

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 1 di 40	Rev. 0

Progetto

RIFACIMENTO METANODOTTO SANSEPOLCRO – FOLIGNO
E OPERE CONNESSE

RELAZIONE DI
COMPATIBILITÀ' GEOMORFOLOGICA

ANNESSE 1
VERIFICHE DI STABILITÀ'



0	Emissione	Polloni/Gasperini	Battisti	Luminari	30.09.2021
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 2 di 40	Rev. 0

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	5
3	VERIFICHE DI STABILITÀ.....	9
3.1	Met. Sansepolcro Foligno, trenchless Umbertide 1-2 (progr. 43+402 – 43+797)	9
3.1.1	Assunzioni di calcolo	9
3.1.2	Risultati	10
3.2	Met. Sansepolcro Foligno, localita Caldarelli (progr. 44+481 – 44+826)	26
3.2.1	Assunzioni di calcolo	26
3.2.2	Risultati	27

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 3 di 40	Rev. 0

1 PREMESSA

Il presente documento, allegato alla Relazione di compatibilità geomorfologica LSC-119, riporta le verifiche di stabilità eseguite in corrispondenza dei pendii classificati a pericolosità da frana da PAI/IFFI, attraversati dal tracciato del metanodotto in esame.

Tali verifiche si basano sui dati ricavati dalle indagini geognostiche e geofisiche nonché dei rilievi tipografici eseguiti allo scopo, integrate dal rilevamento sul posto delle caratteristiche geomorfologiche dei siti.

Come già riportato nella relazione di compatibilità geomorfologica (LSC-119) il tracciato del metanodotto, prescelto tra le varie alternative analizzate, è quello che offre le maggiori garanzie realizzative e di minor impatto in termini paesaggistici ed idrogeologici.

Esso si snoda per la quasi totalità del suo sviluppo lungo il fondovalle della valle dell'Alto Tevere e della Valle Umbra in zone assolutamente pianeggianti, nelle quali pertanto non sussistono problematiche relative alla stabilità di versante.

Solamente nell'intorno di Umbertide, relativamente al metanodotto principale Sansepolcro-Foligno, si attraversano zone collinari in cui, a seguito della morfologia dei siti e delle caratteristiche geotecniche dei terreni, sussistono aree a pericolosità geomorfologica relative alla stabilità dei versanti come perimetrate dalla cartografia PAI e segnalate da IFFI.

n.	Denominazione	Pericolosità	Da km	a km	Percorr. km	Comune
Metanodotto Sansepolcro – Foligno DN 400 (16") – DP 75 bar						
1	Frana per scivolamento quiescente – IFFI 2 –	P3	43,402	43,581	0,179	Umbertide (PG)
2	Frana per scivolamento - elemento presunto –	P1	43,581	43,666	0,085	
3	Frana per colamento quiescente – IFFI 4 –	P3	43,766	43,797	0,031	
4	Frana complessa - elemento presunto –	P1	44,481	44,826	0,345	

Il tratto in cui ricadono le prime tre situazioni di interferenza sopraelencate (n. 1, n. 2, n. 3), contigue l'una all'altra, viene attraversato dal tracciato con un'unica soluzione *trenchless* che permette l'installazione della condotta ad una elevata profondità (circa 40 m dal p.c.) tale da passare in assoluta sicurezza al di sotto dei vari corpi di frana.

Il progetto nella soluzione base prevede l'adozione della tecnologia della *trivellazione orizzontale controllata* (TOC); alternativamente il progetto prevede la tecnologia del *direct pipe* (v. LSC-100, cap. 4.4). Entrambe le soluzioni si reputano fattibili e la scelta definitiva viene lasciata alla fase di progettazione di dettaglio in funzione di eventuali ulteriori elementi acquisiti in merito alle condizioni del sottosuolo e alle condizioni logistiche locali.

Per la rimanente interferenza (n. 4) il metanodotto viene installato con tecnica tradizionale a cielo aperto, dal momento che le analisi di stabilità evidenziano l'assenza di pericolosità di movimenti gravitativi.

Allo scopo sono state eseguite analisi di stabilità in condizioni statiche ed anche dinamiche dei pendii interferiti, finalizzate a verificare le profondità delle possibili superfici di scivolamento e la stabilità dei pendii attraversati.

Per il pendio che verrà attraversato in profondità con opera *trenchless* (n. 1, n. 2, n. 3) si è effettuata la verifica per la sola fase *ante operam*, in quanto l'attraversamento in questo caso non altera in superficie lo stato dei luoghi.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 4 di 40	Rev. 0

Anche per l'altra situazione di interferenza, sono state eseguite solo verifiche nelle condizioni *ante operam* dal momento che i relativi risultati già mostravano una sufficiente condizione di stabilità.

Il modello stratigrafico e i parametri geotecnici utilizzati per le verifiche sono stati desunti sulla base delle indagini effettuate, delle evidenze in campo.

Per le verifiche in campo dinamico, si è ricorsi a verifiche di tipo pseudostatico utilizzando i parametri sismici derivanti dalla pericolosità sismica di base per le singole localizzazioni tenendo in conto il fattore di amplificazione al sito in funzione della categoria di sottosuolo e del fattore topografico (in accordo con NTC 2018).

Le verifiche, sia in campo statico che dinamico (di tipo pseudostatico), sono state eseguite con il software Slope di Geostru utilizzando il metodo di Fellenius per le verifiche automatiche con ricerca della superficie circolare più instabile e con il metodo di Jambu nel caso di superfici prestabilite.

Pur non fissando le NTC 2018 dei valori specifici del fattore di sicurezza (v. 6.3.4), si ritiene di sufficiente sicurezza un fattore di sicurezza $F_s \geq 1.3$ per le verifiche di tipo statico, mentre per quelle pseudostatiche un fattore $F_s \geq 1.1$, in considerazione dell'alto valore dell'azione sismica considerato, che risulta già molto prudenziale essendo il tempo di ritorno prescelto pari a $T_r = 949$ anni.

Nel seguito si riporta l'illustrazione della metodologia utilizzata e quindi le analisi eseguite per le singole situazioni con i risultati ottenuti.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 5 di 40	Rev. 0

2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Definizione

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

Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

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

Metodo equilibrio limite (LEM)

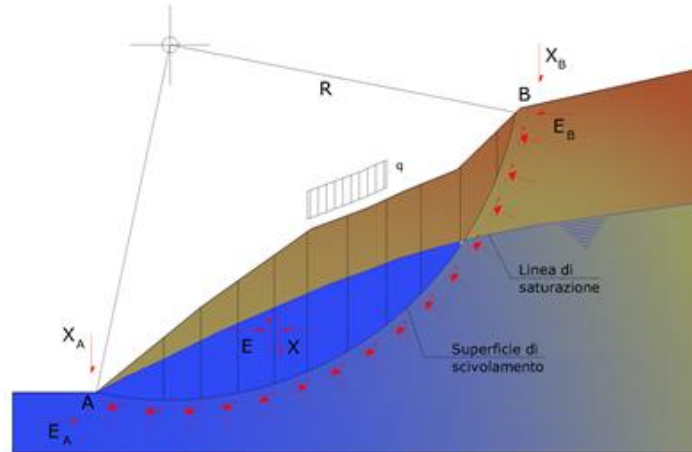
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la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

$$F = \tau_f / \tau$$

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

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

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 6 di 40	Rev. 0



Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii 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_j agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei concii;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- 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.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 7 di 40	Rev. 0

Metodo di Fellenius (1927)

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

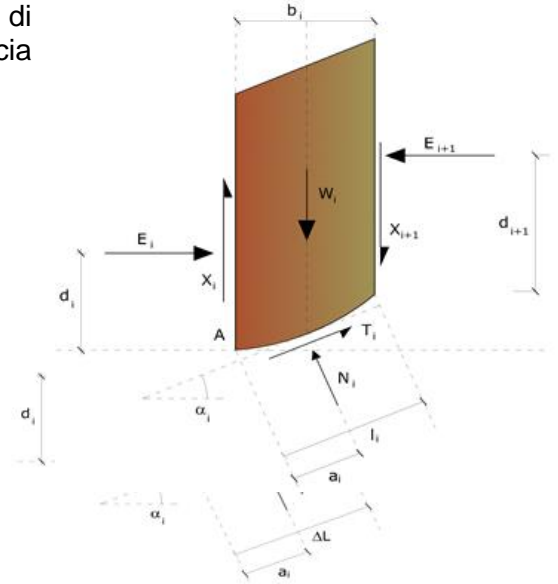
- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite (2n+1).

