

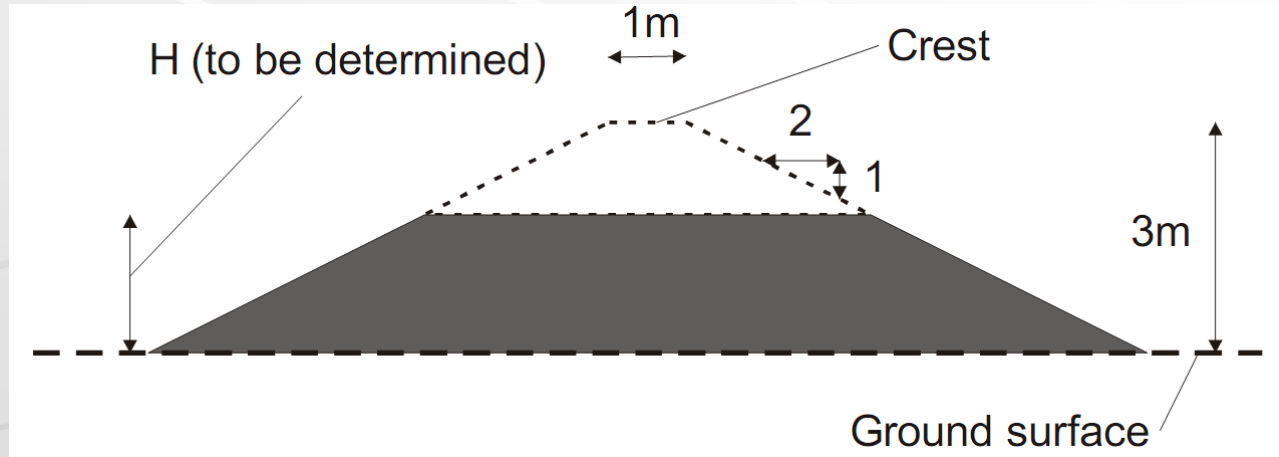
NASIP TEMELJEN NA TRESETU

EMBANKMENT ON SOFT PEAT
ETC 10 Design example 2.5.

IVAN MIHALJEVIĆ, dipl.ing.građ.
GOKON-ZAGREB d.d.

Zadatak:

