

## Riešenie stability zosuvu svahu a návrh na jeho zabezpečenie

Michal Maras<sup>1</sup> a Jozef Hatala<sup>1</sup>

### Stability of a landslide and design of its safeguarding

The paper deals with the solution of landslide stability with the help of the PETTERSSON software. The aim of the calculation was the evaluation of the engineering geological survey, judging the stability of the landslide prone territory, proposal of measures for safeguarding its stability and assessment of the former project with the possibility of its utilisation at safeguarding the stability of the landslide prone territory.

**Key words:** slope stability, PETTERSSON software, geomechanical investigation, landslides.

### Úvod

V článku je uvedená možnosť riešenia stability zosuvu svahu pomocou softvéru PETTERSSON (Gerlich a Kobizňák, 1991). Sanácia svahu mala byť riešená podľa pôvodného projektu, ale vzhľadom na nové poznatky o zosuve došlo neskôr k prehodnoteniu uvedeného projektu. Na základe podrobného inžinierskogeologického prieskumu Katedra dobývania ložísk a geotechniky F BERG TU v Košiciach spracovala následný prepočet stability svahu.

### Vlastný prepočet stability svahu

Už týmto orientačným výpočtom bolo preukázané, že pravdepodobný priebeh zosunovej plochy je podstatne odlišný od priebehu, s ktorým uvažoval projekt sanácie zosuvu.

Ďalšia séria výpočtov bola vykonaná za predpokladu, že zosunová plocha nemôže zasahovať do skalného andezitového podkladu neogénnych ílov. Z dostupných geologických profilov vrtovej bola interpretovaná poloha andezitov. Hrúbka kvartérnych hornín bola zvolená rovnaká, s akou uvažoval projektant-3 m, s plným zavodnením. Hrúbku neogénnych ílov v riešenom profile vymedzila uvažovaná poloha kvartéru a podloží andezitov. Pevný bod zosunovej plochy bol situovaný na betónové oplotenie pod svahom s výškovou kótou  $z = 233$  m.

Zosunová kružnica vedená pevným bodom na oplotení vymedzila polohu zátrhu na hlave zosuvu vo vzdialenosti 92 m od oplotenia, čo je možné považovať za pomerne dobrú zhodu s realitou na svahu. Výsledky tohto riešenia dokumentujú obr. 1, 2, 3 a 4 (lokálny súradnicový systém na obrázkoch: výškovej súradnici 200 m zodpovedá 0, poloha bariéry na teréne má v tomto systéme súradnice 15/33 m).

Obr. 1 dokumentuje výpočet stupňa stability z vrcholových efektívnych parametrov. Vo výpočte bolo uvažované so zavodnením kvartéru aj neogénu so sklonom vodnej hladiny  $\alpha = 16^\circ$ . Stupeň stability na zosunovej ploche mal veľkosť  $S_F = 1,640$ . Z toho vyplýva, že vrcholové efektívne parametre neodpovedali stavu zemín vo svahu pri jeho zosuve.

Z týchto dôvodov v ďalšom riešení bolo uvažované so smernými normovými charakteristikami jemnozrnných zemín pre triedu F7 a pre mäkkú až tuhú konzistenciu. Boli pritom využité prístupy podobné prístupom autorov Sasvári a Ďurove, 1997. Obr. 2 dokumentuje výpočet stupňa stability so strednými hodnotami  $c_{ef}$  a  $\varphi_{ef}$ , ktorý dosahuje hodnotu 0,989, za predpokladu zavodnenia kvartéru aj neogénu.

Na obr. 3 sú výsledky stanovené z minimálnych hodnôt  $c_{ef}$  a  $\varphi_{ef}$ . Stupeň stability dosahuje hodnotu 0,893, tiež za predpokladu zavodnenia kvartéru aj neogénu.