Le equazioni a disposizione sono:

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

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



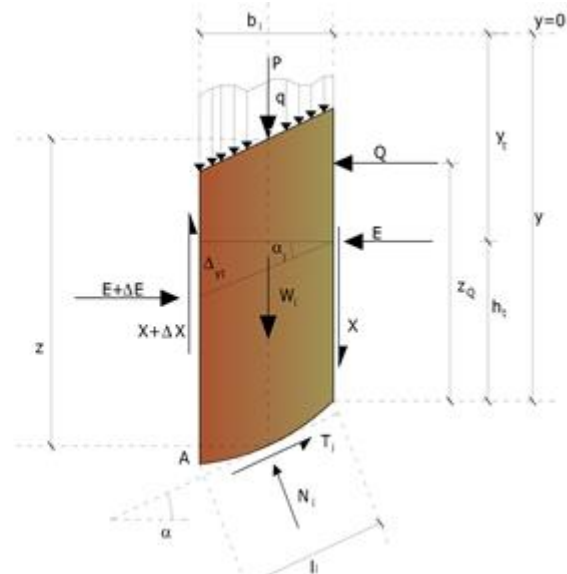
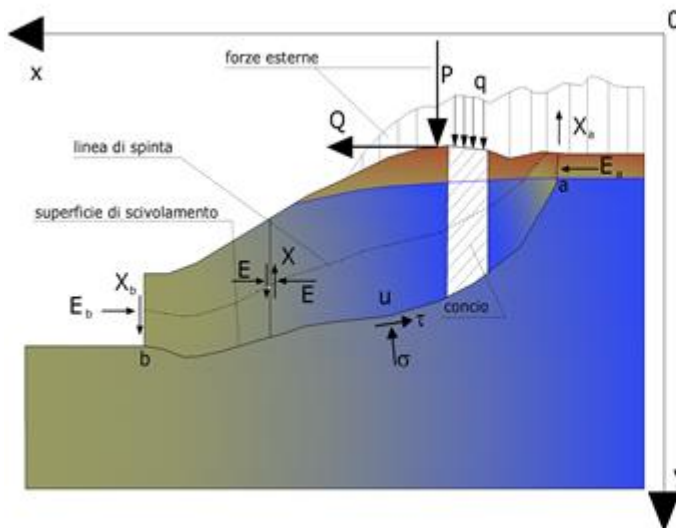
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di 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.

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



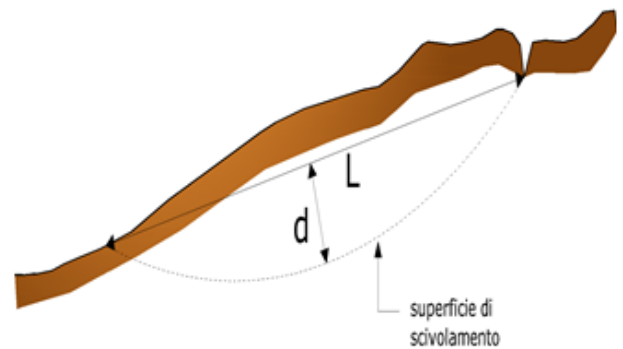
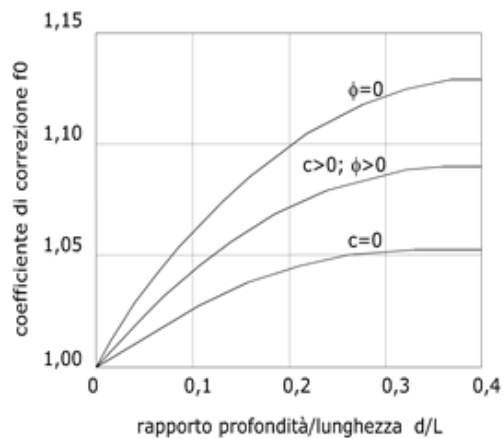
	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 8 di 40	Rev. 0

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:

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

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



	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 9 di 40	Rev. 0

3 VERIFICHE DI STABILITÀ

3.1 Met. Sansepolcro Foligno, trenchless Umbertide 1-2 (progr. 43+402 – 43+797)

Il tratto di tracciato nella zona in oggetto interferisce planimetricamente con delle aree di pericolosità da frana, così come cartografate da PAI/IFFI, delle quali la più estesa è classificata come frana di scivolamento quiescente, cui è attribuito un livello di pericolosità P3.

La condotta viene tuttavia installata con metodologia trenchless ad elevata profondità, appunto con lo scopo di passare a quote inferiori rispetto alla posizione della eventuale superficie di scivolamento.

A tale scopo si è ritenuto opportuno eseguire delle verifiche di stabilità lungo una sezione rappresentativa in massima pendenza, ortogonale al tracciato del metanodotto posato in profondità.

E' stata quindi eseguita una verifica di stabilità in massima pendenza lungo una porzione di pendio, ritenuta rappresentativa, lunga 350 m, ubicata come nello stralcio di figura 3.1/A

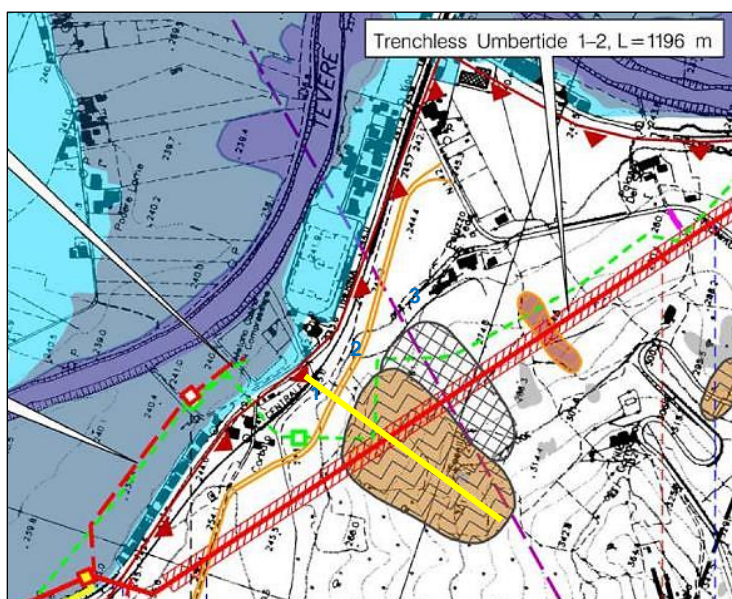


Figura 3.1/A – Localizzazione della verifica (linea gialla)

3.1.1 Assunzioni di calcolo

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito è stata desunta dall'indagine effettuata lungo il versante, costituita da 1 sondaggio geognostico (S 28) e da uno stendimento geosismico. La stratigrafia è rappresentata da un substrato marnoso ricoperto da uno strato eluvio-colluviale di spessore assai variabile lungo il profilo con spessori che per la maggior parte del profilo sono compresi tra 5 e 10 m.

