



Scavi Provvisionali a Cielo Aperto: teoria, aspetti normativi ed applicazioni

Introduzione, Casistica e Misure di Sicurezza

Normativa Tecnica di Riferimento NTC2018

Soluzioni Tipologiche ed Esempi Pratici

Ing. Livia Adinolfi
Progettista Geotecnico



Ing. Piero Bongio
Technical Authority
Direzione Tecnica
Geologia & Geotecnica



Roma, 20 Maggio 2025

CONTENUTI

Il corso affronta il tema delle condizioni di sicurezza nell'esecuzione di scavi a cielo aperto focalizzando l'attenzione su verifiche di stabilità parametrizzate allo scopo di determinare soluzioni tipologiche in forma di grafici ed abachi di immediata applicazione.

OBIETTIVI

Fornire le basi teoriche indispensabili a comprendere i fenomeni fisici e meccanici che intervengono nelle analisi di stabilità dei fronti di scavo in funzione della natura intrinseca dei terreni in quanto mezzi porosi multifase.

Utilizzo di abachi e tabelle tipologiche per valutare le condizioni di sicurezza dei fronti di scavo.

PROGRAMMA

Parte I - Introduzione: definizioni, casistiche, rischi e misure di sicurezza

Parte II - Normativa tecnica di riferimento, aspetti teorici e modellazione numerica

Parte III - Soluzioni Tipologiche ed Applicazioni

Parte IV - Test finale ed Esercitazione



Fondazione
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Roma



Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Roma

Scavi Provvisionali a cielo aperto: teoria, aspetti normativi ed applicazioni

PARTE III - ESEMPI

Soluzioni Tipologiche ed Applicazioni

*Ing. Livia Adinolfi
Progettista Geotecnico*



*Ing. Piero Bongio
Technical Authority
Direzione Tecnica
Geologia & Geotecnica*



Roma, 20 Maggio 2025

INDICE

- 1. ESEMPIO 1 – CONDIZIONI DRENATE**

- 2. ESEMPIO 2 – CONDIZIONI NON DRENATE**

ESEMPIO 1

Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione delle fondazioni di un muro di sostegno

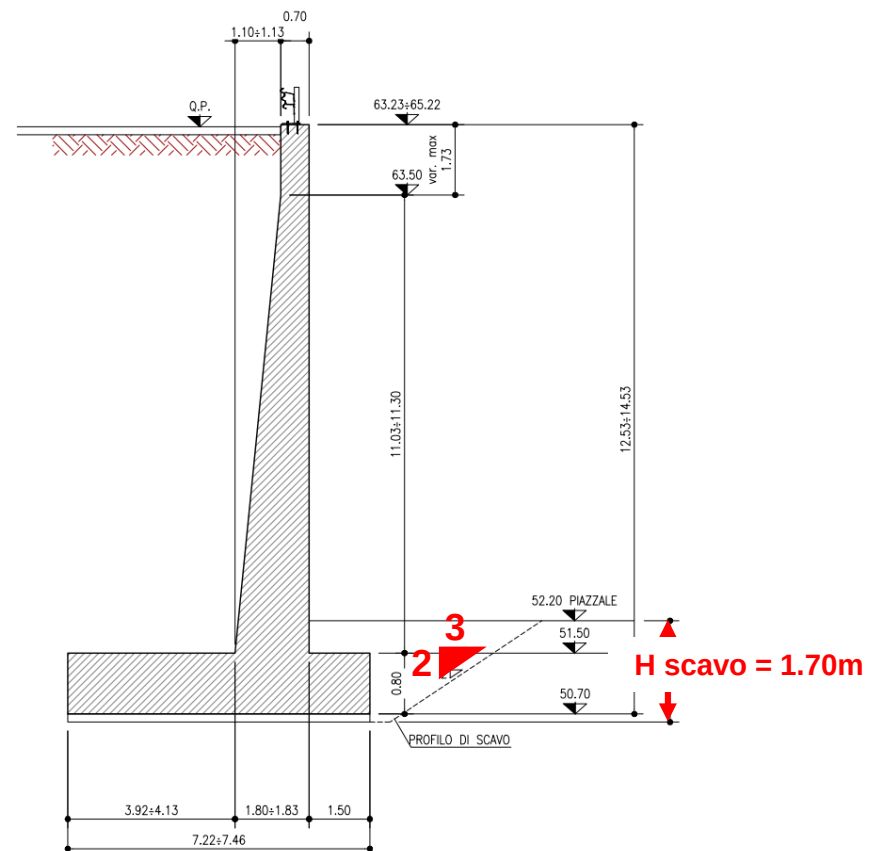


ESEMPIO 1

Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione delle fondazioni di un muro di sostegno

$$H_{\text{scavo}} = 1.70\text{m}$$

Scarpa 3H:2V



ESEMPIO 1

*Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione delle
fondazioni di un muro di sostegno*



Profilo geotecnico

ESEMPIO 1

*Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione delle
fondazioni di un muro di sostegno*



Profilo geotecnico

**Natura e condizioni
del terreno**

ESEMPIO 1

Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione delle fondazioni di un muro di sostegno

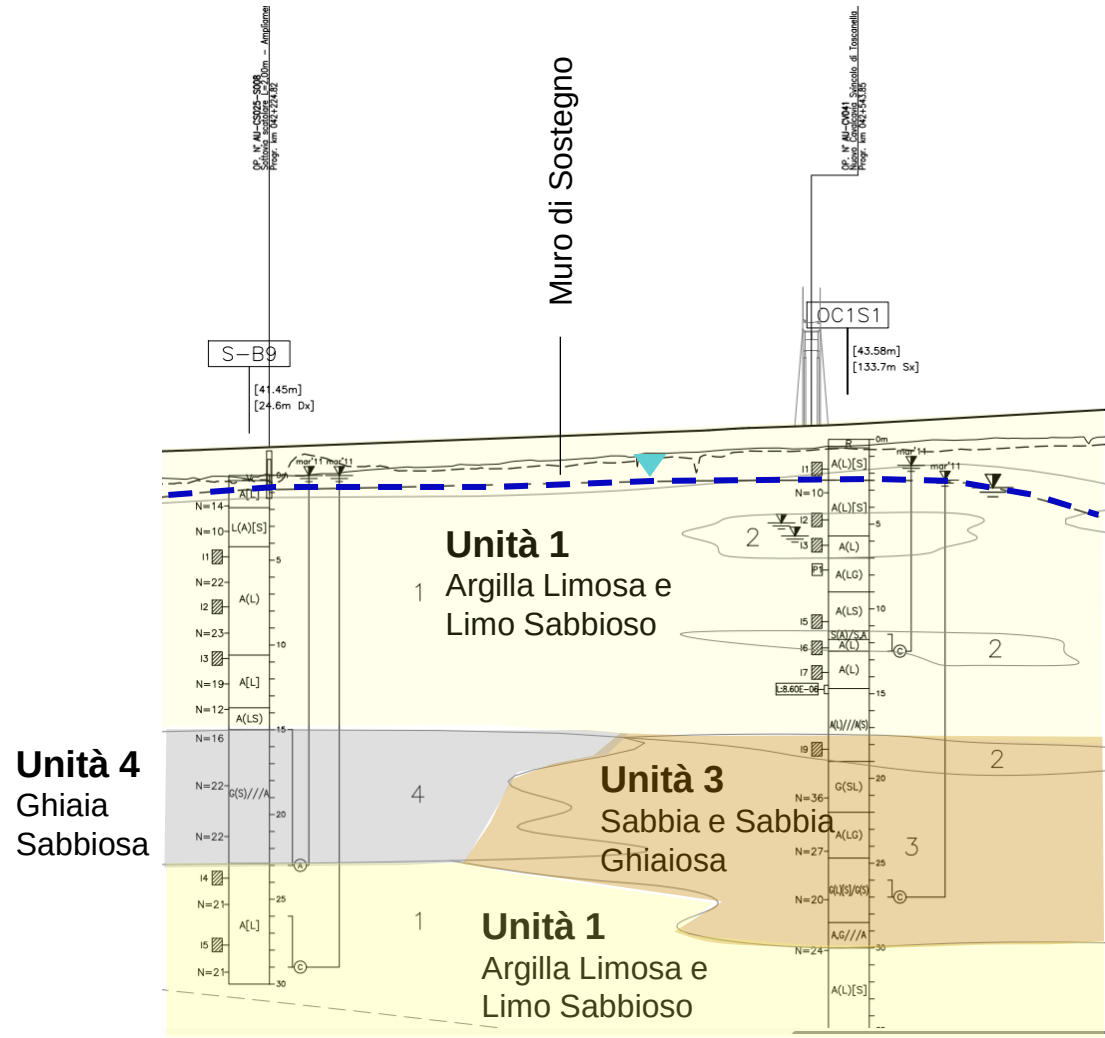


Profilo geotecnico

Natura e condizioni
del terreno

Parametri di resistenza al
taglio

ESEMPIO 1 – PROFILO GEOTECNICO



Terreni a grana fine da pc a 15m di profondità intercalati localmente da lenti sabbiose

Falda a circa 2.5m da piano campagna – cautelativamente si assume a piano campagna

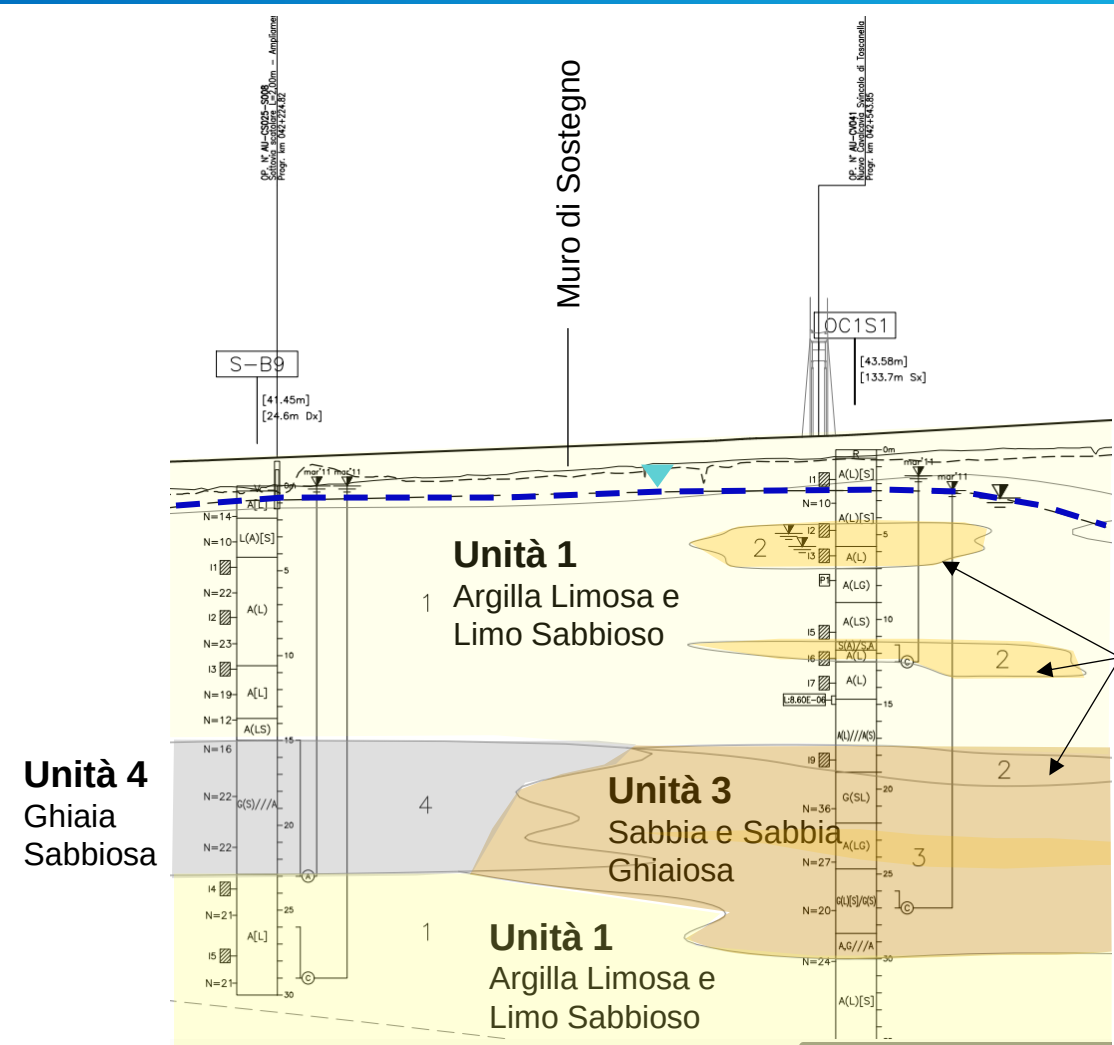
LEGENDA PROFILO

	PROFILO PROGETTO IN ASSE
	PIANO CAMPAGNA 35m DX
	PIANO CAMPAGNA 35m SX
	LIVELLO DI FALDA

LEGENDA STRATIGRAFICA

	TERRENO DI RIPOSTO E/O TERRENO VEGETALE
	ARGILLA LIMOSA E LIMO ARGILLOSO
	LIMO SABBIOSO E SABBIA LIMOSA GENERALMENTE POCO ADDENSATA
	SABBIA E SABBIA GHIAIOSA SCARSAMENTE ADDENSATA (DENSITA' RELATIVA GENERALMENTE ≤ 45)
	GHIAIA SABBIOSA E SABBIA CON GHIAIA DA ADDENSATA A MOLTO ADDENSATA (DENSITA' RELATIVA GENERALMENTE > 45)