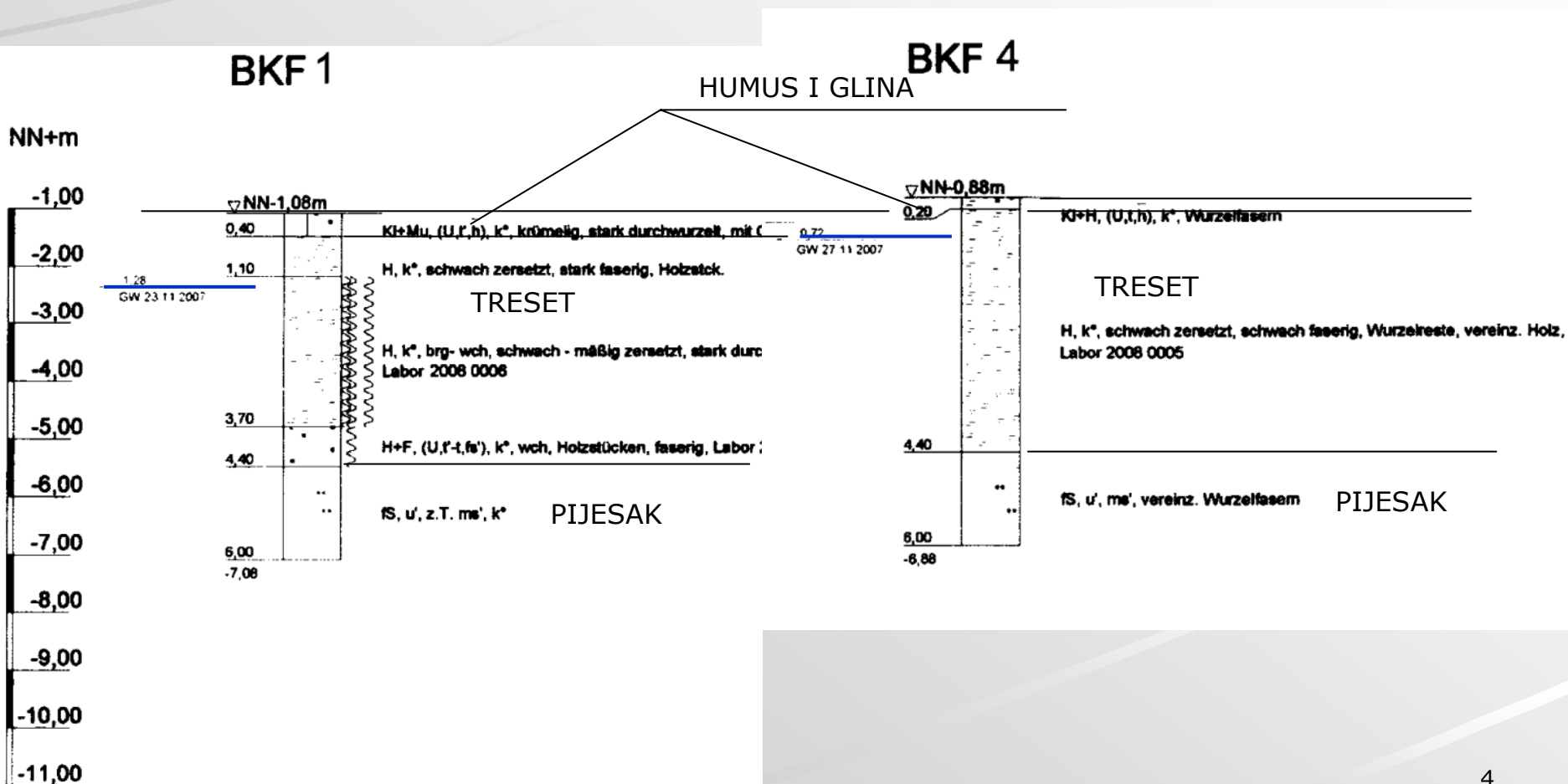
- Potrebno je projektirati nasip kojim će se ograditi područje koje će naknadno biti ispunjeno materijalom za deponiranje. Konačna visina nasipa je 3 m, nagiba pokosa 1:2 i širine krune 1 m, bez površinskog opterećenja. Zaprem. težina pješčane ispune nasipa je 19 kN/m^3 , karakterističnog kuta unutarnjeg trenja $\varphi'_k = 32.5^\circ$.
- Površina terena je horizontalna na približnoj koti -1,0 m. Temeljno tlo se sastoji od nekoliko dm humusa i normalno konsolidirane gline (zaprem. težine $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ i potopljene zaprem. težine $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$), ispod kojeg se proteže sloj debljine 3 do 7 m pseudo-vlaknastog i amorfno holocenskog treseta, potopljene zaprem. težine $\gamma' = 2 \text{ kN/m}^3$, koji leži na pleistocenskom pijesku srednje zbijenosti, čija je potopljena zaprem. težina $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$, a karakteristični kut unutarnjeg trenja $\varphi'_k = 35^\circ$.
- Za treset je usvojena pretpostavka nedreniranog stanja tijekom izvedbe nasipa.
- Prikazi 2.5a do 2.5e daju podatke o 2 istražne bušotine i 5 krilnih sondi, koje su izvedene u skladu sa DIN 4094:2002 "Subsoil – Field testing – Part 4: Field vane tests". Krila sonde su imala širinu $D=75 \text{ mm}$ i visinu $H=150 \text{ mm}$. Sonde su izvedene na razmacima 40 do 50 m, pozicionirane u osi nasipa. Tablica 2.5a pruža objašnjenje simbola i izraza korištenih u opisu logova bušotina.



