

# PRORACUNI STABILNOSTI STIJENSKOG POKOSA

---

## Klinasti lom

Investitor :

Građevina :

Broj projekta :

Zajednička oznaka :

### SADRŽAJ

*Profil u stac. 1 + 720, lijevo :* pokos :  $\alpha = 330^\circ$   $\psi = 84^\circ$  H = 11.37 m  
*Profil u stac. 1 + 735, desno :* pokos :  $\alpha = 145^\circ$   $\psi = 84^\circ$  H = 18.10 m

Rijeka, listopad 2015.

rkuzelicki@rijekaprojekt.hr

**Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine na pokosu**  
(oblik klina tetraedar, proračun za diskontinuitete bez ispune)

**Profil u stac. 1720, lijevo**

Profil := 1720

**Uvod**

Koriste se podaci iz :

Za potrebe proračuna stabilnosti stijenskog pokosa na lom po diskontinuitetima (klinovi) koriste se podaci o orijentaciji diskontinuiteta na inženjersko geološkom bloku Va (str. 28) :

Sustav diskontinuiteta	Smjer ( $\alpha$ ) / nagib ( $\psi$ )
1 (SS)	20 - 30 / 25 - 40
2 (II b)	315 / 80
3 (L b)	215 - 240 / 65

Odabrani mjerodavni diskontinuiteti za proračun (sa većim kutem nagiba kao mjerodavnim) :

Sustav diskontinuiteta	Smjer ( $\alpha$ ) / nagib ( $\psi$ )
A: (SS)	(1) 20 / 40 i (2) 30 / 40
B: (II b)	(3) 315 / 80
C: (L b)	(4) 215 / 65 i (5) 240 / 65

Za kontrolu formiranja klina na pokosu koriste se slijedeći parovi diskontinuiteta ( $\alpha / \psi$ ) :

<u>rav1</u>	<u>rav2</u>	<u>rav1</u>	<u>rav2</u>	<u>rav1</u>	<u>rav2</u>
(1 - 3) : 20 / 40, 315 / 80	(2 - 3) : 30 / 40, 315 / 80	(3 - 4) : 315 / 80, 215 / 65			
(1 - 4) : 20 / 40, 215 / 65	(2 - 4) : 30 / 40, 215 / 65	(3 - 5) : 315 / 80, 240 / 65			
(1 - 5) : 20 / 40, 240 / 65	(2 - 5) : 30 / 40, 240 / 65	(4 - 5) : 215 / 65, 240 / 65			

Kontrola se provodi u mjerodavnom profilu :

**Profil u stac. 1 + 720, lijevo :** pokos :  $\alpha = 331^\circ$   $\psi = 84^\circ$  H = 11.37 m

# Kinematska analiza stabilnosti stijenskog pokosa

Profil = 1720

## Sustavi diskontinuiteta i skupovi polova

Sustav diskontinuiteta	Smjer ( $\alpha$ ) / nagib ( $\psi$ )
1 (SS)	20 - 30 / 25 - 40
2 (II b)	315 / 80
3 (L b)	215 - 240 / 65

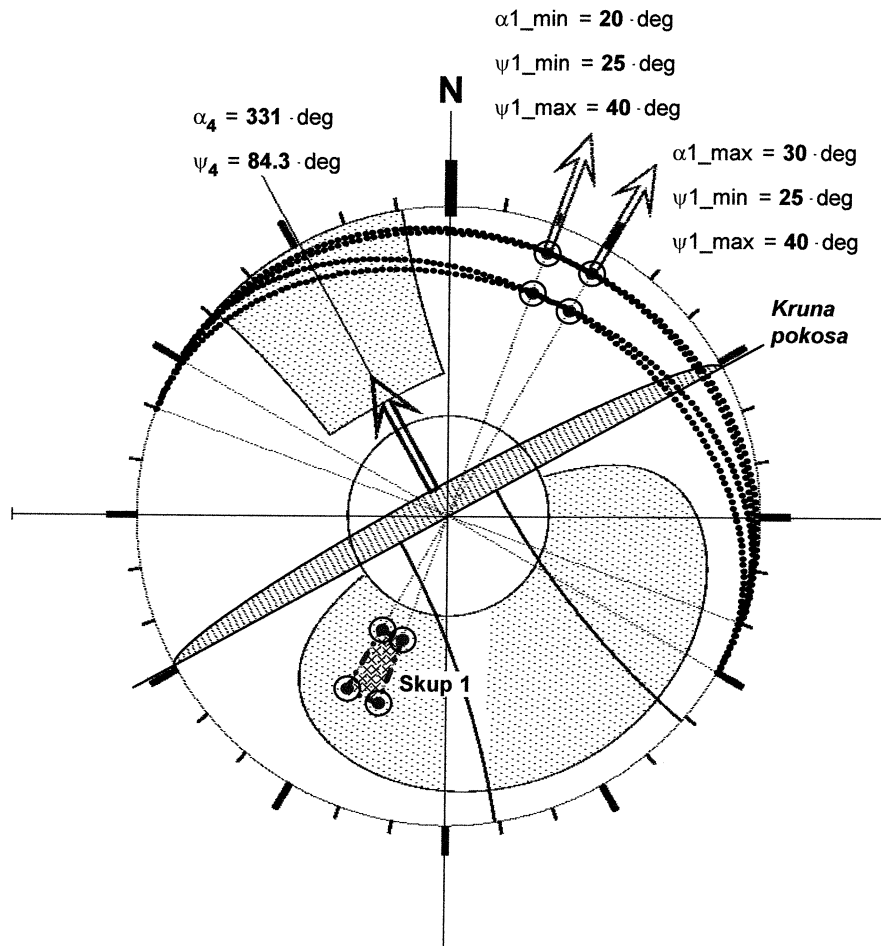
### Sustav diskontinuiteta 1 (SS) - skup polova 1

Smjer ( $\alpha$ ) / nagib ( $\psi$ ) :  $\alpha = 20 - 30$      $\psi = 25 - 40$

Smjerovi diskontinuiteta :  $\alpha_{1\_min} = 20 \cdot \text{deg}$      $\alpha_{1\_max} = 30 \cdot \text{deg}$

Nagibi diskontinuiteta :  $\psi_{1\_min} = 25 \cdot \text{deg}$      $\psi_{1\_max} = 40 \cdot \text{deg}$

Lice pokosa :  $\alpha_4 = 331 \cdot \text{deg}$      $\psi_4 = 84.3 \cdot \text{deg}$



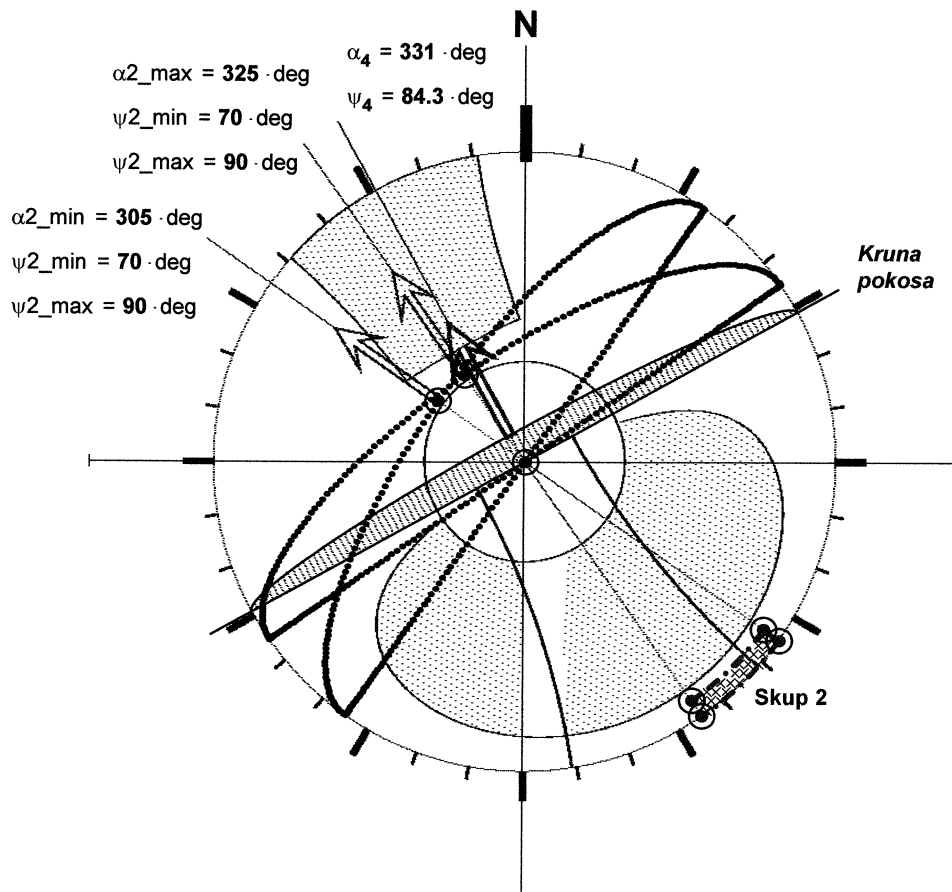
## Sustav diskontinuiteta 2 (II b) - skup polova 2

Profil = 1720

Smjer ( $\alpha$ ) / nagib ( $\psi$ ) :  $\alpha = 315$   $\psi = 80$

Smjerovi diskontinuiteta :  $\alpha_{2\_min} = 305 \cdot \text{deg}$   $\alpha_{2\_max} = 325 \cdot \text{deg}$

Nagibi diskontinuiteta :  $\psi_{2\_min} = 70 \cdot \text{deg}$   $\psi_{2\_max} = 90 \cdot \text{deg}$



**Uvjeti za PLANARNI LOM :**

**Uvjeti za KLINASTI LOM :**

**Uvjeti za ODVALNI LOM :**

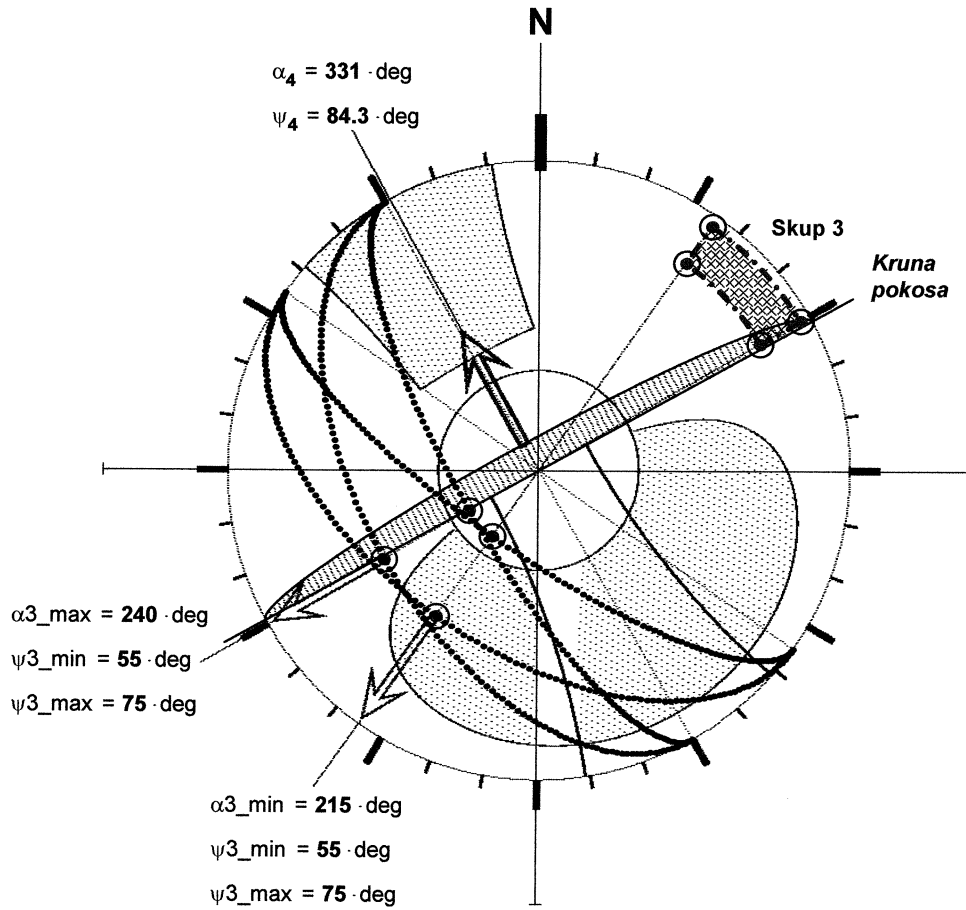
## Sustav diskontinuiteta 3 (L b) - skup polova 3

Profil = 1720

Smjer ( $\alpha$ ) / nagib ( $\psi$ ) :  $\alpha = 215 - 240$      $\psi = 65$

Smjerovi diskontinuiteta :  $\alpha_{3\_min} = 215 \cdot \text{deg}$      $\alpha_{3\_max} = 240 \cdot \text{deg}$

Nagibi diskontinuiteta :  $\psi_{3\_min} = 55 \cdot \text{deg}$      $\psi_{3\_max} = 75 \cdot \text{deg}$



***Uvjeti za PLANARNI LOM :***

***Uvjeti za KLINASTI LOM :***

***Uvjeti za ODVALNI LOM :***

## Kontrola tipova loma

Profil = 1720

- a) Planarni lom
- b) Klinasti lom
- c) Odvalni lom

### UVJETI ZA NASTANAK PLANARNOG LOMA

1.  $\alpha_p = \alpha_f (+/-) 20^\circ$
2.  $\psi_p < \psi_f$
3.  $\psi_p > \phi_p$