ESEMPIO 1 – PROFILO GEOTECNICO



Terreni a grana fine da pc a 15m di profondità intercalati localmente da lenti sabbiose

Falda a circa 2.5m da piano campagna – cautelativamente si assume a piano campagna

Unità 2
Limo Sabbioso

LEGENDA PROFILO

	PROFILO PROGETTO IN ASSE
	PIANO CAMPAGNA 35m DX
	PIANO CAMPAGNA 35m SX
	LIVELLO DI FALDA

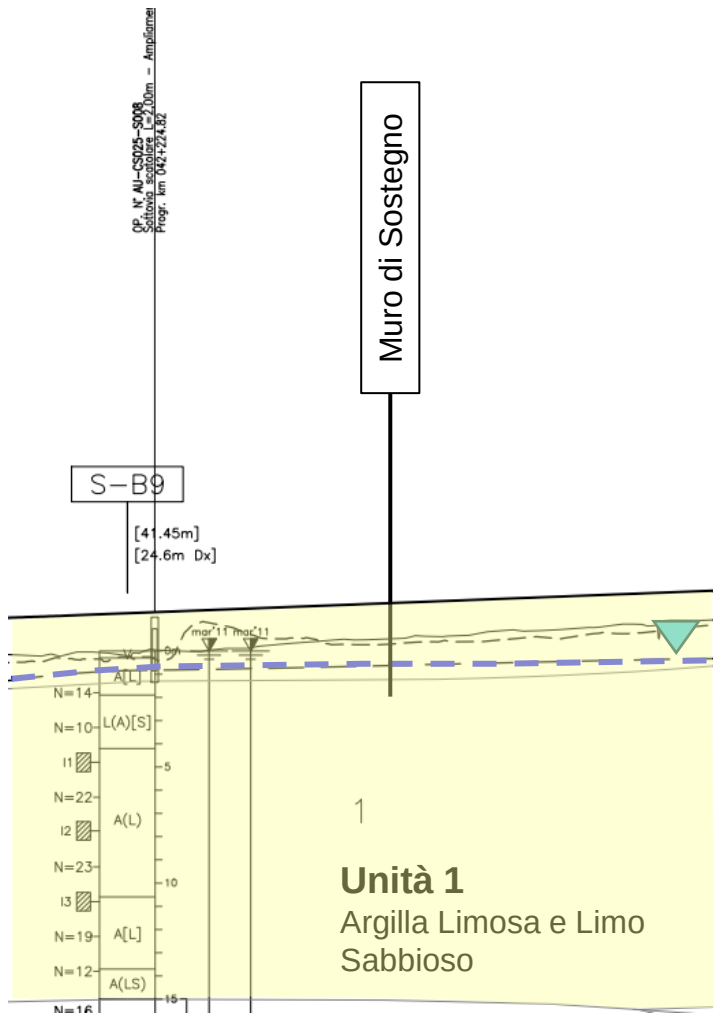
LEGENDA STRATIGRAFICA

Ⓡ	TERRENO DI RIPORTO E/O TERRENO VEGETALE
①	ARGILLA LIMOSA E LIMO ARGILLOSO
②	LIMO SABBIOSO E SABBIA LIMOSA GENERALMENTE POCO ADDENSATA
③	SABBIA E SABBIA GHIAIOSA SCARSAMENTE ADDENSATA (DENSITA' RELATIVA GENERALMENTE ≤ 45)
④	GHIAIA SABBIOSA E SABBIA CON GHIAIA DA ADDENSATA A MOLTO ADDENSATA (DENSITA' RELATIVA GENERALMENTE > 45)

ESEMPIO 1 – RELAZIONE GEOTECNICA

7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	66
7.1	PREMESSA.....	66
7.2	ZONA OMOGENEA 4 – PK 29+600 ÷ 30+274.....	67
7.2.1	Terreni coesivi – Unità 1 e 2.....	68
7.2.2	Terreni incoerenti – Unità 4.....	74
7.3	ZONA OMOGENEA 5 – PK 30+274 ÷ 40+115.....	77
7.3.1	Terreni coesivi – Unità 1 e 2.....	78
7.3.2	Terreni incoerenti – Unità 2, 3 e 4.....	85
7.4	ZONA OMOGENEA 6 – PK 40+115 ÷ 41+811.....	89
7.4.1	Terreni coesivi – Unità 1 e 2.....	90
7.4.2	Terreni incoerenti – Unità 2, 3 e 4.....	96
7.5	ZONA OMOGENEA 7 – PK 41+811 ÷ 47+111.....	99
7.5.1	Terreni coesivi – Unità 1 e 2.....	100
7.5.2	Terreni incoerenti – Unità 3 e 4.....	106
7.6	ZONA OMOGENEA 8 – PK 47+111 ÷ 50+754.....	110
7.6.1	Terreni coesivi – Unità 1 e 2 (profondità < 8.0 m).....	111
7.6.2	Terreni incoerenti – Unità 2 (profondità > 8.0 m), 3 e 4.....	115
7.7	ZONA OMOGENEA 9 – PK 50+754 ÷ 56+445.....	119
7.7.1	Terreni coesivi – Unità 1 e 2.....	120
7.7.2	Terreni incoerenti – Unità 2, 3 e 4.....	127
7.8	INDAGINI INTEGRATIVE 2022-2023 RELATIVE AL LOTTO DI COMPLETAMENTO	131
7.8.1	Zona Omogenea 7.....	131
7.8.2	Zona Omogenea 8.....	132
7.8.3	Zona Omogenea 9.....	133
8	RIEPILOGO PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE	135
8.1	ZONA OMOGENEA 4 – PK 29+600 ÷ 30+274.....	135
8.2	ZONA OMOGENEA 5 – PK 30+274 ÷ 40+115.....	138
8.3	ZONA OMOGENEA 6 – PK 40+115 ÷ 41+811.....	142
8.4	ZONA OMOGENEA 7 – PK 41+811 ÷ 47+111.....	145
8.5	ZONA OMOGENEA 8 – PK 47+111 ÷ 50+754.....	149
8.6	ZONA OMOGENEA 9 – PK 50+754 ÷ 56+445.....	154

ESEMPIO 1 – RELAZIONE GEOTECNICA



Zona omogenea	7	
Unità	1	
γ_t	[kN/m ³]	19.5
e_0	[-]	Fino a 3.0 m: $e_0=0.57$; oltre 3.0 m $e_0=0.74$
$\varphi'(^{\circ})$	[$^{\circ}$]	24 ÷ 26
$c'(^{\circ})$	[kPa]	Fino a 5.0 m: $c' = 3 \div 7$; oltre 5.0 m: $c' = (0.2 \div 0.4) \cdot z + 1$
q_c	[kPa]	20 C_u
$C_u(^{\circ})$	[kPa]	Fino a 10.0 m: $C_u = 50 \div 120$; da 10.0 a 15.0 m: $C_u = 50 \div 85$ Oltre 15.0 m: $C_u = (1.8 \cdot z + 27) \div (1.8 \cdot z + 60)$
OCR	[-]	Fino a 5.0 m: OCR > 4; da 5.0 a 13.0 m: OCR > 1.5; da 13.0 m: OCR = 1.0
k_0	[-]	$(1 - \sin \varphi') \cdot OCR^{0.5}$
$M_{ricarico}$	[kPa]	Fino a 5.0 m: $M = 8000$ kPa; oltre 5.0 m: $M = 300z + 8000$
M_{carico}	[kPa]	$M / 5$
$c_{\alpha\epsilon}$	[-]	2.40E-03
k_v	[m/s]	1.00E-09
k_h	[m/s]	3 $\cdot k_v$
c_v	[m ² /s]	5.20E-07
c_h	[m ² /s]	3 $\cdot c_v$
N_{spt}	[colpi/30cm]	Media
		14
N_{spt}	[colpi/30cm]	Intervallo
		4 ÷ 24
V_s	[m/s]	Fino a 5.0 m: $V_s = 125$; Oltre 5.0 m: $V_s = 2.7 \cdot z + 131$
G_{01}	[kPa]	Fino a 5.0 m: $G_{01} = 30000$; Oltre 5.0 m: $G_{01} = 1300 \cdot z + 35500$