Strato	Terreno	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)
1	Argilla e argilla limosa con rari clasti, consistente	18	20	20	0
2	Roccia marnosa, a tratti fratturata	19	21	35	100

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 10 di 40	Rev. 0

La superficie piezometrica, per prudenza, è stata supposta possa essere superficiale fino ad 1 m dal piano campagna.

La caratterizzazione dei parametri di pericolosità sismica sono stati desunti, tramite il soft Geostru PS, dalla tabella B delle NTC 2018 e rapportati al sito considerando il fattore di amplificazione stratigrafica (sottosuolo di categoria B) e topografica (Categoria T1).

I coefficienti sismici in tali ipotesi sono i seguenti.

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Stato limite	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
Operatività (SLO)	1,200	1,420	1,000	0,023	0,011	1,114	0,200
Danno (SLD)	1,200	1,420	1,000	0,034	0,017	1,404	0,240
Salvaguardia della vita (SLV)	1,140	1,390	1,000	0,086	0,043	3,022	0,280
Prevenzione dal collasso (SLC)	1,070	1,380	1,000	0,102	0,051	3,559	0,280

3.1.2 Risultati

Sono state eseguite analisi di stabilità lungo il profilo in massima pendenza sia con ricerca della superficie circolare più instabile che lungo la superficie di scivolamento parallela al pendio ritenuta più verosimile e più instabile, al limite inferiore dello strato di copertura. Per ciascun tipo di analisi si sono condotte analisi in condizioni sia statiche che dinamiche, supponendo la superficie piezometrica superficiale.

Dalle verifiche si sono ottenuti i seguenti risultati:

-superficie circolare più instabile, profondità corticale:

condizioni statiche: $F_s = 1.41$
 condizioni pseudostatiche $F_s = 1.00$

-superficie di scivolamento parallela al pendio, profondità massima 10 m:

condizioni statiche: sup. 1 $F_s = 2.08$ sup. 2 $F_s = 2.67$
 condizioni pseudostatiche sup. 1 $F_s = 1.33$ sup. 2 $F_s = 1.73$

I risultati ottenuti evidenziano che il pendio è in buone condizioni di equilibrio anche delle coltri più superficiali in assenza di sisma, condizioni che peggiorano (nella parte alta del pendio) fino al limite della instabilità in ipotesi di terremoto ma solo per deboli profondità, dell'ordine del metro.

Invece scivolamenti più profondi, pur nel caso di coinvolgimento dell'intero pacchetto di copertura del substrato marnoso dell'ordine di 10 m, mostrano fattori di sicurezza soddisfacenti anche in caso dinamico.

La condotta, posata tramite trenchless a profondità dell'ordine di 40 m nell'ambito del substrato roccioso, viene a trovarsi sicuramente al di sotto di eventuali superfici di scivolamento e pertanto è da ritenersi assolutamente sicura.

Di seguito si riportano i risultati delle varie verifiche condotte per la località in oggetto.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 11 di 40	Rev. 0

VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE, SUPERFICIE CIRCOLARE

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1927)

=====	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	250.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	364.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	400.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	10.0
=====	

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	258.0
5	45.0	261.0
6	68.0	267.0
7	128.0	274.0
8	175.0	282.0
9	193.0	287.0
10	209.0	291.0
11	268.0	301.0
12	278.0	303.0
13	309.0	307.0
14	325.0	311.0
15	337.0	313.0
16	352.0	317.0
17	361.0	320.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 12 di 40	Rev. 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	251.49
2	10.0	251.49
3	17.0	253.99
4	33.0	256.99
5	45.0	259.99
6	68.0	265.99
7	128.0	272.99
8	175.0	280.99
9	193.0	285.99
10	209.0	289.99
11	268.0	299.99
12	278.0	301.99
13	309.0	305.99
14	325.0	309.99
15	337.0	311.99
16	352.0	315.99
17	361.0	318.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	256.0
5	45.0	257.5
6	45.0	257.5
7	76.0	261.0
8	142.0	270.0
9	222.0	283.0
10	295.0	295.0
11	325.0	302.0
12	337.0	306.0
13	361.0	314.0

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

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 13 di 40	Rev. 0

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		20	18	20	Copertura argillosa	
2	100		35	20	22	Substrato marnoso	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.41
Ascissa centro superficie	336.7 m
Ordinata centro superficie	332.5 m
Raggio superficie	19.54 m

xc = 336.70 yc = 332.50 Rc = 19.543 Fs=1.409

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m ²)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)
1	0.26	0.5	0.26	0.1	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.1	0.0
2	1.66	3.3	1.66	6.9	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	6.8	1.8
3	0.96	7.2	0.96	7.93	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	7.7	2.0
4	0.96	10.0	0.97	9.83	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	9.6	2.5
5	0.96	12.9	0.98	10.9	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	10.6	2.7
6	0.96	15.8	0.99	11.09	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	10.7	2.8
7	0.96	18.7	1.01	10.38	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	10.1	2.6
8	0.96	21.7	1.03	8.72	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	8.5	2.2
9	0.96	24.7	1.05	6.05	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	5.9	1.5
10	0.96	27.9	1.08	2.3	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	2.3	0.6

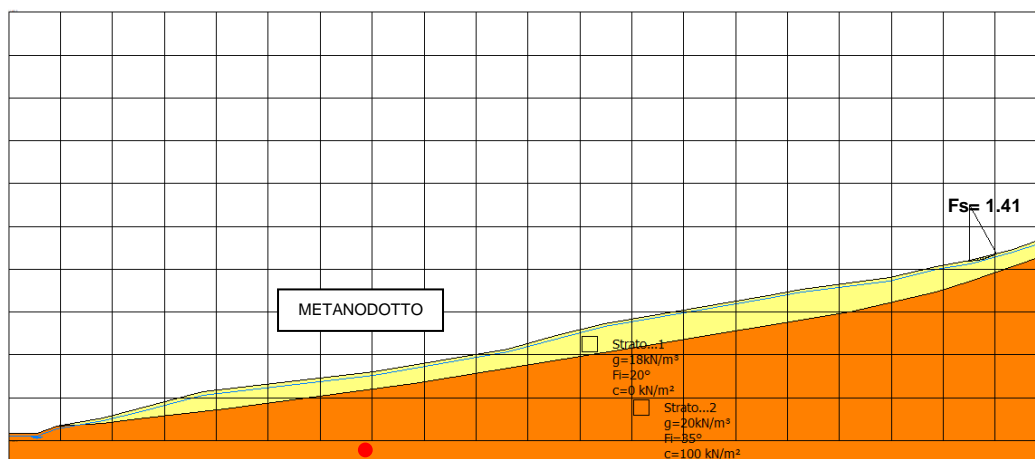


Figura 3.1.2/A – Verifica di stabilità statica con superficie circolare, falda a -1 m; Fs= 1.38

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 14 di 40	Rev. 0

VERIFICA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE, SUPERFICIE CIRCOLARE

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1927)

=====	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	250.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	364.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	400.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	10.0
=====	
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.086
Coefficiente azione sismica verticale	0.043

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	258.0
5	45.0	261.0
6	68.0	267.0
7	128.0	274.0
8	175.0	282.0
9	193.0	287.0
10	209.0	291.0
11	268.0	301.0
12	278.0	303.0
13	309.0	307.0
14	325.0	311.0
15	337.0	313.0
16	352.0	317.0
17	361.0	320.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 15 di 40	Rev. 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	251.49
2	10.0	251.49
3	17.0	253.99
4	33.0	256.99
5	45.0	259.99
6	68.0	265.99
7	128.0	272.99
8	175.0	280.99
9	193.0	285.99
10	209.0	289.99
11	268.0	299.99
12	278.0	301.99
13	309.0	305.99
14	325.0	309.99
15	337.0	311.99
16	352.0	315.99
17	361.0	318.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	256.0
5	45.0	257.5
6	45.0	257.5
7	76.0	261.0
8	142.0	270.0
9	222.0	283.0
10	295.0	295.0
11	325.0	302.0
12	337.0	306.0
13	361.0	314.0

