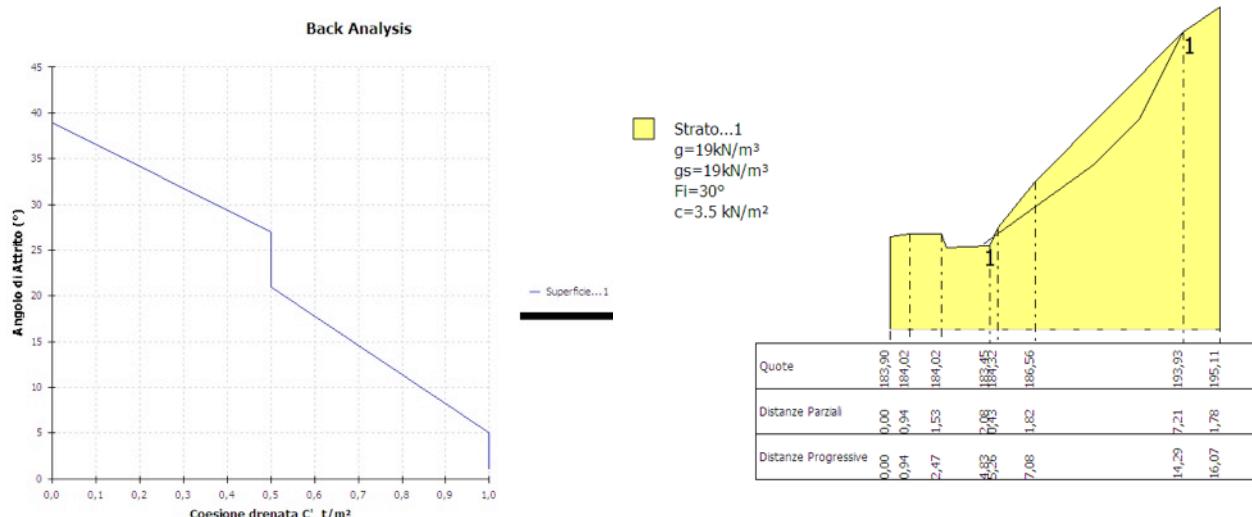
9. Consolidamento scarpata di monte

Lungo la strada d'accesso al cimitero è presente, a carico della scarpata di monte, uno smottamento che, potenzialmente, può interrompere la percorribilità della strada.

In questo tratto, per una lunghezza di circa 10 m, è in progetto la realizzazione di una muratura in calcestruzzo sottofondata per il ripristino delle condizioni di stabilità del versante.

In terreni di monte sono stati rilevati mediante rilievo topografico di dettaglio. Su una sezione tracciata lungo una linea di massima pendenza si è disegnata una superficie d'ipotetico scivolamento, compatibile con le evidenze di campagna, e su questa si sono applicate procedure di calcolo per la valutazione dei parametri geotecnici mobilizzati a rottura (back analysis) in condizioni non sismiche. Con tali calcoli siamo andati a ricercare il valore della coesione efficace ponendo l'angolo d'attrito pari a 30° (compatibile con le indagini geognostiche d'aree limitrofe) e il peso di volume, da bibliografia, pari a 19 kN/m^3 .

Il metodo di calcolo utilizzato dal programma Slope per la valutazione dei parametri in Back Analisys è quello elaborato da Janbu nel 1967 utilizzando una ricostruzione del terreno monostrato.



La figura mostra: a sinistra il grafico delle coppie di parametri geotecnici mobilizzati a rottura; a destra la condizione geometrica sottoposta a verifica.

Per $\phi=30^\circ$ si ha una coesione mobilizzata all'equilibrio pari a $3,5 \text{ kN/m}^2$. La verifica dello stato attuale, riportata di seguito, quantifica quanto detto.

9.1. Stato attuale (condizione non sismica)

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa

Numero di strati

1,0

Numero dei conci

10,0

Grado di sicurezza ritenuto accettabile

1,3

Coefficiente parziale resistenza

1,0

Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:

Picco

Analisi

Condizione drenata

Superficie di forma generica

Sisma

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Coefficiente azione sismica verticale	0,00
---------------------------------------	------

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,09	183,9
2	1,03	184,02
3	2,56	184,02
4	2,84	183,36
5	4,92	183,45
6	5,35	184,32
7	7,17	186,56
8	14,38	193,93
9	16,16	195,11

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	4,63	183,54
2	10,0	187,4
3	12,27	189,67
4	14,38	193,94

Coefficienti parziali azioni

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

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

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	3,5		30	19	19		

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,01

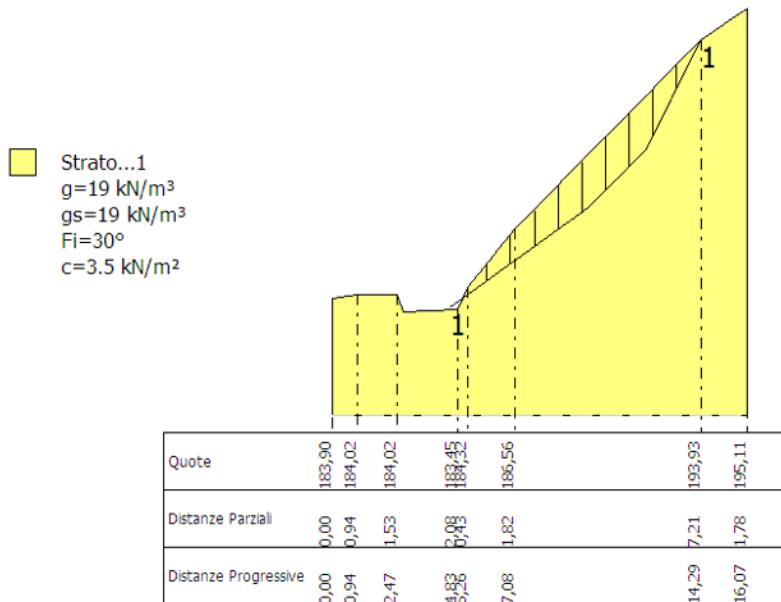
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,92	35,6	1,14	7,03	0,0	0,2	3,5	30,0	0,0	3,5	8,8
2	0,92	35,9	1,14	15,29	0,0	0,43	3,5	30,0	0,0	10,3	14,6
3	0,92	35,9	1,14	22,48	0,0	0,63	3,5	30,0	0,0	16,2	19,6
4	0,92	35,9	1,14	27,31	0,0	0,76	3,5	30,0	0,0	20,2	23,0
5	0,92	35,4	1,13	32,25	0,0	0,9	3,5	30,0	0,0	24,3	26,3
6	0,92	42,8	1,26	35,55	0,0	1,0	3,5	30,0	0,0	26,6	32,1

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

7	0,92	45,2	1,31	36,44	0,0	1,02	3,5	30,0	0,0	27,3	34,4
8	0,92	51,9	1,5	34,51	0,0	0,97	3,5	30,0	0,0	25,6	38,6
9	0,92	63,8	2,09	24,33	0,0	0,68	3,5	30,0	0,0	15,6	43,9
10	0,92	63,7	2,08	8,1	0,0	0,23	3,5	30,0	0,0	0,3	20,0

$F_s=1,01$ Sup...1



9.2. Stato di progetto (NTC 2008)

In questo capitolo il calcolo viene riproposto nelle condizioni di **progetto** inserendo le indicazioni sismiche previste dalla NTC 2008.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	43,719111/10,539565
Normativa	[A2+M2+R2]
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	60,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-1,14 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	192,66 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,16 m
Ordinata vertice destro superiore ys	199,13 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	12,0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,055
Coefficiente azione sismica verticale	0,028