---

$\alpha_f$  - Smjer lica pokosa

$\psi_f$  - Nagib lica pokosa

$\alpha_p$  - Smjer ravnine diskontinuiteta

$\psi_p$  - Nagib ravnine diskontinuiteta

$\phi_p$  - Kut trenja ravnine diskontinuiteta

### UVJETI ZA NASTANAK KLINASTOG LOMA

1.  $\psi_i = \alpha_f (+/-)$  (to daylight slope face)
2.  $\psi_i < \psi_f$
3.  $\phi < \psi_i$

---

$\alpha_a$  - Smjer ravnine (a)

$\alpha_f$  - Smjer lica pokosa

$\psi_a$  - Nagib ravnine (a)

$\psi_f$  - Nagib lica pokosa

$\alpha_b$  - Smjer ravnine (b)

$\alpha_i$  - Smjer (azimut) presjeka (a) i (b)

$\psi_b$  - Nagib ravnine (b)

$\psi_i$  - Nagib presjeka (a) i (b)

$\phi$  - Kut trenja

### UVJETI ZA NASTANAK ODVALNOG LOMA

1.  $\psi_p = (\alpha_f +/- 180^\circ) +/- 20^\circ$
2.  $(90^\circ - \psi_p) \leq (\psi_f - \phi_p)$

---

$\psi_p$  - Nagib ravnine diskontinuiteta

$\alpha_f$  - Smjer lica pokosa

$\phi_p$  - Kut trenja u ravnini diskontinuiteta

$\psi_f$  - Nagib lica pokosa

$\psi_b$  - Nagib baze

$\alpha_p$  - Smjer ravnine diskontinuiteta

$\phi_b$  - Kut trenja baze

$\Delta x$  - Širina stupca

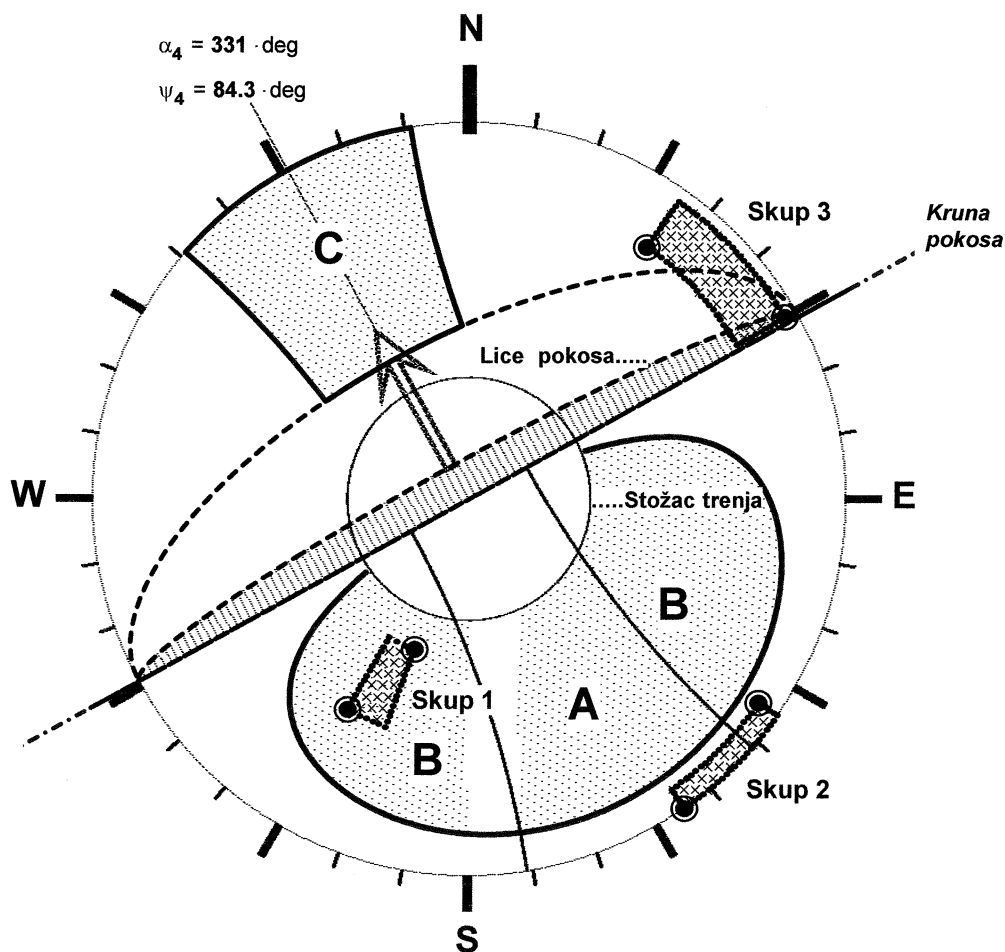
## Anvelope polova i zone oblika loma

Profil = 1720

Zona A) Planarni lom, Zona B) Klinasti lom, Zona C) Odvalni lom

Ravnina 4 (lice pokosa) :  $\alpha_4 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_4 = 84.3 \cdot \text{deg}$

Ravnine diskontinuiteta : Diskont =  $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 20 & 30 & 305 & 325 & 215 & 240 \\ 25 & 40 & 70 & 90 & 55 & 75 \end{pmatrix} \cdot \text{deg}$   $\alpha$   
 $\psi$



### Sustavi diskontinuiteta i formiranje oblika loma

0 - ne utječe na formiranje oblika loma

1 - utječe na formiranje oblika loma

(A) Planarni lom (B) Klinasti lom (C) Odvalni lom

Sustav diskontinuiteta 1 - skup polova 1 :	0	1	0
Sustav diskontinuiteta 2 - skup polova 2 :	0	0	0
Sustav diskontinuiteta 3 - skup polova 3 :	0	0	0

## Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine na pokosu

Pokos u profilu, stac. km 1720.00, Klin = 1720.1

Ravnina 3 (površina terena) :  $\alpha_3 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_3 = 15 \cdot \text{deg}$

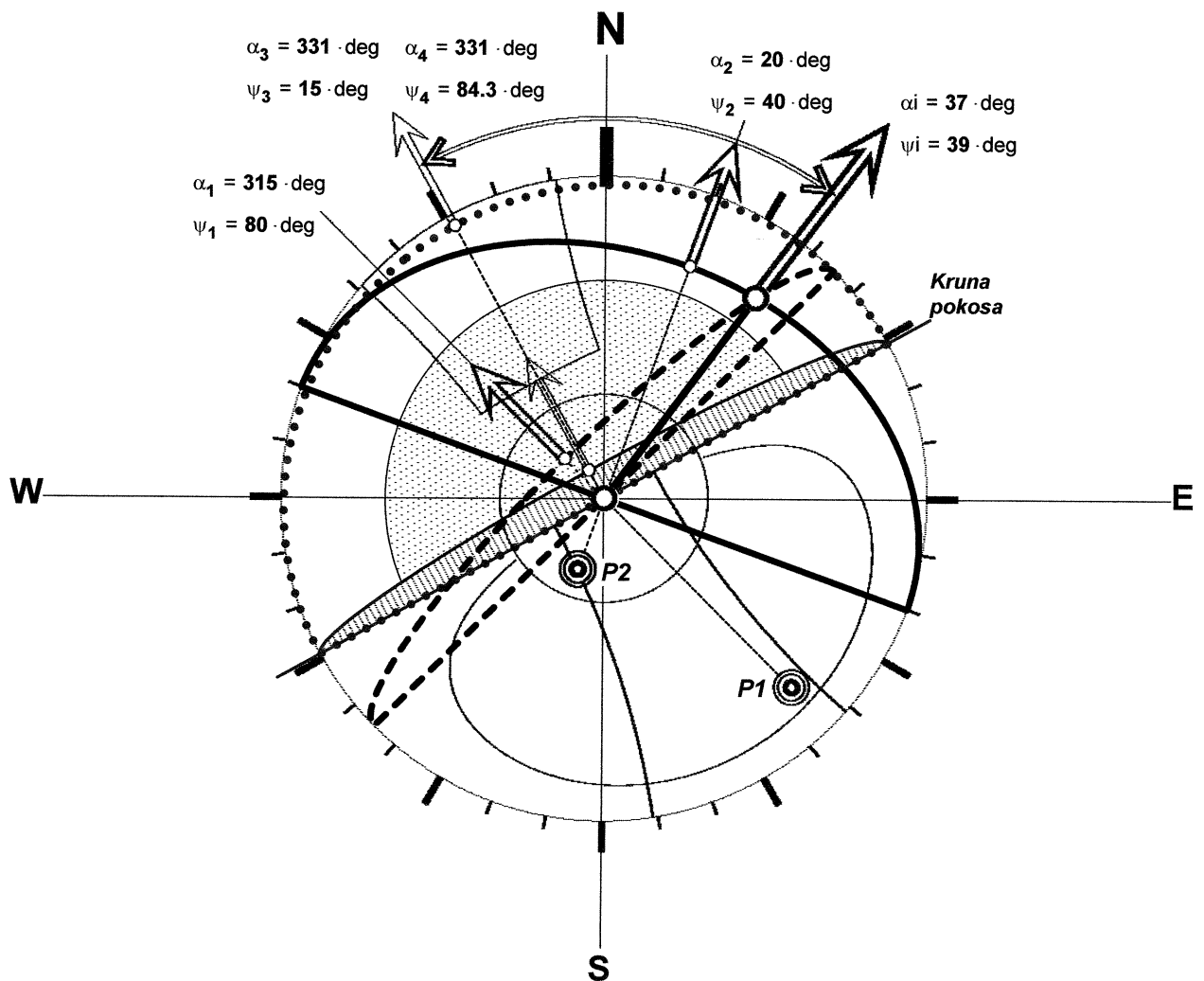
Ravnina 4 (lice pokosa) :  $\alpha_4 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_4 = 84.3 \cdot \text{deg}$

Visina pokosa :  $H_1 = 11.37 \cdot \text{m}$

**Klizna ravnina (rav1 = 3) :**  $\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$

**Klizna ravnina (rav2 = 1) :**  $\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$

**Smjer i nagib presjecnice kliznih ravnina :**  $\alpha_i = 37 \cdot \text{deg}$   $\psi_i = 39 \cdot \text{deg}$



Strukturalni diagram diskontinuiteta na pokosu

### Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine (1 / 0)

Ako je : (Formiranje\_klina = 0) i / ili (Vlačna pukotina = 0) proračun je završen.