Coefficienti parziali azioni

```
=====
Sfavorevoli: Permanenti, variabili          1.0  1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili          1.0  1.0
=====
```


	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 16 di 40	Rev. 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		20	18	20	Copertura argillosa	
2	100		35	20	22	Substrato marnoso	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.0
Ascissa centro superficie	336.7 m
Ordinata centro superficie	332.5 m
Raggio superficie	19.54 m

xc = 336.70 yc = 332.50 Rc = 19.543 Fs=1.002

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m ²)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)
1	0.26	0.5	0.26	0.1	0.01	0.0	0.0	20.0	0.0	0.1	0.0
2	1.66	3.3	1.66	6.9	0.59	0.3	0.0	20.0	0.0	6.8	2.5
3	0.96	7.2	0.96	7.93	0.68	0.34	0.0	20.0	0.0	7.6	2.8
4	0.96	10.0	0.97	9.83	0.85	0.42	0.0	20.0	0.0	9.4	3.4
5	0.96	12.9	0.98	10.9	0.94	0.47	0.0	20.0	0.0	10.3	3.7
6	0.96	15.8	0.99	11.09	0.95	0.48	0.0	20.0	0.0	10.5	3.8
7	0.96	18.7	1.01	10.38	0.89	0.45	0.0	20.0	0.0	9.8	3.5
8	0.96	21.7	1.03	8.72	0.75	0.37	0.0	20.0	0.0	8.2	3.0
9	0.96	24.7	1.05	6.05	0.52	0.26	0.0	20.0	0.0	5.7	2.1
10	0.96	27.9	1.08	2.3	0.2	0.1	0.0	20.0	0.0	2.2	0.8

	PROGETTISTA  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 17 di 40	Rev. 0

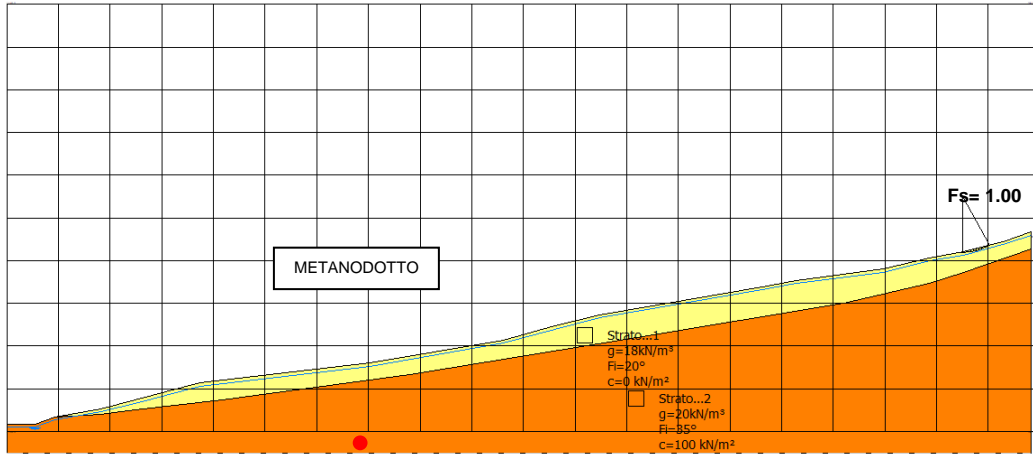


Figura 3.1.2/B – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie circolare, falda a -1 m; $F_s = 1.00$

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 18 di 40	Rev. 0

VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE, SUPERFICIE GENERICA

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
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	

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	258.0
5	45.0	261.0
6	68.0	267.0
7	128.0	274.0
8	175.0	282.0
9	193.0	287.0
10	209.0	291.0
11	268.0	301.0
12	278.0	303.0
13	309.0	307.0
14	325.0	311.0
15	337.0	313.0
16	352.0	317.0
17	361.0	320.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 19 di 40	Rev. 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	251.49
2	10.0	251.49
3	17.0	253.99
4	33.0	256.99
5	45.0	259.99
6	68.0	265.99
7	128.0	272.99
8	175.0	280.99
9	193.0	285.99
10	209.0	289.99
11	268.0	299.99
12	278.0	301.99
13	309.0	305.99
14	325.0	309.99
15	337.0	311.99
16	352.0	315.99
17	361.0	318.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	256.0
5	45.0	257.5
6	45.0	257.5
7	76.0	261.0
8	142.0	270.0
9	222.0	283.0
10	295.0	295.0
11	325.0	302.0
12	337.0	306.0
13	361.0	314.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 20 di 40	Rev. 0

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	45.0	261.0
2	76.0	263.0
3	142.0	270.0
4	222.0	283.0
5	295.0	295.0
6	325.0	302.0
7	337.0	306.0
8	352.0	317.0

Vertici superficie Nr...2

N	X m	y m
1	175.0	282.0
2	222.0	286.0
3	295.0	295.0
4	325.0	302.0
5	337.0	306.0
6	352.0	317.0

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		20	18	20	Copertura argillosa	
2	100		35	20	22	Substrato marnoso	

	PROGETTISTA  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 21 di 40	Rev. 0

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=2.08

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m ²)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)
1	30.7	3.7	30.76	1789.33	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	1773.0	311.5
2	30.7	6.0	30.87	3063.21	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	3024.3	533.1
3	30.7	6.1	30.87	3265.38	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	3223.7	568.3
4	30.7	8.7	31.06	3819.22	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	3762.7	667.3
5	30.7	9.2	31.1	4590.01	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	4521.4	803.0
6	30.7	9.3	31.1	6165.58	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	6073.4	1078.7
7	30.7	9.3	31.11	6273.06	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	6179.2	1097.8
8	30.7	9.3	31.11	6503.81	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	6406.5	1138.1
9	30.7	12.6	31.46	5401.22	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	5325.8	956.7
10	30.7	27.3	34.56	2315.64	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	2390.0	471.6

Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=2.67

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m ²)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)
1	17.7	4.9	17.76	568.62	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	564.1	77.3
2	17.7	4.9	17.76	1691.18	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	1677.8	229.9
3	17.7	5.6	17.78	2390.68	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	2370.4	325.3
4	17.7	7.0	17.83	2759.16	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	2734.0	376.2
5	17.7	7.0	17.83	3049.05	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	3021.3	415.7
6	17.7	7.0	17.83	3385.8	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	3355.0	461.6
7	17.7	8.4	17.89	3487.87	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	3456.0	477.1
8	17.7	13.2	18.18	3102.36	0.0	0.0	100.0	35.0	0.0	2851.5	1469.7
9	17.7	15.9	18.41	2974.63	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	2977.5	422.9
10	17.7	33.9	21.33	1235.05	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	1363.1	224.3

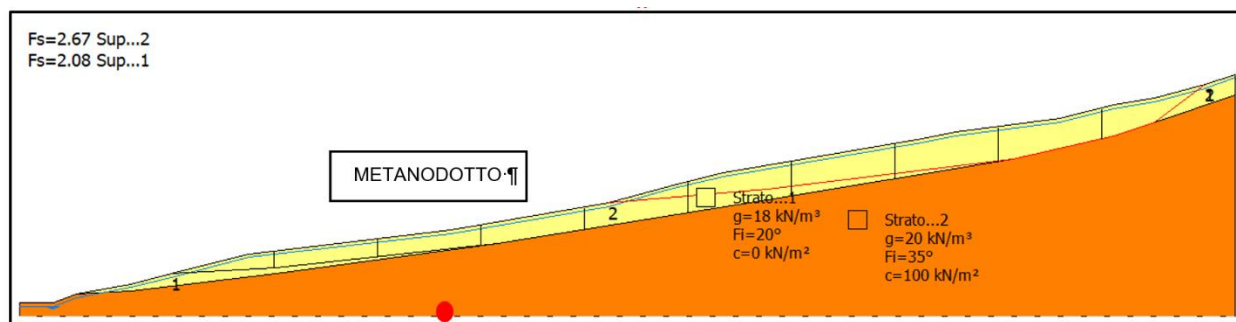


Figura 3.1.2/C – Verifica di stabilità statica con superficie generica, falda a -1 m; Fs= 2.08 / 2.67