Vertici profilo

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Nr	X (m)	y (m)
1	0,09	183,9
2	1,03	184,02
3	2,56	184,02
4	2,84	183,36
5	4,92	183,45
6	4,93	185,45
7	5,33	185,45
8	7,06	186,56
9	14,38	193,93
10	16,16	195,11

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

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	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	3,5		30	19	19		

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

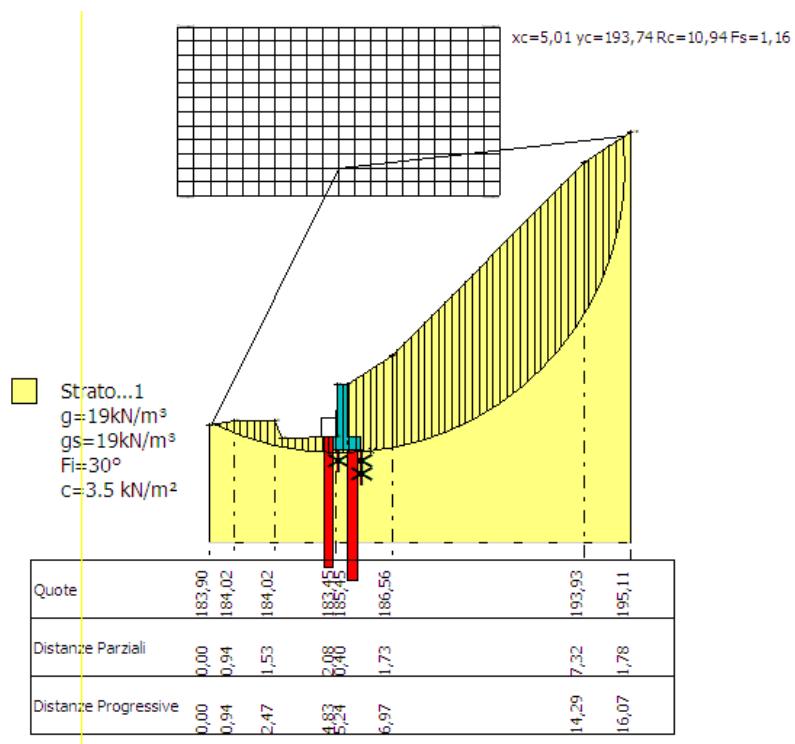
N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m ³)
1	5,36	183,45	0,5	0,5	2	0,4	0,4	25

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazion e (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m ²)	Momento plasticizzaz ione (kN*m)	Metodo stabilizzazi one
1	4,465032	183,4303	0,20	12	90	0,50	500	--	Tensione tangenziale
2	5,366637	182,9468	0,20	12	90	0,50	500	--	Tensione tangenziale

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036



Risultati analisi pendio [[A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,16
Ascissa centro superficie	5,01 m
Ordinata centro superficie	193,74 m
Raggio superficie	10,94 m

xc = 5,013 yc = 193,74 Rc = 10,945 Fs=1,163

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,26	-25,4	0,29	0,4	0,02	0,01	2,8	24,8	0,0	1,0	1,3
2	0,26	-23,9	0,29	1,16	0,06	0,03	2,8	24,8	0,0	2,0	1,8
3	0,31	-22,2	0,34	2,33	0,13	0,07	2,8	24,8	0,0	3,5	2,6
4	0,21	-20,8	0,23	2,06	0,11	0,06	2,8	24,8	0,0	2,9	2,0
5	0,26	-19,4	0,28	2,99	0,16	0,08	2,8	24,8	0,0	4,0	2,6
6	0,26	-18,0	0,28	3,43	0,19	0,1	2,8	24,8	0,0	4,5	2,8
7	0,26	-16,6	0,27	3,83	0,21	0,11	2,8	24,8	0,0	4,8	2,9
8	0,26	-15,1	0,27	4,2	0,23	0,12	2,8	24,8	0,0	5,1	3,0
9	0,26	-13,7	0,27	4,54	0,25	0,13	2,8	24,8	0,0	5,4	3,1
10	0,29	-12,3	0,3	3,64	0,2	0,1	2,8	24,8	0,0	4,3	2,7
11	0,23	-10,9	0,24	1,65	0,09	0,05	2,8	24,8	0,0	2,0	1,5
12	0,26	-9,5	0,27	2,14	0,12	0,06	2,8	24,8	0,0	2,5	1,8
13	0,26	-8,1	0,26	2,39	0,13	0,07	2,8	24,8	0,0	2,7	1,9
14	0,26	-6,8	0,26	2,62	0,14	0,07	2,8	24,8	0,0	2,9	1,9
15	0,26	-5,4	0,26	2,82	0,15	0,08	2,8	24,8	0,0	3,0	2,0
16	0,26	-4,0	0,26	2,98	0,16	0,08	2,8	24,8	0,0	3,1	2,0
17	0,26	-2,7	0,26	3,11	0,17	0,09	2,8	24,8	0,0	3,2	2,1
18	0,28	-1,2	0,28	3,41	0,19	0,1	2,8	24,8	0,0	3,5	2,2
19	0,25	0,2	0,25	49,88	2,74	1,4	2,8	24,8	0,0	49,8	22,2
20	0,26	1,5	0,26	13,18	0,72	0,37	2,8	24,8	0,0	13,0	6,3
21	0,26	2,9	0,26	13,86	0,76	0,39	2,8	24,8	0,0	13,5	6,6
22	0,26	4,2	0,26	14,61	0,8	0,41	2,8	24,8	0,0	14,1	6,8
23	0,26	5,6	0,26	15,33	0,84	0,43	2,8	24,8	0,0	14,7	7,1
24	0,26	7,0	0,26	16,02	0,88	0,45	2,8	24,8	0,0	15,3	7,3
25	0,26	8,4	0,26	16,68	0,92	0,47	2,8	24,8	0,0	15,8	7,6
26	0,32	9,9	0,33	21,58	1,19	0,6	2,8	24,8	0,0	20,2	9,8
27	0,2	11,3	0,2	13,77	0,76	0,39	2,8	24,8	0,0	12,8	6,2

