

## Prieskumno-sanačné práce na lokalite Radvaň nad Laborcom

EUBOMÍR PETRO, ERIKA POLAŠČINOVÁ

Geologický ústav D. Štúra, Garbanova 1, 040 11 Košice

(Doručené 9. 2. 1989, revidovaná verzia doručená 3. 4. 1989)

### Exploration-rescue works on the Radvaň nad Laborcom locality, Eastern Slovakia

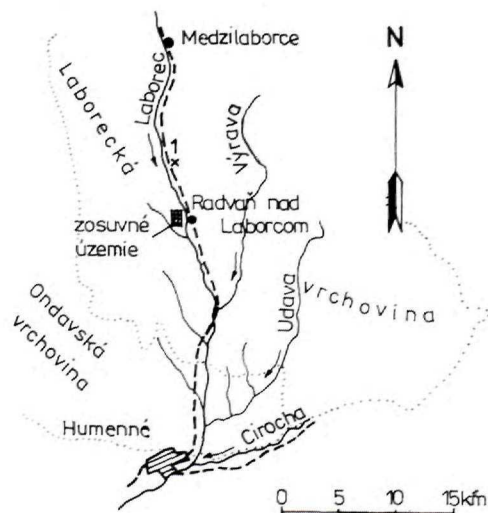
In autumn 1984 a mass movement took place in the area of Radvaň nad Laborcom, which caused, besides the devastation of agricultural land, serious problems for the construction of wood tip. This movement originated in clayey-debris deluvial sediments laying on the Paleogene beds of the Magura Flysch. Results of the analysis of this mass movement origin have enabled to know the mechanism of its chronological and spatial development, to determine causes of the origin of movements and to suggest rescue safeguards for stabilization of the slope.

### Úvod

V okolí obce Radvaň nad Laborcom (asi 20 km severne od Humenného; obr. 1) sa po oboch stranách doliny Laborca vyskytujú početné svahové deformácie. Sú plošne pomerne rozsiahle a predstavujú výrazný prvok reliéfu krajiny. V zmysle Špúrka (1976) ich zaraďujeme k recentným typom. Jednotlivé deformácie sa nachádzajú v rôznych štádiách vývoja. Väčšinou ide o potenciálne, menej o stabilizované a aktívne deformácie.

Podľa údajov pracovníkov lesného závodu Medzilaborce vznikla v októbri r. 1984 na západnom okraji obce Radvaň nad Laborcom svahová deformácia,

ktorá narušila priebeh prác na výstavbe skládky dreva (obr. 2). Zemné práce, ktoré sa na lokalite začali v roku 1983, museli byť v jeseni 1984 zastavené. Na požiadanie Vsl. štátnych lesov Košice sme na lokalite robili prieskum (5 jadrových vrtov, geodetické zameranie deformácie a laboratórne spracovanie vzoriek odobraných zemín). Na základe výsledkov získaných prieskumom bolo možné navrhnúť účinné sanačné opatrenia.



Obr. 1. Situačná mapa lokality Radvaň nad Laborcom s vyznačením geomorfologických jednotiek. 1 — ombrometrická stanica Čabiny.

Fig. 1. Situation map of the Radvaň nad Laborcom locality with marked morphological units. 1 — the Čabiny ombrometric station.