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 22 di 40	Rev. 0

VERIFICA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE, SUPERFICIE GENERICA

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
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	
=====	

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.086
Coefficiente azione sismica verticale	0.043

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	258.0
5	45.0	261.0
6	68.0	267.0
7	128.0	274.0
8	175.0	282.0
9	193.0	287.0
10	209.0	291.0
11	268.0	301.0
12	278.0	303.0
13	309.0	307.0
14	325.0	311.0
15	337.0	313.0
16	352.0	317.0
17	361.0	320.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 23 di 40	Rev. 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	251.49
2	10.0	251.49
3	17.0	253.99
4	33.0	256.99
5	45.0	259.99
6	68.0	265.99
7	128.0	272.99
8	175.0	280.99
9	193.0	285.99
10	209.0	289.99
11	268.0	299.99
12	278.0	301.99
13	309.0	305.99
14	325.0	309.99
15	337.0	311.99
16	352.0	315.99
17	361.0	318.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	252.5
2	10.0	252.5
3	17.0	255.0
4	33.0	256.0
5	45.0	257.5
6	45.0	257.5
7	76.0	261.0
8	142.0	270.0
9	222.0	283.0
10	295.0	295.0
11	325.0	302.0
12	337.0	306.0
13	361.0	314.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 24 di 40	Rev. 0

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	45.0	261.0
2	76.0	263.0
3	142.0	270.0
4	222.0	283.0
5	295.0	295.0
6	325.0	302.0
7	337.0	306.0
8	352.0	317.0

Vertici superficie Nr...2

N	X m	y m
1	175.0	282.0
2	222.0	286.0
3	295.0	295.0
4	325.0	302.0
5	337.0	306.0
6	352.0	317.0

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		20	18	20	Copertura argillosa	
2	100		35	20	22	Substrato marnoso	

	PROGETTISTA  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 25 di 40	Rev. 0

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1.33

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m ²)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)
1	30.7	3.7	30.76	1789.33	153.88	76.94	0.0	20.0	0.0	1762.1	481.5
2	30.7	6.0	30.87	3063.21	263.44	131.72	0.0	20.0	0.0	2994.1	821.0
3	30.7	6.1	30.87	3265.38	280.82	140.41	0.0	20.0	0.0	3191.2	875.1
4	30.7	8.7	31.06	3819.22	328.45	164.23	0.0	20.0	0.0	3708.7	1023.2
5	30.7	9.2	31.1	4590.01	394.74	197.37	0.0	20.0	0.0	4453.0	1230.2
6	30.7	9.3	31.1	6165.58	530.24	265.12	0.0	20.0	0.0	5981.2	1652.5
7	30.7	9.3	31.11	6273.06	539.48	269.74	0.0	20.0	0.0	6084.3	1681.5
8	30.7	9.3	31.11	6503.81	559.33	279.66	0.0	20.0	0.0	6308.4	1743.3
9	30.7	12.6	31.46	5401.22	464.51	232.25	0.0	20.0	0.0	5216.5	1457.6
10	30.7	27.3	34.56	2315.64	199.15	99.57	0.0	20.0	0.0	2284.6	701.2

Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1.73

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m ²)	(°)	(kN)	(kN)	(kN)
1	17.7	4.9	17.76	568.62	48.9	24.45	0.0	20.0	0.0	560.6	118.7
2	17.7	4.9	17.76	1691.18	145.44	72.72	0.0	20.0	0.0	1667.3	353.0
3	17.7	5.6	17.78	2390.68	205.6	102.8	0.0	20.0	0.0	2353.5	498.9
4	17.7	7.0	17.83	2759.16	237.29	118.64	0.0	20.0	0.0	2709.6	575.9
5	17.7	7.0	17.83	3049.05	262.22	131.11	0.0	20.0	0.0	2994.3	636.4
6	17.7	7.0	17.83	3385.8	291.18	145.59	0.0	20.0	0.0	3325.0	706.7
7	17.7	8.4	17.89	3487.87	299.96	149.98	0.0	20.0	0.0	3419.2	729.1
8	17.7	13.2	18.18	3102.36	266.8	133.4	100.0	35.0	0.0	2685.1	2201.0
9	17.7	15.9	18.41	2974.63	255.82	127.91	0.0	20.0	0.0	2917.8	640.2
10	17.7	33.9	21.33	1235.05	106.21	53.11	0.0	20.0	0.0	1303.4	331.3

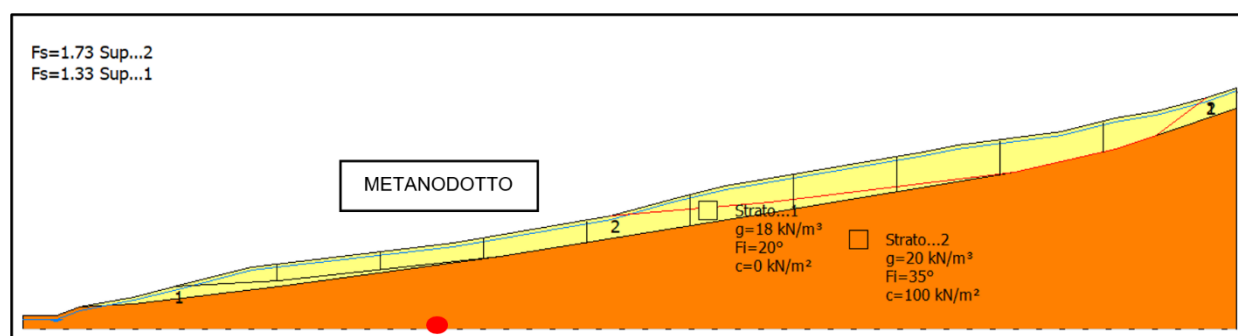


Figura 3.1.2/D – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie generica, falda a -1 m; Fs = 1.33/1.78

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 26 di 40	Rev. 0

3.2 Met. Sansepolcro Foligno, località Caldarelli (progr. 44+481 – 44+826)

Il tratto di tracciato nella zona in oggetto interferisce planimetricamente con un'area di pericolosità da frana, così come cartografate da PAI, classificata come frana di *scivolamento elemento presunto*, cui è attribuito un livello di pericolosità P1.

La condotta viene posizionata in zona di accumulo di tale frana presunta, parallelamente alla strada S.P. n. 170.