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

28	0,26	12,5	0,27	19,07	1,05	0,53	2,8	24,8	0,0	17,7	8,6
29	0,26	13,9	0,27	20,07	1,1	0,56	2,8	24,8	0,0	18,5	9,0
30	0,26	15,4	0,27	21,04	1,16	0,59	2,8	24,8	0,0	19,3	9,4
31	0,26	16,8	0,27	21,97	1,21	0,62	2,8	24,8	0,0	20,1	9,8
32	0,26	18,2	0,28	22,87	1,26	0,64	2,8	24,8	0,0	20,9	10,3
33	0,26	19,7	0,28	23,74	1,31	0,66	2,8	24,8	0,0	21,6	10,7
34	0,26	21,2	0,28	24,56	1,35	0,69	2,8	24,8	0,0	22,3	11,1
35	0,26	22,6	0,28	25,35	1,39	0,71	2,8	24,8	0,0	23,0	11,6
36	0,26	24,1	0,29	26,1	1,44	0,73	2,8	24,8	0,0	23,7	12,1
37	0,26	25,6	0,29	26,8	1,47	0,75	2,8	24,8	0,0	24,3	12,5
38	0,26	27,1	0,29	27,47	1,51	0,77	2,8	24,8	0,0	24,9	13,0
39	0,26	28,7	0,3	28,09	1,54	0,79	2,8	24,8	0,0	25,5	13,5
40	0,26	30,3	0,3	28,66	1,58	0,8	2,8	24,8	0,0	26,1	14,0
41	0,26	31,9	0,31	29,19	1,61	0,82	2,8	24,8	0,0	26,7	14,6
42	0,26	33,5	0,31	29,66	1,63	0,83	2,8	24,8	0,0	27,2	15,1
43	0,26	35,2	0,32	30,09	1,65	0,84	2,8	24,8	0,0	27,7	15,7
44	0,26	36,8	0,33	30,45	1,67	0,85	2,8	24,8	0,0	28,2	16,4
45	0,26	38,6	0,33	30,75	1,69	0,86	2,8	24,8	0,0	28,7	17,0
46	0,26	40,3	0,34	30,99	1,7	0,87	2,8	24,8	0,0	29,2	17,8
47	0,26	42,2	0,35	31,16	1,71	0,87	2,8	24,8	0,0	29,6	18,6
48	0,26	44,0	0,36	31,25	1,72	0,88	2,8	24,8	0,0	30,0	19,4
49	0,26	46,0	0,38	31,26	1,72	0,88	2,8	24,8	0,0	30,4	20,3
50	0,26	48,0	0,39	31,18	1,71	0,87	2,8	24,8	0,0	30,7	21,4
51	0,26	50,1	0,41	30,99	1,7	0,87	2,8	24,8	0,0	31,0	22,6
52	0,26	52,3	0,43	30,68	1,69	0,86	2,8	24,8	0,0	31,2	23,9
53	0,26	54,6	0,45	30,24	1,66	0,85	2,8	24,8	0,0	31,4	25,5
54	0,32	57,3	0,59	36,04	1,98	1,01	2,8	24,8	0,0	38,4	33,7
55	0,2	59,9	0,41	22,31	1,23	0,62	2,8	24,8	0,0	24,4	23,2
56	0,26	62,5	0,57	27,23	1,5	0,76	2,8	24,8	0,0	30,6	31,9
57	0,26	65,6	0,63	25,43	1,4	0,71	2,8	24,8	0,0	29,6	35,1
58	0,26	69,2	0,74	23,18	1,27	0,65	2,8	24,8	0,0	28,1	39,7
59	0,26	73,5	0,92	20,21	1,11	0,57	2,8	24,8	0,0	25,6	47,7
60	0,26	86,1	3,86	15,76	0,87	0,44	2,8	24,8	0,0	11,3	221,5

9.3. Commento alle verifiche di stabilità

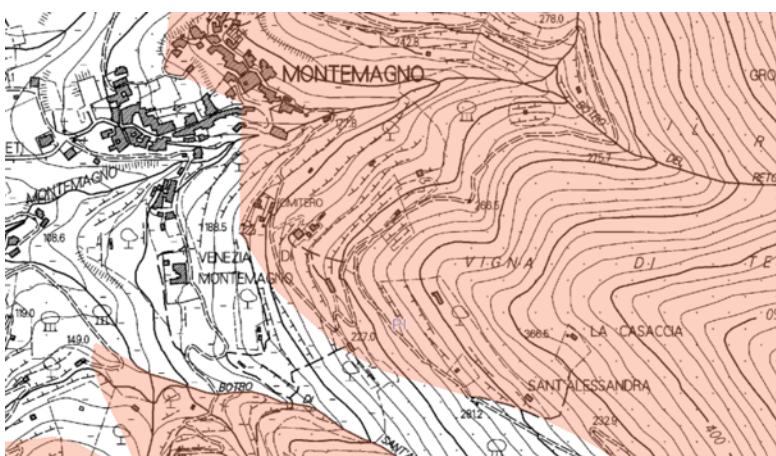
La verifica in condizioni di progetto conduce ad un valore di $F_{s\min}=1,163 > 1,10$ ed è, quindi, **soddisfatta**.

10. Altri interventi

Le opere in progetto si concludono mediante il ripristino di porzioni di muratura a secco “spanciate” mediante operazioni di scuci e cuci. Tali interventi dovranno essere realizzati manualmente non ci sono particolari prescrizioni geologico tecniche da seguire che non siano quelle delle lavorazioni a regola d’arte in periodi asciutti.

La regimazione delle acque viene conseguita con un’opera di un certo impegno ingegneristico. Si prevede, infatti, la realizzazione di una tubatura interrata, in asse alla sede stradale, dotata di griglie e dissipatori di pressione che avrà lo scopo di raccogliere le acque meteoriche sino a condurle nel Fosso di Montemagno. Tale opera non conduce a particolari prescrizioni geologico tecniche da seguire che non siano quelle delle lavorazioni a regola d’arte in periodi asciutti.

11. Vincolo idrogeologico



Con le modifiche introdotte con la L.R. 2.1.2003 n° 1 alla Legge Forestale della Toscana (L.R. 21.3.2000 n° 39) e dal Regolamento Forestale della Toscana (D.P.G.R. 8.8.2003) dal 1° Gennaio 2004 sono state trasferite dalle Province ai Comuni alcune delle competenze relative alle autorizzazioni alla trasformazione dei boschi e dei suoli. In particolare nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del Titolo I, Capo I del R.D. n. 3267/1923 sono soggetti a specifica autorizzazione comunale la trasformazione della destinazione d'uso dei terreni attuata per la realizzazione di edifici, manufatti

edili, opere infrastrutturali ed altre opere costruttive e la realizzazione di ogni opera o movimento di terreno non connessa alla coltivazione dei terreni agrari ed alla sistemazione idraulico-agraria e idraulico-forestale che possa alterare la stabilità dei terreni e la regimazione delle acque degli stessi. Il Consiglio Comunale, con la Deliberazione n° 47 del 22.7.04 ha approvato il Regolamento per la disciplina dell'organizzazione e dello svolgimento delle funzioni relative al Vincolo Idrogeologico e Forestale. Il DPGR del 5 maggio 2015, n. 53/R, infine, ha definito le modifiche al regolamento emanato con decreto del Presidente della Giunta regionale 8 agosto 2003, n. 48/R (Regolamento Forestale della Toscana).

La zona in esame **rientra** nelle aree soggette a vincolo idrogeologico ed è parzialmente boscata.

Le opere devono, dunque, essere realizzate in accordo con quanto definito all'interno del Regolamento Forestale dall'art. 100 comma 5 e conformità al Capo I Sezione II in particolare:

Art. 74 – regimazione delle acque

Le acque di ruscellamento superficiale di origine meteorica saranno regimate, nell'area d'intervento, mediante la posa in opera di una tubazione posta in asse alla sede stradale (v. relazione tecnica e relativa tavola). Gli impluvi presenti saranno oggetto d'interventi di ripulitura e ripristino della funzionalità idraulica.

Art. 75 Indagini geologiche

Al fine di valutare le caratteristiche geologico tecniche dei terreni abbiamo recuperato gli esiti di una precedente campagna geognostica. I risultati possono essere così sintetizzati:

Parametri geotecnici caratteristici

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità base strato da piano campagna (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (KPa)
Mo:	Modulo Edometrico (Mpa)
Ey:	Modulo di Young (Mpa)
Puv:	Peso unità di volume (kN/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (kN/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)

Nr.	Descrizione	Prof.	Tipo	Cu	C'	Mo	Ey	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	Sabbia limosa di colore giallo ocra (dpsh2)	2,8	CI	7	5	25	25	19	19,5	40	30
2	Livello prevalentemente ghiaioso in matrice sabbiosa debolmente argillosa di colore mattone (dpsh2)	4,20	CI	23	5	50	30	20	21	73	35
3	Livello addensato prevalentemente ghiaioso in matrice sabbiosa debolmente argillosa di colore mattone (dpsh2)	10	CI	15	5	30	30	20	21	50	35
4	Livello fortemente alterato costituito da un'alternanza di quarziti e Filladi (dpsh2)	21,5	CI	50	10	100	100	21	22	80	>35
5	Substrato lapideo costituito da un'alternanza di quarziti e Filladi	>21,5	I	100	100	5000	5000	22	22	90	>35

I valori dei parametri geotecnici relativi al livello 5 sono ripresi da notazioni bibliografiche.