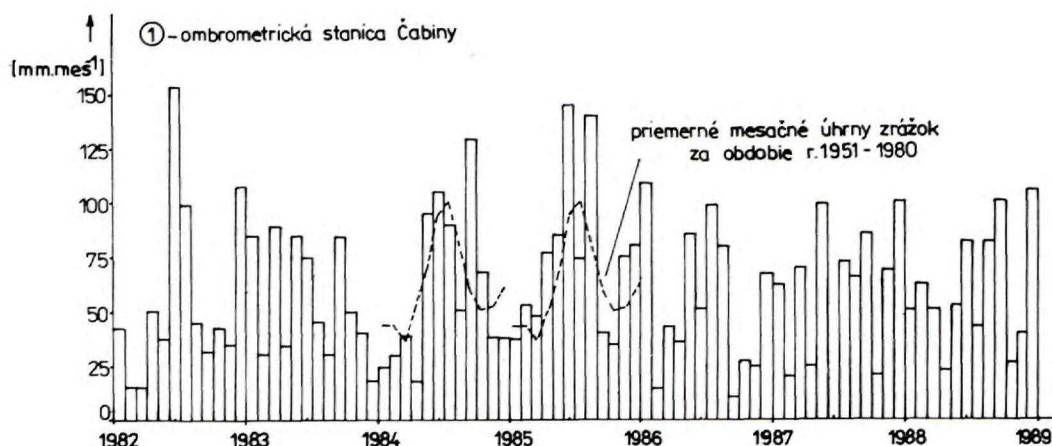


Obr. 2. Celkový pohľad na prúdový zosuv v Radvani nad Laborcom. Zreteľne vidno umelý zárez vo svahu a znehodnotenie splánírovanej plochy budovanej skládky dreva čelom zosuvu. Stav 28. 11. 1984.

Fig. 2. A comprehensive view on the flow-type slide in Radvaň nad Laborcom. Artificial side-hill cut and impairing flushed plane of constructed wood tip by the front of the landslide are distinctly visible. Situation from 28th November, 1984.

### Geomorfologické a klimatické pomery

V súlade s geomorfologickým členením Mazúra a Lukníša (1986) územie patrí do oblastí Nizkych



Obr. 3. Mesačné úhrny zrážok na obdobie r. 1982—1988 z ombrometrickej stanice Čabiny (podľa údajov SHMÚ — pobočka Košice).  
Fig. 3. Total monthly precipitation for the period 1982—1988 from the Čabiny ombrometric station (according to data of the SHMÚ — the Košice office).

Beskýd, resp. celku Laboreckej vrchoviny (obr. 1). Typický vrchovinný reliéf má erózo-denudačný charakter. Priemerná sklonitosť svahov po oboch stranách doliny Laborca v blízkosti obce Radvaň dosahuje 6—14°. Svahy často narušá intenzívna výmlová erózia. Relatívne výškové rozdiely medzi hrebeňom deformovaného svahu a nivou Laborca dosahujú 130—150 m.

Záujmové územie môžeme v zmysle Končeka in Mazúr et al. (1980) zaradiť do teplej oblasti, mierne vlhkej podoblasti, teplého a mierne vlhkého okrsku s chladnou zimou. Priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie r. 1901—1980 zo stanice Čabiny (obr. 1) dosahuje 740 mm (podľa údajov SHMÚ Košice). Z obr. 3 je zrejmé, že mesačný úhrn zrážok v blízkosti Radvane tesne pred vznikom svahovej deformácie (t. j. v septembri 1984) dosiahol 2,1-násobok tridsaťročného priemeru (1951—1980). Vysoké hodnoty zrážok boli zaznamenané aj v období jej hlavnej aktivity v lete 1985.

Seizmická územná je nižšia než 6° MSK (Brouček in Mazúr et al., 1980).

### Geologická stavba územia

Na geologickej stavbe územia sa podieľajú sedimenty kvartéru, ako aj horniny paleogénu. Kvartérne sedimenty zastupujú deluviálne, resp. eluviálno-deluviálne vysokoplastické íly s rôznym obsahom zvetraných úlomkov ílovcov a pieskovcov (3—50 %). Úlomky sú produktom zvetrania hornín paleogénneho podkladu, ktorý v dôsledku gravitácie prekonal určitý pohyb v smere sklonu svahu. Veľkosť prevažne angulárnych úlomkov je 1—3 cm, max. 10—15 cm. Fialové až fialovohnedé sfarbenie pokryvných sedimentov prechádza do hĺbky do šedo-zeleného až zelenohnedého.

Hrúbka delúvií dosahuje v odľučnej a trans-

portačnej časti deformácie č. 2 (obr. 4) 3,0—4,5 m, v akumulačnej časti 6,0—6,5 m.

V podloží budovanej skládky dreva v aluviálnej nive Laborca vystupujú fluvialne, stredno- až hrubozrnné štrky s ílovitou a ílovito-piesčitou prímiesou. V ich nadloží leží vrstva ílovitých sedimentov premenlivej hrúbky.