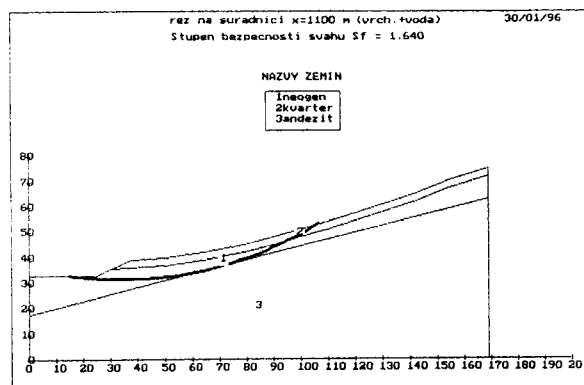
Na obr. 4 sú výsledky stanovené tiež z minimálnych hodnôt  $c_{ef}$  a  $\varphi_{ef}$ . Stupeň stability dosahuje hodnotu 1,096, za predpokladu odvodnenia len kvartéru.

Už tieto orientačné výsledky, aj napriek tomu, že bola chybné predpokladaná možnosť zavodnenia neogénnych zemín naznačovali, že možno dospieť k exaktnejšiemu stanoveniu silových pomerov vo svahu, avšak za predpokladu spresnenia geologickej situácie. Z týchto dôvodov došlo k upresneniu geologickej situácie dopĺňujúcim vrtným prieskumom, so zámerom spresnenia priebehu skalného podkladu a identifikácie polohy zosunovej plochy.

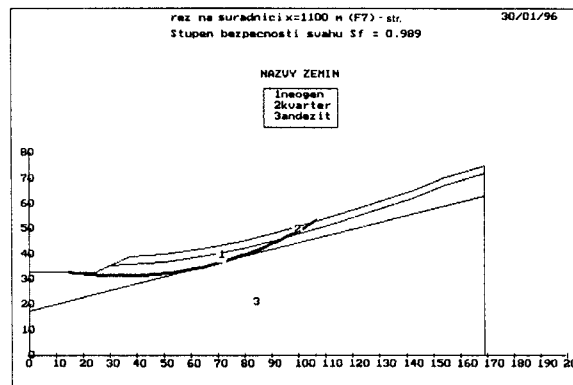
Vrty  $S_1$ ,  $S_2$  a  $S_3$  boli situované tak, aby overili polohu zosunovej plochy, vrty  $S_4$ ,  $S_5$  a  $S_6$  tak, aby doplnili geologickú situáciu nad hlavou zosuvu.

<sup>1</sup> Doc. Ing. Michal Maras, CSc. a Prof. Ing. Jozef Hatala, CSc., Katedra dobývania ložísk a geotechniky Fakulty BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 19

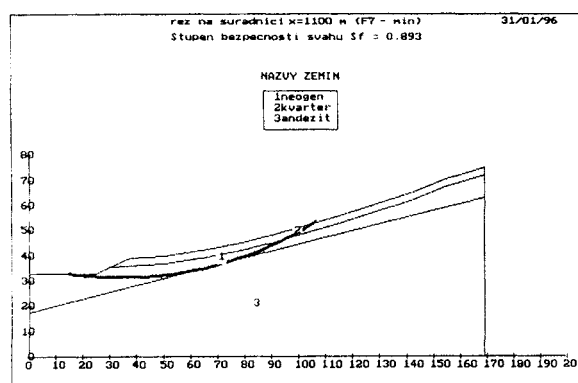
(Recenzovali: Doc. Ing. Juraj Ďurove, CSc. a Ing. Dušan Čellár)



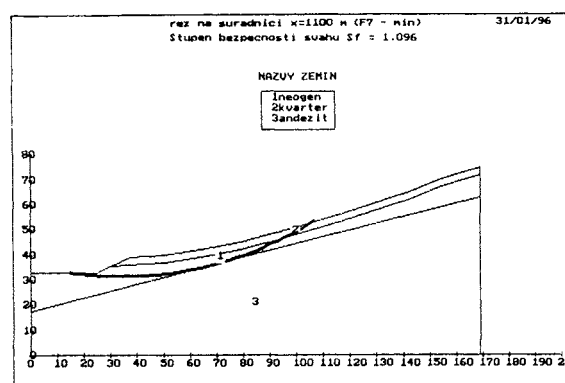
Obr. 1. Rez na súradnici  $x = 1100$  m (vrch. + voda).