Le verifiche di stabilità globale condotte (vedi capitoli precedenti) hanno ottenuto valori di coefficienti di sicurezza sufficienti all'ottenimento degli intenti progettuali.

Art. 76 Scavi e riporti di terreno

I lavori in progetto produrranno materiali di scavo e di riporto (vedi relazione tecnica). Le eventuali eccedenze saranno gestite all'interno del cantiere.

12.Terre e rocce di scavo

In ordine alle modifiche introdotte dal DM 161/2012 del 12/08/2012 riguardo la trattazione delle terre e rocce di scavo si riporta quanto deliberato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare – Registro ufficiale Uscita Prot. 0036288-14/11/2012-ST

Oggetto: Richiesta di chiarimenti in merito al DM 161/2012 del 12/08/2012 da parte dell'Ordine dei Geologi della Regione Umbria

I quesiti posti all'attenzione del Sig. Capo di Gabinetto sono sostanzialmente due: il primo, riguarda l'applicabilità del DM in oggetto ai materiali da utilizzare nel sito di produzione, mentre il secondo, riguarda le così dette "piccole quantità".

In merito al primo quesito la risposta è intrinseca all'indicazione del campo di applicazione del decreto legislativo 152/06 e smi dal quale il "Regolamento" discende. Infatti l'art. 185, così come costituito dall'art13 del d.lgs n. 205 del 2010, norma "le esclusioni dal campo di applicazione" e al comma 1 lettera c) riporta: il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato scavato.

Il DM 161/12 non tratta quindi il materiale riutilizzato nello stesso sito in cui è prodotto.

*In merito al secondo aspetto, il DM in oggetto non ha trattato l'argomento in quanto l'art. 266, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 così come modificato dall'art.2, comma 45 bis, d.lgs n.4 del 2008 indicava la necessità di un diverso decreto in quanto: "Con successivo decreto, adottato dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con i Ministri delle infrastrutture e dei trasporti, delle attività produttive e della salute, è dettata la disciplina per la semplificazione amministrativa delle procedure relative ai materiali, ivi incluse le terre e le rocce da scavo, provenienti da cantieri di piccole dimensioni la cui produzione **non superi i seimila metri cubi** di materiale nel rispetto delle disposizioni comunitarie in materia."*

La gestione e il riutilizzo delle terre provenienti dagli scavi è, quindi, affidata alle disposizioni del D.Lgs 152/2006 e del D.Lgs. n.4 del 16 gennaio 2008 art. 186: "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".

In particolare: *le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati all'interno dell'area di cantiere purché:*

- a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;
- b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;
- c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo, sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate;
- d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;
- e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica;
- f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non sia contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;
- g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata. L'impiego di terre da scavo nei processi industriali come sottoprodotti, in sostituzione dei materiali di cava, e' consentito nel rispetto delle condizioni fissate all'articolo 183 del D.Lgs. 152/06.

La gestione delle terre, come da progetto, sarà, gestita in accordo con le normative vigenti.

13.Parametri sismici (NTC 2008)

La normativa in tema di zonazione sismica, antecedente l'OPCM 3274 e il Decreto Ministeriale 14/01/2008, prevedeva che alle zone di 1^a, 2^a e 3^a categoria venissero associati valori del "coefficiente di sismicità" S (accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico) attraverso la

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

seguente relazione: $C = S - 2/100$ dove S rappresenta il grado di sismicità della zona rispettivamente di 12, 9 e 6.

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8). La Regione Toscana, in applicazione dell'O.P.C. Min. n. 3274 del 20 marzo 2003 con la Delibera n° 604 del 16/06/2003 (Allegati 1 e 2) ha provveduto a una nuova classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale max convenzionale (di ancoraggio) dello spettro di risposta elastica (a_g)
1	0.25 g $< a_g < 0.35$ g	0.35 g
2	0.15 g $< a_g < 0.25$ g	0.25 g
3	0.05 g $< a_g < 0.15$ g	0.15 g
4	< 0.05 g	0.05 g

La successiva classificazione (Deliberazione di G.R.T.N.431 del 19 giugno 2006) prevede per alcuni comuni del territorio regionale una declassazione da zona a media sismicità a zona a bassa sismicità (da zona 2 a zona 3), pertanto è stato ritenuto opportuno mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, prevedendo di conseguenza l'individuazione di una zona 3s.

Il territorio comunale di **Calci** rientra nella **Classe 3** con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0,15 g.



In accordo con le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) si riportano i parametri sismici sitospecifici.

13.1.Categoria di suolo

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa e a tale proposito vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Tabella 3.2.II	Categorie di sottosuolo
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>
Tabella 3.2.III	Categorie aggiuntive di sottosuolo
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i 30 metri di profondità, ed è calcolata con la seguente relazione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

13.1.1. Indagine geofisica

Al fine di acquisire dati di supporto alla fase progettuale abbiamo eseguito, come detto, uno stendimento sismico a rifrazione.



Ubicazione stendimento sismico (freccia rossa)



Traccia stendimento sismico eseguito

13.1.2. Principi

La sismica attiva utilizza le onde sismiche (sonore), la cui propagazione dipende dalle caratteristiche elastiche del mezzo e quindi i principi di tale metodologia si fondano sulla teoria dell'elasticità. Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità attraverso i diversi litotipi e subiscono sulle superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. A seconda che si utilizzino le onde riflesse o le onde riferate (che subiscono solo rifrazioni secondo l'angolo critico) si hanno i due metodi di prospezione sismica: quello a riflessione e quello a rifrazione.

Tutte le metodologie della sismica si basano sulla tecnica di generare onde sismiche in un punto del terreno (tramite piccole cariche esplosive, un apposito fucile esploditore, una mazza battente, etc.) e di rilevarne l'arrivo, mediante sensori (geofoni), in altri punti. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti al di sotto della zona di indagine.

Un'onda può essere definita come un disturbo elastico che si propaga da punto a punto attraverso un materiale, o sulla sua superficie senza che ciò implica uno spostamento definitivo di materiale. Tranne che nelle immediate vicinanze di una sorgente sismica naturale, solitamente una faglia, le rocce tornano nella posizione di partenza, dopo il passaggio dei moti transienti prodotti dalla stessa sorgente. Vibrazioni di questo tipo producono piccole deformazioni elastiche, in risposta alle forze agenti all'interno delle rocce (stress).

La teoria dell'elasticità lineare fornisce le relazioni matematiche per descrivere, mediante deformazioni e stress, il moto del materiale (chiamato di solito impropriamente suolo o terreno) causato da una sorgente sismica. Applicate le giuste condizioni al contorno tale moto è descrivibile attraverso funzioni oscillanti del tempo (onde).

Nello studio di un mezzo solido un concetto estremamente utile è quello di continuo; la materia è descritta come una quantità distribuita continuamente nello spazio ed omogeneamente lungo le tre dimensioni. La sismologia considera inoltre fenomeni che producono deformazioni piccole avvenute in piccoli periodi di tempo (nel caso specifico pochi millisecondi). In questo modo è possibile applicare, per la descrizione dei nostri fenomeni, la teoria della deformazione infinitesima.

13.1.3. Programma di calcolo utilizzato.

InterSism è un programma che permette di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismica utilizzando il metodo della rifrazione. Il programma è in grado di eseguire ogni fase dell'elaborazione in modo completamente automatico, pur lasciando la possibilità di intervenire manualmente per garantire un completo controllo del processo di calcolo.

Il programma InterSism estrae i dati di campagna direttamente da file in formato compatibile oppure permette di inserire direttamente i valori dei Primi Arrivi, richiedendone l'eventuale completamento qualora alcune informazioni, ad esempio la posizione dei geofoni o degli spari, non fossero state memorizzate nello strumento.