Formiranje\_klina = 1

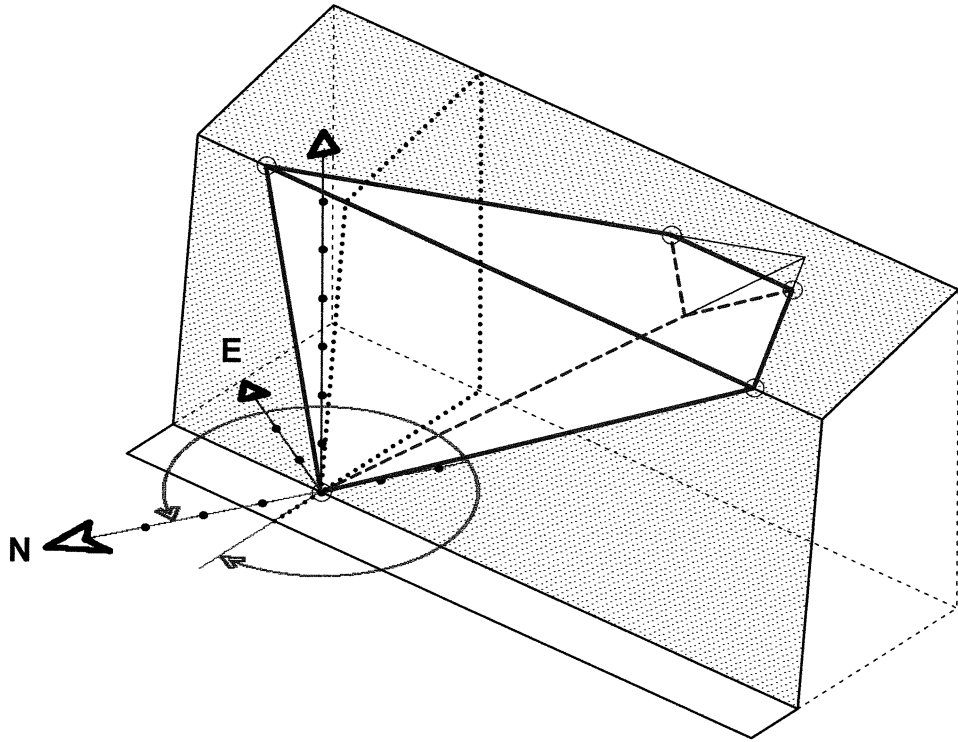
Vlačna\_pukotina = 1



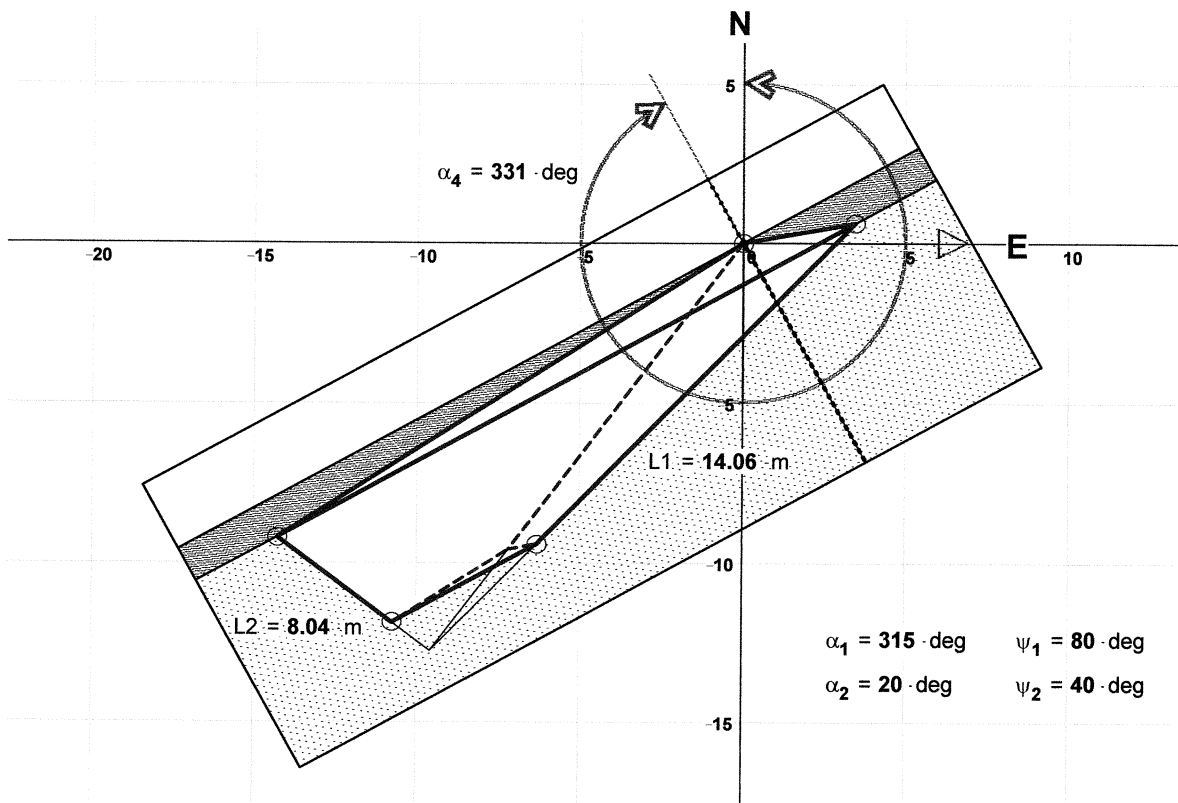
Pogled na pokos, sl = 1 Klin = 1720.1

$\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$

$\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$



11  
Tlocrt pokosa, sl = 7 Klin = 1720.1

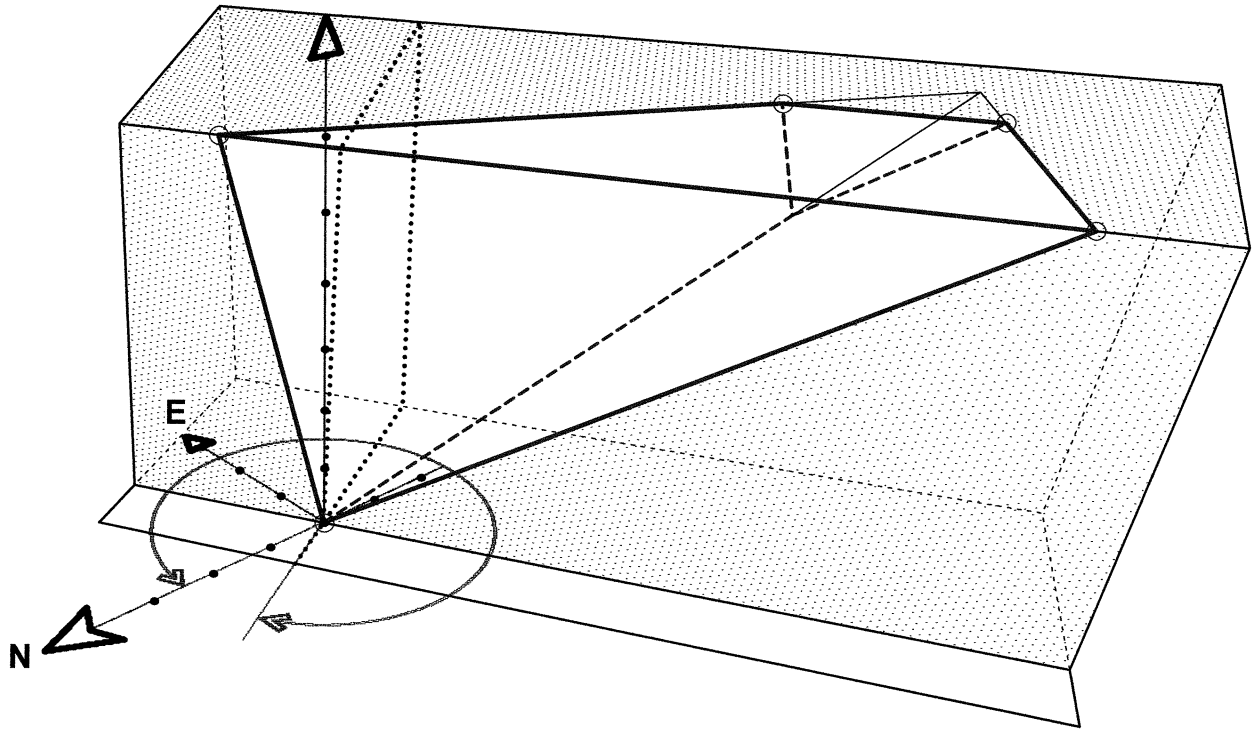


$\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$

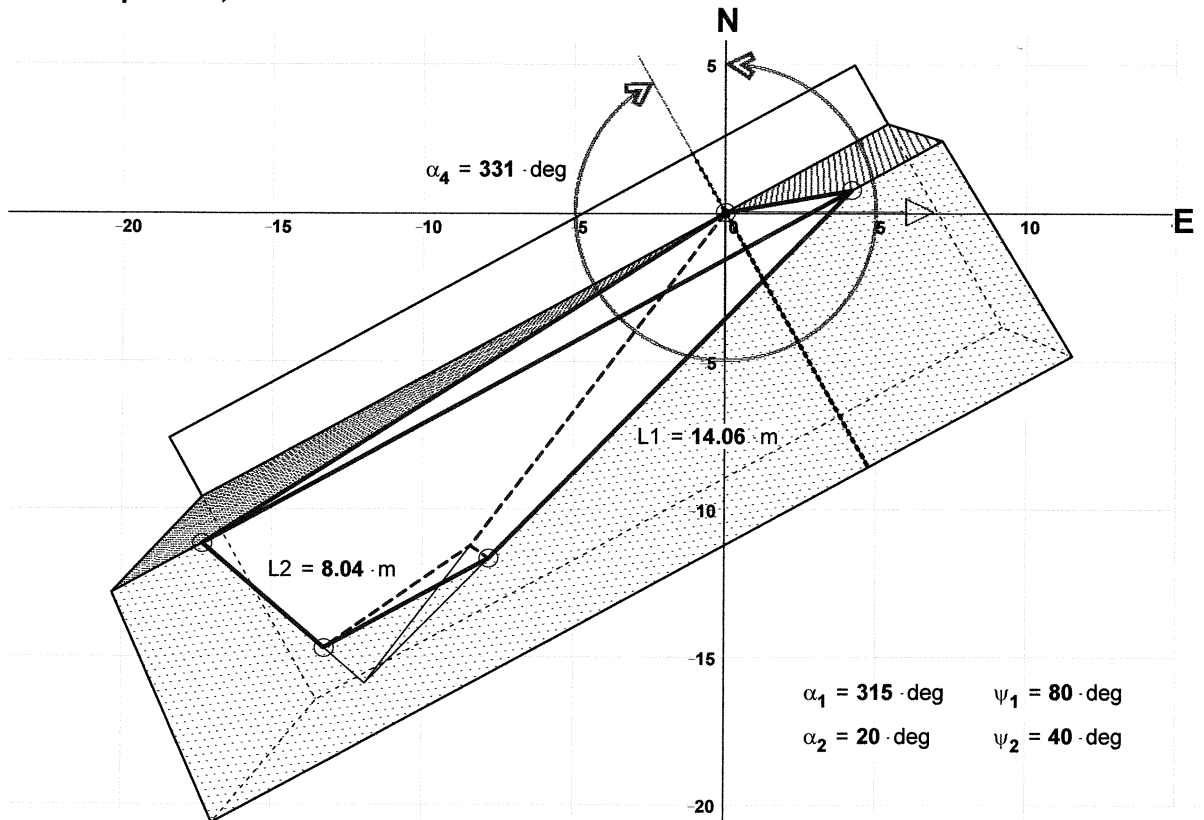
$\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$

Pogled na pokos,  $sl = 1$  Klin = 1720.1

$\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$      $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$   
 $\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$      $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$



12  
 Tlocrt pokosa,  $sl = 7$  Klin = 1720.1

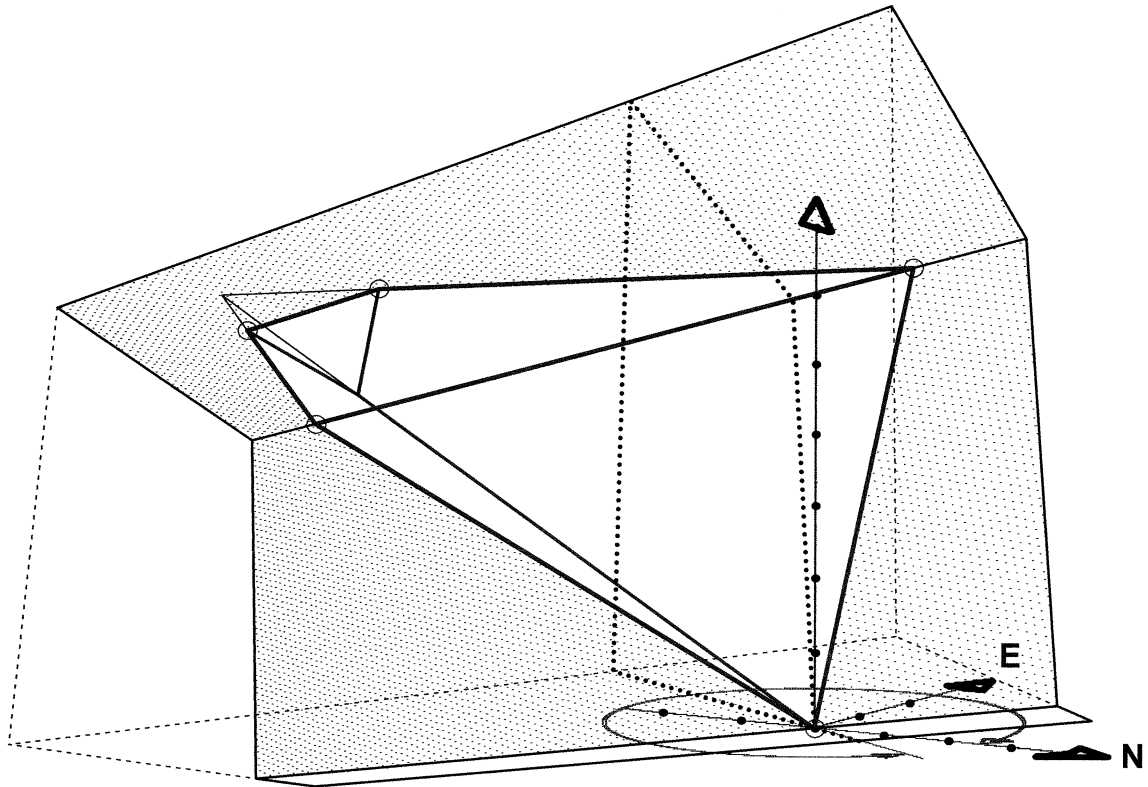


$\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$      $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$   
 $\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$      $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$