- ✦ Zadatak projekta je odrediti **do koje se visine može izgraditi nasip** bez primjene ojačanja na kontaktu temeljnog tla i nasipa. Površinski sloj se ne uklanja pri izvođenju. Nadalje, pretpostavka je kako područje omeđeno nasipom nije ispunjeno materijalom za deponiranje. Zadatkom nisu postavljeni uvjeti u smislu osiguranja uporabivosti, kao ni izvanrednih projektnih situacija.
- ✦ Projektna situacija podrazumijeva stalno opterećenje za koje se pokretna opterećenja (kretanja građevinskih strojeva) ne uzimaju u obzir.

Podaci iz istražnih radova:

Prikaz istražnih bušotina:



Podaci o izmjerenim nedreniranim posmičnim čvrstoćama pomoću krilne sonde:

Table 2.5b: Undrained shear strength measured by field vane tests

Depth below ground level m	Undrained shear strength measured by field vane tests in kN/m ²				
	FVT 1	FVT 2	FVT 3	FVT 4	FVT 5
0.5	23,20	23,20	15,00	22,20	21,60
1.0	12,80	16,40	8,60	13,80	8,90
1.5	12,80	12,70	8,80	10,80	8,90
2.0	6,60	9,60	11,40	12,60	9,90
2.5	6,20	7,20	11,40	11,30	7,40
3.0	7,80	8,80		6,20	7,00
3.5	14,80	7,00		8,50	6,20
4.0	9,00	9,20		12,50	10,40
4.5	9,40				9,80
5.0	14,40				
5.5	13,20				
6.0	12,60				
6.5	10,00				
7.0	17,80				



rezultat odbačen u obradi

Određivanje proračunskih parametara:

- ✦ Osnovni parametar za proračune je nedrenirana posmična čvrstoća (c_u) površinskih slojeva i treseta u kojima se uslijed dodatnih efektivnih **ASN1** prezanja od izgradnje nasipa (σ'_{ASN2}) povećavaju dodatni porni pritisci (Δu) i doseže posmična čvrstoća tla u nedreniranom stanju (τ_u).
- ✦ Raspodjela nedrenirane posmične čvrstoće po dubini je analizirana preko priloženog dijagrama.

Slide 6

ASN1

ukupnih?