La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei Primi Arrivi; il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. I Primi Arrivi possono quindi essere verificati ed eventualmente corretti manualmente operando direttamente sui segnali originali.

La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; InterSism può elaborare fino a nove spari, di cui tre interni allo stendimento, ed utilizza un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica che garantisce il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo precedentemente determinati.

E' importante sottolineare che per poter eseguire correttamente le successive fasi della elaborazione è indispensabile che gli spari effettuati alle estremità dello stendimento contengano segmenti di dromocrone relative a tutti gli strati attraversati.

Nella prima fase il programma lavora sulle singole dromocrone, nell'ipotesi che il numero di strati sia quello scelto dall'utente, e determina ogni possibile distribuzione dei punti di ginocchio; quindi confronta i risultati ottenuti per le diverse dromocrone al fine di identificare, fra tutte le possibili combinazioni di punti di ginocchio, quella che minimizza gli scarti quadratici medi delle velocità di ogni strato, riuscendo così ad assegnare i segmenti delle dromocrone ai rifrattori corretti.

Anche in questo caso è possibile intervenire manualmente sia in termini di numero di strati interessati da ciascuno sparo sia in termini di posizione dei punti di ginocchio.

Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, InterSism passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) per l'identificazione della geometria dei rifrattori: il programma utilizza una procedura automatizzata che, partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profoundità convenzionale) e dalla profondità presunta (precedentemente calcolata al disotto di ciascun geofono), sperimenta diversi valori XY al fine di determinare la distanza XY ottimale, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergono in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

13.1.4. Analisi dei risultati

Le sezioni individuano uno spessore di terreno ad omogenee caratteristiche geofisiche, che in base al risultato delle indagini geognostiche attribuiamo costituito da una coltre detritica di origine alluvionale.

All'interno dell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 per le costruzioni in zona sismica, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono definite le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

Per la definizione dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica si è eseguita una campagna geofisica a rifrazione composta da uno stendimento a rifrazione ubicato come riportato nella figura allegata. Lo stendimento è stato attrezzato con geofoni orizzontali per la lettura delle onde trasversali (Onde S).

Il sismografo utilizzato è un DOLANG DBS 270 TK a 12 canali con possibilità di incremento e sovrapposizione del segnale di energizzazione, con cannone sismico, e frequenza di campionamento di 3.000 Hz.

Per lo stendimento abbiamo utilizzato un interasse tra i punti di registrazione, geofoni, di 3 m. A 3 m di distanza dai due estremi dello stendimento sono stati eseguiti gli scoppi di andata e ritorno; a 19,50 m di distanza dallo scoppio di andata abbiamo, infine, eseguito uno scoppio centrale alla stesa di geofoni.

L'interpretazione dei risultati è stata effettuata analizzando ciascun treno d'onde, registrato da ogni geofono, e misurando il tempo di primo arrivo dei fronti d'onda rifratti.

Nelle tabelle allegate sono riportati i principali dati che hanno permesso l'individuazione di una sezione sismica con individuati gli spessori di terreno caratterizzati da omogenee velocità delle onde orizzontali.

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Consolidamento dell'area del Cimitero
Località: Montemagno - Comune di Calci (PI)

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	MONTE_DOL_A.adt
19.50	0.00	MONTE_DOL_C.cdt
39.00	0.00	MONTE_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 19.50 [ms]	FBP da 39 [ms]
1	3.00	0.00	93.99	82.71	206.78
2	6.00	0.00	106.88	78.42	204.63
3	9.00	0.00	121.36	69.29	190.13
4	12.00	0.00	132.83	52.17	180.46
5	15.00	0.00	143.93	39.59	167.57
6	18.00	0.00	158.36	20.35	154.68
7	21.00	0.00	165.39	15.54	142.87
8	24.00	0.00	172.05	33.67	133.20
9	27.00	0.00	173.53	63.27	116.01
10	30.00	0.00	177.23	72.52	100.44
11	33.00	0.00	182.78	86.95	73.05
12	36.00	0.00	188.70	96.57	42.97

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]	Dist. Rifr. 3 [m]
1	3.2	6.0	12.5
2	3.4	5.5	12.6
3	3.3	5.7	12.6
4	3.2	5.9	13.0
5	3.0	5.9	13.6
6	3.0	5.5	13.9
7	2.7	5.7	14.7
8	2.8	5.1	14.4
9	3.0	4.8	14.3
10	2.7	4.5	15.4
11	2.1	6.1	16.4
12	1.9	7.3	16.5

VELOCITA' DEGLI STRATI

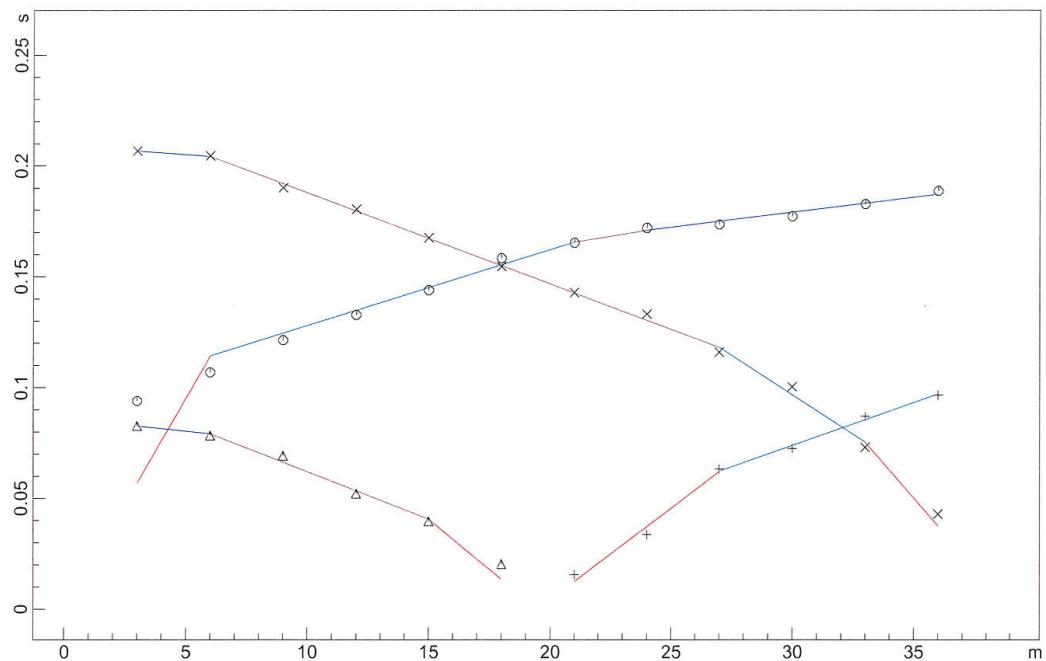
N. Strato	Velocità [m/s]
1	81.7
2	204.5
3	279.2
4	825.9

Comune di Calci (PI)