E' stata quindi eseguita una verifica di stabilità in massima pendenza lungo una porzione di pendio, ritenuta rappresentativa, lunga 420 m, ubicata come nello stralcio di figura 3.2/A

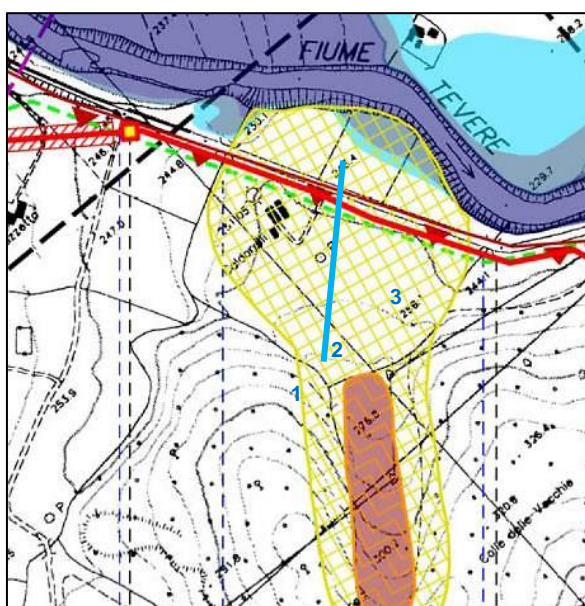


Figura 3.2/A – Localizzazione della verifica (linea azzurra)

3.2.1 Assunzioni di calcolo

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito è stata desunta dall'indagine effettuata nell'area del corpo della presunta frana, costituita da 1 sondaggio geognostico (S 30) e da 2 stendimenti geosismici, uno in massima pendenza ed uno trasversale, all'incirca coincidente col tracciato del gasdotto.

La stratigrafia è rappresentata da un substrato marnoso ricoperto da uno strato eluvio-colluviale di spessore assai variabile lungo il profilo con alluvioni fluviali nella parte bassa del versante, con profondità stimata del bedrock di 10-12 m.

Strato	Terreno	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)
1	Argilla sabbiosa, sabbia e ghiaia	17	20	25	0
2	Substrato marnoso, alterato nella porzione sommitale	18	21	25	20

La superficie piezometrica, per prudenza, è stata supposta in posizione superficiale, a -1 m dal piano campagna.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 27 di 40	Rev. 0

La caratterizzazione dei parametri di pericolosità sismica sono stati desunti, tramite il soft Geostru PS, dalla tabella B delle NTC 2018 e riportati al sito considerando il fattore di amplificazione stratigrafica (sottosuolo di categoria B) e topografica (Categoria T1).
I coefficienti sismici in tali ipotesi sono i seguenti.

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

Stato limite	Ss (-)	Cc (-)	St (-)	Kh (-)	Kv (-)	Amax (m/s ²)	Beta(-)
Operatività (SLO)	1,200	1,420	1,000	0,023	0,012	1,149	0,200
Danno (SLD)	1,200	1,420	1,000	0,035	0,016	1,444	0,240
Salvaguardia della vita (SLV)	1,130	1,390	1,000	0,088	0,044	3,090	0,280
Prevenzione dal collasso (SLC)	1,060	1,380	1,000	0,104	0,052	3,639	0,280

3.2.2 Risultati

Sono state eseguite analisi di stabilità lungo il profilo in massima pendenza sia con ricerca della superficie circolare più instabile che lungo la superficie di scivolamento parallela al pendio ritenuta più verosimile e più instabile, al limite inferiore dello strato di copertura. Per ciascun tipo di analisi si sono condotte analisi in condizioni sia statiche che dinamiche, supponendo la superficie piezometrica pressochè superficiale, ad 1 m di profondità.

Dalle verifiche si sono ottenuti i seguenti risultati:

-superficie circolare più instabile, profondità 8 m:

condizioni statiche: $F_s = 1.77$

condizioni pseudostatiche $F_s = 1.11$

-superficie di scivolamento parallela al pendio, profondità massima 10 m:

condizioni statiche: $F_s = 2.83$

condizioni pseudostatiche $F_s = 1.51$

I risultati ottenuti evidenziano che il pendio nel caso di superficie di scivolamento circolare è in condizioni di equilibrio sia in condizioni statiche che dinamiche con fattore di sicurezza soddisfacente.

Nel caso di scivolamenti generici paralleli al pendio, i fattori di sicurezza risultano più elevati, anche in caso dinamico.

Di seguito si riportano i risultati delle varie verifiche condotte per la località in oggetto.

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 28 di 40	Rev. 0

VERIFICA IN CONDIZIONI STATICHE, SUPERFICIE CIRCOLARE

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

=====	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	250.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	415.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	400.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	10.0
=====	

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	236.5
2	25.2	237.5
3	47.6	240.0
4	83.3	244.0
5	94.5	245.0
6	101.15	245.5
7	103.95	247.0
8	115.5	248.0
9	128.1	250.0
10	133.7	251.0
11	146.3	253.0
12	162.05	255.0
13	171.5	256.0
14	187.6	257.0
15	204.4	258.0
16	215.6	259.0
17	225.05	260.0
18	278.6	265.0
19	291.55	266.5
20	299.95	267.5
21	315.0	269.2
22	334.0	271.0
23	355.0	273.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 29 di 40	Rev. 0

24	418.0	281.0
----	-------	-------

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	235.49
2	25.2	236.49
3	47.6	238.99
4	83.3	242.99
5	94.5	243.99
6	101.15	244.49
7	103.95	245.0
8	115.5	246.99
9	128.1	248.99
10	133.7	249.99
11	146.3	251.99
12	162.05	253.99
13	171.5	254.99
14	187.6	255.99
15	204.4	256.99
16	215.6	257.99
17	225.05	258.99
18	278.6	263.99
19	291.55	265.49
20	299.95	266.49
21	315.0	268.19
22	334.0	269.99
23	355.0	271.99
24	418.0	279.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	228.5
2	103.95	238.0
3	418.0	273.0

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

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 30 di 40	Rev. 0

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		25	2000	2000	Argilla, sabbia	
2	0.2		25	2100	2100	Substrato marnoso alterato	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.77
Ascissa centro superficie	134.88 m
Ordinata centro superficie	272.5 m
Raggio superficie	30.75 m

xc = 134.875 yc = 272.50 Rc = 30.75 Fs=1.765

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
1	4.38	-32.6	5.2	16495.03	0.0	0.0	0.0	25.0	4555.8	9333.6	-8897.9
2	4.38	-23.3	4.77	42913.59	0.0	0.0	0.0	25.0	18544.9	20856.9	-17002.2
3	3.18	-15.8	3.31	43487.32	0.0	0.0	0.0	25.0	19244.0	22598.4	-11847.6
4	5.6	-7.5	5.65	95106.87	0.0	0.0	0.0	25.0	42271.1	52031.1	-12345.3
5	4.37	1.9	4.37	83640.71	0.0	0.0	0.0	25.0	37437.6	46158.0	2747.5
5	4.37	1.9	4.37	83640.71	0.0	0.0	0.0	25.0	37437.6	46158.0	2747.5
6	4.38	10.1	4.45	86023.09	0.0	0.0	0.0	25.0	39187.8	45500.5	15095.2
7	3.85	18.0	4.05	72737.74	0.0	0.0	0.0	25.0	34158.5	35006.2	22517.3
8	4.91	27.0	5.51	81036.02	0.0	0.0	0.0	25.0	39891.8	32343.5	36727.5
9	4.38	37.2	5.5	52087.7	0.0	0.0	0.0	25.0	27118.6	14357.2	31510.0
10	4.38	48.5	6.62	21646.01	0.0	0.0	0.0	25.0	9650.0	4683.0	16220.8

	PROGETTISTA  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 31 di 40	Rev. 0