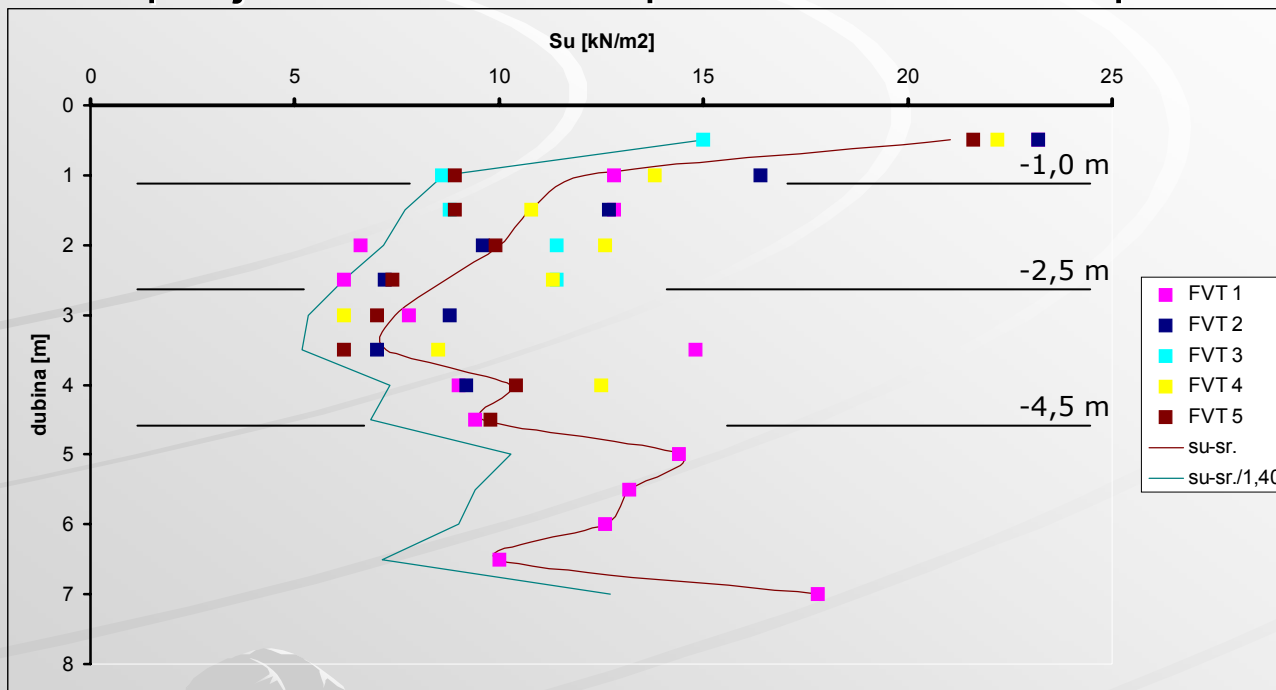
Antun Szavits Nossan; 23.3.2011

ASN2

vidi prethodnu napomenu

Antun Szavits Nossan; 23.3.2011

Raspodjela nedreniranih posmičnih čvrstoća po dubini (krilna sonda)



$S_{u-sr.}$ – srednja vrijednost izmjerenih podataka **ASN3**

$S_{u-sr.}/1,40$ – srednja vrijednost izmjerenih podataka umanjena parcijalnim koeficijentom $\gamma_{cu}=1,40$

Depth below	FVT 1	FVT 2	FVT 3	FVT 4	FVT 5	$S_{u-sr.}$	$S_{u-sr.}/1,40$	Depth below
	0,5	23,2	23,2	15	22,2	21,6	21,04	
1	12,8	16,4	8,6	13,8	8,9	12,10	8,64	1
1,5	12,8	12,7	8,8	10,8	8,9	10,80	7,71	1,5
2	6,6	9,6	11,4	12,6	9,9	10,02	7,16	2
2,5	6,2	7,2	11,4	11,3	7,4	8,70	6,21	2,5
3	7,8	8,8		6,2	7	7,45	5,32	3
3,5	14,8	7		8,5	6,2	7,23	5,17	3,5
4	9	9,2		12,5	10,4	10,28	7,34	4
4,5	9,4				9,8	9,60	6,86	4,5
5	14,4					14,40	10,29	5
5,5	13,2					13,20	9,43	5,5
6	12,6					12,60	9,00	6
6,5	10					10,00	7,14	6,5
7	17,8					17,80	12,71	7

Odabrana uslojenost i vrijednost c_u (kN/m²) po slojevima:

Modeli prema dosadašnjoj praksi

Modeli prema EC7

RM-1	RM-2	PP2	PP3
12			8,5
9	9	9	6,5
7	7		7
Fs>1,3	Fs>1,3	Fs>1,1	Fs>1,0

odbačeni rezultat

ASN3

Da li se srednja vrijednost koristi kao karakteristična? Takav pristup nije u skladu s EC 7 koji traži za karakterističnu vrijednost opreznu procjenu iz izmjerenih podataka. Neki predlažu (Orr i Farrell 1999) za nedreniranu čvrstoću: $c_{u,k}/c_{u,srednje} = 0.85$.

Orr, T. L. L., Farrell, E. R. 1999. Geotechnical Design to Eurocode 7. Springer, London.