Obr. 2. Rez na súradnici  $x = 1100$  m (F7 - str.).



Obr. 3. Rez na súradnici  $x = 1100$  m (F7 - min.).



Obr. 4. Rez na súradnici  $x = 1100$  m (F7 - min.).

### Výpočet stability svahu po spresnení geologickej situácie doplnujúcim prieskumom

Z realizovaného spresňovacieho geologického prieskumu pre výpočet stability svahov sú tieto výsledky:

1. Vrtmi  $S_1$ ,  $S_2$  a  $S_3$  situovanými v telese zosuvu bol spresnený kontakt neogénu a kvartéru a identifikovaná zosunová plocha v kvartéri.
2. Vzhľadom na značný časový odstup realizácie prieskumných prác od vzniku zosuvu a vzhľadom na veľmi suché obdobie leta a jesene, došlo k podstatnej zmene vlhkosti v podpovrchovej zóne a preto zosunová plocha bola zistená už len mäkkou až tuhou konzistenciou, a to vo všetkých troch vrtoch v polohe kvartéru:
  - vo vrte  $S_1$  v hĺbke 3,9 - 4,5 m,
  - vo vrte  $S_2$  v hĺbke 3,5 - 4,1 m,
  - vo vrte  $S_3$  v hĺbke 3,1 - 3,5 m (mäkká), 3,5 - 4,5 m (tuhá).

Pod uvedenými polohami boli vo všetkých troch vrtoch zistené veľmi kompaktné polohy ílovitých zemín neogénu pevnej konzistencie na celom hĺbkovom profile, do ktorého by teoreticky mohla zasiahnuť šmyková plocha zosuvu. Zo zistených skutočností možno vyvodíť záver, že na prevažnej ploche zosuvu k nemu došlo len v kvartérnych horninách.

Výnimku z tohto konštatovania tvorí západná časť zosuvu v oblasti geologického profilu DD', kde bol neogén odkrytý zárezom, resp. krytý len tenkou vrstvou kvartéru. V tejto oblasti v dôsledku periodického navlhčovania zrážkovými vodami a zmršťovania v období sucha treba predpokladať, že vrstva je schopná infiltrovať väčšie množstvo vody a prechádzať do mäkkej konzistencie.

3. Vrti  $S_4$ ,  $S_5$  a  $S_6$  boli odvítané vo väčšej vzdialenosti od hlavy zosuvu a sledovali spresnenie vzájomnej polohy kvartéru a neogénu, ako aj neogénu a podloží andezitov. Overená hrúbka kvartérnych aj neogénnych ílov bola zistená v pevnej konzistencii bez náznaku šmykových pohybov. Toto zistenie je veľmi dôležité pre prognózu možnosti šírenia zosuvu za existujúcu hlavu, smerom do vyšších častí svahu.
4. Vo vzorkách hornín odobratých z vrtoch bolo výskumom stanovené, že ide o ílovité zeminy s vysokou až extrémne vysokou plasticitou, čo pre posudzovanie stability zosunutého svahu je podstatné zistenie.

### Riešenie stability svahu Pettersonovou metódou

Pre riešenie stability svahu boli zvolené 3 geologické profily AA', BB' a DD', v ktorých bola spresnená geologická situácia realizovaným vrtným prieskumom. Geologické profily boli konštruované nasledovne:

- povrch terénu podľa pôvodnej konfigurácie,
- kontakty jednotlivých vrstiev zemín podľa interpretácie inžinierskogeologického prieskumu.

Posúdenie stability zosunutého svahu v týchto 3 geologických profiloch bolo považované za postačujúce, čo je doložené v ďalšom texte. Už na začiatku riešenia tejto úlohy bolo zrejmé, že bude vyžadovať neštandardný prístup k riešeniu stability svahu. Vychádzali sme zo skutočnosti, že zosunová plocha má 2 pevné body (päta a hlavu), ktoré sú dané geodetickým zameraním svahu po zosuve.