Pogled iz pokosa, sl = 3 Klin = 1720.1

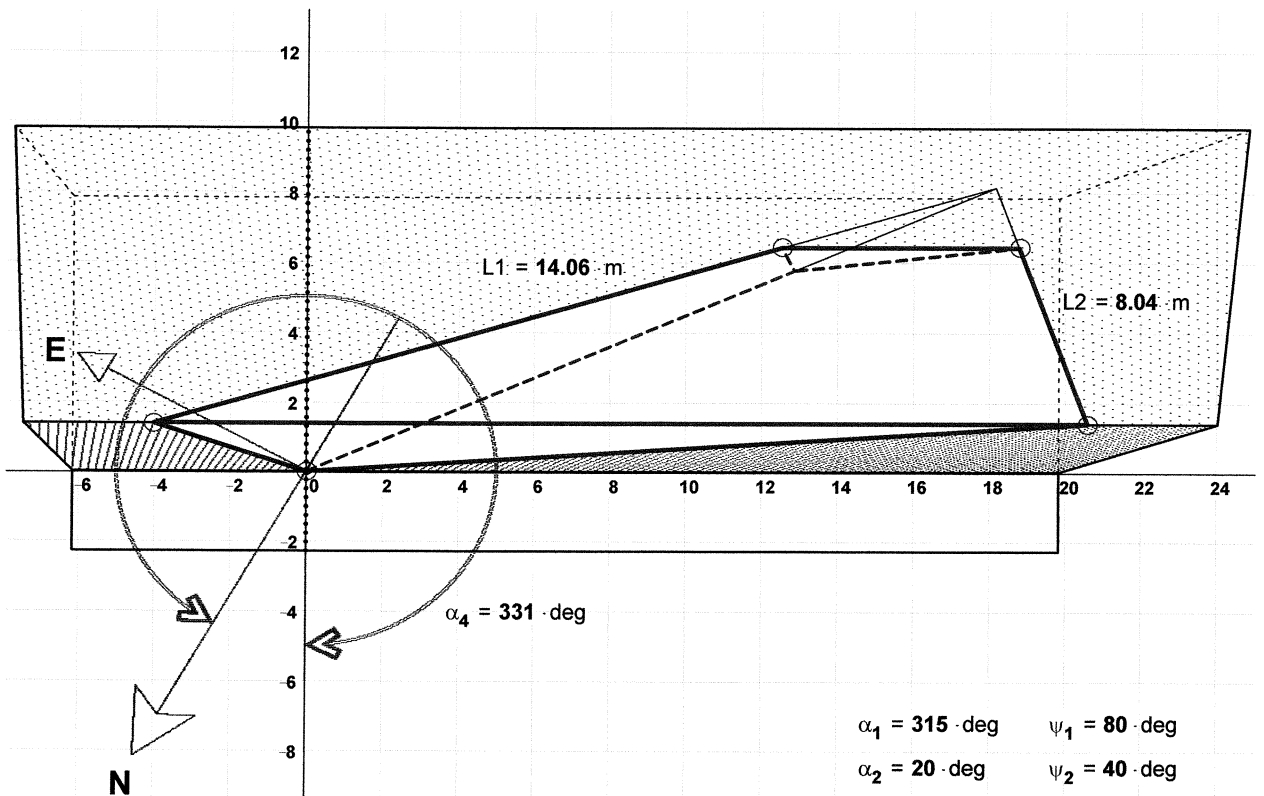
$\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$

$\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$



13

Tlocrt pokosa, sl = 6 Klin = 1720.1



$\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$

$\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$

## Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine na pokosu

Pokos u profilu, stac. km 1720.00, Klin = 1720.3

Ravnina 3 (površina terena):  $\alpha_3 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_3 = 15 \cdot \text{deg}$

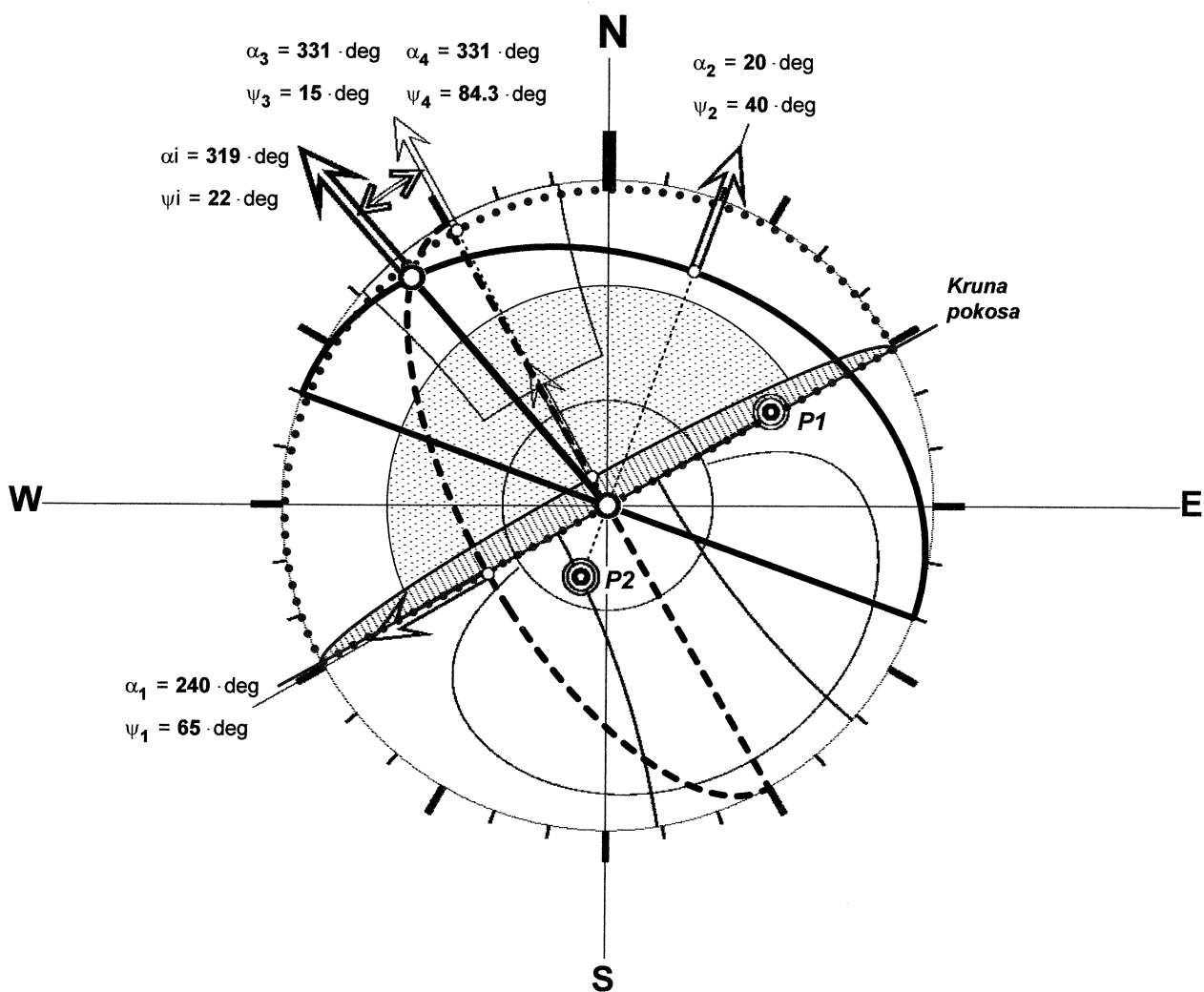
Ravnina 4 (lice pokosa):  $\alpha_4 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_4 = 84.3 \cdot \text{deg}$

Visina pokosa:  $H_1 = 11.37 \cdot \text{m}$

**Klizna ravnina (rav1 = 5):**  $\alpha_1 = 240 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 65 \cdot \text{deg}$

**Klizna ravnina (rav2 = 1):**  $\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$

**Smjer i nagib presjecnice kliznih ravnina:**  $\alpha_i = 319 \cdot \text{deg}$   $\psi_i = 22.2 \cdot \text{deg}$



Strukturalni diagram diskontinuiteta na pokosu

### Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine (1 / 0)

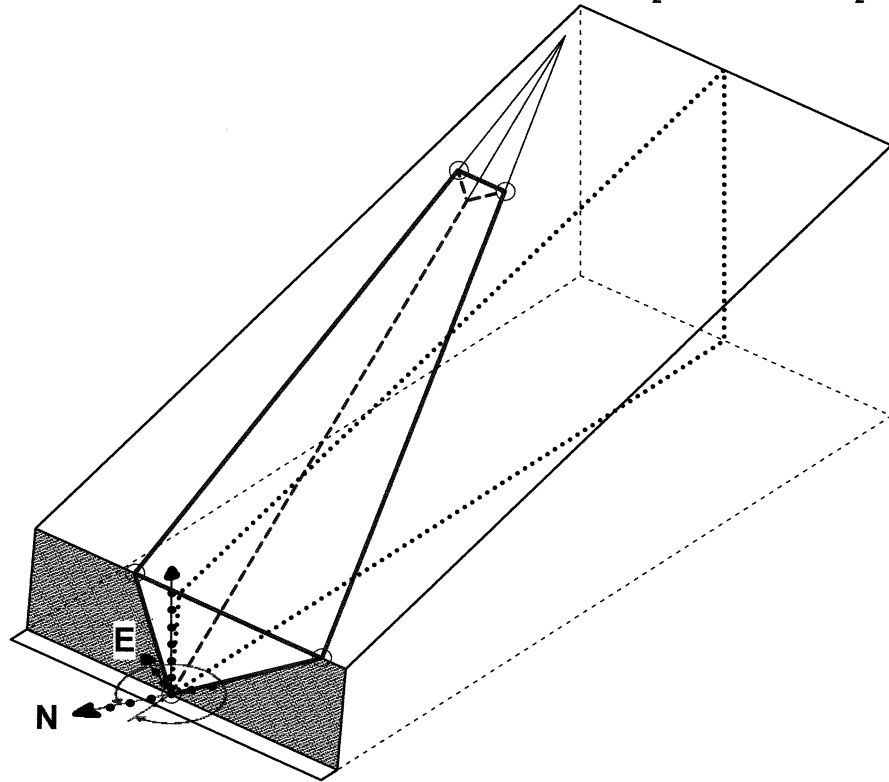
Ako je: (Formiranje\_klina = 0) i / ili (Vlačna pukotina = 0) proračun je završen.

Formiranje\_klina = 1

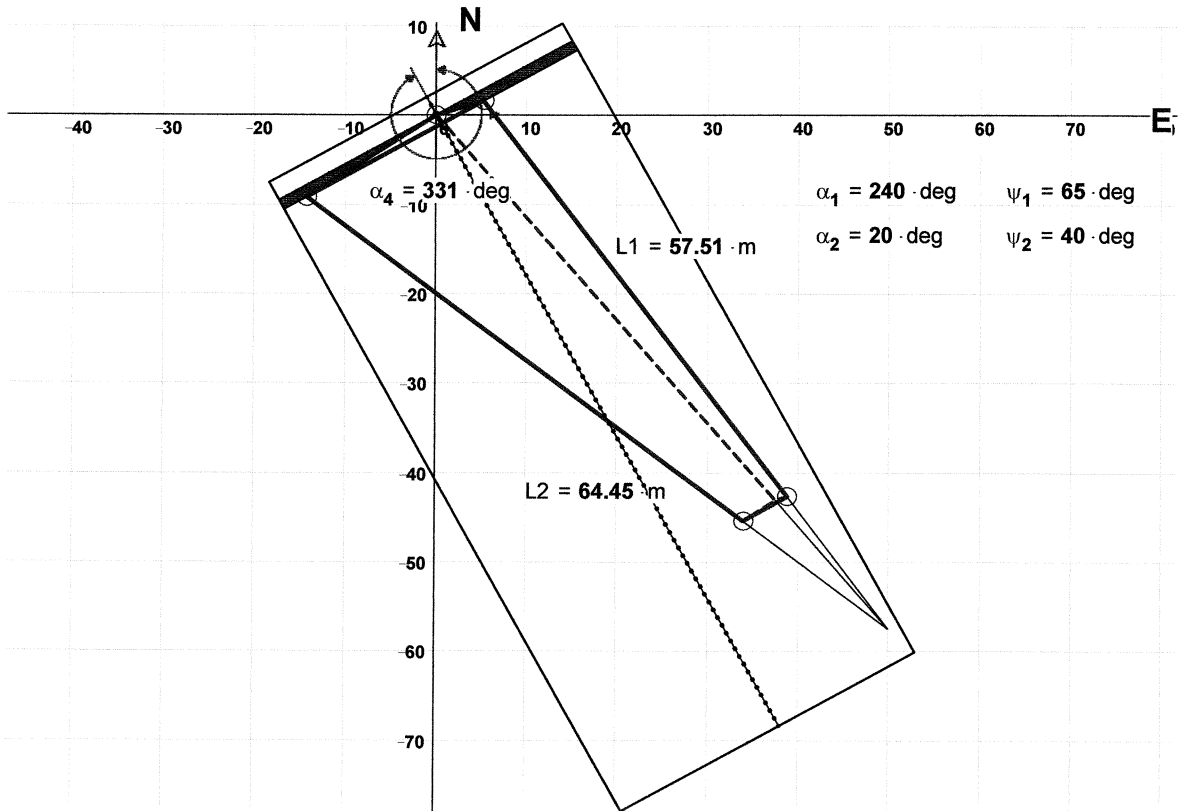
Vlačna\_pukotina = 1

Pogled na pokos, sl := 1 Klin = 1720.3

$\alpha_1 = 240 \cdot \text{deg}$      $\psi_1 = 65 \cdot \text{deg}$   
 $\alpha_2 = 20 \cdot \text{deg}$      $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$



26  
 Tlocrt pokosa, sl := 7 Klin = 1720.3



## Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine na pokosu

Pokos u profilu, stac. km 1720.00, Klin = 1720.4

Ravnina 3 (površina terena):  $\alpha_3 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_3 = 15 \cdot \text{deg}$

