

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA898**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE**

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri  
Dott. Ing. F.Durastanti  
Dott. Ing. V.Truffini  
Dott. Arch. A.Bracchini  
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram  
Dott. Ing. F.Pambianco  
Dott. Ing. M.Briganti Botta  
Dott. Ing. L.Gagliardini  
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci  
Dott. Ing. A.Signorelli  
Dott. Ing. E.Moscatelli  
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello  
Dott. Arch. G.Guastella  
Dott. Geol. M.Leonardi  
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi  
Dott. Ing. M.Panfilì  
Dott. Arch. P.Ghirelli  
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci  
Dott. Arch. A.Strati  
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe  
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. G.Pulli  
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi  
Dott. Ing. V.Piunno  
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:  
ORDINE degli INGEGNERI



**VIADOTTI**  
**VIADOTTO BARBAIANNI - CARR. DX**  
**Relazione di calcolo - Stabilità dello scavo**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04VI01STRRE05A		
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04VI01STRRE05	A	-
<b>A</b>	Emissione		Sett 2021	M. Botta	F. Durastanti
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO
					APPROVATO

## INDICE

1. INTRODUZIONE.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3. FRONTI DI SCAVO - CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE .....	4
3.1 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO STATICO.....	4
3.2 STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	4
3.3 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO .....	6
4. CODICI DI CALCOLO E METODOLOGIE DI VERIFICA.....	7
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	9
6. VERIFICA DELLO SCAVO PROVVISORIALE .....	10
6.1 VERIFICHE SLU – STABILITÀ GLOBALE .....	10
6.2 VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI STATICHE.....	10

## 1. INTRODUZIONE

Oggetto del presente documento tecnico è l'analisi di stabilità dello scavo provvisorio necessario per la realizzazione del viadotto "Barbaianni", previsto nell'ambito dei lavori di collegamento autostradale Ragusa-Catania: ammodernamento a n° 4 corsie della S.S. 514 "Di Chiaromonte" e della S.S. 194 Ragusana dallo svincolo con la S.S. 115 allo svincolo con la S.S. 114.

Nello specifico, viene studiato lo scavo relativo alla spalla 2.