Zvolený bol taký postup riešenia, aby zosunová kružnica prechádzala na zvolených profiloch päťou zosunovej plochy a hlavou, danou polohou zátrhu na teréne. Pre riešenie stability svahu výpočtovým systémom PETERSSON bol zvolený lokálny výpočtový súradnicový systém, v ktorom výšková súradnica je označená  $y$  a horizontálna  $x$ . Počiatok súradnicového systému v každom riešenom profile je lokalizovaný takto:  $y = 0$  zodpovedá výškovej súradnici 220 m n.m.,  $x = 0$  zodpovedá bodu, ktorý sa nachádza 25 m pred bariérou.

Päta zosunovej plochy všetkých profilov bola situovaná do bodu so súradnicami [ $x = 35,1$  m,  $y = 13,1$  m (233,1 m n.m.)].

Je možné predpokladať, že ak by tento bod bol na betónovej bariére, muselo by dôjsť k jej zdvih. Zeminy zosuvu boli iba nasunuté cez cestu na bariéru.

Pri voľbe bodu na zátrhu na hlave zosuvu bolo postupované nasledovne:

- Na reze AA' zátrh, ktorý je v bode [ $x; y$ ] = [118; 28,7] bol posunutý vyššie do bodu [ $x; y$ ] = [128; 31]. Sklon terénu a geologické pomery vo svahu nasvedčujú, že po plánovanej úprave terénu môže dôjsť v tomto mieste k lokálnemu zosuvu.
- Na reze BB' bol zátrh situovaný do bodu, v ktorom vznikol.
- Na reze DD' bola poloha zátrhu zvolená ako stredná hodnota na tomto úseku. Súradnice týchto dvoch bodov v každom reze sú uvedené v tabuľke 1.

Ak mala byť splnená podmienka, že všetky zosunové kružnice musia prechádzať päťou aj hlavou, vo výpočte museli byť stredy zosunových kružníc viazané na priamku, ktorá je normálou na tetivu kružnice, prechádzajúcej päťou a zátrhom, vedenou stredom tetivy so súradnicami  $x_s$  a  $y_s$

$$y_s = \frac{y_z + y_p}{2}, \quad (1)$$

$$x_s = \frac{x_z + x_p}{2}, \quad (2)$$

kde  $y_z$ ,  $x_z$  a  $y_p$ ,  $x_p$  sú súradnice päty zosuvu a zátrhu. Rovnica normály na tetivu kružnice v jej strede je

$$x = \frac{(q - y)(x_z - x_p)}{y_y - x_p}, \quad (3)$$

$$\text{kde } q = x_s \frac{y_y - y_p}{x_z - x_p} + y_s. \quad (4)$$

Pre zvolený krok  $y$ -ovej súradnice podľa (3) bola vypočítaná  $x$ -ová súradnica série bodov, ktoré sa nachádzali na normále tetivy. Do týchto bodov boli postupne lokalizované stredy zosunových kružníc až dovtedy, kým nebol stanovený stred kružnice s najnižším stupňom stability. Súradnice stredu týchto nebezpečných kružníc na normále sú uvedené v tabuľke 1. Výpočtový systém PETERSSON je však konštruovaný tak, že neumožňuje úplne presnú lokalizáciu stredu, a preto stredy nebezpečných kružníc v profiloch AA' a DD' sú vo smere  $x$  málo odsunuté od normály, čo je však pri takých veľkých kružniciach zanedbateľná odchýlka. Stredy nebezpečných kružníc, použité vo všetkých výpočtoch stability svahu, sú tiež uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Lokálne výpočtové súradnice.

zátrhu		Lokálne výpočtové súradnice [m]			
		päty		nebezpečného stredu kružníc	
				na normále	použitý
AA'	x	35,1	128,0	38,3	39,3
	y	13,1	31,0	245,0	245,0
BB'	x	35,1	102,0	36,0	26,0
	y	13,1	24,0	220,0	220,0
DD'	x	35,1	118,0	3,0	0,7
	y	13,1	25,8	500,0	500,0

Na takto lokalizovaných zosunových kružniciach boli riešené všetky varianty. Variantným riešením stability svahu boli sledované tieto zámery:

### Variant 1

Profily AA', BB' a DD' s pôvodným reliéfom terénu pred zosuvom. Vlastnosti zemín boli zvolené v súlade so smernými normovými charakteristikami jemnozrnných zemín podľa STN 73 1001 pre triedu F8, tak ako bola

stanovená laboratórnym rozborom. Bolo uvažované s minimálnymi hodnotami vrcholových parametrov  $c_{ef}$  a  $\varphi_{ef}$  pre mäkkú konzistenciu. Pretože stanovené nebezpečné kružnice v profiloch AA' a DD' prechádzali bezprostredne na väčšine svojej dĺžky v kvartérnych zeminách, v reze AA' aj na kontakte kvartéru a neogénu a v reze DD' aj cez neogén. Pre neogén bola zvolená mäkká konzistencia aj napriek tomu, že prieskumom bola stanovená ako pevná. Týmto krokom bol sledovaný cieľ vyhnúť sa chybám, ktoré by mohli vzniknúť v dôsledku neúplne presnej interpretácie kontaktu týchto dvoch polôh v geologických profiloch. Na profile DD' bol overený vplyv ponechania pevnej konzistencie u neogénu, ktorý je zasiahnutý zosunovou kružnicou na krátkom úseku. Dôležitým výsledkom riešenia tohto variantu je, že na všetkých troch profiloch aj pri týchto minimálnych hodnotách bol stanovený stupeň stability väčší ako 1, čiže k zosuvu nemalo dôjsť. Vysvetliť to možno tým, že zosuv nenastal na celej ploche naraz, ale sa postupne od päty širil smerom hore a zosunová plocha v takomto prípade nemusí byť presnou kružnicou. Z tohto dôvodu bolo pristúpené k riešeniu 2. variantu.

### Variant 2

Na rovnakých kružniciach ako v 1. variante odhadom boli znížené hodnoty  $c_{ef}$  a  $\varphi_{ef}$ , tak, aby bol získaný stupeň stability blízky 1, ktorý pri zosuve musel existovať.

### Variant 3

Týmto variantom sa sledovalo postrehnúť vplyv realizovaných sanačných prác na zmenu stupňa stability svahu. Na geologických profiloch AA', BB' a DD' bol upravený sklon terénu podľa pôvodného projektu. Bola do nich vložená priťažovacia lavica a stanovený stupeň bezpečnosti pri rovnako znížených hodnotách  $c_{ef}$  a  $\varphi_{ef}$  ako u 2. variantu.

K zvýšeniu stupňa stability došlo len na profile AA', kde sa na zvýšení podieľa hlavne zmenšenie sklonu svahu úpravou terénu. Na profiloch BB' a DD' je vplyv sanačných prác zanedbateľný. Vplyv založenia drenážneho systému nebol zohľadnený. Predpokladalo sa, že pri dlhotrvajúcich intenzívnych zrážkach môže dôjsť k úplnému nasýteniu zosuvu vodou, tak ako bolo uvedené v predchádzajúcich častiach. V tomto variante profily boli upravené nasledovne: AA' podľa PF - 3-3', BB' podľa PF - 4-4', DD' podľa PF - 6-6'.

V tabuľke 2 sú pre porovnanie uvedené stupne stability pri znížených hodnotách  $c$  a  $\varphi$  na pôvodnom teréne a po realizácii sanačných prác.

Tabuľka 2. Stupne stability.

Profil	Stupeň stability	
	na pôvodnom teréne	po sanácii
AA'	0,998	1,337
BB'	0,970	0,990
DD'	1,051	1,119

### Variant 4

Pre riešenie stability svahu bol tento variant považovaný za rozhodujúci. Predpokladá, že na zosunovej ploche pôsobia už len reziduálne hodnoty  $c$  a  $\varphi$ . Vzhľadom na charakter zemín vo svahu, boli tieto hodnoty zvolené ako pomerne nízke  $c_r = 0,2$  kN a  $\varphi_r = 9^\circ$  u všetkých zemín F8, cez ktoré zosunové plochy prechádzajú a rovnaké vo všetkých troch rezoch. Z riešenia boli obdržané stupne stability, ktoré vzhľadom na možné menšie nepresnosti riešenia nedávajú požadovanú bezpečnosť.