Paleogénne sedimenty zastupujú súvrstvia magurského flyšu. Tvoria ich paleocénne až spodnoeocénne belovežské vrstvy a zlínske vrstvy zasahujúce do vyššej časti eocénu (Koráb, 1971). Obe vrstvy patria k vonkajšej račianskej jednotke. Styk oboch vrstiev v zmysle uvedeného autora prebieha približne stredom deformovaného svahu (obr. 4). Obidva vrstevné celky sú výrazne flyšovým sedimentom.

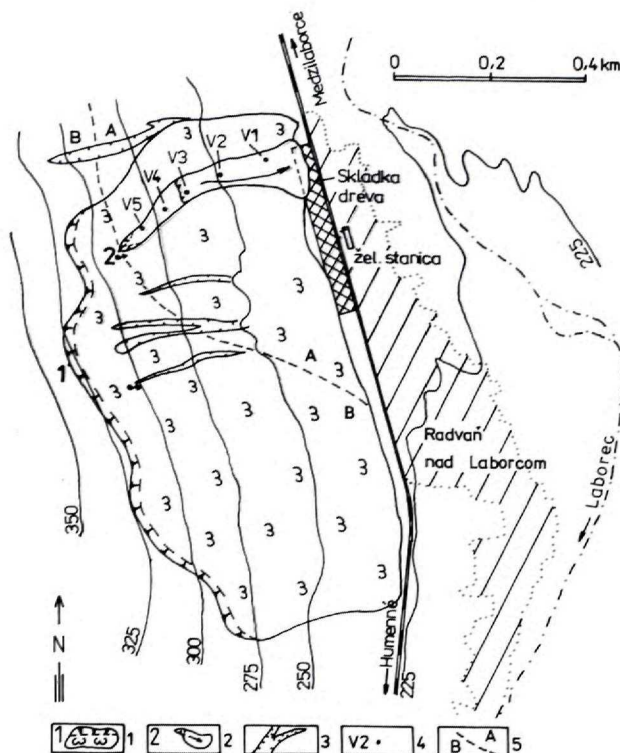
Belovežské vrstvy sú drobnorytmickým flyšovým súvrstvom s výraznou prevahou ílovcov nad pieskovcami. Charakteristickým znakom súvrstvia je prítomnosť tzv. pestrých (červených) ílovcov v spodnej časti.

Zlínske vrstvy sa vyvíjajú z belovežských bez prerušenia sedimentácie. Sú to flyšové vrstvy s premenlivým pomerom ílovcov k pieskovcom, ktoré vždy prevládajú.

Geologicko-tektonická pozícia uvedených súvrství (obr. 5) vytvára priaznivú štruktúru pre vznik svahových deformácií. V dôsledku tektonického porušenia a silného zvetrania hornín paleogénnych súvrství upadajúcich do svahu vznikla vhodná povrchová štruktúra pre vznik deformácie. V oblasti flyšu je to pomerne rozšírený typ geologickej štruktúry vhodnej pre vznik svahových pohybov (Nemček, 1982).

### Hydrogeologické pomery

Pre obdobie vzniku a maximálnej aktivity deformácie č. 2 (obr. 4), t. j. od jesene 1984 do zimy 1985,



Obr. 4. Celková pozícia zosuvov na západnom okraji obce Radvaň nad Laborcom. 1 — zosuv potenciálny, plošný, 2 — zosuv prúdový, aktívny, 3 — erózna ryha, 4 — realizovaný vrt, 5 — hranica medzi belovežskými (A) a zlínskymi vrstvami (B).

Fig. 4. The total position of landslides at the western edge of the village of Radvaň nad Laborcom. 1 — areal slide, potential, 2 — flow-type slide, active, 3 — erosion gully, 4 — realized borehole, 5 — boundary between the Belovež Member (A) and the Zlín Member (B).

je príznačné veľké množstvo povrchovej i podzemnej vody. V oblasti odlučnej steny deformácie existujú dva pramene s výdatnosťou do  $0,1 \text{ l.s}^{-1}$ . Sú to pravdepodobne sutinové, resp. sutinovo-puklinové pramene. Voda z týchto prameňov neustále prevlhčuje zosúvajúce sa horniny. Na povrchu deformácie vyplňa spolu s dažďovou vodou niekoľko bezodtokových depresii a priťahuje pohybujúce sa hmoty. V oblasti odlučnej steny vstupuje do telesa deformácie, kde vztlakom a znížením šmykovej pevnosti hornín prispieva k znižovaniu stability svahu.