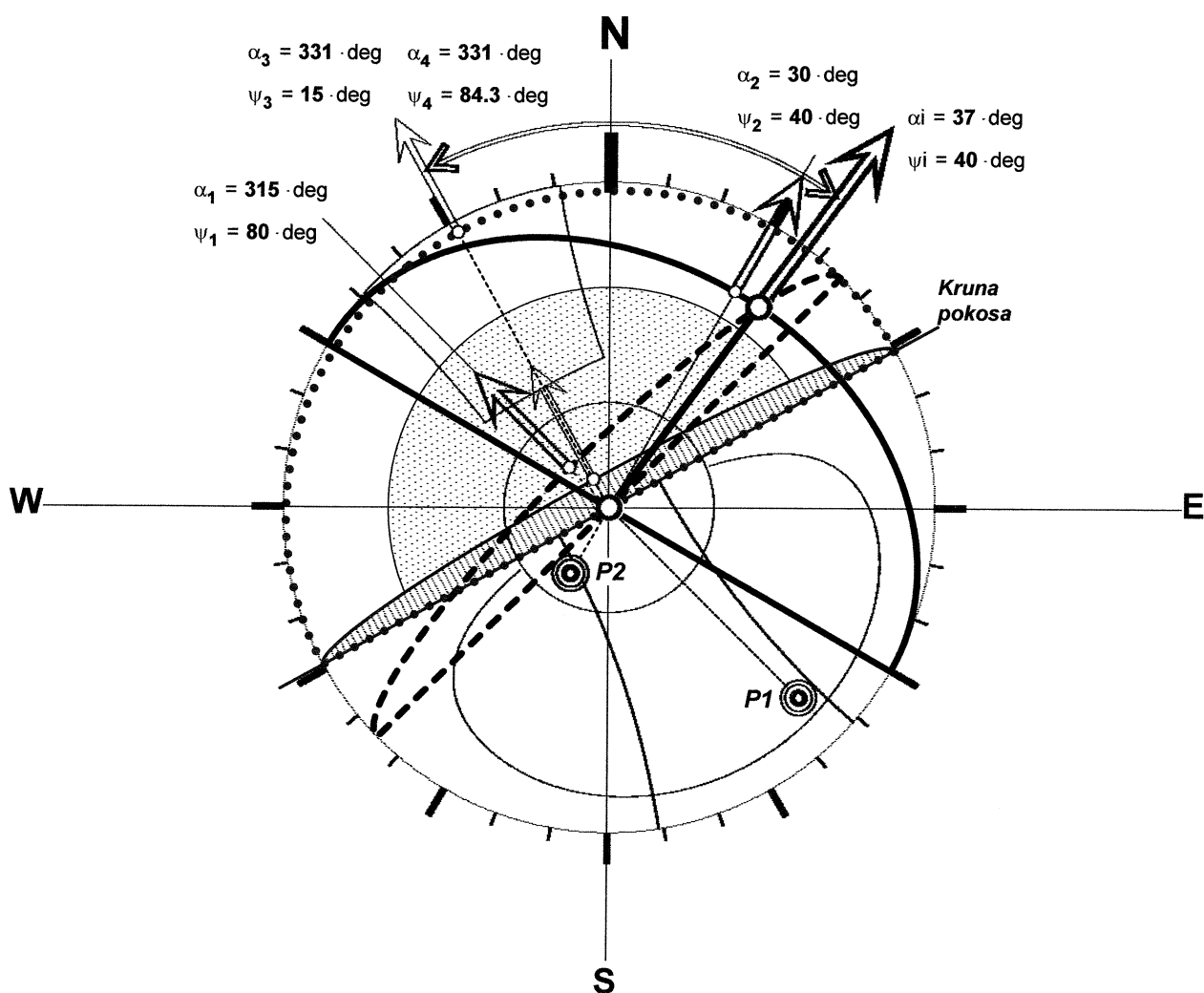
Ravnina 4 (lice pokosa):  $\alpha_4 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_4 = 84.3 \cdot \text{deg}$

Visina pokosa:  $H1 = 11.37 \cdot \text{m}$

**Klizna ravnina (rav1 = 3):**  $\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$

**Klizna ravnina (rav2 = 2):**  $\alpha_2 = 30 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$

**Smjer i nagib presjecnice kliznih ravnina:**  $\alpha_i = 37 \cdot \text{deg}$   $\psi_i = 40 \cdot \text{deg}$



Strukturni diagram diskontinuiteta na pokosu

### Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine (1/0)

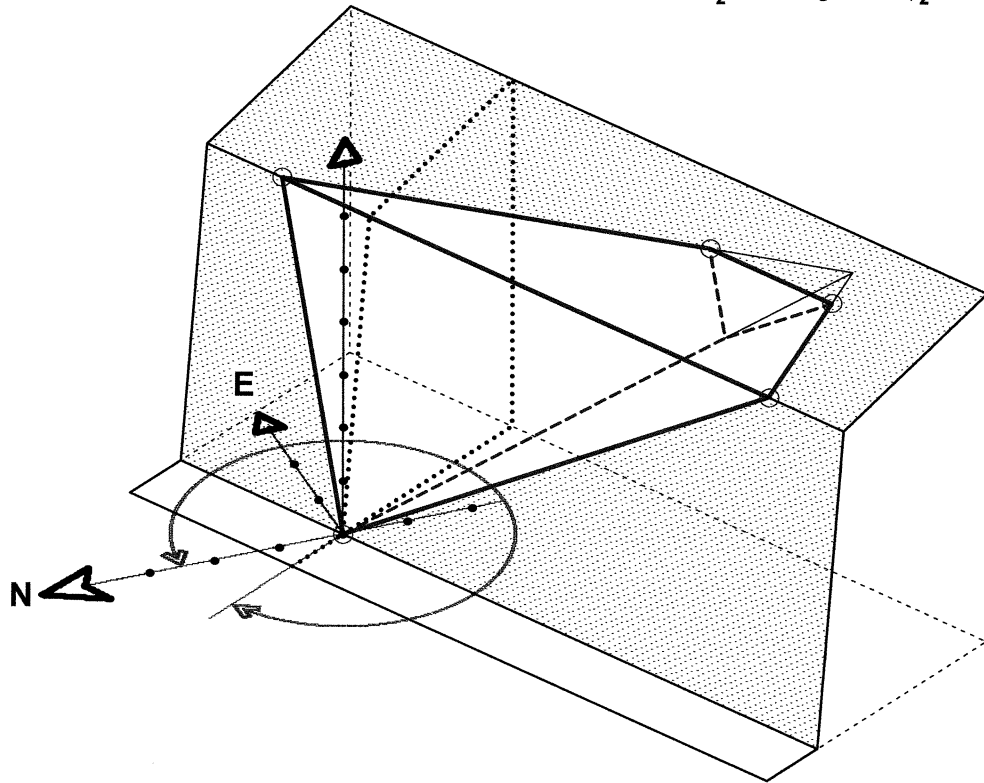
Ako je: (Formiranje\_klina = 0) i / ili (Vlačna pukotina = 0) proračun je završen.

Formiranje\_klina = 1

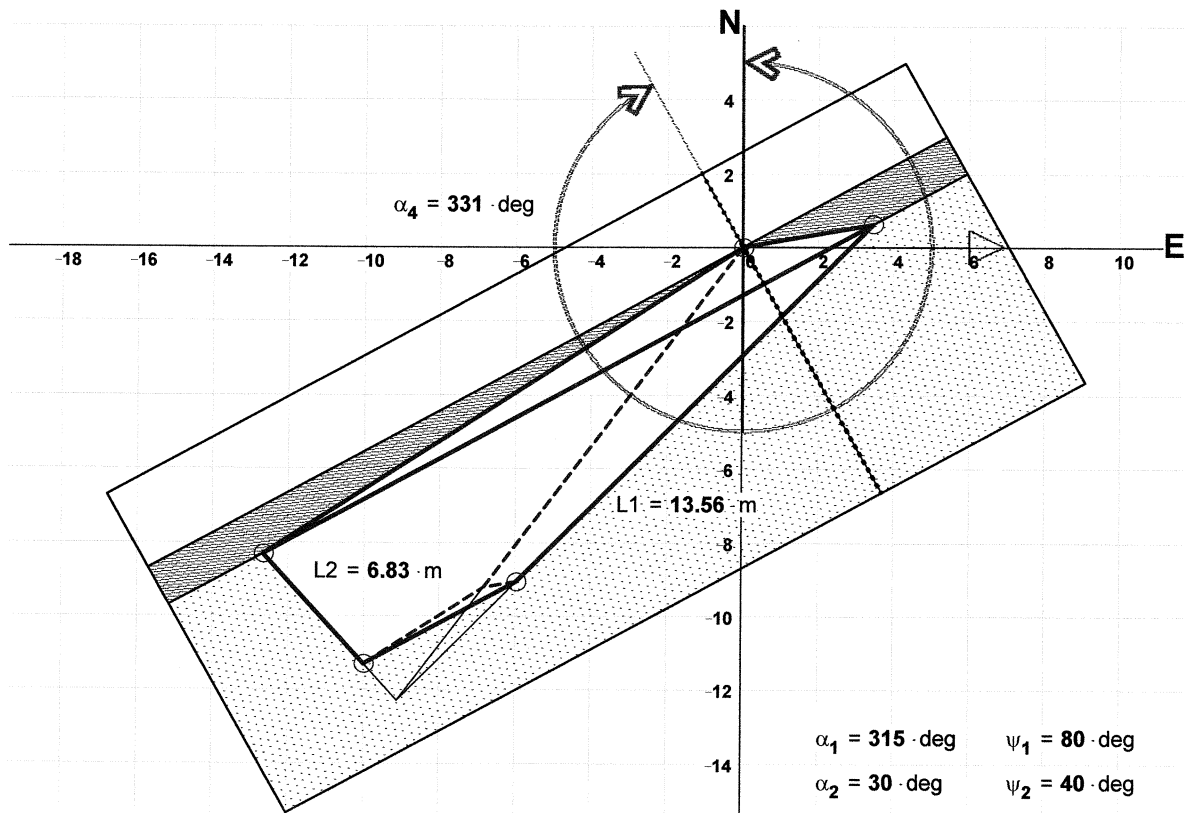
Vlačna\_pukotina = 1

Pogled na pokos,  $sl = 1$  Klin = 1720.4

$\alpha_1 = 315 \cdot \text{deg}$      $\psi_1 = 80 \cdot \text{deg}$   
 $\alpha_2 = 30 \cdot \text{deg}$      $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$



32  
 Tlocrt pokosa,  $sl = 7$  Klin = 1720.4



## Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine na pokosu

Pokos u profilu, stac. km 1720.00, Klin = 1720.6

Ravnina 3 (površina terena) :  $\alpha_3 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_3 = 15 \cdot \text{deg}$

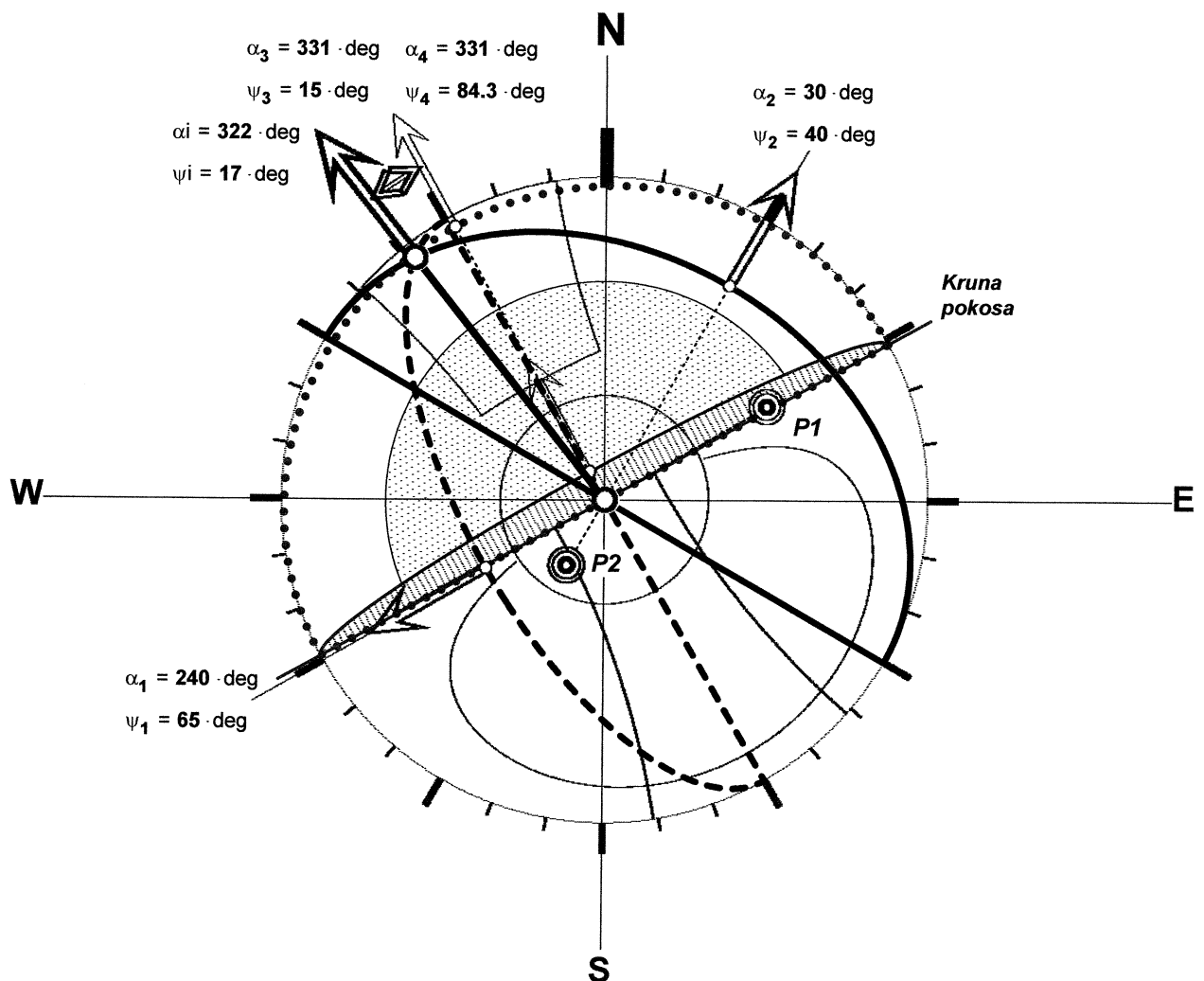
Ravnina 4 (lice pokosa) :  $\alpha_4 = 331 \cdot \text{deg}$   $\psi_4 = 84.3 \cdot \text{deg}$

Visina pokosa :  $H_1 = 11.37 \cdot \text{m}$

**Klizna ravnina (rav1 = 5) :**  $\alpha_1 = 240 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 65 \cdot \text{deg}$

**Klizna ravnina (rav2 = 2) :**  $\alpha_2 = 30 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$

**Smjer i nagib presjecnice kliznih ravnina :**  $\alpha_i = 322 \cdot \text{deg}$   $\psi_i = 17.3 \cdot \text{deg}$



Strukturalni diagram diskontinuiteta na pokosu

### Kontrola formiranja klina i vlačne pukotine (1 / 0)

Ako je : (Formiranje\_klina = 0) i / ili (Vlačna pukotina = 0) proračun je završen.