Správnosť zvoleného postupu riešenia môže dokumentovať skutočnosť, že na všetkých troch profiloch pri zvolených reziduálnych hodnotách  $c$  a  $\varphi$  boli obdržané takmer rovnaké hodnoty stupňa stability  $(S_f)_r$

$$AA' \quad (S_f)_r = 1,005,$$

$$BB' \quad (S_f)_r = 1,058,$$

$$DD' \quad (S_f)_r = 1,038.$$

Bolo by možné namietat', že pri vyšších hodnotách reziduálnych parametrov stupeň stability by bol dostatočne vysoký. Potom takúto námietku možno prijať za predpokladu, že niekto bude garantovať, že k takému stavu nedôjde.

### Variant 5

Týmto variantom sa sledovalo stanoviť, aké ďalšie technické zásahy treba pri sanácii realizovať, aby sa dosiahol vyšší stupeň stability zosuvu, čo je možné len zabudovaním pasívnej tangenciálnej sily, pôsobiacej proti zosuvu na stanovených zosunových plochách. Pre ich stanovenie bol vykonaný prepčet podľa tejto úvahy:

Stupeň stability svahu je daný pomerom pasívnych síl a aktívnych zosúvajúcich síl vo svahu

$$S_f = \frac{K + F}{T}, \quad (5)$$

kde:  $K$  sú kohézne sily dané súdržnosťou,  $F$  - trecie sily dané uhlom vnútorného trenia,  $T$  - tangenciálne posúvajúce sily.

Veľkosť  $T$  je závislá len na tiažových parametroch a nezávisí na  $c$  a  $\varphi$ . Aby bolo možné stanoviť veľkosť  $T$ , je potrebné jednu zložku v čitateli minimalizovať oproti druhej tak, aby bolo možné jej veľkosť zanedbať. Bola

minimalizovaná F znížením  $\phi$  na minimálnu hranicu, ktorú ešte výpočtový systém rešpektuje  $\phi = 1$  a naopak, hodnota  $c$  bola zvýšená na  $c_z = 100$  kN. Týmto zásahom veľkosť F oproti vysokej hodnote K môže byť zanedbaná. V tomto variante bol vykonaný výpočet s týmito extrémnymi parametrami. Boli obdržané síce vysoké hodnoty stupňa stability  $(S_f)_T$ , ale umožňujúce výpočet požadovaných pasívnych tangenciálnych síl.

Pomocou výpočtu dĺžky tetivy  $l_t$  kruhovej výseče, s použitím polomeru kružnice  $r$  vo svahu, bol stanovený stredový uhol výseče  $\beta$ , dĺžka oblúka výseče vo svahu  $O_v$  a tým aj veľkosť zosunovej plochy na riešenom profile, ktorý má vždy hrúbku 1 m.

$$l_t = \sqrt{(y_z - y_p)^2 + (x_z - x_p)^2}, \quad (6)$$

$$\beta = 2 \arcsin \frac{l_t}{2r}, \quad (7)$$

$$O_v = \frac{2\pi}{360} \beta. \quad (8)$$

$$\text{Veľkosť pôsobiacich T síl vo svahu pri zanedbaní F bola stanovená zo vzťahu } T = \frac{K}{(S_f)_T}. \quad (9)$$

Všetky hodnoty vstupujúce do tohto výpočtu sú uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka 3. Vstupné parametre do výpočtov.

Profil	$l_t$ [m]	$r$ [m]	$\beta$ [°]	$O_v$ [m]	$c_z$ [kPa]	K [kN]	$(S_f)_T$ [-]	T [kN]
AA'	94,6	231,9	23,54	94,9	100	9490	8,330	1139
BB'	68,4	207,0	19,02	68,7	100	6870	9,810	700
DD'	84,0	488,1	9,87	84,1	100	8410	12,217	688

Ak poznáme veľkosť síl T pôsobiacich vo svahu, môžeme pomocou  $(S_f)_r$  stanoviť aj súčet pasívnych síl  $P = K + F$ , pôsobiacich vo svahu.  $P = T (S_f)_r$ . (10)

Ak poznáme  $(K + F)$  a T, môžeme pre požadovaný stupeň stability  $(S_f)_r$  stanoviť veľkosť pasívnych tangenciálnych síl, ktoré treba zaniest' na 1 m dĺžky zosuvu.

$$(S_f)_r = \frac{P}{T - T_p}, \quad (11)$$

$$T_p = \frac{(S_f)_{\text{poz}} T - P}{(S_f)_r}. \quad (12)$$

Všetky hodnoty vstupujúce do výpočtu na všetkých troch profiloch a veľkosť  $T_p$  pre dve hodnoty stupňa bezpečnosti sú uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4. Vstupné parametre do výpočtov.