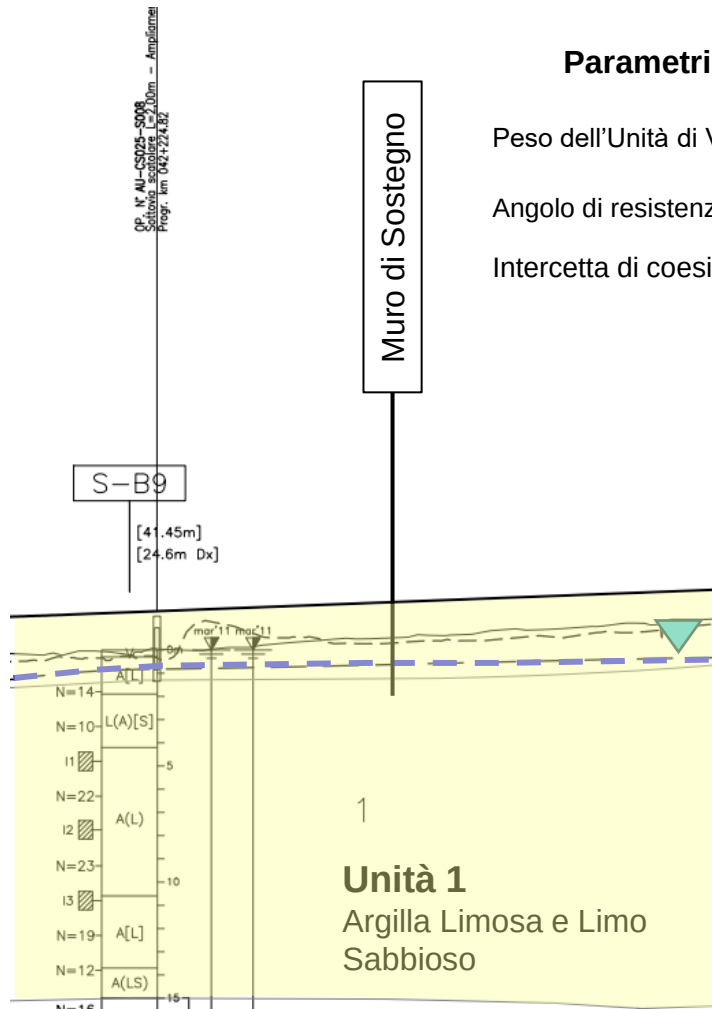
ESEMPIO 1 – RELAZIONE GEOTECNICA

Parametri Geotecnici

Peso dell'Unità di Volume, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

Angolo di resistenza al taglio, $\phi'_k = 24^\circ$

Intercetta di coesione, $c'_k = 5 \text{ kPa}$



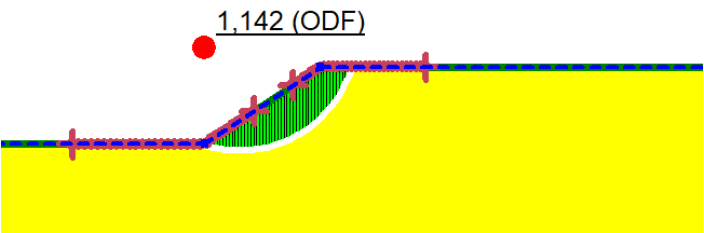
Zona omogenea		7
Unità		1
γ_t	[kN/m ³]	19.5
e_0	[-]	Fino a 3.0 m: $e_0 = 0.57$; oltre 3.0 m $e_0 = 0.74$
$\varphi' (^{\circ})$	[$^{\circ}$]	24 ÷ 26
$c' (^{\circ})$	[kPa]	Fino a 5.0 m: $c' = 3 \div 7$; oltre 5.0 m: $c' = (0.2 \div 0.4) \cdot z + 1$
q_c	[kPa]	20 · C_u
$C_u (^{\circ})$	[kPa]	Fino a 10.0 m: $C_u = 50 \div 120$; da 10.0 a 15.0 m: $C_u = 50 \div 85$ Oltre 15.0 m: $C_u = (1.8 \cdot z + 27) \div (1.8 \cdot z + 60)$
OCR	[-]	Fino a 5.0 m : OCR > 4; da 5.0 a 13.0 m: OCR > 1.5; da 13.0 m: OCR = 1.0
k_0	[-]	$(1 - \sin \varphi') \cdot OCR^{0.5}$
$M_{ricarico}$	[kPa]	Fino a 5.0 m: M = 8000 kPa; oltre 5.0 m: M = 300z + 8000
M_{carico}	[kPa]	M / 5
$c_{\alpha E}$	[-]	2.40E-03
k_v	[m/s]	1.00E-09
k_h	[m/s]	3 · k_v
c_v	[m ² /s]	5.20E-07
c_h	[m ² /s]	3 · c_v
N_{spt}	[colpi/30cm]	Media
		Intervallo
		14
		4 ÷ 24
V_s	[m/s]	Fino a 5.0 m: $V_s = 125$; Oltre 5.0 m: $V_s = 2.7 \cdot z + 131$
G_{01}	[kPa]	Fino a 5.0 m : $G_{01} = 30000$; Oltre 5.0 m: $G_{01} = 1300 \cdot z + 35500$

T0851-LL00-PE-DG-GTA-GE000-00000-R-GTA-0001-00
 RELAZIONE GEOTECNICA

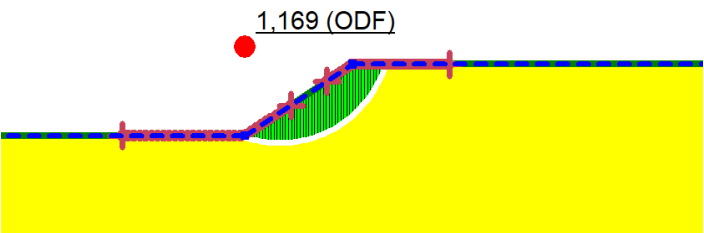
Pagina 145/694

ESEMPIO 1 – PESO DELL’UNITÀ DI VOLUME

Name: Terreno
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 5 kPa
Effective Friction Angle: 24 °
Piezometric Surface: 1

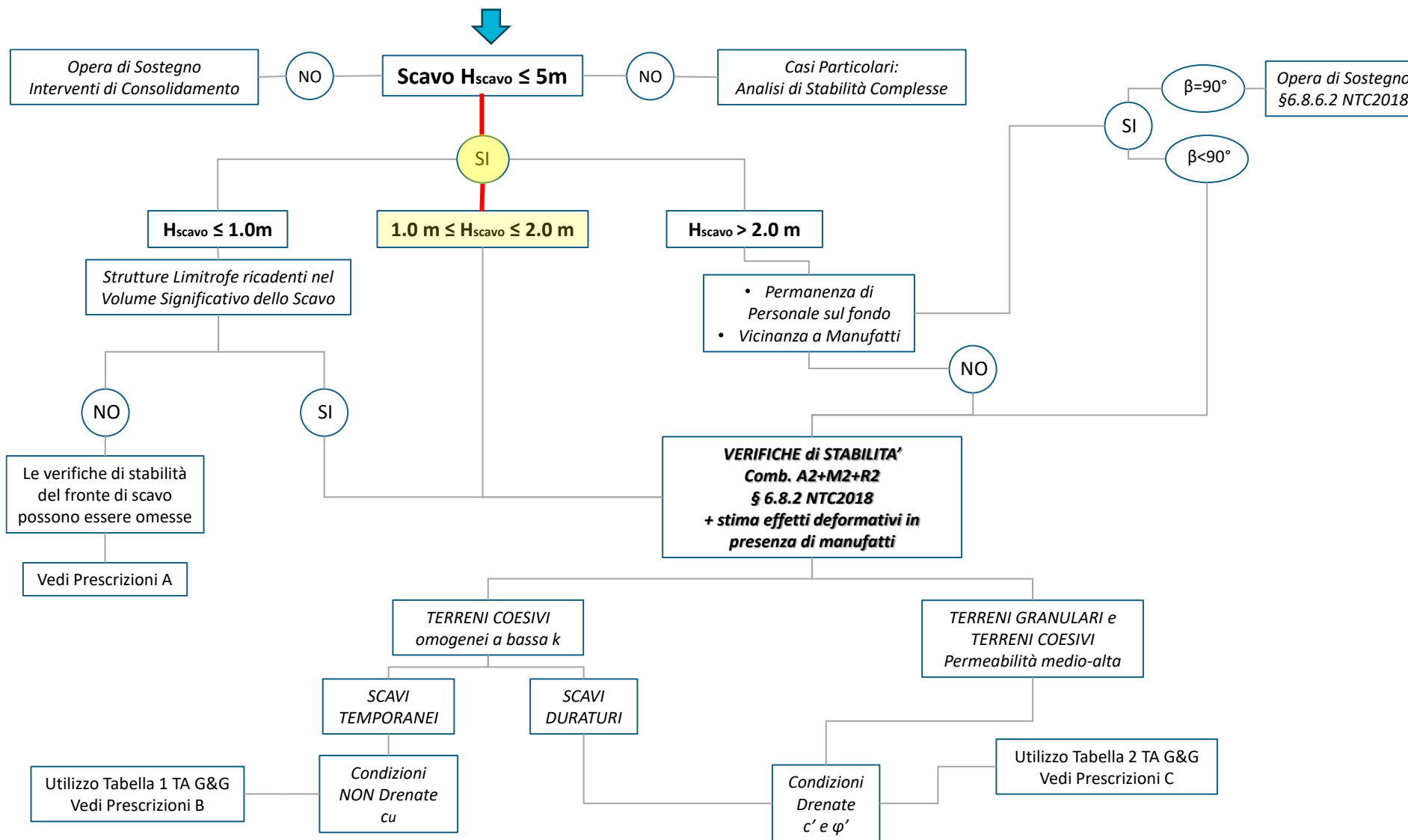


Name: Terreno
Unit Weight: 18 kN/m³
Effective Cohesion: 5 kPa
Effective Friction Angle: 24 °
Piezometric Surface: 1

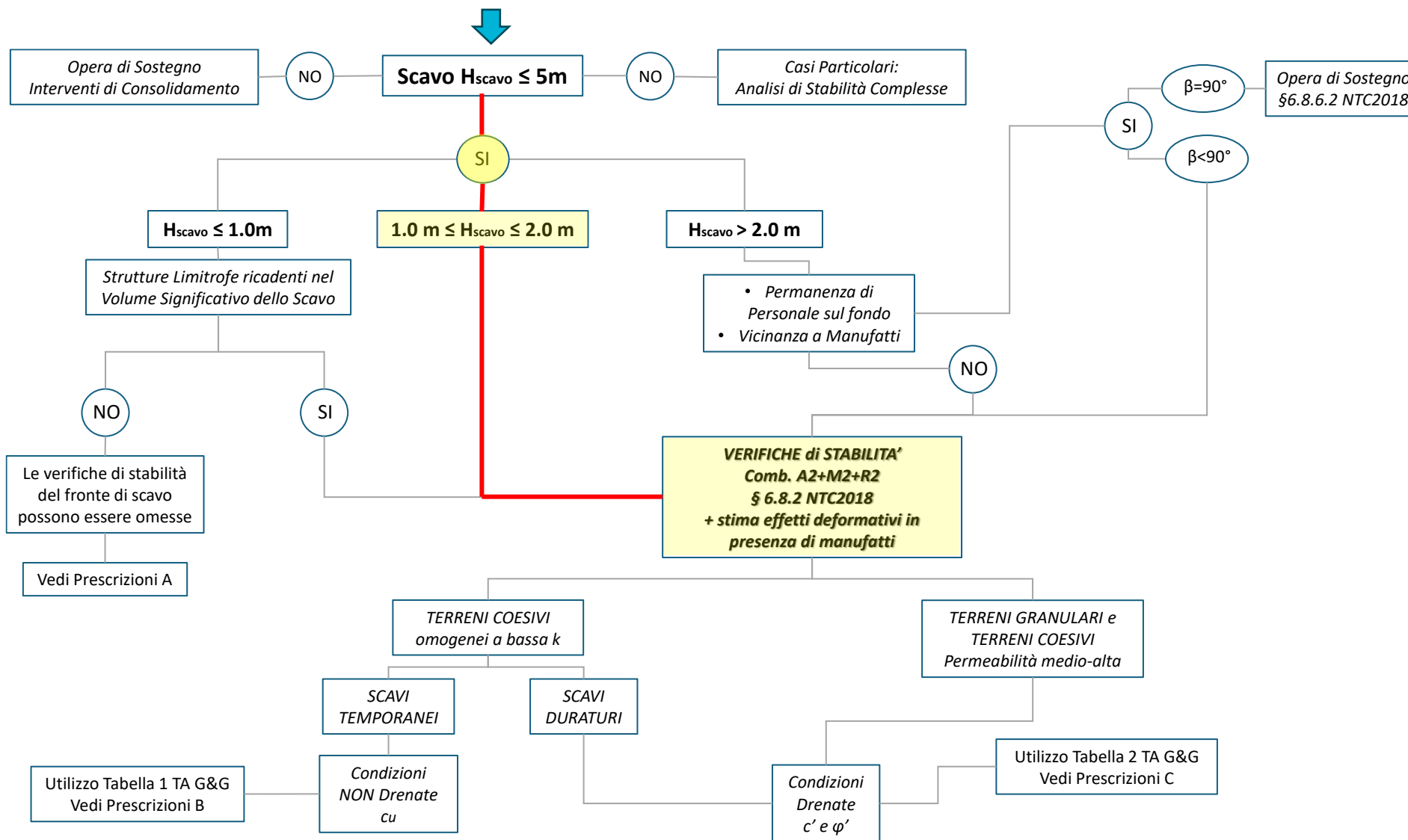


γ kN/m ³	R_{M2} / E_d	Err (%)
18	1.169	2.36%
18.5	1.162	1.75%
19	1.155	1.14%
19.5	1.148	0.53%
20	1.142	0.00%
20.5	1.135	-0.61%
21	1.129	-1.14%
21.5	1.122	-1.75%