Antun Szavits Nossan; 23.3.2011

Odabrani računski modeli:

- Računski modeli odabrani su sukladno dosadašnjoj inženjerskoj praksi (RM-1 i RM-2) i projektnim pristupima prema EC7 (PP-2 i PP-3).
- Prema dosadašnjoj praksi proračun je proveden na 2 proračunska modela:
 - RM-1: uzima u obzir srednje vrijednosti nedreniranih posmičnih čvrstoća i uslojenost formira grupiranjem vrijednosti prema najnižoj u grupi,
 - RM-2: uzima u obzir procijenjeno najnepovoljniju bušotinu odnosno krilnu sondu (BKF-4 i FVT-5) i na temelju nje formira model.
- Prema EC7 formirana su 2 modela prema predloženim proračunskim pristupima:
 - PP-2: bazira se na modelu RM-2, pri čemu se vrijednosti parametara čvrstoće ne reduciraju ($\gamma_{M1}=1,0$), a traži se zadovoljenje otpornosti na klizanje $\gamma_{R2} = 1,1$
 - PP-3: bazira se na modelu RM-1, pri čemu se vrijednosti parametara čvrstoće reduciraju parcijalnim koeficijentom γ_{M2} ($\gamma_{\varphi}=1,25$; $\gamma_{cu}=1,40$).

Parametri odabrani za proračun: ASN4

No.	Opis	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	ϕ'_d (°)	c'_k (kN/m ²)	c'_d (kN/m ²)	c_{u_k} (kN/m ²)	c_{u_d} (kN/m ²)
1	glina	18	-	-	-	-	-	12	8,5
2	treset 1 (RM-1 i PP-3)	-	2	-	-	-	-	9	6,5
3	treset 2 (RM-1 i PP-3)	-	2	-	-	-	-	7	5
4	pijesak (RM-1 i PP-3)	20	11	35	29,3	-	-	-	-
5	nasip (RM-1 i PP-3)	19	-	32,5	27	-	-	-	-
6	treset 3 (RM-2 i PP-2)	-	2	-	-	-	-	9	9 (6,5)
7	treset 4 (RM-2 i PP-2)	-	2	-	-	-	-	7	7 (5)
8	pijesak (RM-2 i PP-2)	20	11	35	35 (29,3)	-	-	-	-
9	nasip (RM-2 i PP-2)	19	-	32,5	32,5 (27)	-	-	-	-

k "- karakteristične vrijednosti korištene u modelima RM-1 i RM-2"