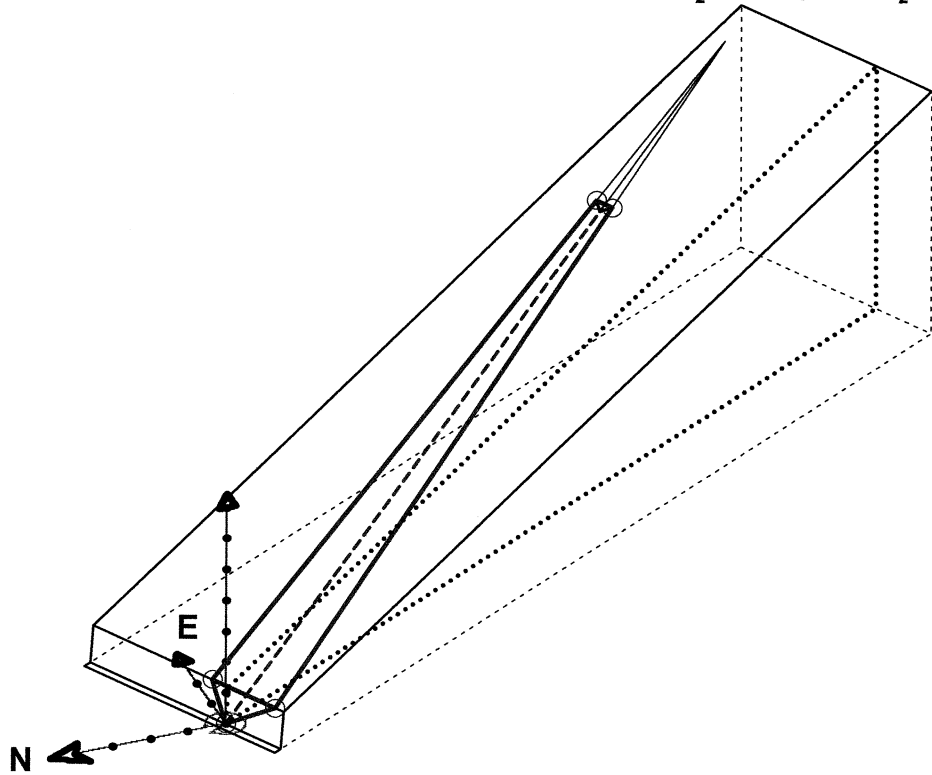
Formiranje\_klina = 1

Vlačna\_pukotina = 1



Pogled na pokos,  $sl = 1$  Klin = 1720.6

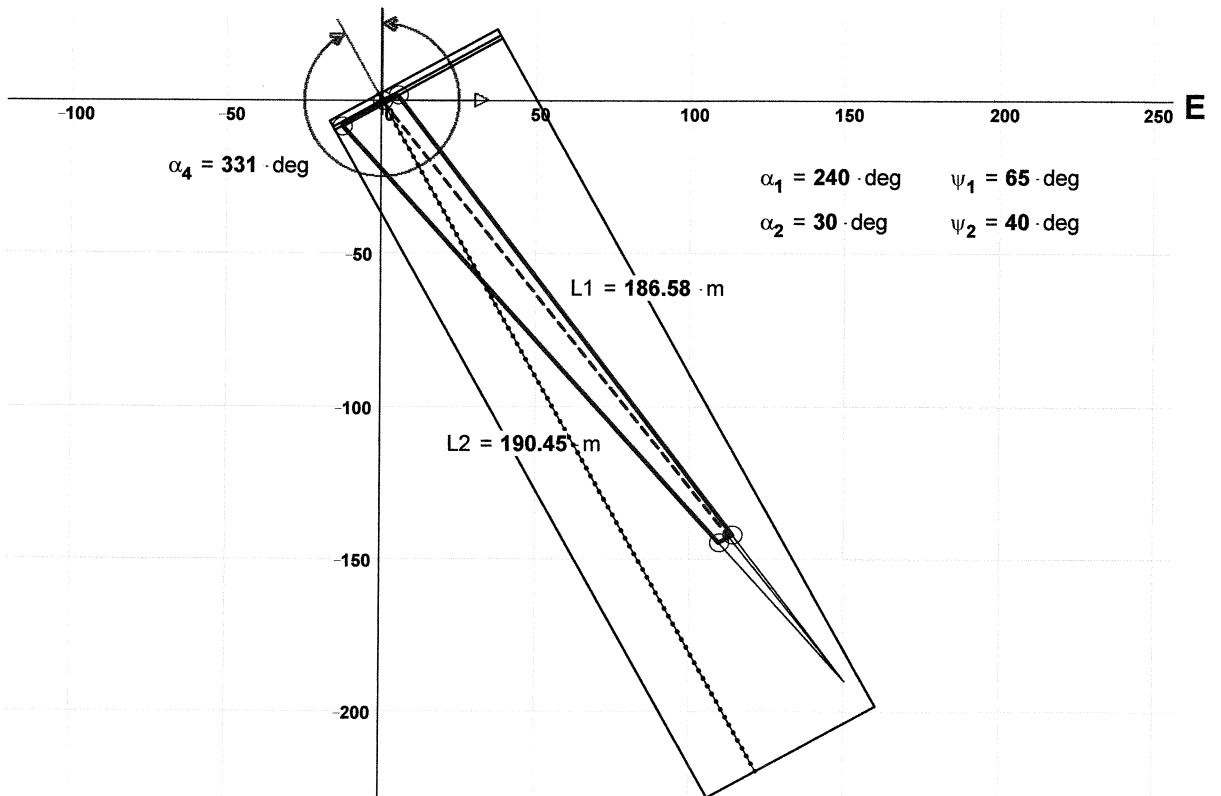
$\alpha_1 = 240 \cdot \text{deg}$   $\psi_1 = 65 \cdot \text{deg}$   
 $\alpha_2 = 30 \cdot \text{deg}$   $\psi_2 = 40 \cdot \text{deg}$



45

Tlocrt pokosa,  $sl = 7$  Klin = 1720.6

N



**Ulazni podaci za kombinacije opterećenja**  
(oblik klina tetraedar, proračun za diskontinuitete bez ispune)

**Pokos u stac. 1720.00 km**       $K_{lin} = 1720.1$

**POKOS**

**Koordinate profila pokosa :**  $Ko = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ -2 & 0 & 1.13 & 42.13 \\ -0.1 & 0 & 11.37 & 22.36 \end{pmatrix} \cdot m$   
1. red (redni broj), 2. red (x), 3. red (y)

**Visina pokosa :**  $H1 = 11.37 \cdot m$

**Tip nagiba pokosa ( $\eta = 1$  nagib,  $\eta = -1$  kontranagib) :**  $\eta = 1$

**Koeficijent udaljenosti vlačne pukotine :**  $k_{vp} = 0.75$

**Kota dna kliznog pravca :**  $y_D = 0 \cdot m$

**Kut kliznog pravca :**  $\gamma_D = 63 \cdot \text{deg}$

**Jedinicne tezine stijene i vode :**  $\gamma = 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$        $\gamma_w = 10 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$

---

Ravnina 3 (gornja površina terena) :  $\alpha_3 = 331 \cdot \text{deg}$        $\psi_3 = 15 \cdot \text{deg}$

Ravnina 4 (lice pokosa) :  $\alpha_4 = 331 \cdot \text{deg}$        $\psi_4 = 84.3 \cdot \text{deg}$

Ravnina 5 (vlačna pukotina) :  $\alpha_5 = 331 \cdot \text{deg}$        $\psi_5 = 84.3 \cdot \text{deg}$

---

**Klizna ravnina 1 (rav1 = 3) :**  $\alpha_{X_{rav1}} = 315 \cdot \text{deg}$        $\psi_{X_{rav1}} = 80 \cdot \text{deg}$

**Klizna ravnina 2 (rav2 = 1) :**  $\alpha_{X_{rav2}} = 20 \cdot \text{deg}$        $\psi_{X_{rav2}} = 40 \cdot \text{deg}$

---

**Nelinearni kriterij cvrstoce na smicanje stijenske pukotine (bez ispune)**

*Barton & Bandis, 1990*

**Klizna ravnina 1      Klizna ravnina 2**

rav1 = 3      rav2 = 1

**Normalno naprezanje u pukotini :**  $\sigma_{nX} = 0.5 \cdot H1 \cdot \gamma$        $\sigma_{nX_1} = 0.14 \cdot \text{MPa}$

**Rezidualni kut trenja diskontinuiteta :**  $\phi_{r1_{rav1}} = 29 \cdot \text{deg}$        $\phi_{r2_{rav2}} = 29 \cdot \text{deg}$

**Koeficijenti hrapavosti pukotina :**  $JRC1_{rav1} = 6$        $JRC2_{rav2} = 6$

**Tlacne cvrstoce zidova pukotina :**  $JCS1_{rav1} = 15 \cdot \text{MPa}$        $JCS2_{rav2} = 15 \cdot \text{MPa}$

---

**Smicuca cvrstoca diskontinuiteta :**  $\tau_{1_{rav1}} = 124.2 \cdot \text{kPa}$        $\tau_{2_{rav2}} = 124.2 \cdot \text{kPa}$

**Bazni kut trenja diskontinuiteta :**  $\phi_{ba1_{rav1}} = 29 \cdot \text{deg}$        $\phi_{ba2_{rav2}} = 29 \cdot \text{deg}$

**Kohezija :**  $c_{o1_{rav1}} = 11.4 \cdot \text{kPa}$        $c_{o2_{rav2}} = 11.4 \cdot \text{kPa}$

9

### Potres

Klin = 1720.1

**Najveće ubrzanje tla u odnosu na gravitaciju :**  $\alpha_s = \frac{ag}{g}$        $\alpha_s = 0.15$

**Parametri :**  $S_s = 1$        $r_s = 1$

**Horizontalni potresni koeficijent :**  $k_s = \alpha_s \cdot \frac{S}{r}$        $k_{s3} = 0.15$

**Potresna sila :**  $E = W \cdot k_s$        $E = 744.6 \cdot \text{kN}$

### Geometrija klina

**Smjer ( $\alpha$ ) i pad ( $\psi$ ) presjecista kliznih ravnina :**  $\alpha_i = 36.8 \cdot \text{deg}$        $\psi_i = 39 \cdot \text{deg}$

**Površine kliznih ravnina :**  $A_1 = 103.1 \cdot \text{m}^2$        $A_2 = 57.7 \cdot \text{m}^2$

**Površine vlačne pukotine :**  $A_5 = 7.2 \cdot \text{m}^2$

**Površina plohe klina na pokosu :**  $A_{kl} = 115.31 \cdot \text{m}^2$

**Volumen klina :**  $\text{Vol} = 198.6 \cdot \text{m}^3$

**Težina klina :**  $W = 4964.1 \cdot \text{kN}$

---

**Koeficijent udaljenosti vlačne pukotine :**  $k_{vp} = 0.75$

**Dubina klina, ruba pokosa - vlačna pukotina :**  $B_{kl\_a} = 4.05 \cdot \text{m}$

**Dubina klina, vlačne pukotine - unutarnji vrha klina :**  $B_{kl\_b} = 1.34 \cdot \text{m}$

**Ukupna dubina klina ( $a + b$ ) :**  $B_{kl} = 5.39 \cdot \text{m}$

**Udaljenost vlačne pukotine od ruba pokosa, po rubovima klina :**  $L_1 = 14.06 \cdot \text{m}$        $L_2 = 8.04 \cdot \text{m}$

**Koordinate prednjeg lica (obloznog, sidrenog) zida :**  $x_{Zid} = \begin{pmatrix} -1.53 \\ 0.73 \\ 1.13 \end{pmatrix} \cdot \text{m}$        $y_{Zid} = \begin{pmatrix} 0 \\ 11.87 \\ 11.87 \end{pmatrix} \cdot \text{m}$

**Aksonometrija :**  $sl = 1$        $\alpha_{a_{sl}} = 291 \cdot \text{deg}$        $\beta_{a_{sl}} = 35 \cdot \text{deg}$        $O_{c_{sl}} = 50 \cdot \text{m}$

$sl = 6$        $\alpha_{a_{sl}} = 331 \cdot \text{deg}$        $\beta_{a_{sl}} = 90 \cdot \text{deg}$        $O_{c_{sl}} = 65 \cdot \text{m}$