Výsledky vrtného prieskumu (vrty V1—V5, obr. 4) preukázali existenciu niekoľkých nesúvislých hladín podzemnej vody, ktoré patria niekoľkým „kvázi-šošovkám“. Hladina vody v nich je mierne napätá. Hladina vody vo väčšine vrtov vystúpila z hĺbky 2,2—2,5 m pod terénom v čase vrtania (jún 1985) až na úroveň terénu (júl 1985).

### Charakteristika svahových deformácií

Na západnom okraji obce Radvaň nad Laborcom

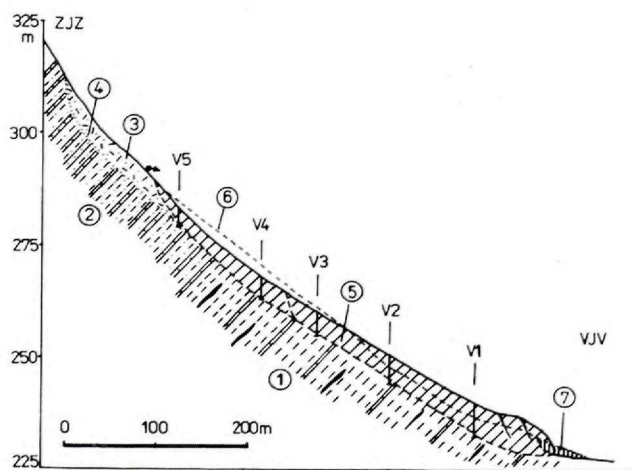
existujú dve svahové deformácie (obr. 4). V zmysle Nemčoka et al. (1974) ich zaraďujeme do skupiny zosúvania a klasifikujeme ako zosuvy.

*Svahová deformácia č. 1* je pomerne rozsiahly plošný zosuv, v súčasnosti dočasne ukludnený. Porušuje svah s priemerným sklonom  $9,5^\circ$  a výškovým rozdielom 96 m. Podľa štruktúrnych a morfológických znakov zaraďujeme zosuv v zmysle Špúrka (1976) k recentným typom. Celkový povrch deformácie je zvlnený, čiastočne premodelovaný eróziou a orbou. Prítomné sú morfológicky výrazné, stredne hlboké erózne ryhy a ojedinelé, málo výdatné pramene.

Pre vznik zosuvu boli v minulosti vytvorené priaznivé geologické a hydrogeologické, ako aj klimatické a geomorfologické pomery. Bezprostrednou príčinou jeho aktivizácie boli najmä tieto prírodné faktory: prevlhčenie svahu po nadmerných zrážkach, zvetrávanie a erózia svahu.

Na existenciu zosuvu upozornil už Timko (1982) pri prieskume terénu v súvislosti s pripravovanou skládkou dreva.

*Svahová deformácia č. 2* je aktívny prúdový zosuv, ktorý, ako sme už uviedli, vznikol v októbri 1984 a narušil priebeh výstavby skládky dreva. Okrem prerušenia prác (od novembra 1984 do marca 1986)



Obr. 5. Inžinierskogeologický pozdĺžny rez zosuvným svahom v Radvaň nad Laborcom. 1 — belovežské vrstvy — drobnorýtmický flyš s výraznou prevahou ílovcov nad pieskovecami, 2 — zlínske vrstvy — flyšové súvrstvie, striedanie ílovcov s pieskovecami, 3 — deluviálne, ílovito-úlomkovité sedimenty, 4 — šmyková plocha potenciálneho plošného zosuvu, 5 — teleso prúdového zosuvu, 6 — pôvodný reliéf, 7 — umelý odrez v pôvodnom svahu.

Fig. 5. Engineering geological lengthwise section through moving slope in Radvaň nad Laborcom. 1 — the Belovež Member — thin rhythmic flysch with overwhelming claystones to sandstones, 2 — the Zlín Member — flysch, alternation of claystones and sandstones, 3 — deluvial, clayey-debris sediments, 4 — slide surface of the potential areal slide, 5 — the body of flow-type slide, 6 — original relief, 7 — artificial side-hill cut in the original slope.

došlo k zníženiu celkovej kapacity skládky a znehodnoteniu poľnohospodárskej pôdy.