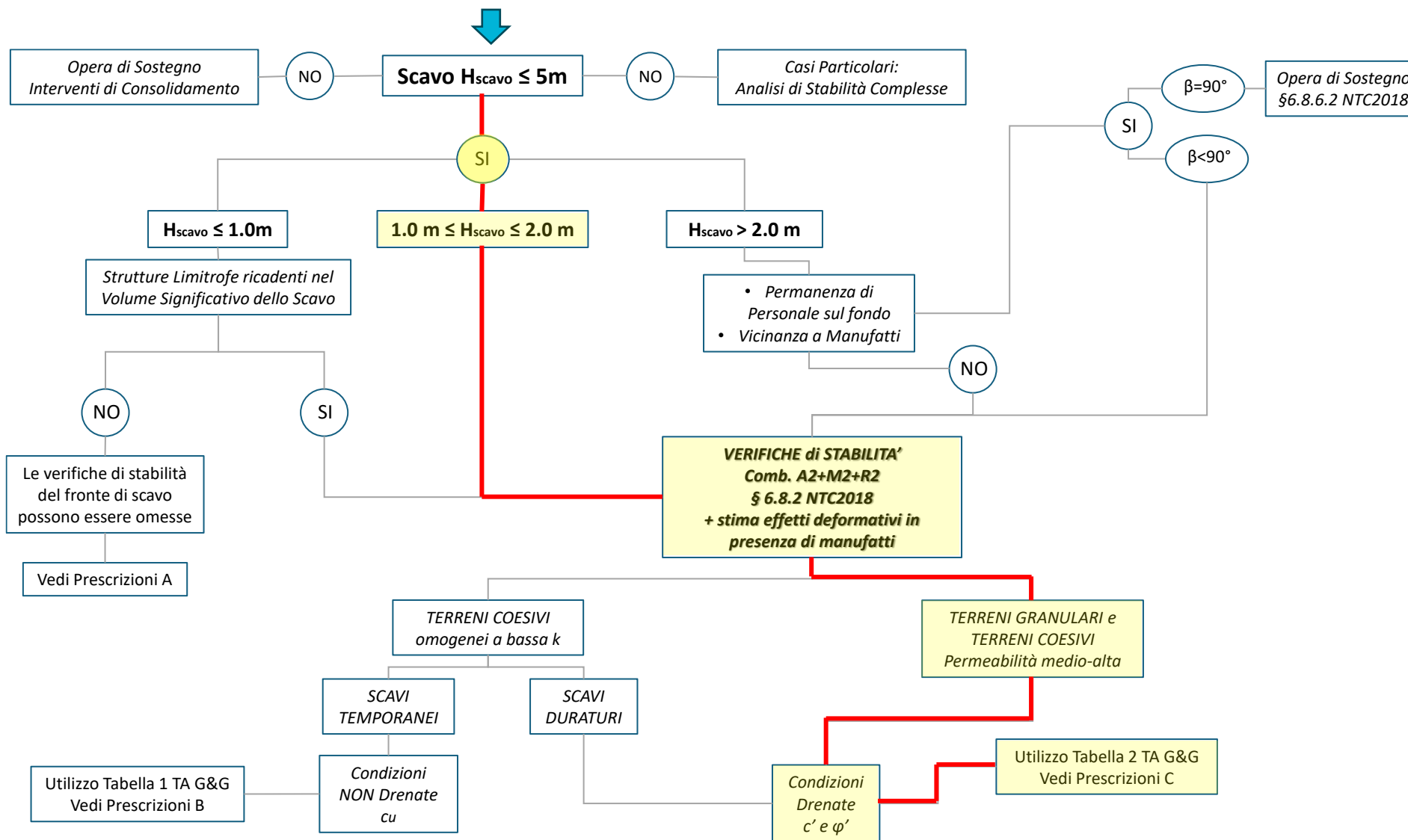
ESEMPIO 1 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



ESEMPIO 1 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



ESEMPIO 1 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



ESEMPIO 1 – DATI DI INPUT

$$H_{\text{scavo}} = 1.70\text{m}$$

Falda a Piano Campagna

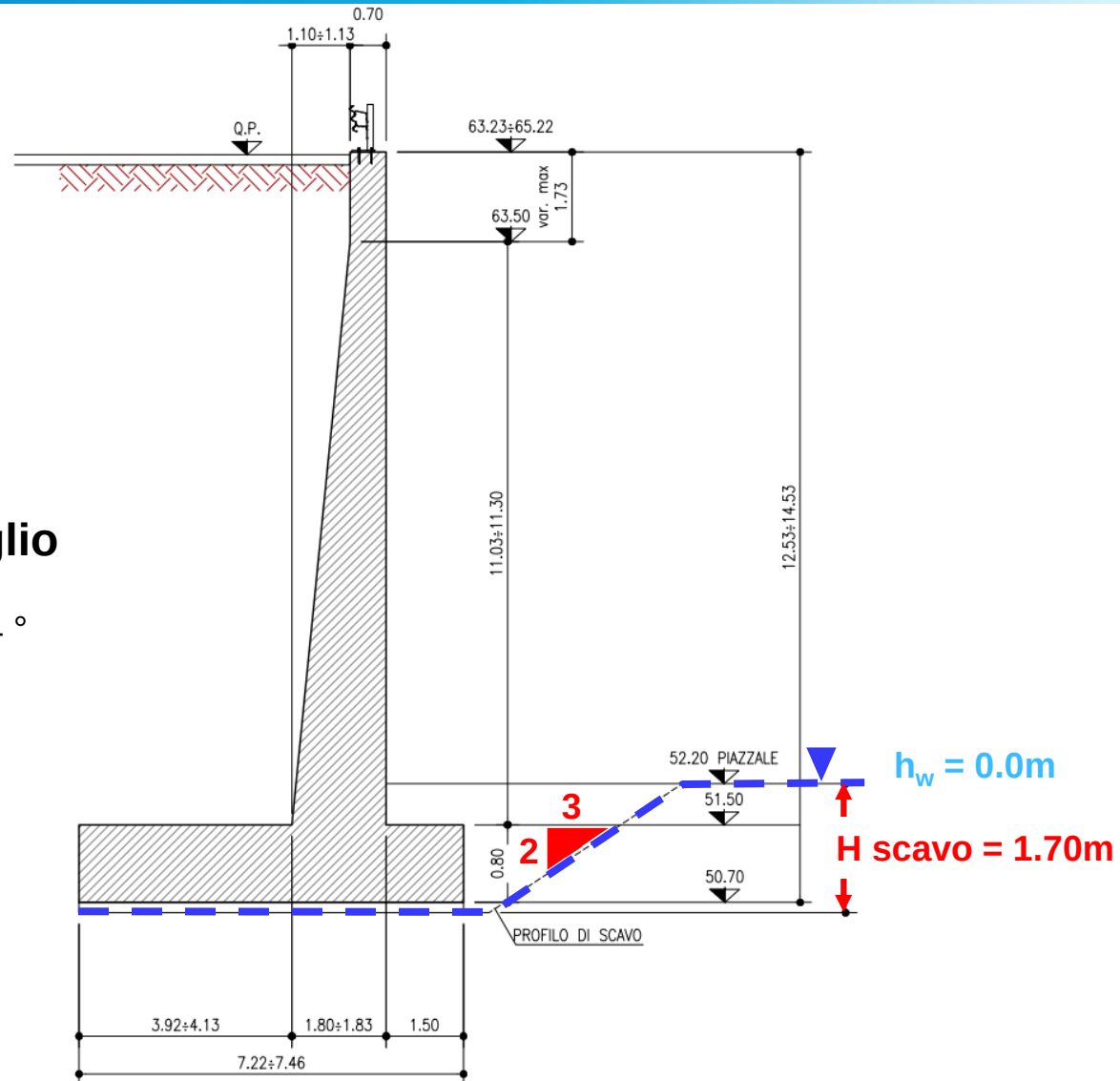
$$h_w = 0.0\text{m}$$

Parametri di resistenza al taglio

Angolo di resistenza al taglio, $\phi'_k = 24^\circ$

Intercetta di coesione, $c'_k = 5\text{ kPa}$

Scarpa 3H:2V



ESEMPIO 1 – TABELLA TIPOLOGICA

TABELLA 2b

Angolo d'Attrito ϕ' (°)

Intercetta di Coesione (kPa)

		26°				24°				22°				20°				18°			
Scarpa		H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1
0 kPa	hw = 0.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 0.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 1.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 1.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 2.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 2.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 3.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 3.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 4.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 4.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
5 kPa	hw = 5.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 5.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 6.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 0.0 m	1.25	1.50	1.75	2.50	1.25	1.50	1.75	2.25	1.25	1.50	1.75	2.00	1.25	1.25	1.50	2.00	1.25	1.25	1.50	1.75
	hw = 0.5 m	1.50	1.75	2.00	2.75	1.50	1.75	2.00	2.50	1.50	1.50	2.00	2.25	1.50	1.50	1.75	2.25	1.25	1.50	1.50	2.00
	hw = 1.0 m	1.75	2.00	2.25	3.00	1.75	2.00	2.25	2.75	1.75	1.75	2.00	2.50	1.75	1.75	2.00	2.50	1.50	1.75	1.75	2.25
	hw = 1.5 m	2.25	2.25	2.75	3.25	2.00	2.50	2.50	3.00	2.00	2.00	2.50	2.75	1.75	2.00	2.25	2.75	1.75	2.00	1.75	2.50
	hw = 2.0 m	2.50	2.75	3.00	3.75	2.25	2.50	2.75	3.50	2.25	2.25	2.75	3.25	2.00	2.25	2.50	3.00	1.75	2.00	2.25	2.75
	hw = 2.5 m	2.50	3.00	3.25	4.00	2.50	2.75	3.25	3.75	2.25	2.50	3.00	3.50	2.00	2.50	2.75	3.25	1.75	2.25	2.50	3.00
	hw = 3.0 m	2.75	3.25	3.75	4.50	2.50	3.00	3.50	4.25	2.25	2.75	3.25	3.75	2.00	2.50	3.00	3.50	1.75	2.25	2.75	3.25
	hw = 3.5 m	2.75	3.50	4.00	5.00	2.50	3.00	4.00	4.50	2.25	2.75	3.50	4.25	2.00	2.50	3.00	3.75	1.75	2.25	2.75	3.50
	hw = 4.0 m	2.75	3.50	4.25	5.00	2.50	3.00	4.25	4.75	2.25	2.75	3.50	4.50	2.00	2.50	3.00	4.00	1.75	2.25	2.75	3.75
	hw = 4.5 m	2.75	3.50	4.75	5.00	2.50	3.00	4.25	5.00	2.25	2.75	3.50	4.75	2.00	2.50	3.00	4.50	1.75	2.25	2.75	4.00
	hw = 5.0 m	2.75	3.50	5.00	5.00	2.50	3.00	5.00	5.00	2.25	2.75	3.50	5.00	2.00	2.50	3.00	4.75	1.75	2.25	2.75	4.00
	hw = 5.5 m	2.75	3.50	5.00	5.00	2.50	3.00	5.00	5.00	2.25	2.75	3.50	5.00	2.00	2.50	3.00	4.75	1.75	2.25	2.75	4.00
	hw = 6.0 m	2.75	3.50	5.00	5.00	2.50	3.00	5.00	5.00	2.25	2.75	3.50	5.00	2.00	2.50	3.00	4.75	1.75	2.25	2.75	4.00
10 kPa	hw = 0.0 m	2.75	3.00	3.75	5.00	2.75	3.00	3.50	4.50	3.00	3.00	3.50	4.25	3.00	2.75	3.25	4.00	2.50	2.75	3.00	3.75
	hw = 0.5 m	3.00	3.25	4.00	5.00	3.00	3.25	3.75	4.75	3.00	3.00	3.50	4.50	3.00	3.00	3.50	4.25	2.75	3.00	3.25	4.00
	hw = 1.0 m	3.25	3.75	4.25	5.00	3.25	3.50	4.00	5.00	3.00	3.25	3.75	4.75	3.00	3.25	3.75	4.50	2.75	3.25	3.50	4.00
	hw = 1.5 m	3.75	4.00	4.50	5.00	3.50	3.75	4.25	5.00	3.25	3.50	4.00	5.00	3.25	3.50	4.00	4.50	3.00	3.50	3.75	4.25
	hw = 2.0 m	4.00	4.25	4.75	5.00	3.75	4.00	4.50	5.00	3.50	3.75	4.25	5.00	3.25	3.75	4.00	4.75	3.25	3.75	3.75	4.50
	hw = 2.5 m	4.25	4.50	5.00	5.00	4.00	4.25	5.00	5.00	3.75	4.00	4.50	5.00	3.50	3.75	4.25	5.00	3.50	3.75	4.00	4.75
	hw = 3.0 m	4.50	4.75	5.00	5.00	4.25	4.50	5.00	5.00	4.00	4.25	5.00	5.00	3.75	4.00	4.50	5.00	3.50	3.75	4.25	5.00
	hw = 3.5 m	5.00	5.00	5.00	5.00	4.75	4.75	5.00	5.00	4.00	4.50	5.00	5.00	4.00	4.25	4.75	5.00	3.75	4.00	4.50	5.00
	hw = 4.0 m	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.75	5.00	5.00	4.25	4.50	5.00	5.00	3.75	4.25	4.75	5.00
	hw = 4.5 m	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.50	5.00	5.00	5.00	4.25	4.75	5.00	5.00	3.75	4.50	5.00	5.00
	hw = 5.0 m	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.50	5.00	5.00	5.00	4.25	5.00	5.00	5.00	3.75	4.50	5.00	5.00
	hw = 5.5 m	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.50	5.00	5.00	5.00	4.25	5.00	5.00	5.00	3.75	4.50	5.00	5.00
	hw = 6.0 m	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.50	5.00	5.00	5.00	4.25	5.00	5.00	5.00	3.75	4.50	5.00	5.00