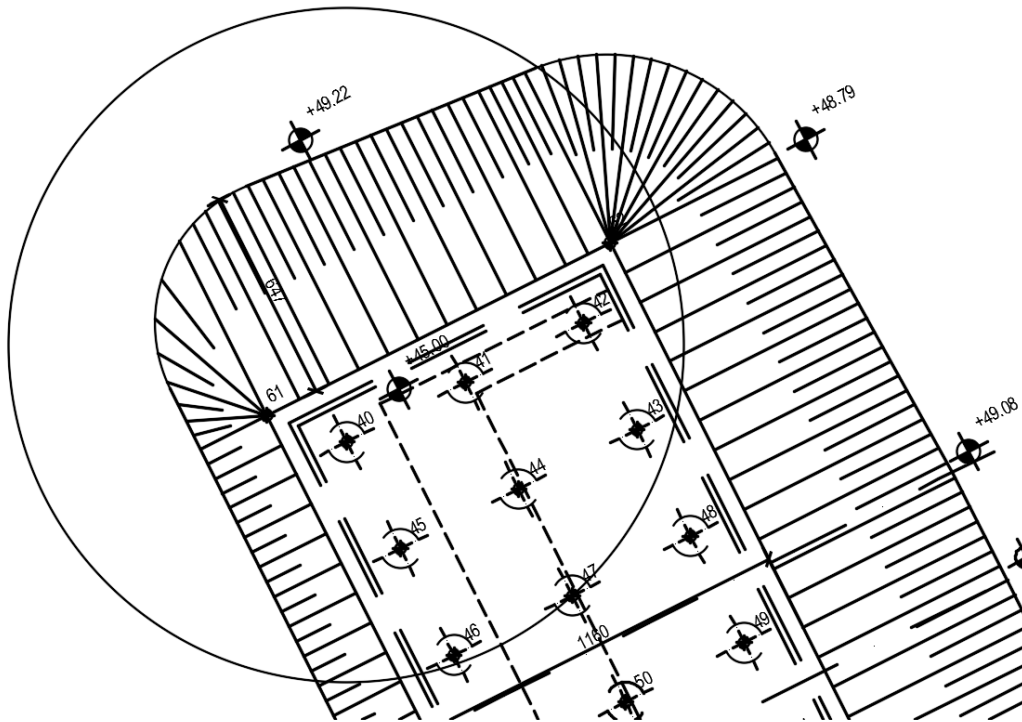


Figura 1 – Pianta dello scavo studiato.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato redatto sulla base delle seguenti normative e standard progettuali:

- **D.M. 14 gennaio 2008** – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- **Circolare n.ro 617 del 2 febbraio 2009** – “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- **UNI EN 1992-1-1:2005**: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – parte 1 – Regole generali e regole per edifici”;
- **UNI EN 206-1 ottobre 2006** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- **UNI EN 11104 marzo 2004** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

### 3. FRONTI DI SCAVO - CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

#### 3.1 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO STATICO

In base a quanto indicato dalle NTC2008, le verifiche dei fronti di scavo devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE) quando pertinenti.

#### 3.2 STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Come indicato al punto 6.8.6.2 della Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009, le verifiche di sicurezza si intendono soddisfatte se la condizione  $E_d \leq R_d$  risulta soddisfatta per tutti i possibili cinematismi di collasso. Bisogna quindi ricercare la condizione di minimo per suddetto rapporto. Le verifiche di stabilità in campo statico dei fronti di scavo devono essere effettuate utilizzando la combinazione dei coefficienti parziali A2+M2+R2.

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d} \geq \gamma_R$$

essendo R resistenza globale del sistema, calcolata sulla base delle azioni di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto ( $R = R \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_m}; a_d \right]$ ).

Facendo riferimento a quanto previsto ed al p.to 2.3.3. dei Doc Rif. **Errore. L'origine r**  
**iferimento non è stata trovata.**, per le verifiche agli Stati Limite Ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tabella 1 (Tab. 5.2.V NTC08).

RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ DELLO SCAVO

		Coefficiente	EQU <sup>1</sup>	A1 STR	A2 GEO	Comb. eccezionale	Comb. Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00	1.00	1.00
Carichi permanenti non strutturali <sup>2</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Ballast <sup>3</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Carichi variabili da traffico <sup>4</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.45	1.45	1.25	0.20 <sup>5</sup>	0.20 <sup>6</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30	1.00	0.00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
	sfavorevole		1.00 <sup>6</sup>	1.00 <sup>7</sup>	1.00	1.00	1.00

Tabella 1 – Coefficienti parziali sulle azioni (Tab. 5.2.V del Doc. Rif. *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*)

In Tabella 1 il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_B$  coefficiente parziale del peso proprio del ballast;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

<sup>1</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>2</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>3</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>4</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico GR della tabella Tab. 5.2.IV dell'NTC08

<sup>5</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>6</sup> 1.30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

<sup>7</sup> 1.20 per effetti locali.

RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ DELLO SCAVO

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{Cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.0	1.0

Tabella 2 – Coefficienti parziali sui parametri del terreno (M1 ed M2) - (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*)

Coefficiente parziale	(R2)
$\gamma_R$	1.1

Tabella 3 – Coefficienti parziali per le verifiche di stabilità globale (R2) - (Tab. 6.8.I, Doc. Rif. *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*)

### 3.3 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO

Le verifiche in condizioni sismiche non vengono svolte in quanto lo scavo è provvisorio.

## 4. CODICI DI CALCOLO E METODOLOGIE DI VERIFICA

Il modulo VSP del software di calcolo ParatiePlus è stato utilizzato nel presente documento per condurre le analisi di stabilità in campo statico.

Il modulo VSP prevede il calcolo della stabilità per mezzo dei seguenti metodi:

- Bishop semplificato;
- Janbu semplificato;
- Morgenstern & Price.

Tutti questi metodi, appartenenti alla famiglia dei metodi dell'equilibrio limite, si basano sull'individuazione di una porzione di terreno instabile mobilitata lungo una potenziale superficie di scorrimento.