## **Kombinacija 1 : Vlastita težina klina**

**Ulazni podaci** \_\_\_\_\_ Klin = 1720.1

**Hidrostatski tlak (1/0) ? :**  $wU_1 = 0$

**Sila sidra :**  $T_{sid_1} = 0 \cdot \text{kN}$

**Sila potresa :**  $ks_1 = 0$

### **Rezultati proračuna**

**Prosjecni hidrostatski tlak na ravnini 1, 2 i 5 :**  $u1_1 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u2_1 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u5_1 = 0 \cdot \text{kPa}$

**Hidrostatska sila na ravninama 1 i 2 :**  $U1_1 = 0 \cdot \text{kN}$      $U2_1 = 0 \cdot \text{kN}$

**Hidrostatska sila u vlačnoj pukotini :**  $V_1 = 0 \cdot \text{kN}$

**Normalna sila na ravnini 1 :**  $N1_1 = -787.5 \cdot \text{kN}$

**Normalna sila na ravnini 2 :**  $N2_1 = 4118.2 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca sila na rav. 1 i 2 :**  $S_1 = 3108.2 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca otpornost na rav. 1 i 2 :**  $Q_1 = 3678.1 \cdot \text{kN}$

**Faktor sigurnosti :**  $Fs_1 = 1.18$

## **Kombinacija 2 : Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak**

**Ulazni podaci** \_\_\_\_\_ Klin = 1720.1

**Hidrostatski tlak (1/0) ? :**  $wU_2 = 1$

**Sila sidra :**  $T_{sid_2} = 0 \cdot \text{kN}$

**Sila potresa :**  $ks_2 = 0$

### **Rezultati proračuna**

**Prosjecni hidrostatski tlak na ravnini 1, 2 i 5 :**  $u1_2 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u2_2 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u5_2 = 0 \cdot \text{kPa}$

**Hidrostatska sila na ravninama 1 i 2 :**  $U1_2 = 0 \cdot \text{kN}$      $U2_2 = 0 \cdot \text{kN}$

**Hidrostatska sila u vlačnoj pukotini :**  $V_2 = 66.2 \cdot \text{kN}$

**Normalna sila na ravnini 1 :**  $N1_2 = -1795 \cdot \text{kN}$

**Normalna sila na ravnini 2 :**  $N2_2 = 3579.2 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca sila na rav. 1 i 2 :**  $S_2 = 3125.1 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca otpornost na rav. 1 i 2 :**  $Q_2 = 2820.9 \cdot \text{kN}$

**Faktor sigurnosti :**  $Fs_2 = 0.9$

### Kombinacija 3: Vlastita težina klina + Potres

Ulazni podaci \_\_\_\_\_ Klin = 1720.1

Hidrostatski tlak (1/0) ? :  $wU_3 = 0$

Potrebna sila sidra :  $T_{sid_3} = 0 \cdot \text{kN}$

Sila potresa, najnepovoljniji smjer :  $ks_3 = 0.15$        $\alpha_{ie} = 9.3 \cdot \text{deg}$        $\psi_{ie} = 5.4 \cdot \text{deg}$

#### Rezultati proračuna \_\_\_\_\_

Prosjecni hidrostatski tlak na ravnini 1, 2 i 5 :  $u1_3 = 0 \cdot \text{kPa}$        $u2_3 = 0 \cdot \text{kPa}$        $u5_3 = 0 \cdot \text{kPa}$

Hidrostatska sila na ravninama 1 i 2 :  $U1_3 = 0 \cdot \text{kN}$        $U2_3 = 0 \cdot \text{kN}$

Hidrostatska sila u vlačnoj pukotini :  $V_3 = 0 \cdot \text{kN}$

Normalna sila na ravnini 1 :  $N1_3 = -773.4 \cdot \text{kN}$

Normalna sila na ravnini 2 :  $N2_3 = 4132.3 \cdot \text{kN}$

Totalna smicuca sila na rav. 1 i 2 :  $S_3 = 2789.8 \cdot \text{kN}$

Totalna smicuca otpornost na rav. 1 i 2 :  $Q_3 = 3693.7 \cdot \text{kN}$

Faktor sigurnosti :  $Fs_3 = 0.91$

### Kombinacija 4: Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak + Potres

Ulazni podaci \_\_\_\_\_ Klin = 1720.1

Hidrostatski tlak (1/0) ? :  $wU_4 = 1$

Potrebna sila sidra :  $T_{sid_4} = 0 \cdot \text{kN}$

Sila potresa :  $ks_4 = 0.1$

#### Rezultati proračuna \_\_\_\_\_

Najnepovoljniji smjer sile potresa :  $\alpha_{ie} = 9.3 \cdot \text{deg}$        $\psi_{ie} = 5.4 \cdot \text{deg}$

Prosjecni hidrostatski tlak na ravnini 1, 2 i 5 :  $u1_4 = 0 \cdot \text{kPa}$        $u2_4 = 0 \cdot \text{kPa}$        $u5_4 = 0 \cdot \text{kPa}$

Hidrostatska sila na ravninama 1 i 2 :  $U1_4 = 0 \cdot \text{kN}$        $U2_4 = 0 \cdot \text{kN}$

Hidrostatska sila u vlačnoj pukotini :  $V_4 = 66.2 \cdot \text{kN}$

Normalna sila na ravnini 1 :  $N1_4 = -1692 \cdot \text{kN}$

Normalna sila na ravnini 2 :  $N2_4 = 3682.2 \cdot \text{kN}$

Totalna smicuca sila na rav. 1 i 2 :  $S_4 = 2658.6 \cdot \text{kN}$

Totalna smicuca otpornost na rav. 1 i 2 :  $Q_4 = 2935.1 \cdot \text{kN}$

Faktor sigurnosti (kontrola) :  $Fs_4 = 0.74$

## **Kombinacija 5 : Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak + Sila sidra**

**Ulazni podaci** \_\_\_\_\_ Klin = 1720.1

**Hidrostatski tlak (1/0) ? :**  $wU_5 = 1$

**Potrebna sila sidra :**  **$T_{sid_5}$  - Proracun !**

**Sila potresa :**  $ks_5 = 0$

**Traženi faktor sigurnosti :**  $FSi_5 = 1.5$

**Rezultati proračuna** \_\_\_\_\_

**Potrebna sila sidra (za FSi) :**  $T_{sid_5} = 1138.4 \cdot \text{kN}$      $\alpha_{it_5} = 199.5 \cdot \text{deg}$      $\psi_{it_5} = -20.2 \cdot \text{deg}$

**Prosjecni hidrostatski tlak na ravnini 1, 2 i 5 :**  $u1_5 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u2_5 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u5_5 = 0 \cdot \text{kPa}$

**Hidrostatska sila na ravninama 1 i 2 :**  $U1_5 = 0 \cdot \text{kN}$      $U2_5 = 0 \cdot \text{kN}$

**Hidrostatska sila u vlačnoj pukotini :**  $V_5 = 66.2 \cdot \text{kN}$

**Normalne sile na ravninama 1 i 2 :**  $N1_5 = -1520.2 \cdot \text{kN}$      $N2_5 = 3854 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca sila na rav. 1 i 2 :**  $S_5 = 2083.7 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca otpornost na rav. 1 i 2 :**  $Q_5 = 3125.5 \cdot \text{kN}$

**Faktor sigurnosti (kontrola) :**  $Fs_5 = 1.5$

## **Kombinacija 6 : Vlastita težina klina + Potres + Sila sidra**

**Ulazni podaci** \_\_\_\_\_ Klin = 1720.1

**Hidrostatski tlak (1/0) ? :**  $wU_6 = 0$

**Potrebna sila sidra :**  **$T_{sid_6}$  - Proracun !**

**Sila potresa :**  $ks_6 = 0.15$

**Traženi faktor sigurnosti :**  $FSi_6 = 2$

**Rezultati proračuna** \_\_\_\_\_

**Potrebna sila sidra (za FSi) :**  $T_{sid_6} = 1914.4 \cdot \text{kN}$

**Najpovoljniji smjer sidra :**  $\alpha_{it_6} = 203 \cdot \text{deg}$      $\psi_{it_6} = -24.7 \cdot \text{deg}$

**Prosjecni hidrostatski tlak na ravnini 1, 2 i 5 :**  $u1_6 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u2_6 = 0 \cdot \text{kPa}$      $u5_6 = 0 \cdot \text{kPa}$

**Hidrostatska sila na ravninama 1 i 2 :**  $U1_6 = 0 \cdot \text{kN}$      $U2_6 = 0 \cdot \text{kN}$

**Hidrostatska sila u vlačnoj pukotini :**  $V_6 = 0 \cdot \text{kN}$

**Normalne sile na ravninama 1 i 2 :**  $N1_6 = -689.1 \cdot \text{kN}$      $N2_6 = 4216.6 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca sila na rav. 1 i 2 :**  $S_6 = 1893.6 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca otpornost na rav. 1 i 2 :**  $Q_6 = 3787.2 \cdot \text{kN}$

**Faktor sigurnosti (kontrola) :**  $Fs_6 = 2$

## **Kombinacija 7 : Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak + Potres + Sila sidra**

**Ulazni podaci** \_\_\_\_\_ Klin = 1720.1

**Hidrostatski tlak (1/0) ? :**  $wU_7 = 1$

**Potrebna sila sidra :**  $T_{sid_7}$  - Proracun !

**Sila potresa :**  $ks_7 = 0.1$

**Traženi faktor sigurnosti :**  $FSi_7 = 2$

### **Rezultati proracuna**

**Potrebna sila sidra za (FS) :**  $T_{sid_7} = 2083.5 \cdot \text{kN}$

**Najpovoljniji smjer sidra :**  $\alpha_{it_7} = 203 \cdot \text{deg}$        $\psi_{it_7} = -24.7 \cdot \text{deg}$

**Prosjecni hidrostatski tlak na ravnini 1, 2 i 5 :**  $u_{1_7} = 0 \cdot \text{kPa}$        $u_{2_7} = 0 \cdot \text{kPa}$        $u_{5_7} = 0 \cdot \text{kPa}$

**Hidrostatska sila na ravninama 1 i 2 :**  $U_{1_7} = 0 \cdot \text{kN}$        $U_{2_7} = 0 \cdot \text{kN}$

**Hidrostatska sila u vlačnoj pukotini :**  $V_7 = 66.2 \cdot \text{kN}$

**Normalna sila na ravnini 1 :**  $N_{1_7} = -1600.7 \cdot \text{kN}$

**Normalna sila na ravnini 2 :**  $N_{2_7} = 3773.4 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca sila na rav. 1 i 2 :**  $S_7 = 1518.1 \cdot \text{kN}$

**Totalna smicuca otpornost na rav. 1 i 2 :**  $Q_7 = 3036.2 \cdot \text{kN}$

**Faktor sigurnosti (kontrola) :**  $Fs_7 = 2$

## **Pregled faktora sigurnosti po kombinacijama opterecenja**

**Kombinacija 1 :**  $T_{sid_1} = 0 \cdot \text{kN}$        $Fs_1 = 1.18$       **Vlastita težina klina**

**Kombinacija 2 :**  $T_{sid_2} = 0 \cdot \text{kN}$        $Fs_2 = 0.9$       **Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak**

**Kombinacija 3 :**  $T_{sid_3} = 0 \cdot \text{kN}$        $Fs_3 = 0.91$       **Vlastita težina klina + Potres**

**Kombinacija 4 :**  $T_{sid_4} = 0 \cdot \text{kN}$        $Fs_4 = 0.74$       **Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak + Potres**

**Kombinacija 5 :**  $Fs_5 = 1.5$        $T_{sid_5} = 1138.4 \cdot \text{kN}$       **Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak + Sila sidra**

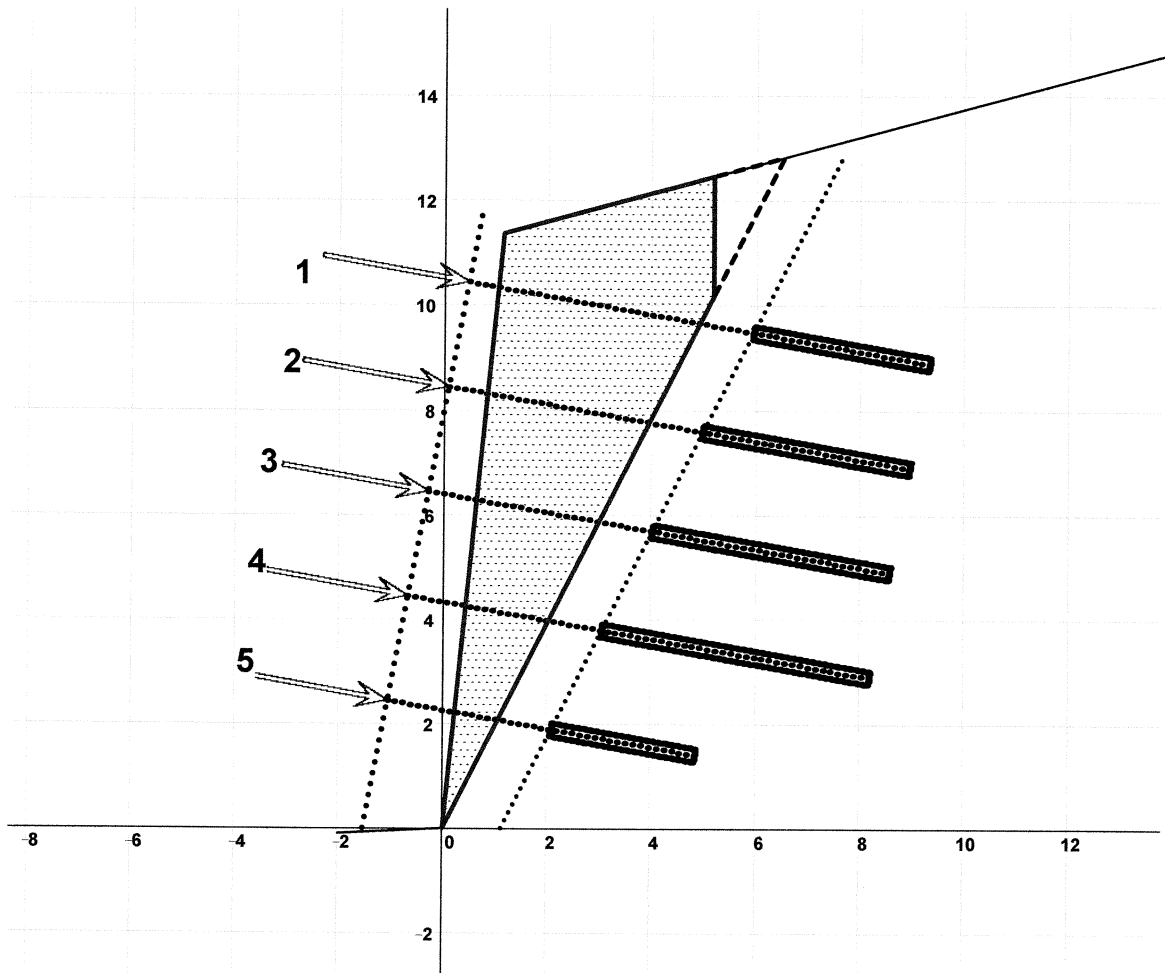
**Kombinacija 6 :**  $Fs_6 = 2$        $T_{sid_6} = 1914.4 \cdot \text{kN}$       **Vlastita težina klina + Potres + Sila sidra**