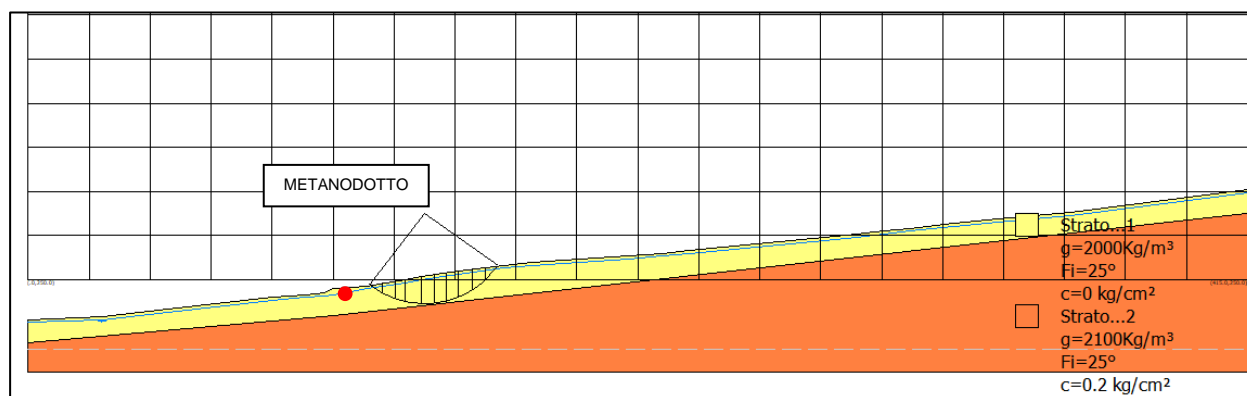


Figura 3.2.2/A – Verifica di stabilità statica con superficie circolare, falda a -1 m; $F_s = 1.77$

VERIFICA IN CONDIZIONI PSEUDOSTATICHE, SUPERFICIE CIRCOLARE

Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	0.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	250.0 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	415.0 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	400.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	20.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.088
Coefficiente azione sismica verticale	0.044

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	236.5
2	25.2	237.5
3	47.6	240.0
4	83.3	244.0
5	94.5	245.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 32 di 40	Rev. 0

6	101.15	245.5
7	103.95	247.0
8	115.5	248.0
9	128.1	250.0
10	133.7	251.0
11	146.3	253.0
12	162.05	255.0
13	171.5	256.0
14	187.6	257.0
15	204.4	258.0
16	215.6	259.0
17	225.05	260.0
18	278.6	265.0
19	291.55	266.5
20	299.95	267.5
21	315.0	269.2
22	334.0	271.0
23	355.0	273.0
24	418.0	281.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	235.49
2	25.2	236.49
3	47.6	238.99
4	83.3	242.99
5	94.5	243.99
6	101.15	244.49
7	103.95	245.0
8	115.5	246.99
9	128.1	248.99
10	133.7	249.99
11	146.3	251.99
12	162.05	253.99
13	171.5	254.99
14	187.6	255.99
15	204.4	256.99
16	215.6	257.99
17	225.05	258.99
18	278.6	263.99
19	291.55	265.49
20	299.95	266.49
21	315.0	268.19
22	334.0	269.99
23	355.0	271.99
24	418.0	279.99

Vertici strato1

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 33 di 40	Rev. 0

N	X (m)	y (m)
1	0.0	228.5
2	103.95	238.0
3	418.0	273.0

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		25	2000	2000	Argilla, sabbia	
2	0.2		25	2100	2100	Substrato marnoso alterato	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1.11
Ascissa centro superficie	134.88 m
Ordinata centro superficie	257.5 m
Raggio superficie	14.58 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.

$$x_c = 134.875 \quad y_c = 257.50 \quad R_c = 14.579 \quad F_s = 1.11$$

	PROGETTISTA  consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 34 di 40	Rev. 0

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm ²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	2.59	-47.6	3.85	9410.22	828.1	414.05	0.0	25.0	3106.8	4129.2	-6390.7
2	2.6	-33.9	3.13	23049.6	2028.37	1014.18	0.0	25.0	10705.4	10407.7	-11157.5
3	2.59	-22.2	2.79	32289.37	2841.46	1420.73	0.0	25.0	14607.6	17678.9	-9564.0
4	3.01	-10.7	3.07	45563.58	4009.6	2004.8	0.0	25.0	20080.2	27409.2	-4485.7
5	2.17	-0.3	2.17	35886.0	3157.97	1578.98	0.0	25.0	15739.4	21744.0	2940.6
6	2.59	9.1	2.63	43823.98	3856.51	1928.26	0.0	25.0	19537.2	25029.1	10740.0
7	2.59	19.7	2.75	42522.96	3742.02	1871.01	0.0	25.0	19812.7	20726.7	17846.4
8	2.59	31.1	3.03	38315.55	3371.77	1685.88	0.0	25.0	19305.4	13214.8	22665.4
9	2.59	44.2	3.62	30199.6	2657.57	1328.78	0.0	25.0	17409.8	3359.9	22943.2
10	2.59	62.3	5.58	14882.3	1309.64	654.82	0.0	25.0	10371.1	-4311.8	13786.9

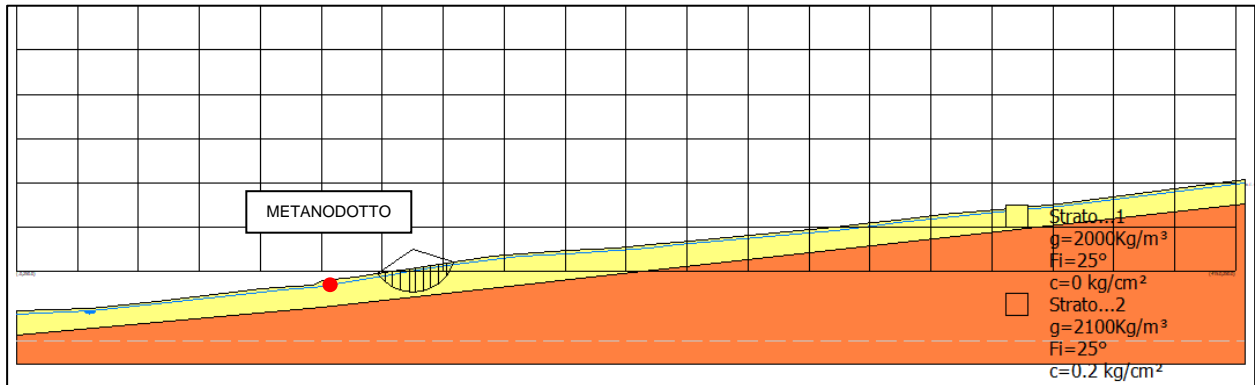


Figura 3.22./B – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie circolare, falda a -1 m; $F_s = 1.11$

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 35 di 40	Rev. 0

VERIFICA ANTE OPERAM IN CONDIZIONI STATICHE,SUPERFICIE GENERICA

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
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	

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	236.5
2	25.2	237.5
3	47.6	240.0
4	83.3	244.0
5	94.5	245.0
6	101.15	245.5
7	103.95	247.0
8	115.5	248.0
9	128.1	250.0
10	133.7	251.0
11	146.3	253.0
12	162.05	255.0
13	171.5	256.0
14	187.6	257.0
15	204.4	258.0
16	215.6	259.0
17	225.05	260.0
18	278.6	265.0
19	291.55	266.5
20	299.95	267.5
21	315.0	269.2
22	334.0	271.0
23	355.0	273.0
24	418.0	281.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 36 di 40	Rev. 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	235.49
2	25.2	236.49
3	47.6	238.99
4	83.3	242.99
5	94.5	243.99
6	101.15	244.49
7	103.95	245.99
8	115.5	246.99
9	128.1	248.99
10	133.7	249.99
11	146.3	251.99
12	162.05	253.99
13	171.5	254.99
14	187.6	255.99
15	204.4	256.99
16	215.6	257.99
17	225.05	258.99
18	278.6	263.99
19	291.55	265.49
20	299.95	266.49
21	315.0	268.19
22	334.0	269.99
23	355.0	271.99
24	418.0	279.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	228.5
2	103.95	238.0
3	418.0	273.0

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	0.0	236.5
2	101.6	237.4
3	103.95	238.0
4	400.0	271.0
5	418.0	281.0

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

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 37 di 40	Rev. 0

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0		25	2000	2000	Argilla, sabbia
2	0.2		25	2100	2100	Substrato marnoso alterato