Priemerný sklon zosuvného svahu je  $9^\circ$ , prevýšenie dosahuje 57 m. Povrch zosuvu je silne zvlnený, s niekoľkými bezodtokovými depresiami vyplnenými vodou. Čelo je vypuklé, s početnými otvorenými trhlinami. Okrem odlučnej steny na styku belovežských a zlínskych vrstiev sa v strede zosuvu nachádzajú dve čiastkové odlučné steny. Rotačno-planárna plocha overená vrtmi prebieha v hĺbke 1–6 m.

Pri analýze podmienok vzniku a vývoja zosuvu treba poukázať na priaznivú geologickú štruktúru (obr. 5). V oblasti odlučnej steny sa nachádzajú tzv. pestré íly a ílovce, ktoré pri styku s vodou zhoršujú svoje vlastnosti (mäkká konzistencia a nízka pevnosť). Na ich výskyty sa viaže veľký počet zosuvov aj na styku bradlového mezozoika so severným bradlovým paleogénom alebo severného bradlového paleogénu s horninami magurského flyšu.

Za hlavný faktor vzniku prúdového zosuvu (v zmysle Fussgänger et al., 1982) považujeme podkopanie päty svahu na začiatku zemných prác na výstavbe skládky v lete 1983. Spúšťacím mechanizmom boli vysoké zrážky v septembri 1984 (obr. 3). V októbri došlo k vytlačeniu čela zosuvu a postupnému pohybu hmôt vo vyšších častiach svahu. Dôležitú úlohu zohrali i ďalšie prírodné faktory, ako vztlakové účinky podzemnej vody v oblasti šmykových plôch, prevlhčenie svahových sedimentov, zmena vlastností hornín a prítlačenie svahu nadmerným množstvom vody. K urýchleniu pohybov prispelo i čiastočné odťaženie hmôt z čela zosuvu.

Aktivita zosuvu vrcholila tesne po jeho vzniku v októbri 1984. Geodetické merania na 9 stabilizova-

ných bodoch (v telese i mimo neho) v lete 1985 preukázali až 3,5 m posuvy po spádnicí. Celkový posun hmôt odhadujeme na 10–15 m. Od začiatku roku 1986 je zosuv dočasne ukludnený.

### Zhodnotenie fyzikálno-mechanických vlastností zemín

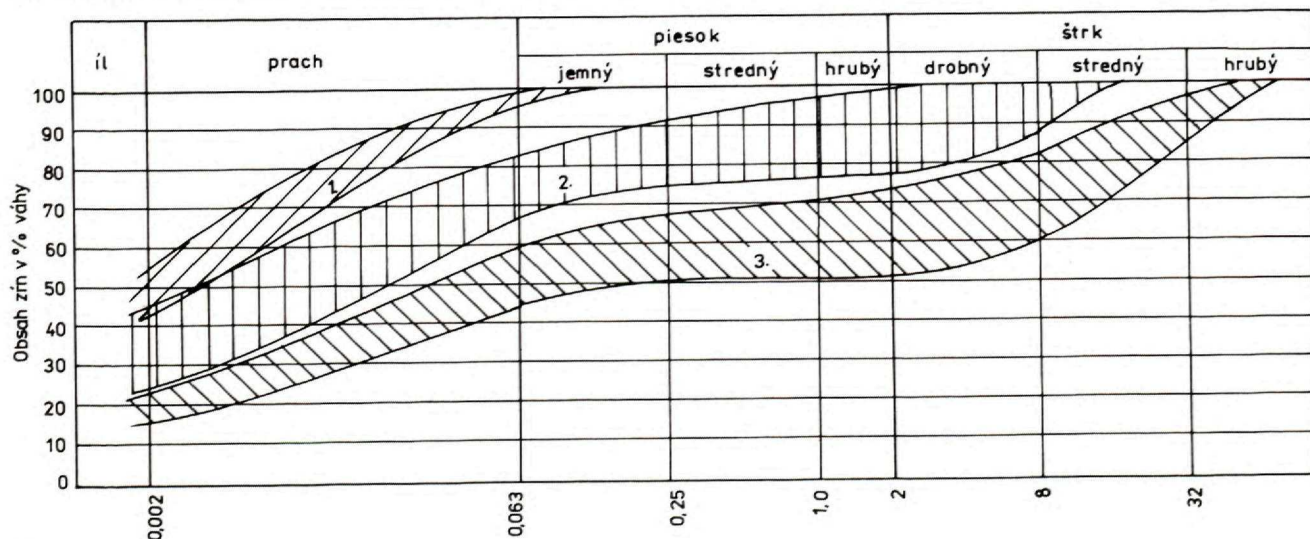
Na základe výsledkov laboratórneho spracovania vzoriek zemín (porušených) odobratých z vrtov V1–V5 (obr. 4) sme v súlade s ČSN 73 1001 v rámci eluviálno-deluviálnych sedimentov vyčlenili tri typy zemín (obr. 6).