**Kombinacija 7 :**  $Fs_7 = 2$        $T_{sid_7} = 2083.5 \cdot \text{kN}$       **Vlastita težina klina + Hidrostatski tlak + Potres + Sila sidra**

# Dimenzioniranje štapnih sidra

Klin = 1720.1

Profil pokosa i klina, raspored sidara, MJ = 1.4 · m



## Profil pokosa

Nagib pokosa :  $\gamma_P = 84.3 \cdot \text{deg}$

Nagib površine terena :  $\alpha_{\text{ter}} = 15 \cdot \text{deg}$

Kut kliznog pravca :  $\gamma_D = 63 \cdot \text{deg}$

## Sidra

Vertikalni i horizontalni razmak sidara :  $v_{\text{sid}} = 2 \cdot \text{m}$      $h_{\text{sid}} = 2 \cdot \text{m}$

Broj sidara koja pokrivaju na klin :  $br_{\text{Sk}} = 30$

Broj sidara po visini pokosa :  $B_{\text{vsid}} = 5$

Kut sidra :  $\beta_{\text{sid}} = 10 \cdot \text{deg}$

Udaljenost početka sidrišne dionice od kliznog pravca :  $\xi_1 = 1 \cdot \text{m}$

Visinske kote sidara na profilu pokosa :  $y_{\text{Sil}}^T = ( 10.44 \ 8.44 \ 6.44 \ 4.44 \ 2.44 ) \cdot \text{m}$

Hvatište sidra na površini pokosa (1) ili na površini zida :  $H_{\text{vas}} = 2$



## Stijenska masa sidrišne dionice

Klin = 1720.1

Prostorna težina stijenske mase :	$\gamma_r = 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	
Prosječna visina nadsloja iznad sidrišne dionice :	$H_n = 0.5 \cdot H_1$	$H_n = 5.68 \cdot \text{m}$
Prosječno normalno naprezanje u stijenskoj masi uz sidrišnu dionicu :	$\sigma_{nr} = \gamma_r \cdot H_n$	$\sigma_{nr} = 142.1 \cdot \text{kPa}$
Litološka konstanta intaktne stijene :	$m_i = 7$	
Geološki index cvrstoce :	$GSI = 30$	
Faktor poremećenosti stijenske mase :	$D = 0.1$	
Jednoosna tlačna cvrstoca intaktnog uzorka :	$\sigma_{ci} = 60 \cdot \text{MPa}$	

## Hoek - Brown parametri stijenske mase

Jednoosna tlačna cvrstoca stijenske mase :	$\sigma_c = 0.48 \cdot \text{MPa}$
Vlačna cvrstoca stijenske mase :	$\sigma_t = -0.02 \cdot \text{MPa}$
Globalna tlačna cvrstoca stijenske mase :	$\sigma_{cm} = 4.02 \cdot \text{MPa}$
Smicuca cvrstoca stijenske mase :	$\tau_{rr} = 0.338 \cdot \text{MPa}$

## Naponi prijanjanja celik - beton i duljine sidrenja (EN 1992-1-1: 2004)

Sila u sidru :	$Pro^T = ( 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 37.9 \ 63.8 \ 69.4 ) \cdot \text{kN}$
Promjer armature :	$\phi_s = 32 \cdot \text{mm}$
Faktor sigurnosti za opterećenje :	$\gamma_u = 1.5$
Razred tlačne čvrstoće betona :	$C = 20.25$
Starost injekcijske smjese :	$t_{da} = 10 \cdot \text{dan}$
Koeficijent ovisan od vrste cementa :	$s = 0.25$
Parcijalni koeficijent sigurnosti za beton :	$\gamma_c = 1.5$

---

Proracunska vlačna cvrstoca betona :  $f_{ctd} = 0.87 \cdot \text{MPa}$

Granicni napon prijanjanja :  $f_{bd} = 1.37 \cdot \text{MPa} > \max(\tau_{Pro}) = 0.3 \cdot \text{MPa}$

Proracunska duljina sidrenja :  $l_{bd}^T = ( 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0.41 \ 0.69 \ 0.75 ) \cdot \text{m}$

$< \min(L_{usd}) = 1 \cdot \text{m}$

## Odabir racunske smicuce cvrstoce

Smicuca cvrstoca stijenske mase (1) :  $\tau_1 = \tau_{rr}$   $\tau_1 = 337.67 \cdot \text{kPa}$

Smicuca cvrstoca stijenske mase (2) :  $\tau_2 = 0.1 \cdot \sigma_{cm}$   $\tau_2 = 402.06 \cdot \text{kPa}$

Proracunska vlačna cvrstoca injekcijske smjese :  $f_{ctd} = 871.72 \cdot \text{kPa}$

Granicni napon prijanjanja :  $f_{bd} = 1372.96 \cdot \text{kPa}$

Usvojena racunska smicuca cvrstoca :  $\tau = \min((\tau_1 \ \tau_2 \ f_{ctd} \ f_{bd})) \ \tau = 337.67 \cdot \text{kPa}$

19

Usvojeni tip sidra : IBO R32N  $\phi$  32/18.5 mm

Klin = 1720.1

Nosivost : 180 kN

$F_{UL} = 280$  kN,  $F_{YL} = 230$  kN,

Vanjski promjer (profil) sidra :  $\phi_s = 32$  · mm

Promjer bušotine :  $\phi_d = 51$  · mm

Promjer racunskog valjka :  $\phi_{dr} = 60$  · mm

Odnos maksimalnog i prosječnog smicuceg naprezanja na sidrišnoj dionici (trokutna raspodijela) :  $\chi = 2$

Usvojene duljine sidara (od vrha prema dnu) :  $L_{sus} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 9 & 9 & 9 & 9 & 6 \end{pmatrix} \cdot m$

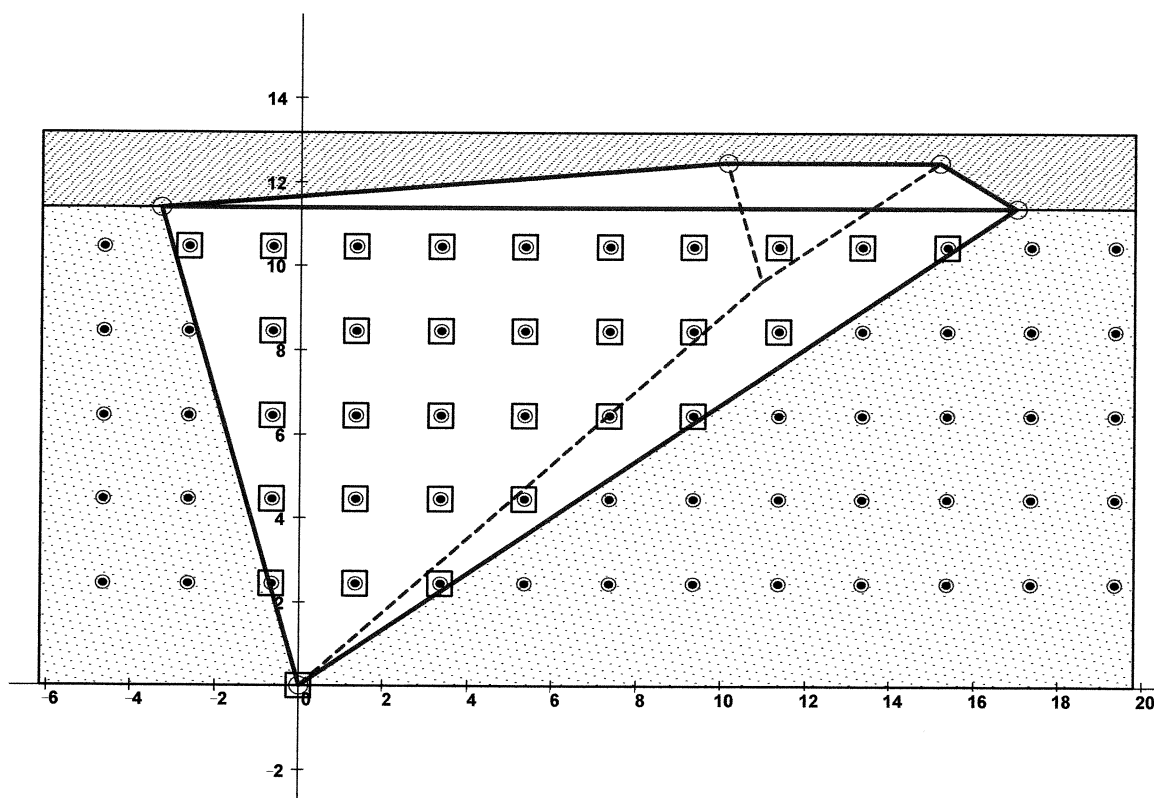
Duljine sidrišnih dionica :  $L_{usd} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 3.43 & 4.03 & 4.62 & 5.21 & 2.81 \end{pmatrix} \cdot m$

Suma duljina sidrišnih dionica :  $\Sigma L_{usd} = 119.5$  · m

Suma površina racunskih valjaka :  $A_{val} = \phi_{dr} \cdot \pi \cdot \Sigma L_{usd}$        $A_{val} = 225229.6$  · cm<sup>2</sup>

Pogled na pokos, raspored sidara, MJ = 1.4 · m

Visina pokosa :  $H_1 = 11.37$  · m



## Rezultati proračuna sidara

Klin = 1720.1

**Ukupna sila sidara po komb. opt. :**  $T_{sid}^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1138.4 \ 1914.4 \ 2083.5) \cdot kN$

**Faktor sigurnosti klina na klizanje po komb. opt. :**  $F_s^T = (1.18 \ 0.9 \ 0.91 \ 0.74 \ 1.5 \ 2 \ 2)$

**Nosivost usvojenih štapnih sidra :**  $P_{nos} = A_{val} \cdot \tau_r$

$P_{nos} = 7605.3 \cdot kN > \max(T_{sid}) = 2083.5 \cdot kN$

**Prosječna sila po sidru po komb. opt. :**  $Pro_{kom} = T_{sid_{kom}} \cdot brSk^{-1}$

$Pro^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 37.9 \ 63.8 \ 69.4) \cdot kN < 180 \ kN$

**Odgovarajuća max. smičuća napreznja :**  $\tau_{Pro_{kom}, sid} = Pro_{kom} \cdot (\phi_{dr} \cdot \pi \cdot L_{usd_{sid}})^{-1} \cdot \chi$   
**sidrišnih dionica po komb. opt.**

### Kombinacije opterećenja

1 2 3 4 5 6 7

$\tau_{Pro}^T =$	⌈	0 0 0 0 117.3 197.3 214.7	<b>sidro 1</b>	· kPa	max( $\tau_{Pro}$ ) = 262.6 · kPa
		0 0 0 0 100 168.2 183	<b>sidro 2</b>		
		0 0 0 0 87.2 146.6 159.5	<b>sidro 3</b>		
		0 0 0 0 77.2 129.9 141.4	<b>sidro 4</b>		
		0 0 0 0 143.5 241.3 262.6	<b>sidro 5</b>		
				$< \tau_r = 337.67 \cdot kPa$	

**Faktori sigurnosti sidra na smik :**  $F_{si\_stv} = \frac{\tau_r}{\tau_{Pro}}$   
**uzduz sidrisne dionice**

### Kombinacije opterećenja

1 2 3 4 5 6 7

$F_{si\_stv} =$	⌈	999 999 999 999 2.85 1.7 1.57	<b>sidro 1</b>	min( $F_{si\_stv}$ ) = 1.28
		999 999 999 999 3.34 2 1.83	<b>sidro 2</b>	
		999 999 999 999 3.83 2.29 2.1	<b>sidro 3</b>	
		999 999 999 999 4.32 2.58 2.37	<b>sidro 4</b>	
		999 999 999 999 2.34 1.39 1.28	<b>sidro 5</b>	