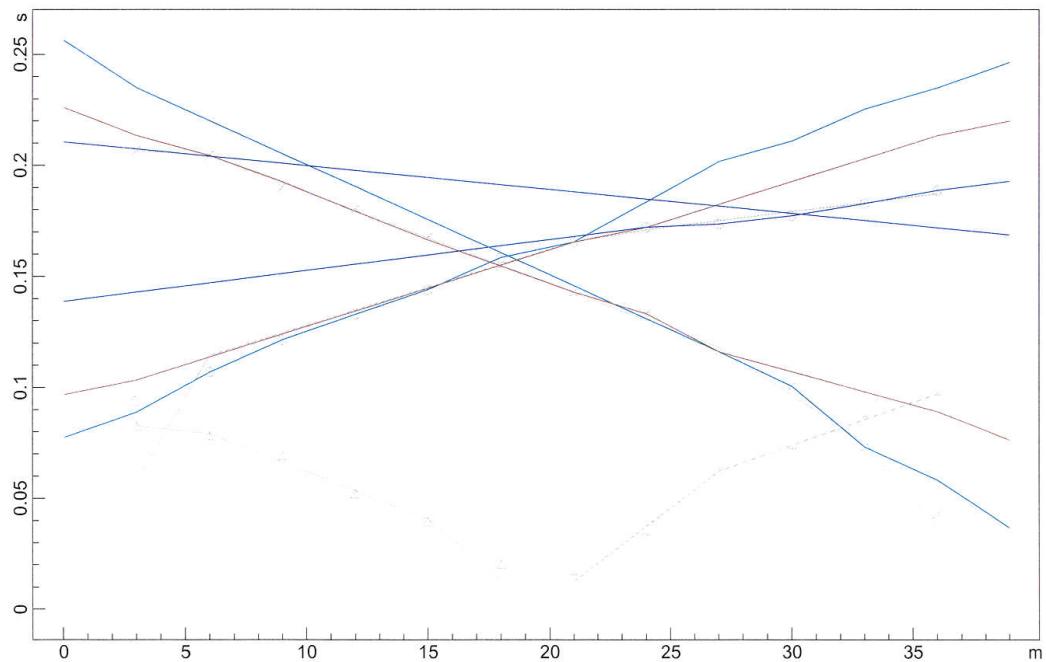
Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Consolidamento dell'area del Cimitero
Località: Montemagno - Comune di Calci (PI)

DROMOCRONE ORIGINALI



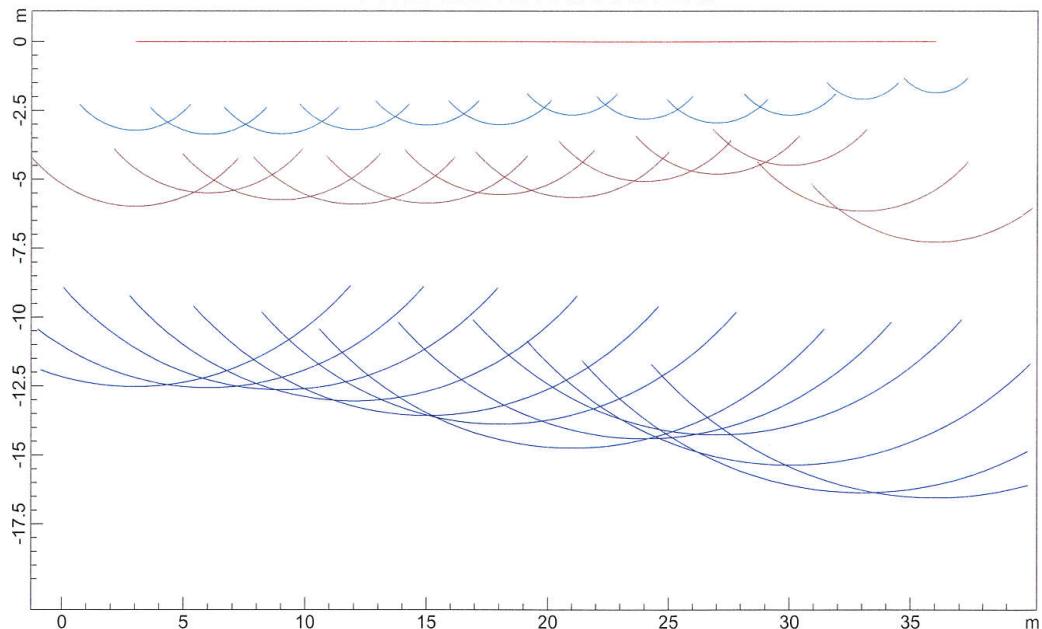
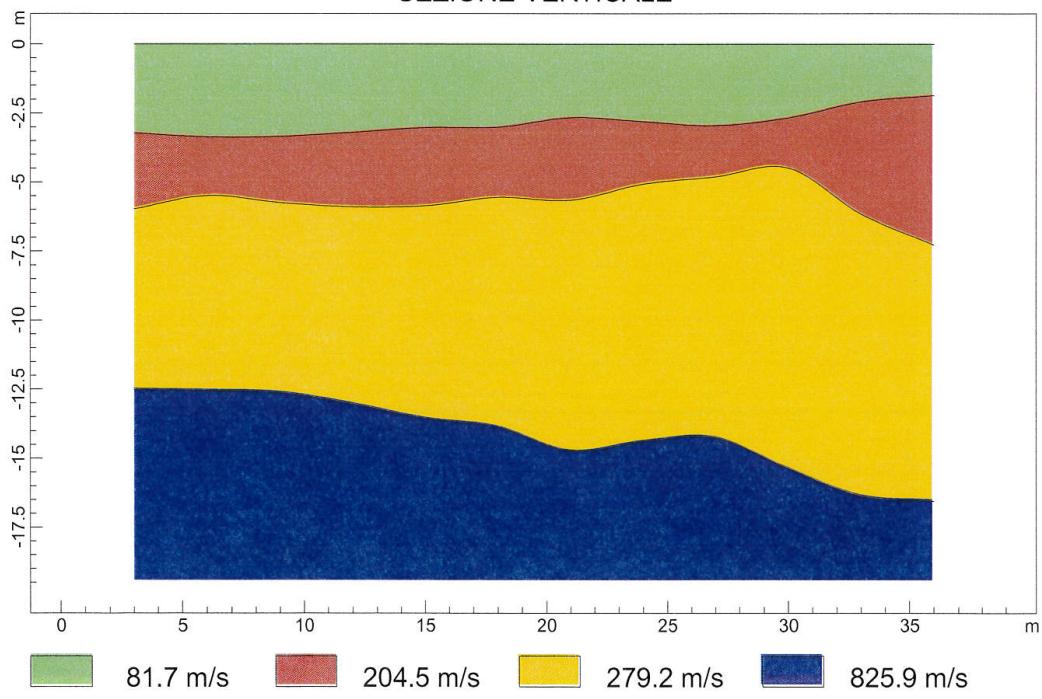
DROMOCRONE TRASLATE



Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Consolidamento dell'area del Cimitero
Località: Montemagno - Comune di Calci (PI)