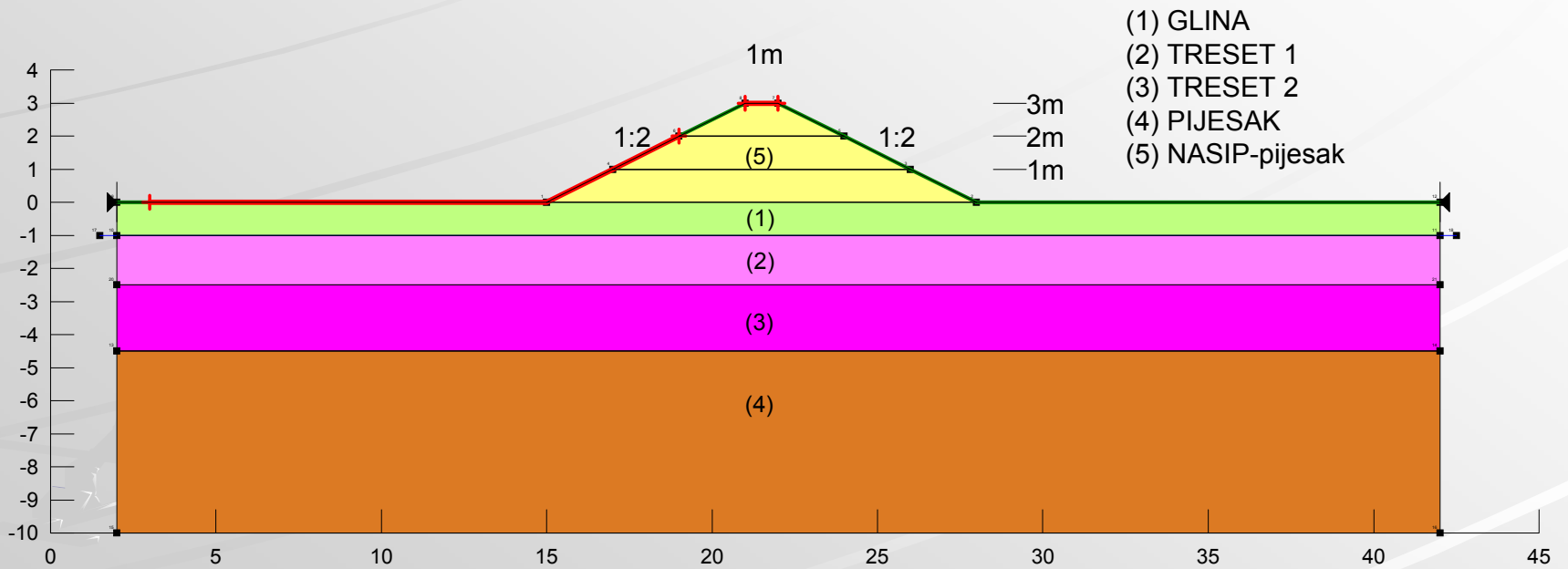
d "- računске vrijednosti korištene u modelima PP-2 i PP-3"

() " vrijednosti primjenjene u alternativnom modelu PP3_2"

Načelno pitanje: nije mi jasno kako se uopće provodi proračun graničnom metodom ravnoteže po PP2 kad su u "igri" efektivni parametri čvrstoće - ovdje pijesak?

Antun Szavits Nossan; 23.3.2011

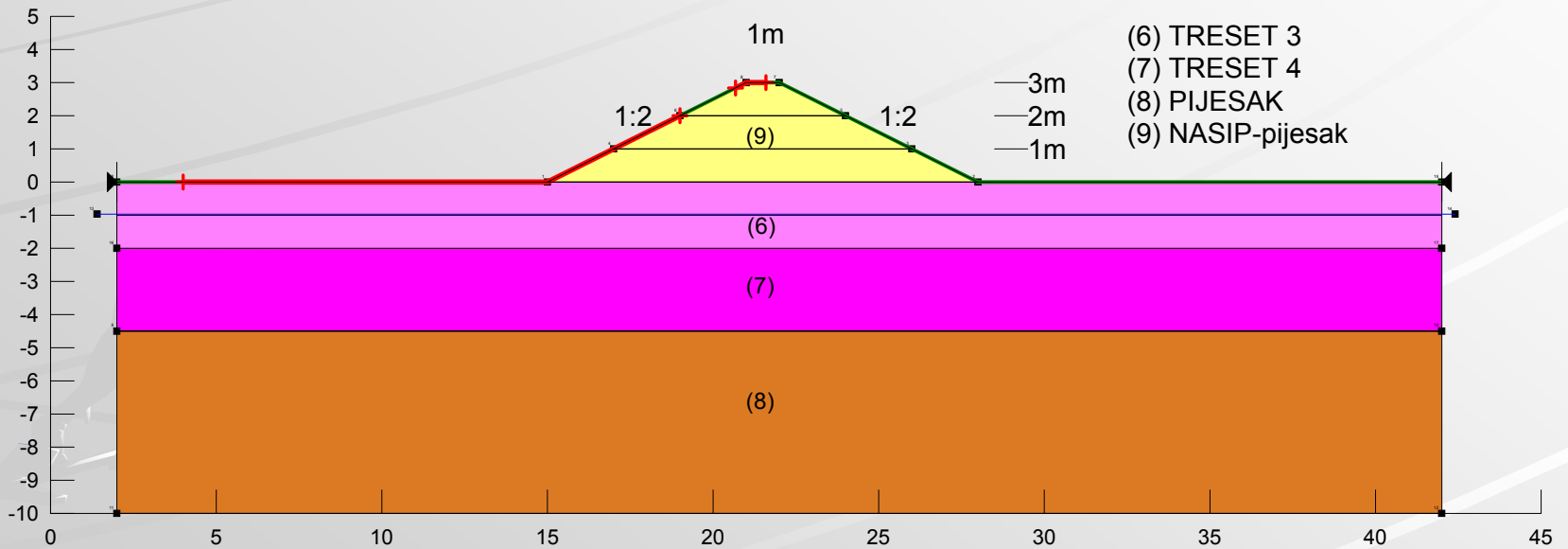
Prikaz proračunskih modela RM-1 i PP-3 (Geostudio-SLOPE):