Prvý typ tvoria vysokoplastické íly skupiny F8 (CH). Obsah ílovej frakcie je 42–53 %, prachovitej 42–55 %, piesčitej 2–5 %. Priemerná hodnota prirodzenej vlhkosti je 24,7 %, medza tekutosti 50,4–60,8 %. Konzistencia ílov je tuhá až pevná. Podľa Skemptonovej aktivity ílovitých zemín ( $A_i = 0,4–0,9$ ) obsahujú kaolinit a illit.

Druhý typ tvoria vysokoplastické íly skupiny F8 (CH) s premenlivým obsahom zvetraných úlomkov ílovcov a pieskovcov (3–23 %). Obsah ílovej frakcie je 25–45 %, prachovitej 33–57 %, piesčitej 3–18 %. Zeminy majú tuhú až pevnú konzistenciu. Na základe aktivity ílovitých zemín podľa Skemptonu ( $A_i = 0,9–1,5$ ) obsahujú illit a Ca-montmorillonit.

Keďže z uvedených typov zemín sa nerobili skúšky na stanovenie šmykových parametrov, prisudzujeme im na základe korelácie medze tekutosti a reziduálnej šmykovej pevnosti (Modlitba, 1972) tieto hodnoty reziduálnych šmykových parametrov:  $\phi_R = 11,3^\circ$  a  $c_R = 0,0$  MPa.

Tretí typ tvoria štrkovité íly F2 (CG). Obsahujú 16–24 % ílovej, 30 % prachovitej a 6–13 % piesčitej



Obr. 6. Obalové čiary kriviek zrnitosti zemín. 1 — vysokoplastické íly F8 (CH), 2 — vysokoplastické íly s premenlivým obsahom zvetraných úlomkov, 3 — štrkovité íly F2 (CG).

Fig. 6. Envelope curves of grain-size curves of soils. 1 — high-plastic clays F8 (CH), 2 — high-plastic clays with changing content of weathered fragments, 3 — gravelly clays F2 (CG).

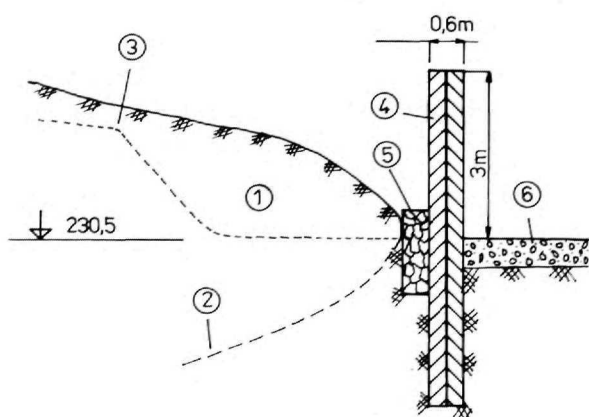
frakcie. Štrkovitá frakcia činí 27—50 %. Zeminy síce majú charakter súdržnej zeminy, ale ich mechanické a šmykové parametre podmieňuje obsah štrkovej frakcie. Sú pevnej konzistencie. Ich reziduálne šmykové parametre budú v každom prípade vyššie než u zemín predošlých typov.