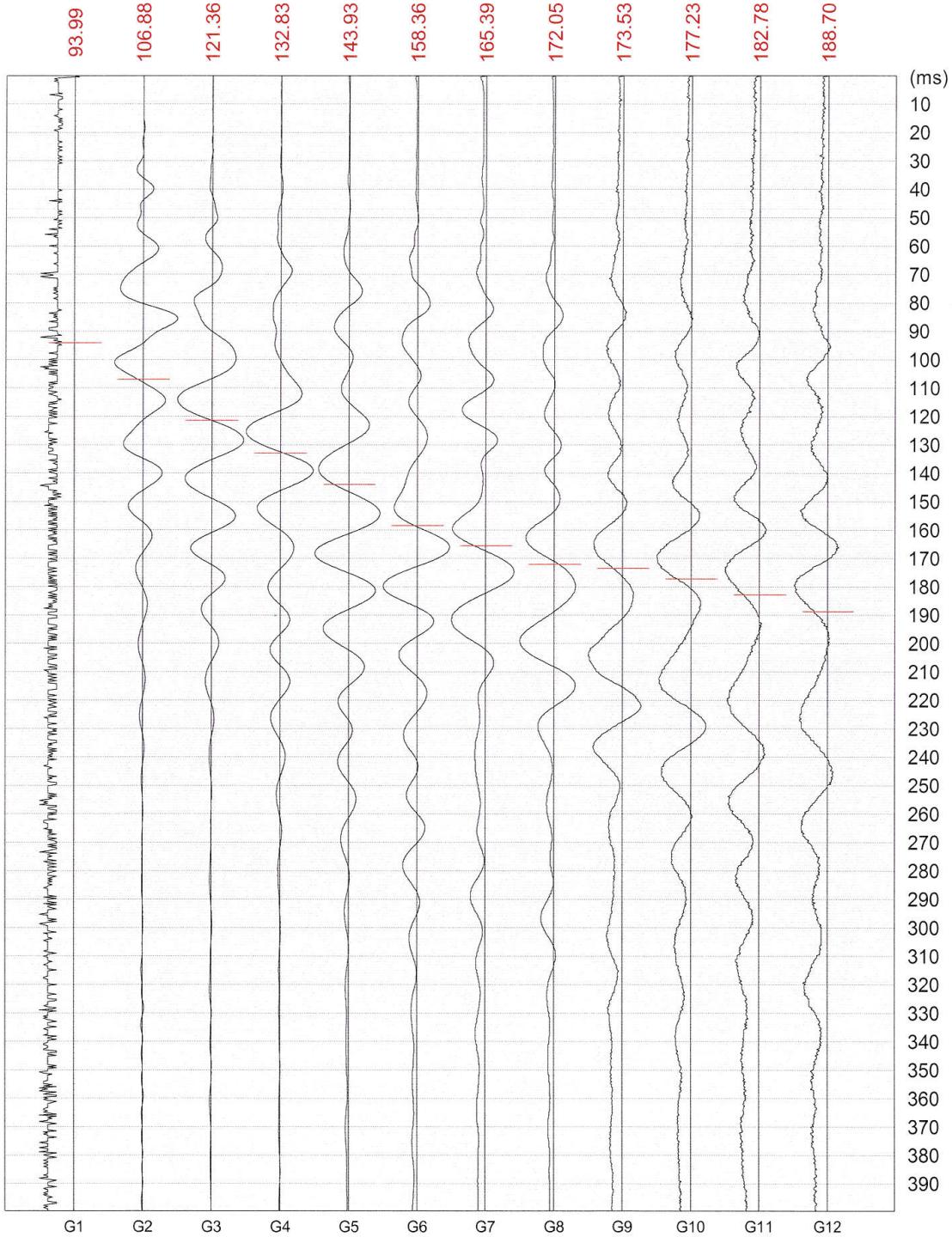
PROFONDITA' RIFRATTORI**SEZIONE VERTICALE**

www.geoandsoft.com

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

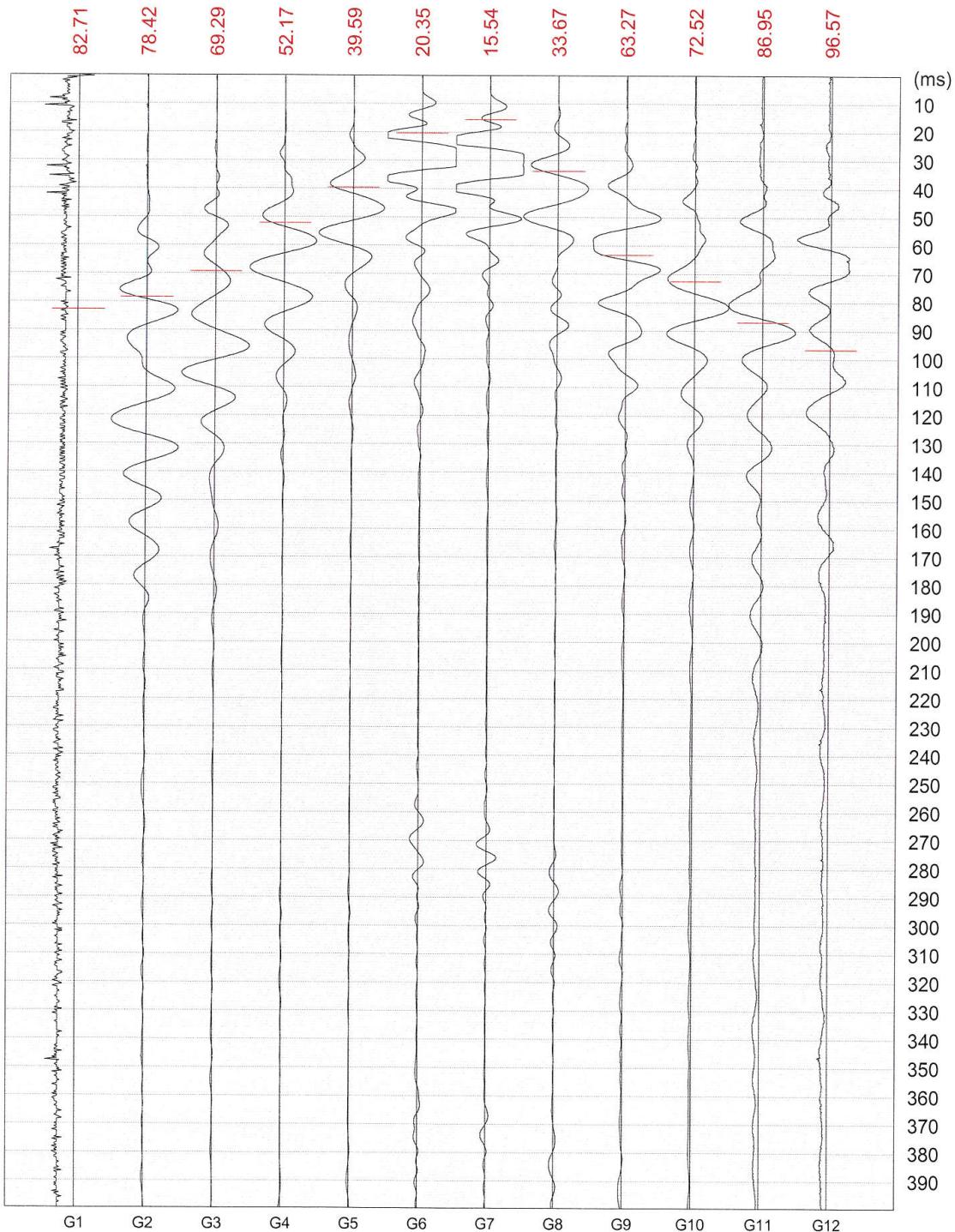
Consolidamento dell'area del Cimitero
Località: Montemagno - Comune di Calci (PI)



Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

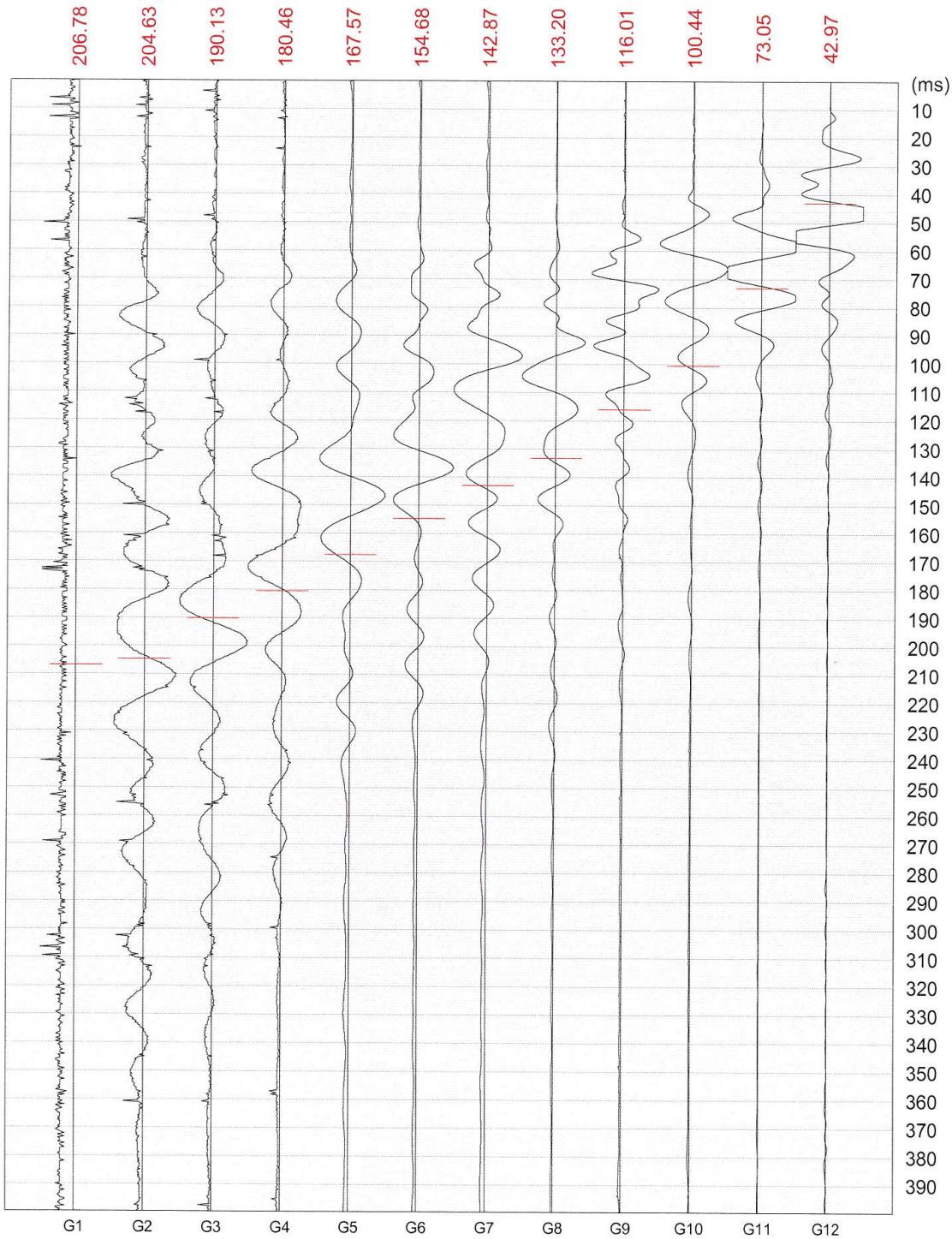
Consolidamento dell'area del Cimitero
Località: Montemagno - Comune di Calci (PI)



Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Consolidamento dell'area del Cimitero
Località: Montemagno - Comune di Calci (PI)



Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

Data novembre 2017

	Prof. liv. 1 (m)	Prof. liv. 2 (m)	Prof. liv. 3 (m)
3,20	6,00	12,50	
3,40	5,50	12,60	
3,30	5,70	12,60	
3,20	5,90	13,00	
3,00	5,90	13,60	
3,00	5,50	13,90	
2,70	5,70	14,70	
2,80	5,10	14,40	
3,00	4,80	14,30	
2,70	4,50	15,40	
2,10	6,10	16,40	
1,90	7,30	16,50	
Valori medi			
2,86	5,67	14,16	
Spessori "pesati"			
2,86	2,81	8,49	15,84
Vel. liv. 1 (m/sec)	Vel. liv. 2 (m/sec)	Vel. liv. 3 (m/sec)	Vel. liv. 4 (m/sec)
81,70	204,50	279,20	825,90

Nel caso in questione si ritiene che sia possibile inserire il profilo stratigrafico del sottosuolo nella Categoria di suolo di fondazione E

Vs30 305,15

13.2. Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

La ristretta zona di intervento è da considerarsi in Categoria T2.

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

13.3. Parametri sismici sitospecifici

Via n°

Comune Cap

Provincia

WGS84 (°)

Latitudine Longitude

Isole

(1)* Coordinate WGS84 (°)
Latitudine Longitude

(2)* Coordinate ED50 (°)
Latitudine Longitude

Classe dell'edificio

Cu-1
Vita nominale
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie
>=50,
Grandi opere >=100)
Interpolazione

Stato Limite **Tr [anni]** **a_g [g]** **Fo** **Tc' [s]**

Operatività (SLO)	30	0,040	2,574	0,233
Danno (SLD)	50	0,050	2,558	0,250
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,119	2,443	0,284
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,154	2,401	0,287
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

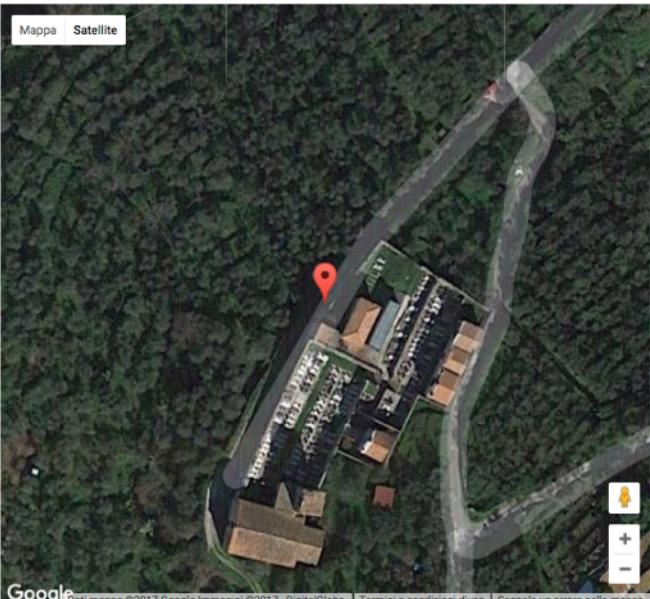
Muri di sostegno Paratie
 Stabilità dei pendii e fondazioni
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

Categoria sottosuolo Categoria topografica

Ss *	SLO	SLD	SLV	SLC
Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,59
Cc *	2,06	2,00	1,90	1,90
Coeff. funz categoria	1,20	1,20	1,20	1,20
St *				
Amplificazione topografica				
Acc.ne massima attesa al sito [m/s ²]	0.6			

	Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,017	0,055	0,071	
kv	0,007	0,009	0,027	0,035	
Amax [m/s ²]	0,761	0,944	2,241	2,890	
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240	



Google Dati mappa ©2017 Google Immagini ©2017, DigitalGlobe | [Termini e condizioni d'uso](#) | [Segnala un errore nella mappa](#)
43.719111, 10.539565

Visualizza vertici della maglia di appartenenza 

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036

14. Conclusioni

Il presente documento costituisce il supporto geologico tecnico alla progettazione esecutiva dell'intervento "Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci".

La presente relazione ha utilizzato, come quadro conoscitivo, gli studi realizzati nel 2003 e nel 2010 dal collega Florindo Granucci e dalla Società GT Consulting a firma della collega Maria Teresa Fagioli.

Il quadro conoscitivo si è avvalso, inoltre, delle cartografie allegate a PS Comunale e dei rilievi geologici di superficie personalmente eseguiti.

Si sono acquisiti, mediante apposito stendimento sismico a rifrazione, i parametri sismici sitospecifici da inserire nei calcoli strutturali.

Al fine di ubicare le indicazioni progettuali e la morfologia dei luoghi abbiamo, infine, eseguito un rilievo geologico e topografico di dettaglio mediante strumentazione GPS della Leica.

In funzione delle indagini e considerazioni svolte nel testo si conclude la fattibilità geologica, geologico-tecnica, idraulica e sismica delle finalità progettuali ai sensi delle disposizioni di legge vigenti.

Pistoia, novembre 2017

Il Geologo:
Dott. Andrea Bizzarri
Iscr. Albo Geologi Toscana n° 644