$H_{\max} = 1.75m > H_{\text{scavo}} = 1.70m$



ESEMPIO 1 BIS

$H_{scavo} = 1.70m$

Falda Profonda

$h_w = 1.0m$

Parametri di resistenza al taglio

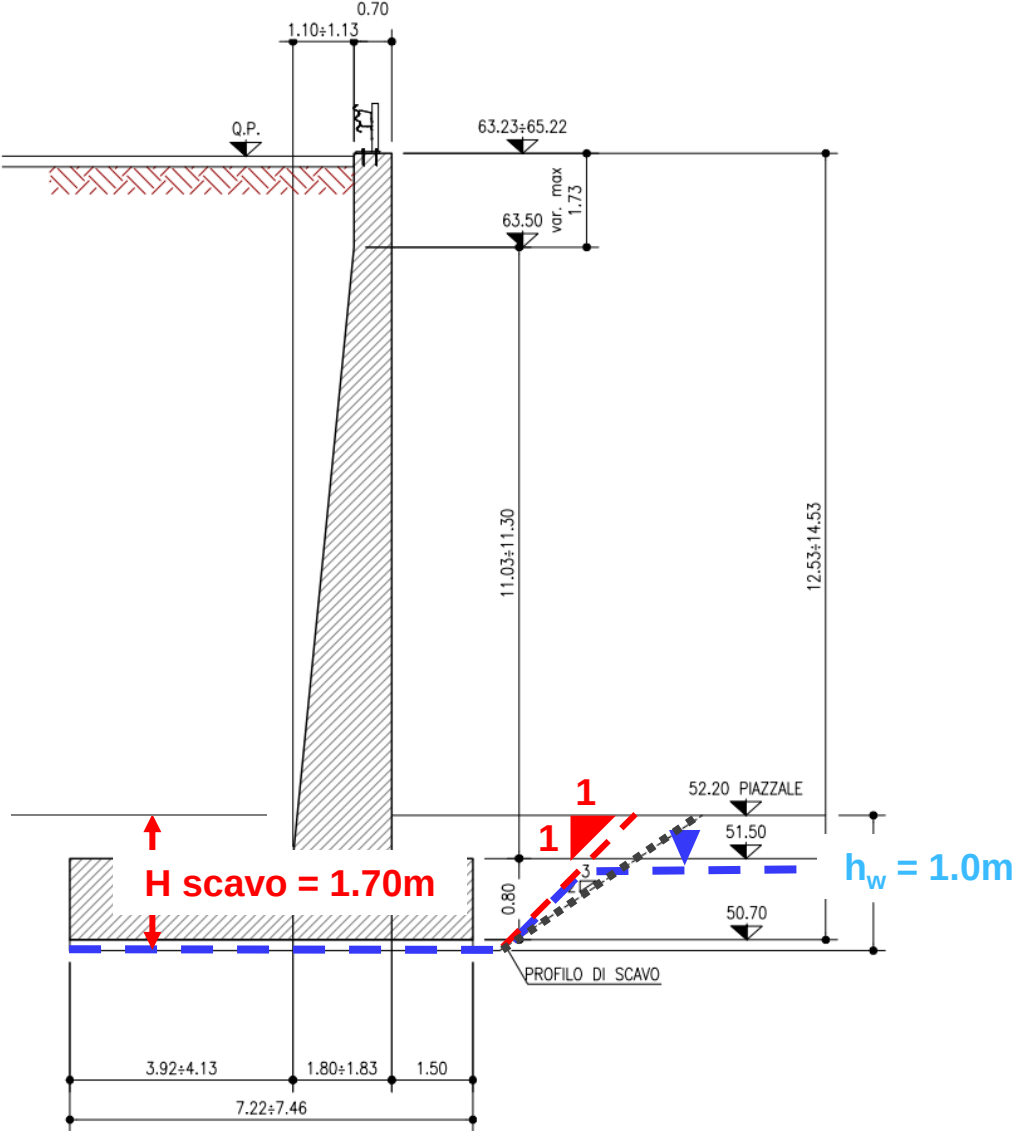
Angolo di resistenza al taglio, $\phi'_k = 24^\circ$

Intercetta di coesione, $c'_k = 5 \text{ kPa}$

Scarpa 3H:2V



Scarpa 1H:1V



ESEMPIO 1 BIS

TABELLA 2b

Angolo d'Attrito ϕ' (°)

Intercetta di Coesione (kPa)

		26°				24°				22°				20°				18°			
Scarpa		H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1	H:1V:1	H:3V:2.5	H:3V:2	H:2V:1
0 kPa	hw = 0.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 0.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 1.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 1.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 2.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 2.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 3.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 3.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 4.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 4.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
5 kPa	hw = 5.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 5.5 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 6.0 m	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.	N.V.
	hw = 0.0 m	1.25	1.50	1.75	2.50	1.25	1.50	1.75	2.25	1.25	1.50	1.75	2.00	1.25	1.25	1.50	2.00	1.25	1.25	1.50	1.75
	hw = 0.5 m	1.50	1.75	2.00	2.75	1.50	1.75	2.00	2.50	1.50	1.50	2.00	2.25	1.50	1.50	1.75	2.25	1.25	1.50	1.50	2.00
	hw = 1.0 m	1.75	2.00	2.25	3.00	1.75	2.00	2.25	2.75	1.75	1.75	2.00	2.50	1.75	1.75	2.00	2.50	1.50	1.75	1.75	2.25
	hw = 1.5 m	2.25	2.25	2.75	3.25	2.00	2.50	2.50	3.00	2.00	2.00	2.50	2.75	1.75	2.00	2.25	2.75	1.75	2.00	1.75	2.50
	hw = 2.0 m	2.50	2.75	3.00	3.75	2.25	2.50	2.75	3.50	2.25	2.25	2.75	3.25	2.00	2.25	2.50	3.00	1.75	2.00	2.25	2.75
	hw = 2.5 m	2.50	3.00	3.25	4.00	2.50	2.75	3.25	3.75	2.25	2.50	3.00	3.50	2.00	2.50	2.75	3.25	1.75	2.25	2.50	3.00
	hw = 3.0 m	2.75	3.25	3.75	4.50	2.50	3.00	3.50	4.25	2.25	2.75	3.25	3.75	2.00	2.50	3.00	3.50	1.75	2.25	2.75	3.25
10 kPa	hw = 3.5 m	2.75	3.50	4.00	5.00	2.50	3.00	4.00	4.50	2.25	2.75	3.50	4.25	2.00	2.50	3.00	3.75	1.75	2.25	2.75	3.50
	hw = 4.0 m	2.75	3.50	4.25	5.00	2.50	3.00	4.25	4.75	2.25	2.75	3.50	4.50	2.00	2.50	3.00	4.00	1.75	2.25	2.75	3.75
	hw = 4.5 m	2.75	3.50	4.75	5.00	2.50	3.00	4.25	5.00	2.25	2.75	3.50	4.75	2.00	2.50	3.00	4.50	1.75	2.25	2.75	4.00
	hw = 5.0 m	2.75	3.50	5.00	5.00	2.50	3.00	5.00	5.00	2.25	2.75	3.50	5.00	2.00	2.50	3.00	4.75	1.75	2.25	2.75	4.00
	hw = 5.5 m	2.75	3.50	5.00	5.00	2.50	3.00	5.00	5.00	2.25	2.75	3.50	5.00	2.00	2.50	3.00	4.75	1.75	2.25	2.75	4.00
	hw = 6.0 m	2.75	3.50	5.00	5.00	2.50	3.00	5.00	5.00	2.25	2.75	3.50	5.00	2.00	2.50	3.00	4.75	1.75	2.25	2.75	4.00
	hw = 0.0 m	2.75	3.00	3.75	5.00	2.75	3.00	3.50	4.50	3.00	3.00	3.50	4.25	3.00	2.75	3.25	4.00	2.50	2.75	3.00	3.75
	hw = 0.5 m	3.00	3.25	4.00	5.00	3.00	3.25	3.75	4.75	3.00	3.00	3.50	4.50	3.00	3.00	3.50	4.25	2.75	3.00	3.25	4.00
	hw = 1.0 m	3.25	3.75	4.25	5.00	3.25	3.50	4.00	5.00	3.00	3.25	3.75	4.75	3.00	3.25	3.75	4.50	2.75	3.25	3.50	4.00
	hw = 1.5 m	3.75	4.00	4.50	5.00	3.50	3.75	4.25	5.00	3.25	3.50	4.00	5.00	3.25	3.50	4.00	4.50	3.00	3.50	3.75	4.25

$H_{\max} = 1.75m > H_{\text{scavo}} = 1.70m$



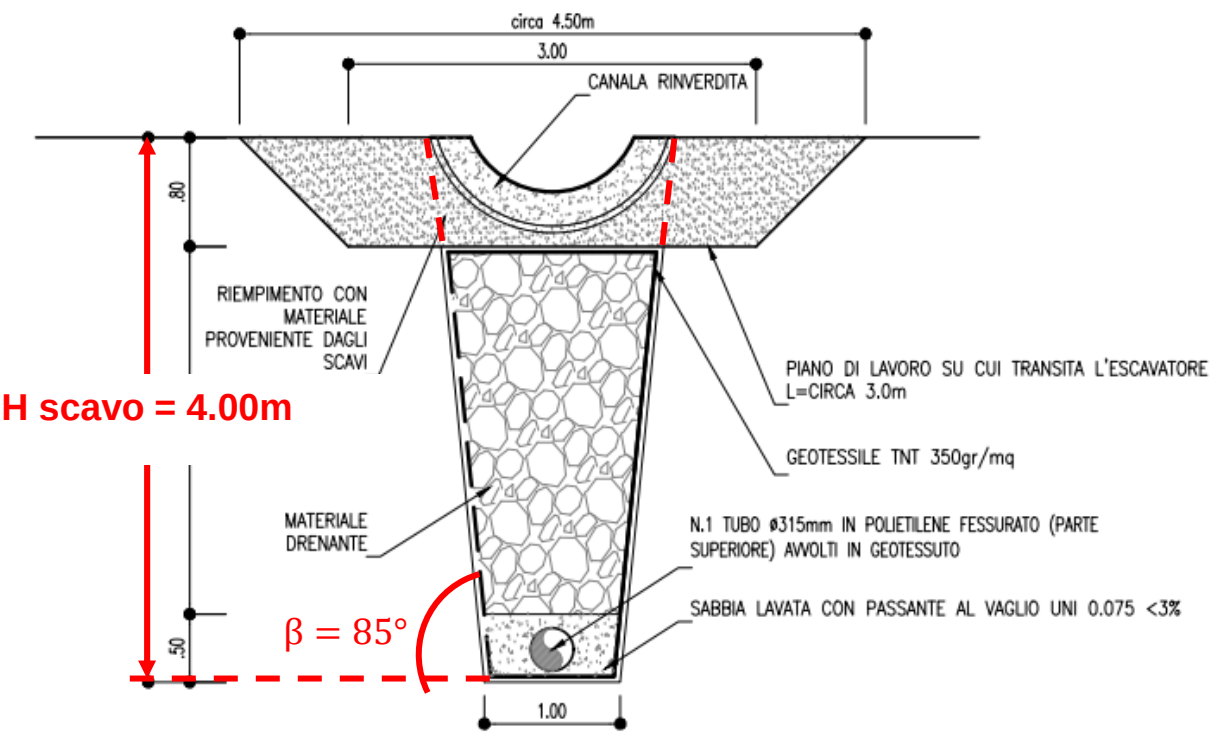
ESEMPIO 2

Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione di una trincea drenante