Il coefficiente di sicurezza associato ad una superficie è calcolato imponendo le condizioni di equilibrio nelle quali vengono introdotte le resistenze offerte dal terreno affette da tale coefficiente di sicurezza.

Variando secondo diversi criteri la superficie di scorrimento, è possibile determinare la configurazione associata al coefficiente di sicurezza minimo.

Tutti i metodi suddividono la regione di terreno mobilitata in conci verticali compresi tra il piano campagna e la superficie di scorrimento e impongono le condizioni di equilibrio generali e relative ai singoli conci. Poiché nella scrittura delle condizioni di equilibrio del singolo concio è necessario includere le azioni che esso scambia con i conci adiacenti, si ottiene un sistema risolvibile in cui le incognite (il coefficiente di sicurezza e le azioni interne tra i conci) superano le equazioni disponibili.

In questa sede si è scelto di impiegare il metodo rigoroso di Morgenstern & Price, il quale considera superfici di scorrimento di forma generica e ricerca il coefficiente di sicurezza associato ad una superficie imponendo le condizioni di equilibrio globale a traslazione e a rotazione. Queste ultime includono tutte le forze di interstriscia.

Al fine di rendere il problema staticamente determinato, si aggiungono (n-1) equazioni, ipotizzando che l'inclinazione delle forze tra i conci vari con la posizione x del concio, secondo una legge f(x) nota a meno di un moltiplicatore  $\lambda$ , introdotto come incognita aggiuntiva:

$$\frac{X_i}{E_i} = \lambda f(x)$$

Dove:

$X_i$ : forza tangenziale agente sulla faccia i-esima del concio.

$E_i$ : forza ortogonale alla faccia i-esima del concio.



**RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ DELLO SCAVO**

$\lambda$ : incognita.

$f(x)$ : funzione di forma che nel caso di M&P è sinusoidale.

La soluzione del problema è determinata mediante un processo iterativo.

Per individuare la superficie di rottura associata al coefficiente di sicurezza minimo il modulo VSP consente di adottare vari criteri. Si è scelto di utilizzare il metodo della griglia e dei raggi, secondo il quale tali superficie sono costituite da archi di cerchio, i cui centri sono situati all'interno di una griglia quadrangolare definita dall'utente.

La griglia dei centri deve estendersi verso punti piuttosto lontani dalla superficie del terreno.

La soluzione ideale è quando il minimo cade all'interno di un contorno chiuso; tuttavia, tale soluzione non è sempre raggiungibile in quanto il numero di situazioni in cui è possibile ottenere il quadro di contorni ideale è notevolmente inferiore a quelle delle situazioni in cui non è raggiungibile.

## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riportano di seguito i parametri di resistenza e deformabilità dei terreni usati nel modello in accordo la caratterizzazione geotecnica.

Unità geologiche	descrizione	profondità strato	litotipo	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$c_u$	$E'$	OCR	$k_0$ (*)
				[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[MPa]	[-]	[-]
a	a_fine	da z=2 a 8m	Alluvioni (grana fine)	18	10	25.5	100	10	≥10	1.81
								20	≥5	1.28
a	a_gross	da 8 a 12		20	0	40	-	40	-	0.36

Tabella 4: Parametri geotecnici

Di seguito si riportano le sezioni geotecniche di riferimento per l'opera in oggetto.