Analysis Method
 Direction of Slip Movement
 Slip Surface Option
 P.W.P. Option
 Tension Crack Option
 Seismic Coefficient

Morgenstern-Price
 Right to Left
 Entry and Exit Range on Ground Surface
 Piezometric Lines / Ru
 (none)
 (none)

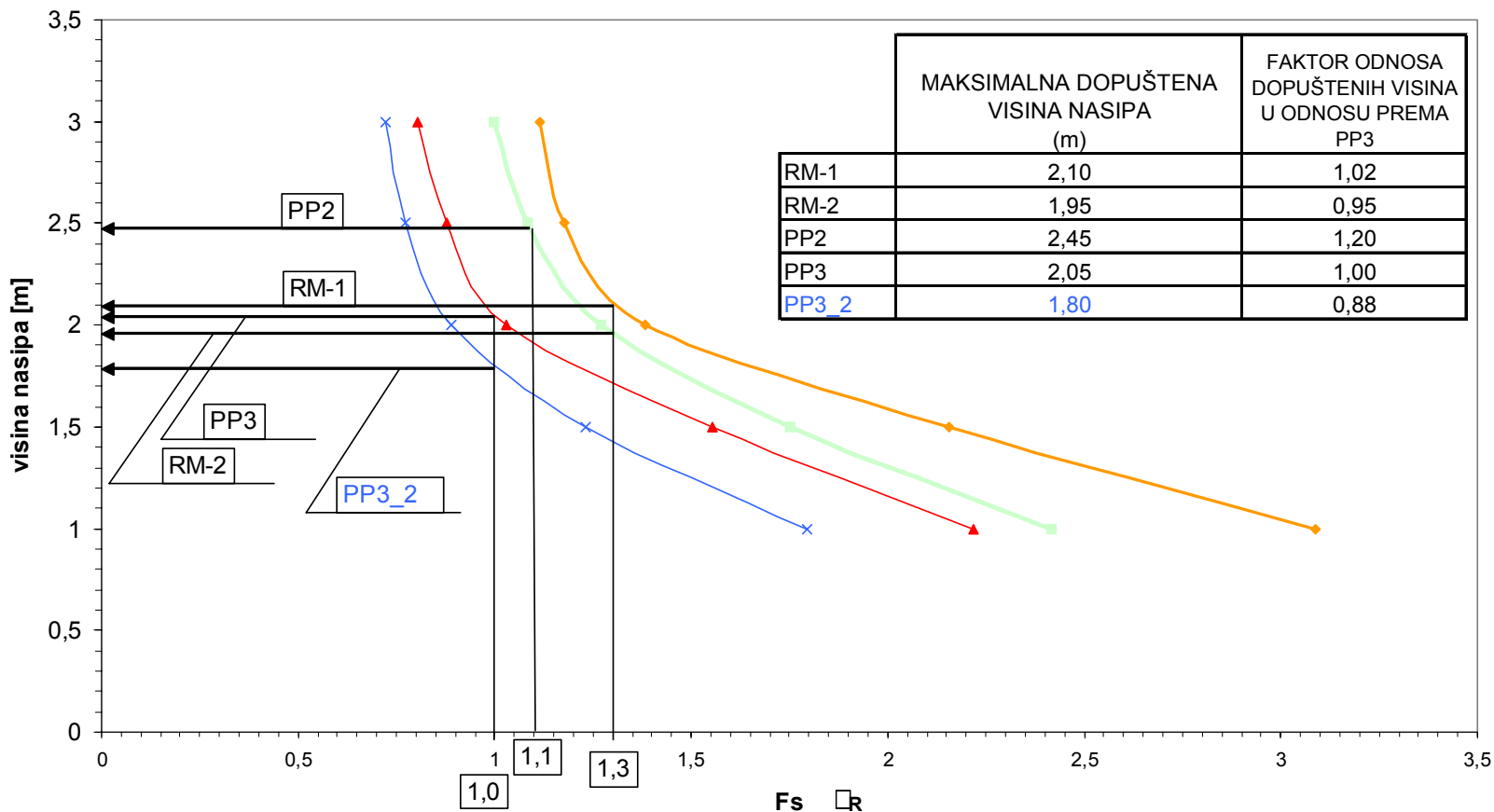
Prikaz proračunskih modela RM-2 i PP-2 (Geostudio-SLOPE):