ESEMPIO 2

Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione di una trincea drenante



ESEMPIO 2

Esecuzione di scavi provvisionali propedeutici alla realizzazione di una trincea drenante

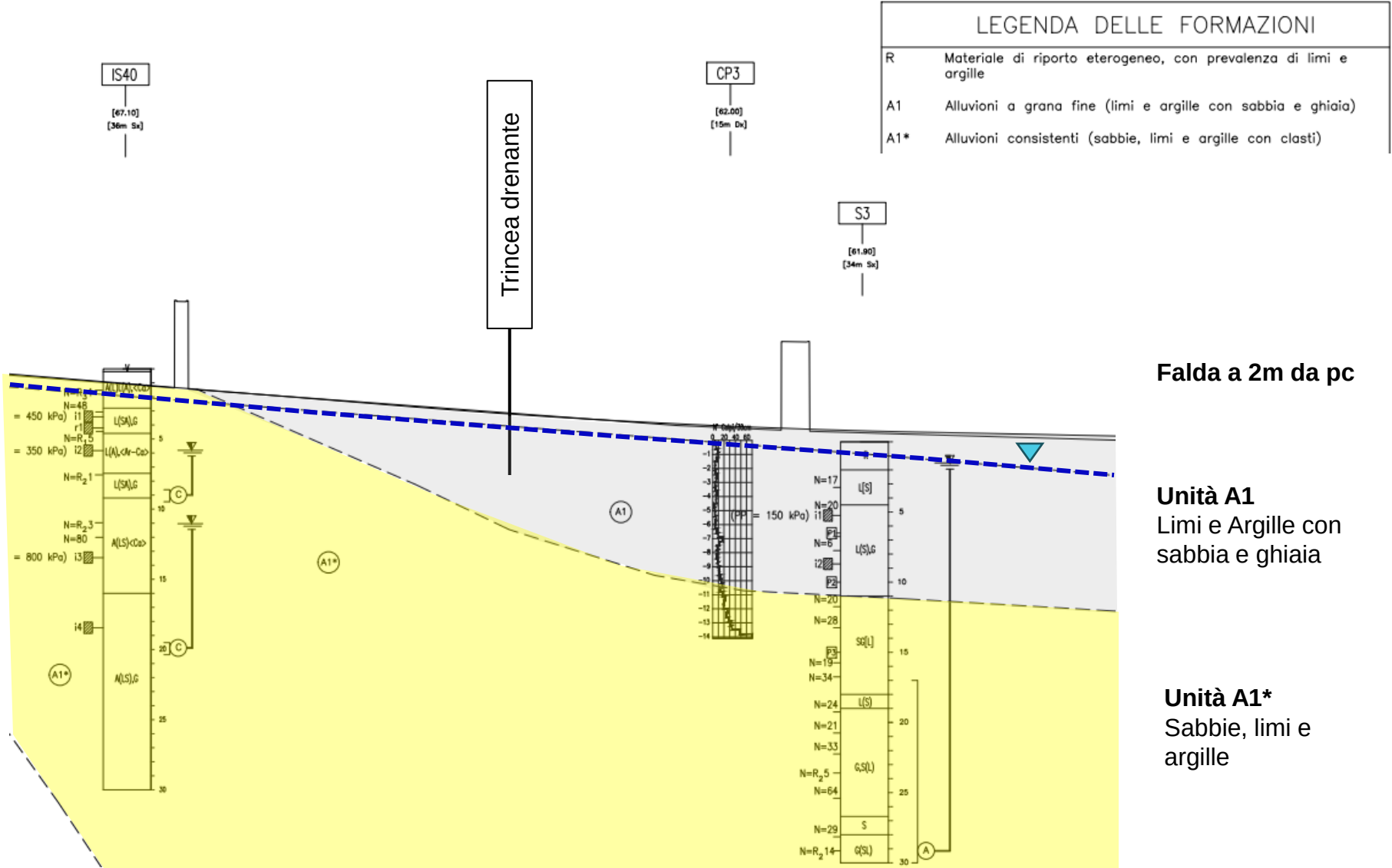


Profilo stratigrafico

Natura e condizioni
del terreno

Parametri di resistenza al
taglio

ESEMPIO 2 – PROFILO GEOTECNICO

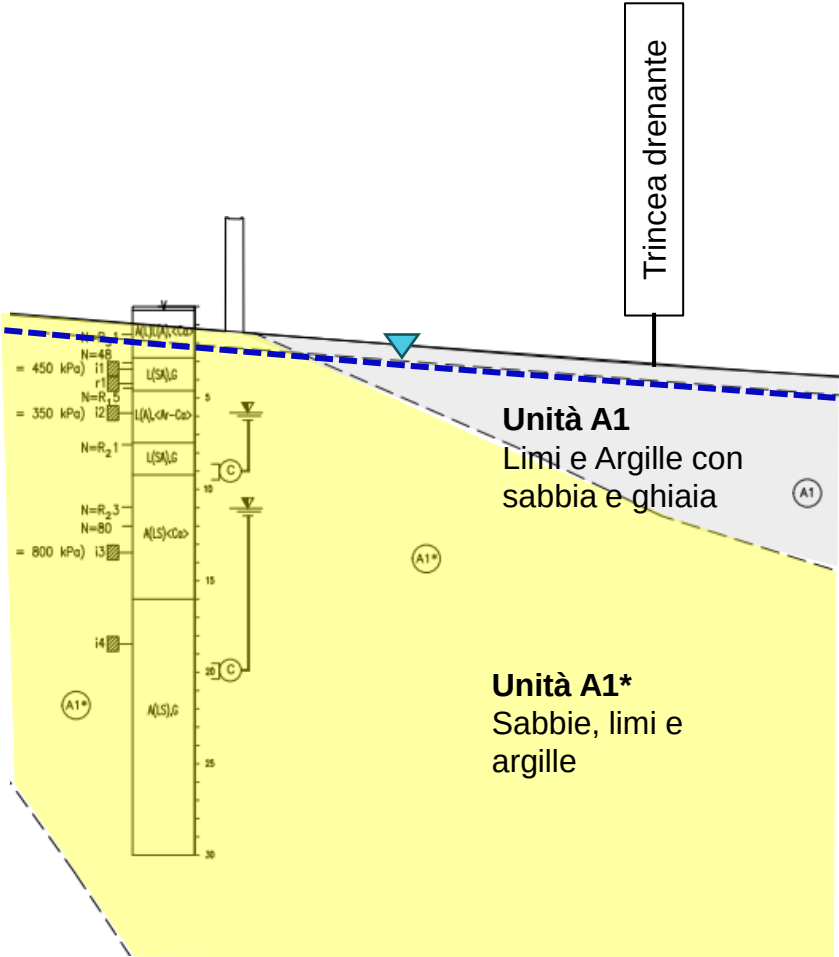


ESEMPIO 2 – RELAZIONE GEOTECNICA

5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	59
	5.12.6 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	149
5.13	Copertura formazione MML da km 12+300 a km 15+000 (terza tratta)	153
	5.13.1 Descrizione	153
	5.13.2 Caratteristiche fisiche	154
	5.13.3 Parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci	155
	5.13.4 Resistenza al taglio non drenata	155
	5.13.5 Caratteristiche di deformabilità	156
	5.13.6 Coefficienti di permeabilità	156
	5.13.7 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	157
5.14	Formazione MML da km 12+300 a km 15+000 (terza tratta)	159
	5.14.1 Descrizione e caratteristiche generali dei materiali	159
	5.14.2 Parametri RMR ₉₉ e GSI	160
	5.14.3 Involupi di rottura	161
	5.14.4 Caratteristiche di deformabilità	162
	5.14.5 Caratteristiche di permeabilità	164
	5.14.6 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	164
5.15	Formazione MML molto fratturata	168
	5.15.1 Descrizione, caratteristiche fisiche e meccaniche	168
	5.15.2 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	176
5.16	Depositi alluvionali da km 15+300 a km 17+600	179
	5.16.1 Descrizione	179
	5.16.2 Caratteristiche geotecniche dei materiali a grana grossa A2	180
	5.16.3 Caratteristiche geotecniche dei materiali a grana fine A1	181
	5.16.4 Tabella riepilogativa di caratterizzazione geotecnica	183

ESEMPIO 2 – RELAZIONE GEOTECNICA

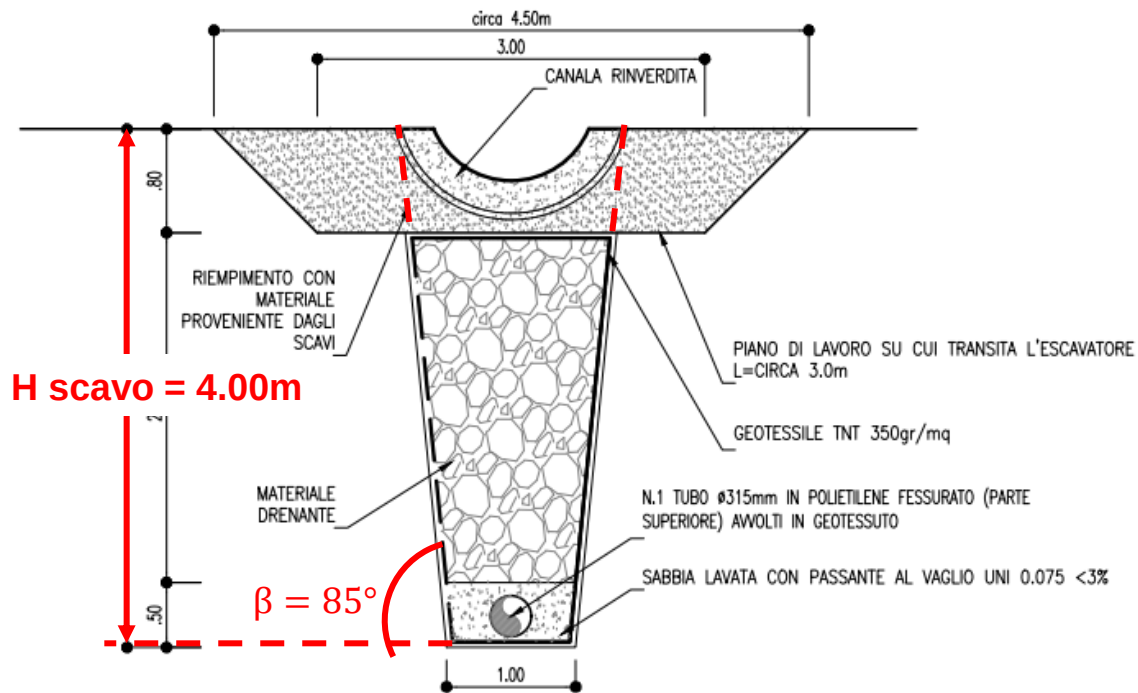
pag. 185



Depositi alluvionali A1

γ_t (kN/m ³)	20
e_o (-)	0.4 ÷ 0.75
ϕ' (°)	25
c' (KPa)	10 ÷ 20
N_{SPT} (colpi/30 cm)	10 ÷ 15
c_u (kPa)	40 + 1.5 · z
$GSC = \sigma_{vmax}' / \sigma_{vo}'$ (-)	2 ÷ 3
k_o (-)	$0.5 \cdot \sqrt{2} \div 3$
C_c (-)	0.2 ÷ 0.25
C_r (-)	$C_d / (3 \div 5)$
c_{es} (%)	0.15
k_v (m/sec)	$1 \times 10^{-8} \div 1 \times 10^{-10}$
K_h (m/sec)	$3 \times K_v$
c_v (m ² /sec)	$1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-7}$
c_h (m ² /sec)	$3 \cdot c_v$
V_s (m/sec)	$\sqrt{\frac{G_{o1} \cdot 9.81}{\gamma_t}}$
$G_{o1}^{(1)}$	$1000 \cdot c_u$
$E_{ed}^{(1)(2)}$	$4000 + 300 \cdot z$
v' (-)	0.15 ÷ 0.20