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=2.83

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	Kh•Wi	Kv•Wi	c	Fi	Ui	N'i	Ti
	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(kg/cm ²)	(°)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	41.8	0.5	41.8	53886.64	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	53810.4	8856.8
2	41.8	0.5	41.8	387699.8	0.0	0.0	0.0	25.0	151761.0	235605.2	38778.8
3	41.8	4.3	41.92	688030.1	0.0	0.0	0.0	25.0	301891.1	382484.3	63130.9
4	41.8	6.3	42.06	859350.4	0.0	0.0	0.0	25.0	387662.2	466065.1	77180.8
5	41.8	6.4	42.06	807078.8	0.0	0.0	0.2	25.0	0.0	794194.6	161397.5
6	41.8	6.4	42.06	703573.8	0.0	0.0	0.0	25.0	309666.7	389205.4	64454.8
7	41.8	6.4	42.06	640190.1	0.0	0.0	0.0	25.0	277775.8	358088.5	59301.6
8	41.8	6.4	42.06	641338.1	0.0	0.0	0.0	25.0	278346.0	358659.4	59396.2
9	41.8	6.4	42.06	586700.1	0.0	0.0	0.0	25.0	251126.5	331568.2	54909.7
10	41.8	16.8	43.67	306869.2	0.0	0.0	0.0	25.0	111079.7	194853.1	33506.4

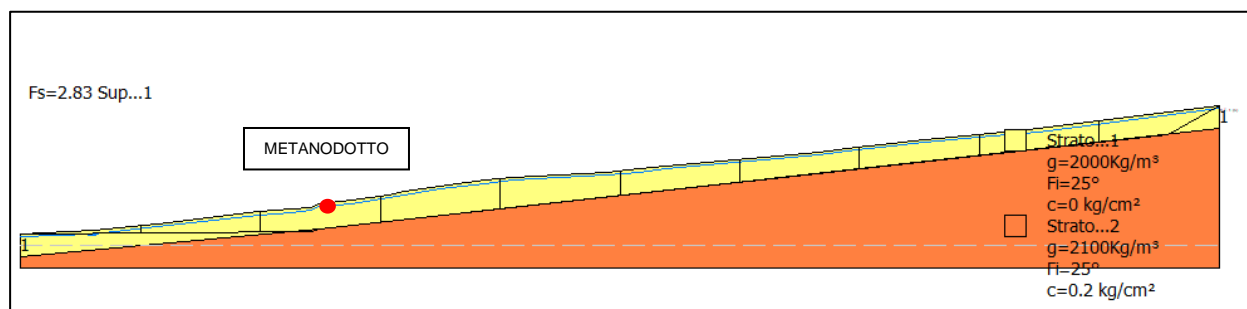


Figura 3.2.2/C – Verifica di stabilità statica con superficie generica, falda a -1 m; Fs= 2.80

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 38 di 40	Rev. 0

VERIFICA IN CONDIZIONI DINAMICHE, SUPERFICIE GENERICA

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
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	

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.088
Coefficiente azione sismica verticale	0.044

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	236.5
2	25.2	237.5
3	47.6	240.0
4	83.3	244.0
5	94.5	245.0
6	101.15	245.5
7	103.95	247.0
8	115.5	248.0
9	128.1	250.0
10	133.7	251.0
11	146.3	253.0
12	162.05	255.0
13	171.5	256.0
14	187.6	257.0
15	204.4	258.0
16	215.6	259.0
17	225.05	260.0
18	278.6	265.0
19	291.55	266.5
20	299.95	267.5
21	315.0	269.2
22	334.0	271.0
23	355.0	273.0
24	418.0	281.0

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 39 di 40	Rev. 0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	235.49
2	25.2	236.49
3	47.6	238.99
4	83.3	242.99
5	94.5	243.99
6	101.15	244.49
7	103.95	245.99
8	115.5	246.99
9	128.1	248.99
10	133.7	249.99
11	146.3	251.99
12	162.05	253.99
13	171.5	254.99
14	187.6	255.99
15	204.4	256.99
16	215.6	257.99
17	225.05	258.99
18	278.6	263.99
19	291.55	265.49
20	299.95	266.49
21	315.0	268.19
22	334.0	269.99
23	355.0	271.99
24	418.0	279.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	228.5
2	103.95	238.0
3	418.0	273.0

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	0.0	236.5
2	101.6	237.4
3	103.95	238.0
4	400.0	271.0
5	418.0	281.0

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

	PROGETTISTA  <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	COMMESSA NR/20047	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONI TOSCANA E UMBRIA	LSC – 119/ANN.1	
	PROGETTO Rifacimento Metanodotto Sansepolcro – Foligno e opere connesse	Pagina 40 di 40	Rev. 0

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0		25	2000	2000	Argilla, sabbia
2	0.2		25	2100	2100	Substrato marnoso alterato

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1.51

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	41.8	0.5	41.8	53886.64	4742.02	2371.01	0.0	25.0	0.0	53742.0	16604.6
2	41.8	0.5	41.8	387699.8	34117.58	17058.79	0.0	25.0	151761.0	235305.3	72702.0
3	41.8	4.3	41.92	688030.1	60546.65	30273.33	0.0	25.0	301891.1	378408.9	117244.9
4	41.8	6.3	42.06	859350.4	75622.84	37811.42	0.0	25.0	387662.2	458829.9	142632.7
5	41.8	6.4	42.06	807078.8	71022.94	35511.47	0.2	25.0	0.0	779027.6	298256.2
6	41.8	6.4	42.06	703573.8	61914.49	30957.24	0.0	25.0	309666.7	383148.4	119109.9
7	41.8	6.4	42.06	640190.1	56336.73	28168.36	0.0	25.0	277775.8	352515.7	109587.1
8	41.8	6.4	42.06	641338.1	56437.75	28218.88	0.0	25.0	278346.0	353077.8	109761.8
9	41.8	6.4	42.06	586700.1	51629.61	25814.8	0.0	25.0	251126.5	326408.2	101471.0
10	41.8	16.8	43.67	306869.2	27004.49	13502.25	0.0	25.0	111079.7	187068.0	60384.3

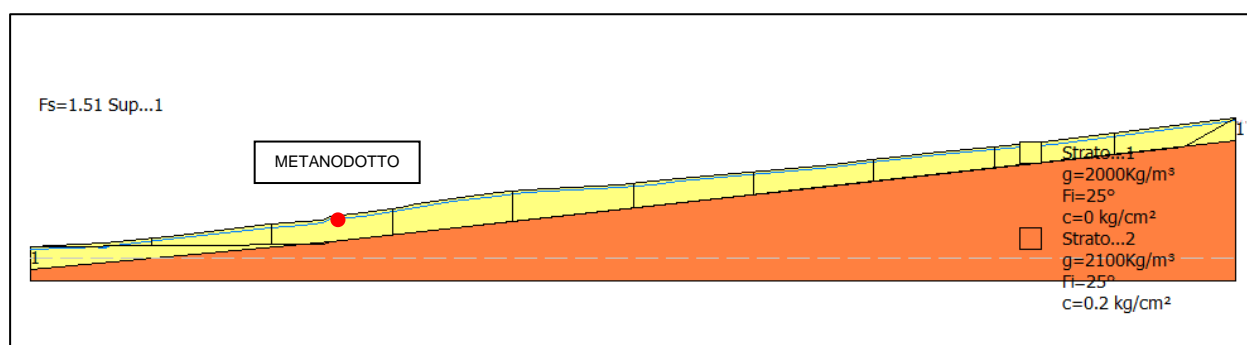


Figura 3.2.2/D – Verifica di stabilità pseudostatica con superficie generica, falda a -1 m; Fs= 1.51