Rezultati proračuna:

- ✦ proračun je proveden na 4 proračunska modela i 1 alternativnom modelu koji je naknadno izrađen.
- ✦ za svaki model provjeravana je stabilnost nasipa (otpornost na klizanje) na svakih 0,5 m, počevši od $H=1,0$ m.
- ✦ minimalni faktori sigurnosti (otpornost na klizanje) su preneseni u tablicu i izrađen je dijagram preko kojeg se može, obzirom na minimalno postavljene uvjete proračunskih pristupa, procijeniti maksimalna visina nasipa ($H_{max.}$) do koje se nasip može izgraditi bez poboljšanja temeljnog tla.

Dijagram: visina nasipa – F_s , γ_R



Za proračune prema dosadašnjoj praksi usvojen je minimalni dopušteni faktor sigurnosti na klizanje $F_s \min. = 1,3$.

Za proračune prema EC7, za projektni pristup PP2 usvojen je parcijalni koeficijent otpornosti na klizanje $\gamma_R = 1,1$, a za projektni pristup PP3 $\gamma_R = 1,0$

Zaključak:

- ✦ U proračunima prema dosadašnjoj praksi (RM-1 i RM-2), mjerodavnim se pokazao proračunski model načinjen prema procijenjeno "najslabijoj" bušotini/krilnoj sondi, obzirom na model načinjen prema srednjim vrijednostima svih ispitivanja (razlika 7%).
- ✦ Proračunski pristup PP2, koji je proveden na proračunskom modelu prema najslabijoj bušotini/krilnoj sondi, predvidio je najviši proračunski nasip (20% viši od PP3) te se ne preporuča za korištenje. (Da je bio izrađen prema srednjim vrijednostima svih ispitivanja, odskočio bi još više)
- ✦ Proračunski pristup PP3, koji je proveden na proračunskom modelu prema srednjim vrijednostima ispitivanja, nalazi se blisko razinama sigurnosti prema dosadašnjoj praksi (između RM-1 i RM-2 – unutar $\pm 5\%$).
- ✦ Proračunski pristup PP3, koji je načinjen na alternativnom modelu PP3_2 prema najslabijoj bušotini/krilnoj sondi, daje najmanji proračunski nasip (12% manji od PP3) te se procjenjuje prekonzervativnim.
- ✦ Temeljem provedenih proračuna može se predložiti izgradnja nasipa bez poboljšanja temelnog tla do visine $H=2,0$ m.