Profil	T [kN]	$(S_f)_r$ [-]	P [kN]	$T_p$ pre $(S_f)_{\text{poz}}$ [kN]	
				1,2	1,3
AA'	1139	1,005	1145	185,0	258
BB'	700	1,058	741	82,0	130
DD'	688	1,038	714	93,0	138

Realizované výpočty sú dokumentované obr. 5. Na tomto obrázku je výstup z počítača s vyznačením geometrie svahu a polohy jednotlivých zemín vo svahu, s identifikáciou druhu zeminy v lokálnom výpočtovom súradnicovom systéme. Okrem toho, sú na obrázku geometrické parametre zosunovej kružnice, názov zemín a údaj o ich zatriedení v zmysle STN 73 1001, ako aj stupeň bezpečnosti na hrubo vykreslenej zosunovej kružnici.

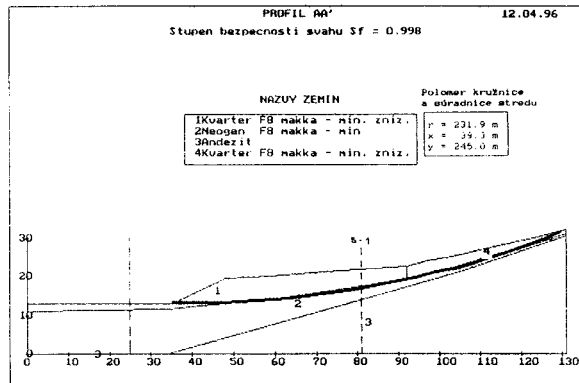
## Záver

Z riešenia stability zosuvu vyplynuli tieto závery:

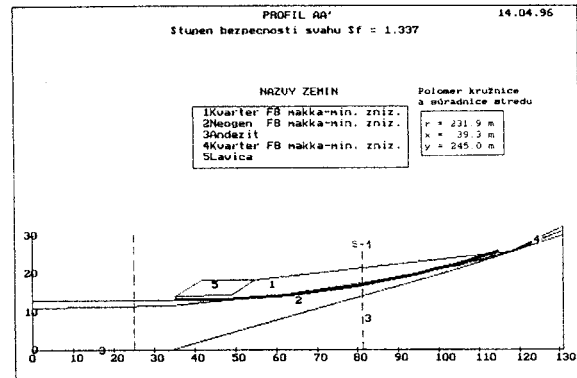
- Treba prijať technické riešenie, ktorým dôjde k inštalácii pasívnych síl proti zosuným silám pôsobiacich zo svahu. V danom geomechanickom prostredí do úvahy prichádzajú tieto riešenia:
  - Na päte zosuvu, na čele priťažovacej lavice, zabudovať pilótoú stenu, votknutú do hlbšieho podložia. V prípade aktivácie zosuvu zaťaženie zo svahu sa zachytí na pilótovej stene na malom výškovom rozsahu pilóty, vyčnievajúcej nad úroveň terénu. V tom je značný prínos už vytvorenej priťažovacej lavice.
  - Druhé, teoreticky možné riešenie predstavuje prikotvenie päty svahu lanovými kotvami do hlbšieho podložia, s vytvorením železobetónových súvislých oporných piat pod hlavami kotiev, na ktoré by sa preniesli posúvajúce sily zo svahu cez priťažovaciu lavicu. Nevýhodou tohto riešenia je, že skalné podložie, v ktorom by sa situovali korene kotiev je príliš vzdialené a situovanie koreňov

kotiev v neogénnych íloch by vyžadovalo vytvorenie viacstupňového koreňa kotvy. Okrem toho, stabilita vrto vŕtaných pre kotvenie v tomto prostredí je problematická, keďže vrty by museli prechádzať pod päťou lavice.