### Návrh sanácie svahovej deformácie

Na základe výsledkov terénneho a laboratórneho výskumu a analýzy príčin a mechanizmu vzniku a vývoja prúdového zosuvu sme navrhli tieto sanačné opatrenia: zachytenie oboch prameňov v oblasti odlučnej steny do studní a odvedenie vody odvodňovacími rigolmi po oboch stranách zosuvu, vykonanie plytkej melioračnej drenáže (do 1 m), odstránenie vody z bezodtokových depresii, realizácia vejára troch subhorizontálnych odvodňovacích

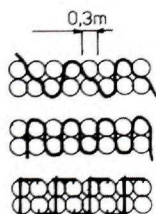
vrtvov v hornej časti zosuvu a vybudovanie oporného múra v päte svahu. Uvedené opatrenia mali predovšetkým odstrániť vodu z telesa zosuvu.

V dôsledku finančných problémov a časovej tiesne však objednávatel prieskumno-sanačných prác, Vsl. štátne lesy Košice, nemohol uvedené opatrenia realizovať. Po vzájomnej dohode bol vypracovaný návrh provizórnych sanačných opatrení, menej nákladných a uskutočniteľných kapacitami investora. Návrh obsahoval: zachytenie oboch prameňov v odlučnej stene zosuvu vyššie uvedeným spôsobom, odstránenie vody z povrchových depresii a vybudovanie zvislej drevenej dvojradovej opornej steny s odvodňovacím rigolom vyplneným kameňmi v päte svahu (obr. 7). Ako materiál sa na opornú stenu mali použiť 6 m dlhé a 0,3 m hrubé dubové kmene zbavené kôry a impregnované voči vlhkosti.



Obr. 7. Pričný rez drevenou dvojradovou opornou stenou v čelnej časti prúdového zosuvu. 1 — čelo zosuvu, 2 — predpokladaný priebeh šmykovej plochy, 3 — umelo vytvorený odrez v päte prirodzeného svahu pred vznikom zosuvu, 4 — drevená dvojradová oporná stena, 5 — odvodňovací rigol vyplnený kameňmi, 6 — štrkové lôžko na dne budovanej skládky dreva.

Fig. 7. Transverzal section through double buttress in front of flow-type slide. 1 — front of slide, 2 — assumed course of slide surface, 3 — artificial side-hill cut in the foot of the original slope before the origin of landslide, 4 — wooden double buttress, 5 — drainage trench filled with stones, 6 — gravel bed on the bottom of wood tip.



Obr. 8. Rôzne spôsoby spevnenia drevenej opornej steny v jej hornej časti (pôdorys). 1, 2 — spevnenie prepletením oceľového lana, 3 — spevnenie oceľovými sponami.

Fig. 8. Different methods of strengthen of wooden buttress in its upper part (ground plan). 1, 2 — strengthen by interlacing of steel cable, 3 — strengthen by steel ties.



Obr. 9. Pohľad na deformovanú časť provizórnej opornej steny v čelnej časti prúdového zosuvu. V popredí steny je stavenisko skládky dreva. Stav 16. 12. 1988.

Fig. 9. A view on the deformed part of the temporary buttress in the front part of the flow-type slide. Building place of wood tip is in front of this buttress. Situation from 16th December 1988.



Obr. 10. Celkový pohľad na prúdový zosuv a výstavbu skládky dreva v blízkosti železničnej stanice.

Fig. 10. A comprehensive view on the flow-type slide with construction of wood tip near the station.

Jednotlivé kmene mali byť upevnené niektorým zo spôsobov uvedených na obr. 8.

V praxi však ani tieto jednoduché a provizórne sanačné opatrenia na stabilizáciu svahu neboli realizované podľa návrhu. Zachytenie uvedených prameňov bolo nedôsledné, a teda neúčinné. Voda zo záchytných studní vytekala do priestoru odľučnej steny. Nedostatočné bolo i odstránenie vody z depresii na povrchu zosuvu. Namiesto dvojradovej bola vybudovaná iba jednoradová oporná stena, ktorá po dlhú dobu nebola spevnená tiahkami. Uvedené skutočnosti mali za následok jej poškodenie (koniec r. 1985) v strednej časti (obr. 9, 10).

Od začiatku r. 1986 je prúdový zosuv v Radvani nad Laborcom dočasne ukludnený, nezistili sa ďalšie väčšie deformácie opornej steny ani výraznejšie pohyby.