ESEMPIO 2 – DATI DI INPUT



$$H_{\text{scavo}} = 4.00\text{m}$$

$$\beta_{\text{scavo}} = 85^\circ$$

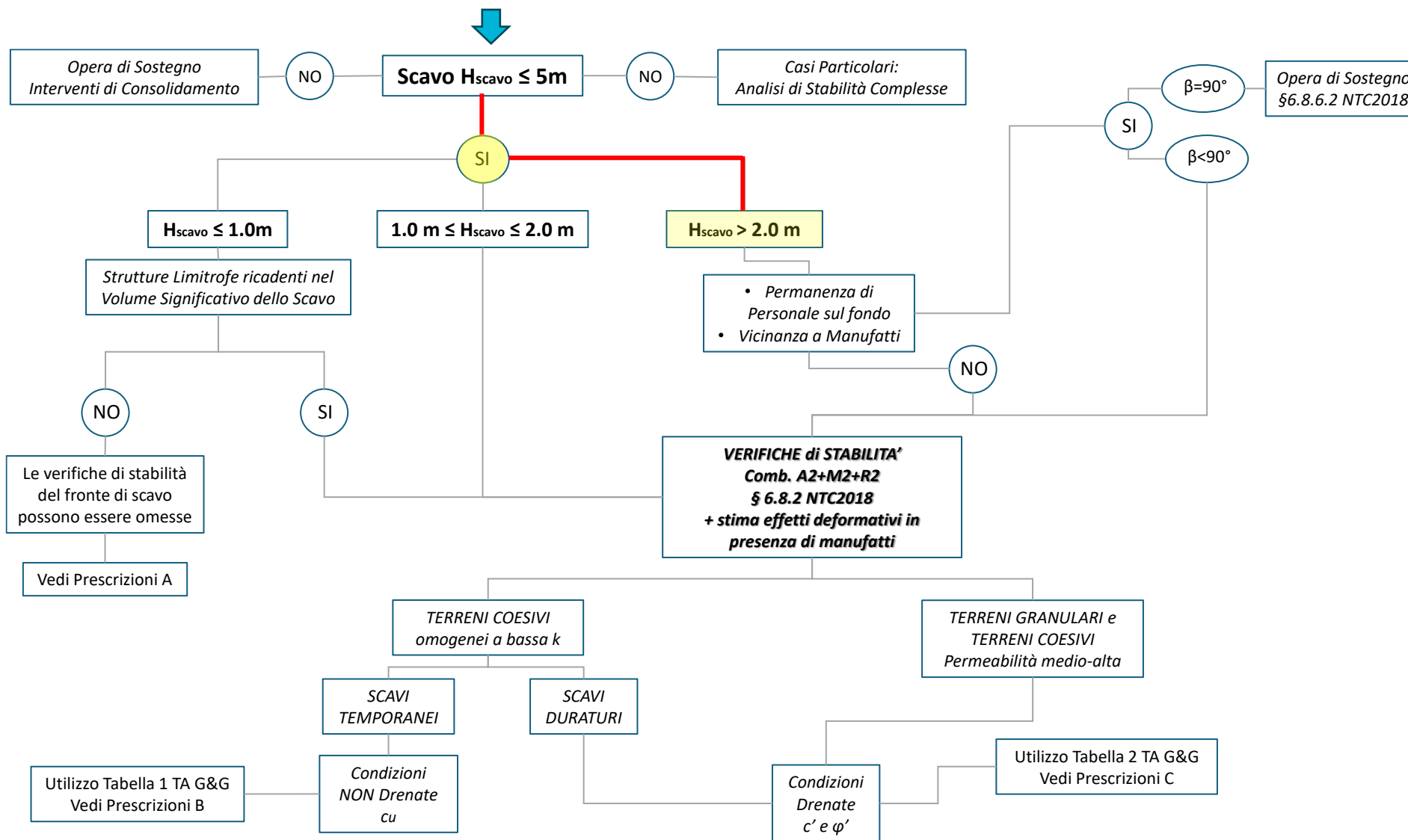
Parametri di resistenza al taglio

Coesione non drenata, $c_{u,k} = 40\text{kPa}$

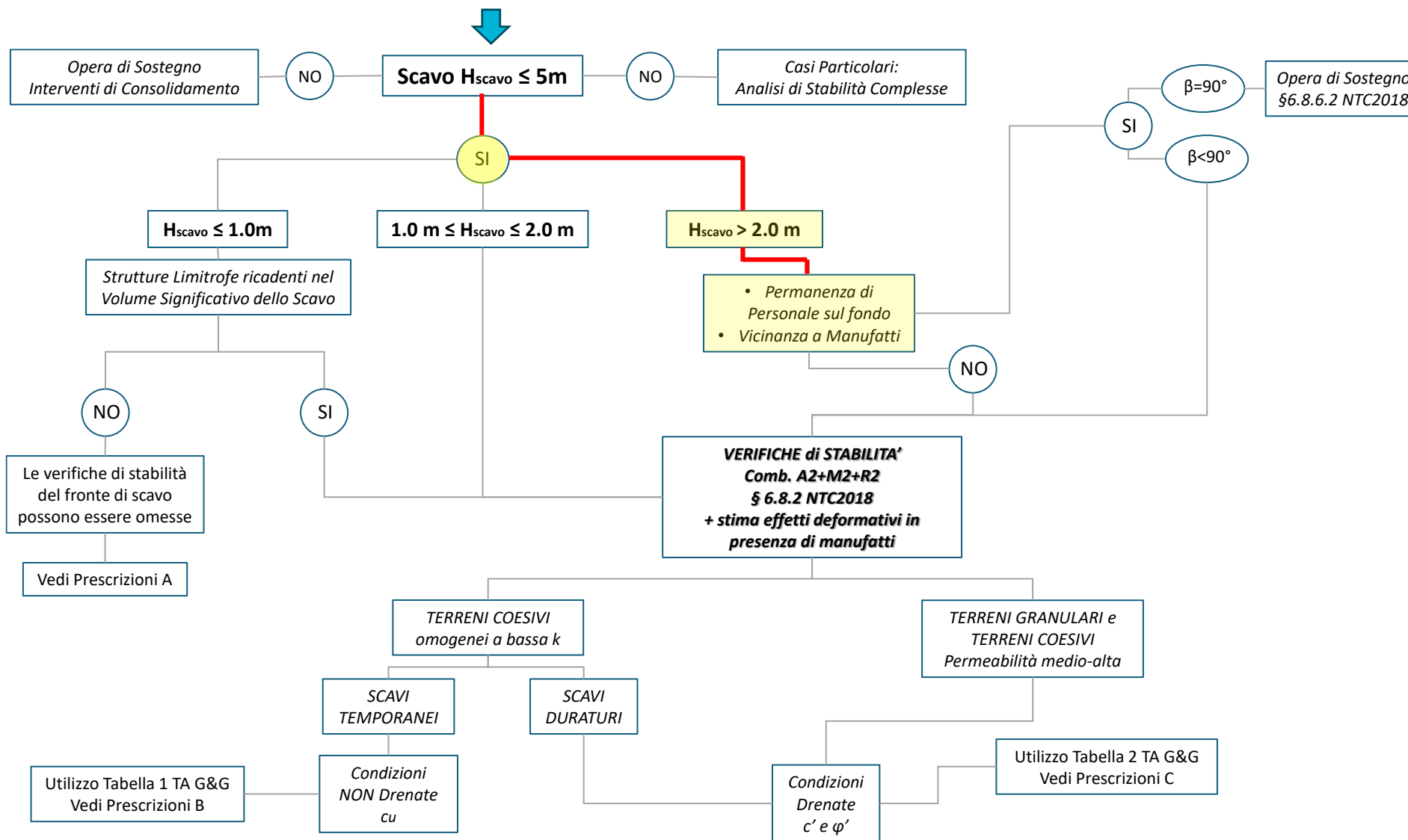
Angolo di resistenza al taglio, $\phi'_k = 25^\circ$

Intercetta di coesione, $c'_k = 10\text{kPa}$

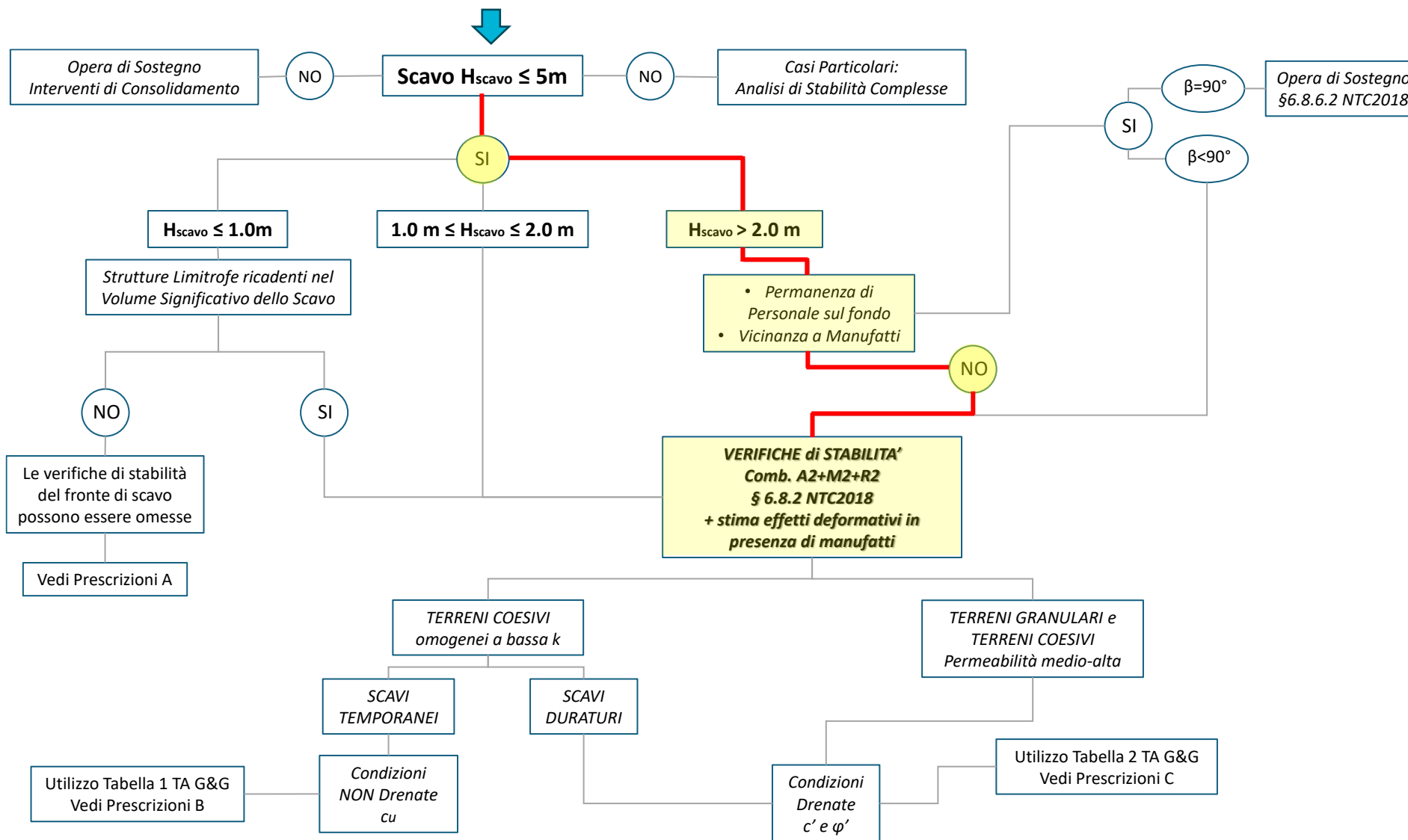
ESEMPIO 2 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