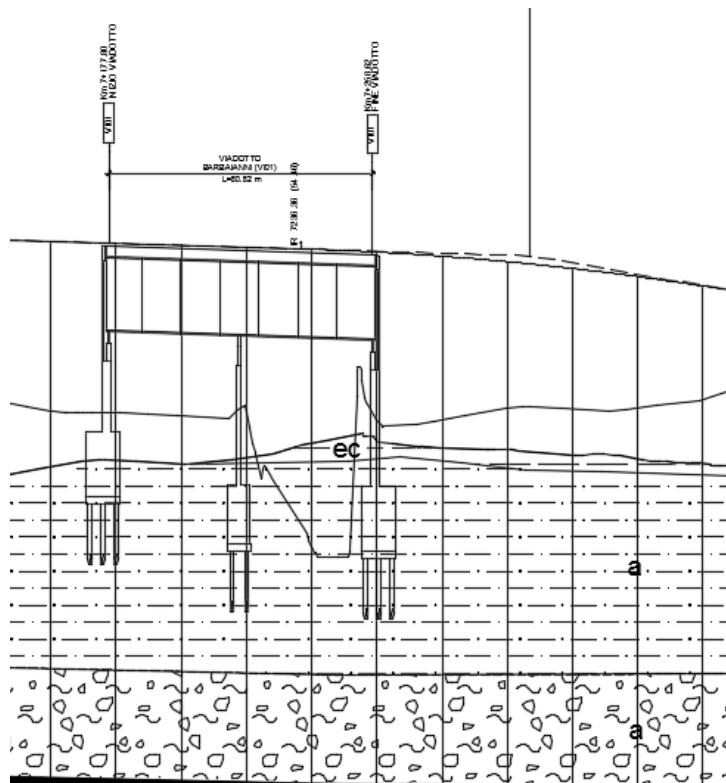


Figura 2: Sezioni geotecniche per l'opera in esame

L'opera non è interessata dalla falda.

## 6. VERIFICA DELLO SCAVO PROVVISORIO

### 6.1 VERIFICHE SLU – STABILITÀ GLOBALE

La stabilità dello scavo è stata studiata nelle sole condizioni statiche, essendo lo scavo provvisorio, e sotto la combinazione dei coefficienti parziali A2+M2+R2.

Come dalle NTC2008, la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se il coefficiente di sicurezza  $FS_{min} \geq R2 = 1.1$

### 6.2 VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI STATICHE

Nella figura sottostante è riportata la superficie di rottura critica per la combinazione DA1C2 relativa allo scavo necessario per realizzare la spalla 2 del viadotto "Barbaianni"; essendo il terreno di fondazione delle spalle e della pila il medesimo, la scelta di tale sezione è stata dettata dall'altezza di scavo e all'area di impronta maggiori.

Il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$$FS^{MIN} (DA1C2) = 1.853$$

Essendo soddisfatta la relazione:

$$FS^{MIN} \geq R2 = 1.1,$$

**la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.**

RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ DELLO SCAVO

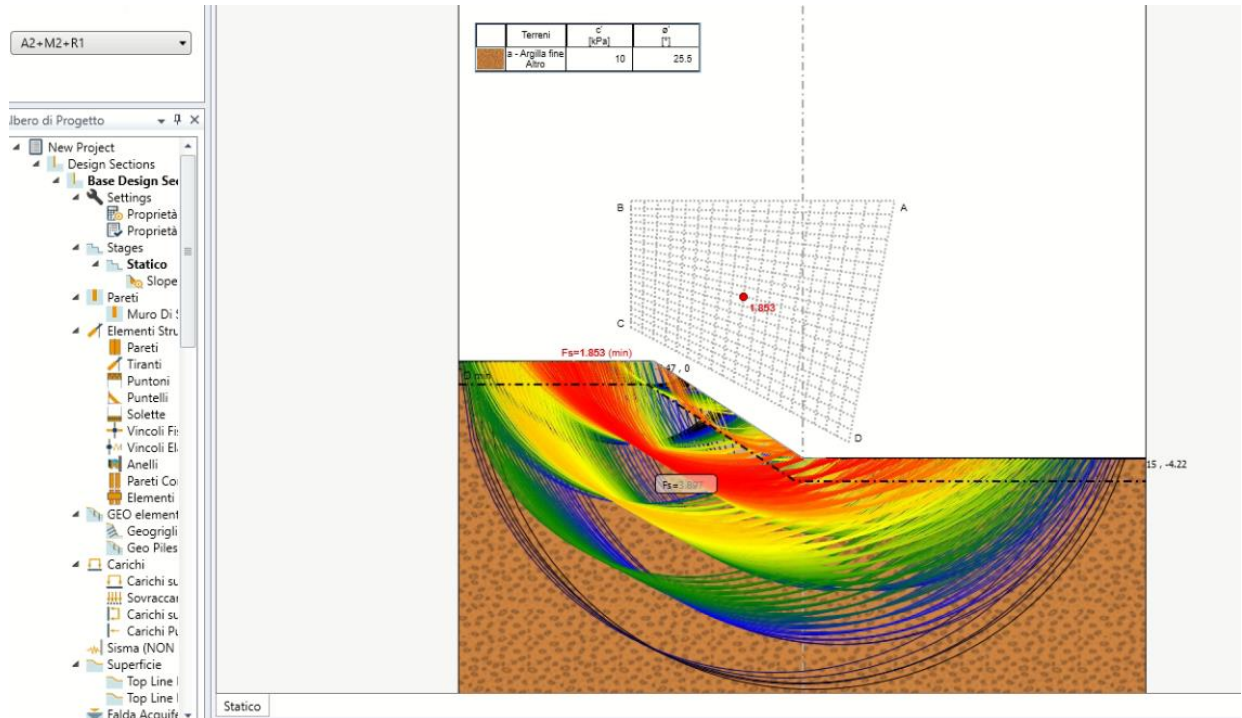


Figura 3 - Analisi di stabilità globale in campo statico DA1C2 - superfici analizzate

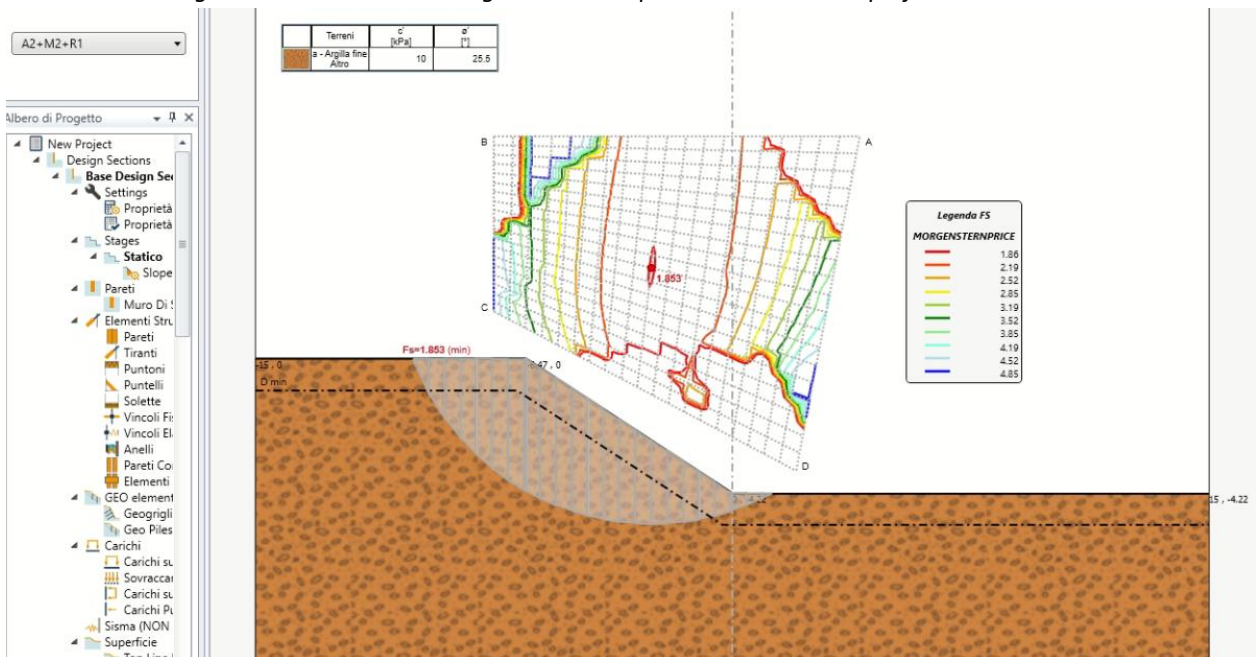


Figura 4 - Analisi di stabilità globale in campo statico DA1C2 - superficie critica