### Záver

Prúdový zosuv v blízkosti železničnej stanice v Radvani nad Laborcom je jedným z mnohých zosuvov, ktoré sa každoročne aktivizujú na našom území v dôsledku neuváženej zásahu človeka. Hoci jeho rozmery nie sú veľké, časové a finančné straty spôsobené Vsl. štátnym lesom sú značné. Vykonané sanačné opatrenia sa ukázali ako neúčinné, pretože neboli v súlade s navrhovanými. Zosuv je od začiatku r. 1986 dočasne ukludnený, avšak

jeho dlhodobá stabilita nebola zabezpečená. Nie je možné vylúčiť opätovné narušenie stability svahu v budúcnosti reaktivizáciou zosuvu, najmä v období zvýšených atmosferických zrážok.

### Literatúra

- ČSN 73 1001, 1988: Základová pôda pod plošnými základmi. Praha, ÚNM, 75 s.
- Fussgänger, E. et al. 1982: Zefektívnenie metód a techniky výskumu a prieskumu inžinierskogeologických javov a procesov — metódy výskumu a prieskumu svahových deformácií. *Manuskript — archív IGHP Košice*, 287 s.
- Koráb, T. 1971: Základná geologická mapa 1 : 25 000, M—34—104—D—b Vyšná Radvan. Vysvetlivky k mape. *Manuskript — GÚDŠ Bratislava*, 21 s.
- Mazúr, E. et al. 1980: Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Bratislava, SAV.
- Mazúr, E. a Lukniš, M. 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSR. 1. vyd. Bratislava, Vyd. slov. kartografie.
- Modlitba, I. 1972: Príspevok k poznaniu reziduálnej pevnosti. In: Zborník prác absolventov PF UK k 20. výročiu výuky inžinierskej geológie a hydrogeológie. IGHP Žilina, PF UK Bratislava, 83—100.
- Nemček, A. 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Bratislava, Veda, 319 s.
- Nemček, A., Pašek, J. a Rybář, J. 1974: Dělení svahových pohybů. *Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol.*, 77—97.
- Špúrek, M. 1976: Pokyny k registraci sesuvů a jiných nebezpečných svahových deformací. Praha, Geofond, 30 s.
- Timko, L. 1982: Správa o inžinierskogeologickom prieskume akcie — drevosklad, Radvan nad Laborcom. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 19 s.

Pokračovanie zo s. 262

a ich mocnosti a rozšírenie štrkov, bola tiež stanovená hĺbka neogénu. Z ekologického hľadiska je dôležité zistenie, že v niektorých miestach kanálu z CHZJD do Dunaja dochádza k úniku odpadových vôd do okolia. Autori poukazujú na potrebu periodických kontrol na všetkých kanáloch chemických odpadových vôd vedených do riek alebo do čistiacich staníc.

Tragické dôsledky nepresného určenia seizmicity v Arménsku boli predmetom príspevku J. Viskupa. Na faktoch dokumentoval nutnosť presne určiť seizmicitu, kde podcenenie vedie k tragédii a precenenie zas k neúmerne vysokým a zbytočným nákladom na výstavbu. V oblastiach so 7. a vyšším stupňom stupnice MSK odporučil vykonať tiež seizmické mikrorajónovanie, prípadne inžiniersko-seizmické mikrorajónovanie, pri ktorom sa berú do úvahy

inžinierskogeologické a hydrogeologické pomery skúmanej oblasti. Zistené údaje je nutné zohľadniť pri projektovaní stavieb.

Podľa J. Lanca a J. Viskupa geofyzikálne merania na privodnej strane zemných hrádzi umožňujú zistiť, resp. spresniť miesta filtrácie vôd z nádrže a tiež posúdiť homogénnosť zemných hrádzi. Takéto merania sa urobili na VD Bešeňová, Dubník II., Trenčianske Teplice a Veľké Uhrece, a to na vodnej hladine a tiež pod vodou, priamo na návodnom svahu hrádze (na báze vodného stĺpca).

Okrem novej metodiky merania a spracovania autori vyvinuli špeciálne elektródy na meranie SP a merného odporu. Odporúčajú vykonávať merania na vodnej hladine, čo je technicky jednoduchšie, a súčasne sa dosiahne potrebná presnosť požadovaných informácií.

Dušan Obernauer