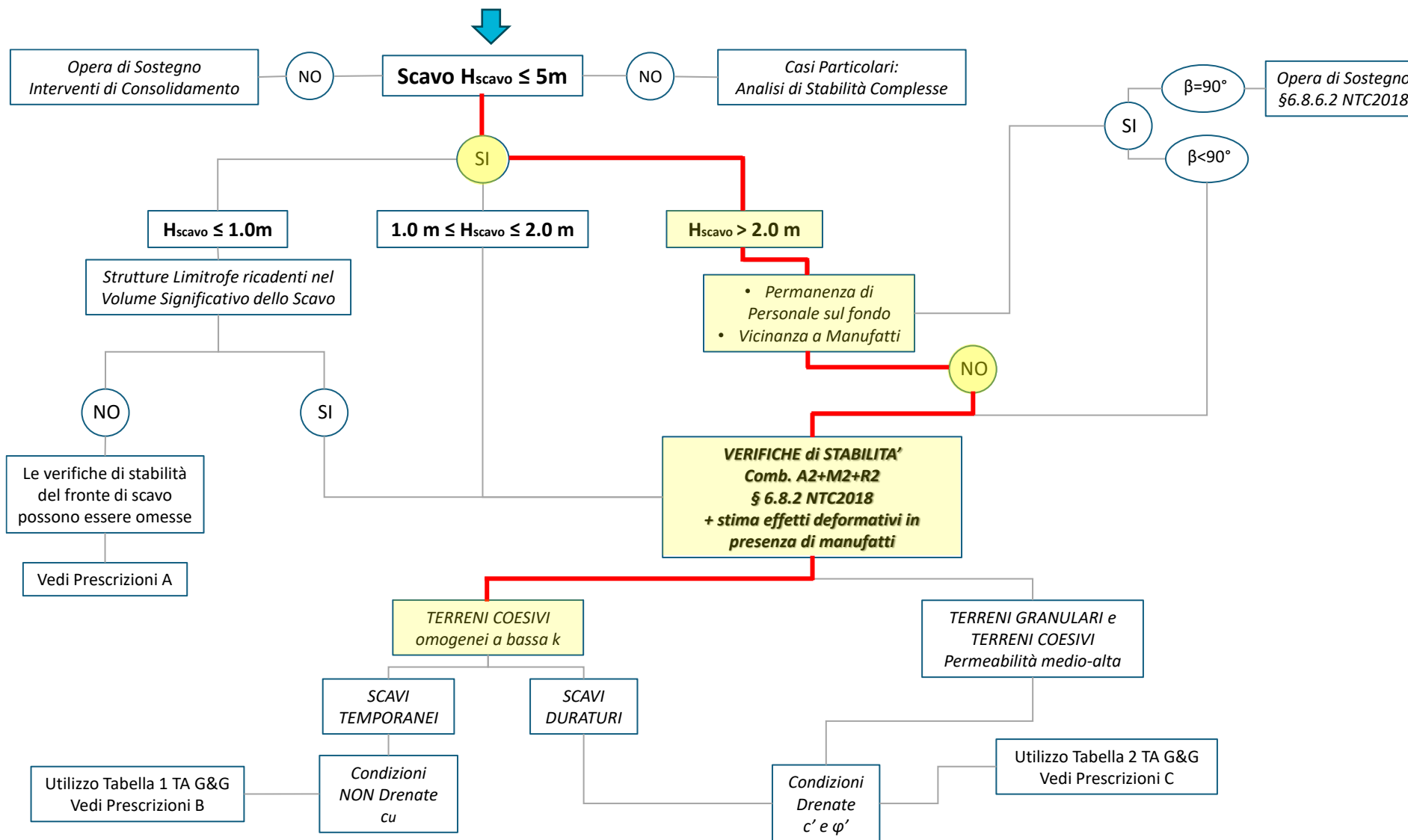
ESEMPIO 2 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



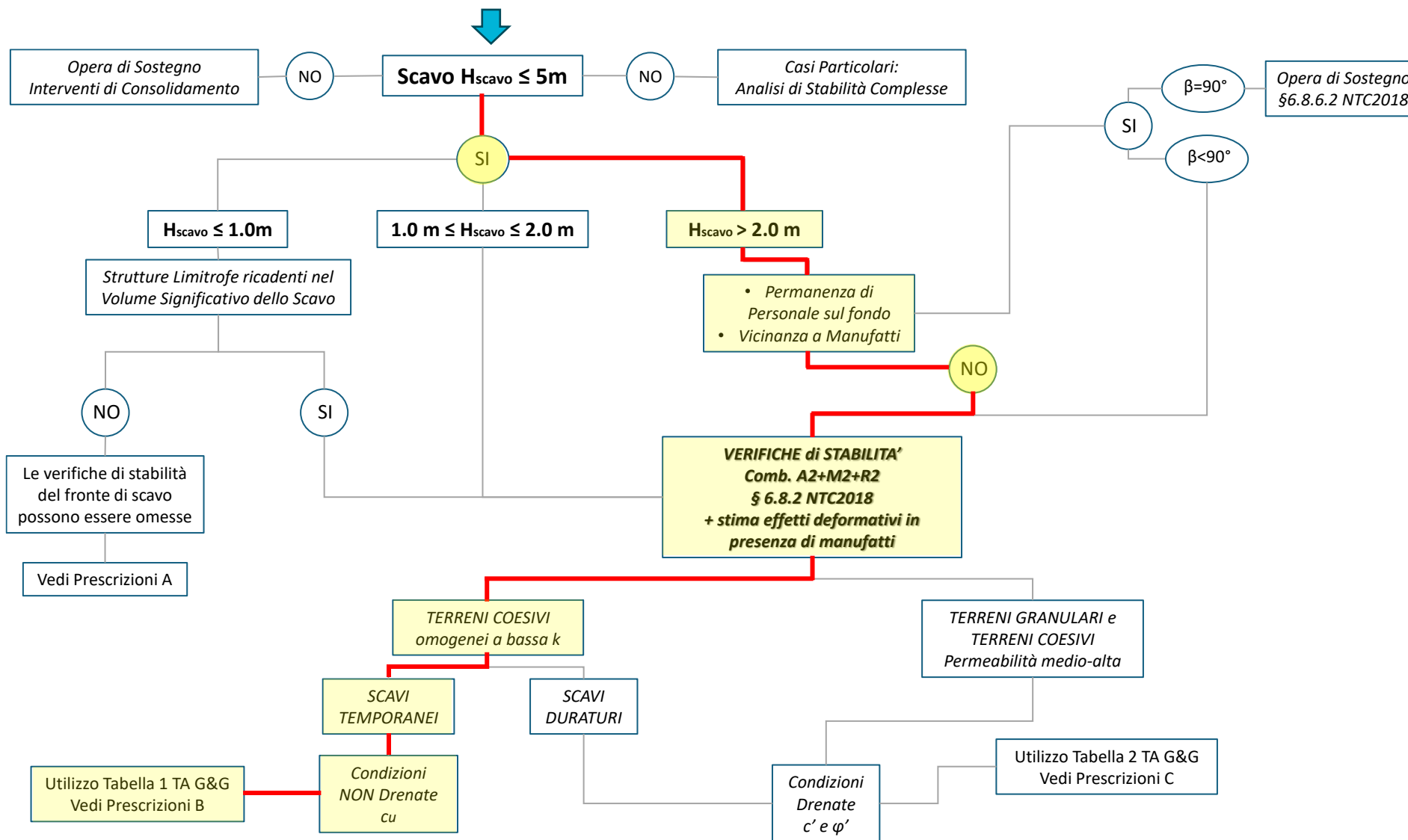
ESEMPIO 2 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



ESEMPIO 2 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



ESEMPIO 2 – DIAGRAMMA DI FLUSSO



ESEMPIO 1 – VERIFICA

Norm. Rif. NTC2018			β (°)		
$\gamma_R = 1,1$			90	85	80
$\gamma_{cu} = 1,4$					
$H_{max} = 5$ m				N_s (-)	
c_{uk}	c_{ud}	γ	3,85	4,08	4,30
(kPa)	(kPa)	(kN/m ³)	Altezza di scavo	massima di Progetto	Hscavo max (m)
20	14,29	19	2,50	2,50	2,50
20	14,29	20	2,00	2,50	2,50
20	14,29	21	2,00	2,00	2,50
20	14,29	22	2,00	2,00	2,00
25	17,86	19	3,00	3,00	3,50
25	17,86	20	3,00	3,00	3,00
25	17,86	21	2,50	3,00	3,00
25	17,86	22	2,50	2,50	3,00
30	21,43	19	3,50	4,00	4,00
30	21,43	20	3,50	3,50	4,00
30	21,43	21	3,00	3,50	3,50
30	21,43	22	3,00	3,50	3,50
35	25,00	19	4,50	4,50	5,00
35	25,00	20	4,00	4,50	4,50
35	25,00	21	4,00	4,00	4,50
35	25,00	22	3,50	4,00	4,00
40	28,57	19	5,00	5,00	5,00
40	28,57	20	5,00	5,00	5,00
40	28,57	21	4,50	5,00	5,00
40	28,57	22	4,00	4,50	5,00
45	32,14	19	5,00	5,00	5,00
45	32,14	20	5,00	5,00	5,00
45	32,14	21	5,00	5,00	5,00
45	32,14	22	5,00	5,00	5,00

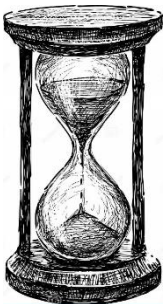
$H_{max} = 5.0m > H_{scavo} = 4.00m$



ESEMPIO 2 – VERIFICA

TEMPO

Condizione **NON** Drenata



$$\tau = c_u$$

$$\left(\frac{R_{M2}}{E_d}\right)_{MIN} > 1.1$$



Name: Terreno
Unit Weight: 20 kN/m³
Undrained Shear Strength: 40 kPa
Piezometric Surface: 1

$\beta=85^\circ$

1,519 (ODF)

H_{scavo} = 4.0m

Coesione NON Drenata $c_{uk} = 40$ kPa

parametri geotecnici di progetto fattorizzati

$$c_{ud} = c_{uk} / \gamma_{cu}$$

$$\gamma_{cu} = 1.40$$

$$c_{ud} = 40 \text{ kPa} / 1.40 = 28.57 \text{ kPa}$$

Condizione **Drenata**

$$\tau = c' + (\sigma_n - u) \cdot \tan \phi'$$

$$\left(\frac{R_{M2}}{E_d}\right)_{MIN} < 1.1$$



Name: Terreno
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 24 °
Piezometric Surface: 1

$\beta=85^\circ$

0,330 (ODF)

parametri geotecnici di progetto fattorizzati

$$c'_d = c'_k / \gamma_{c'}$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi_k / \gamma_{\phi'}$$

$$\text{ove } \gamma_{\phi'} = 1.25 \text{ e } \gamma_{c'} = 1.25$$

Intercetta di Coesione $c'_d = 8$ kPa

Angolo d'Attrito $\phi'_d = 20.4^\circ$