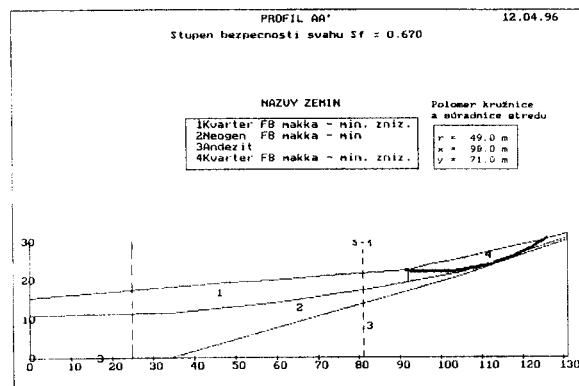
- c) Konkrétny návrh priemeru pilót, ich hustoty, stupňa armovania oceľou a hĺbky vŕtania do podlažia možno stanoviť po rozhodnutí o požadovanej hodnote stupňa bezpečnosti svahu a po rozhodnutí, ktorým z uvedených postupov sa stabilita svahu bude zabezpečovať.



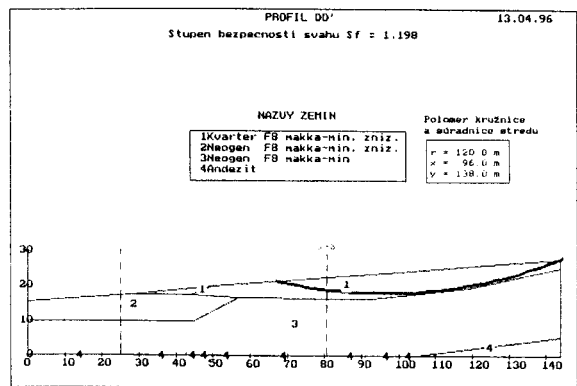
Obr. 5.



Obr. 6.



Obr. 7.



Obr. 8.

2. Vykonanými skúškami šmykovej pevnosti neporušených kvartérnych ílov boli stanovené pomerne vysoké hodnoty  $c_{ef}$  a  $\phi_{ef}$ . Z týchto dôvodov pre zamedzenie šírenia zosuvu za terajšiu hlavu zosuvu treba realizovať záchytný rigol nad zosuvom, zabezpečiť vyňatie celého územia z pôdneho fondu, aby sa zamedzilo väčšej infiltrácii vody do inak pomerne pevného kvartéru. Aktívne využívanie pôdy pre poľnohospodárske účely výrazne zvyšuje stupeň infiltrácie zrážkových vôd. Tento terén osiať trávami a postupne zalesniť.
3. Požiadavkou bolo tiež stanoviť či by bolo k zosuvu došlo aj bez zásahov do terénu, realizovaných pri výstavbe objektov. Táto požiadavka bola splnená overením na dvoch, sklonovo odlišných profiloch, a to na AA' a DD'. Výsledky riešenia sú na obrázkoch 6 a 7. Z obrázkov vidieť, že k zosuvu by bolo došlo na profile AA', avšak v oblasti zasahujúcej do lesného porastu, kde stupeň stability pri znížených hodnotách  $c$  a  $\phi$  (rovnakých ako v druhom variante) dosahuje na zosunovej kružnici len hodnotu 0,670. Na profile DD' (obr. 8) by k zosuvu nebolo došlo. Stupeň stability je 1,198.

## Literatúra

- Gerlich, P. a Kobizňák, K.: Výpočet stability svahu metódou PETERSSON na válcových smykových plochách. *Banské projekty Teplice, s.p., 1991, s. 31.*
- Sasvári, T. a Ďurove, J.: Využitie hierarchického prístupu pre analýzu geologických a geomechanických parametrov horninového masívu. In: *Zborník medzinárodnej konferencie GEOTECHNICS '97, Podbanské 1997. Orgware, a.s., Bratislava, máj 1997.*