

# LABORATÓRNE URČENIE ŠMYKOVÝCH PARAMETROV ZEMÍN ZO ZOSUVU DOBKOVÍČKY V ČESKOM STREDOHOŘÍ

**Mgr. Jakub Roháč**

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, Praha  
Česká geologická služba, Klárov 3, Praha

**Ing. Petr Kycl**

Česká geologická služba, Klárov 3, Praha

**Ing. Jan Boháč, CSc., doc. David Mašín, Ph.D.**

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, Praha

## **Shear strength of soils from Dobkovičky landslides in Central Bohemian uplands determined by laboratory testing**

*The aim of this paper is an evaluation of soil shear strength from Dobkovičky landslide. The landslide was activated on June 6th 2013 after heavy rains and D8 motorway under construction was damaged. The laboratory tests were carried out on two types of soils, clay and tuff, both from slip surface. Critical and residual friction angles were evaluated on both types of soils.*

### **1. ÚVOD**

Plán diaľnice D8 medzi Prahou a Drážďanmi sa prvý krát objavil v roku 1938. Prvý otvorený úsek diaľnice bol v úseku Řehlovice-Trmice v roku 1990. Úseky smerom na Prahu sa udávali do prevádzky od roku 1993. Do roku 2012 sa postupne otvárali nové úseky a dnes je stav taký, že chýba posledný úsek, dlhý 12 km medzi obcami Lovosice a Řehlovice. V týchto miestach je teleso diaľnice trasované v regióne neovulkanitov Českého stredohoří v oblasti známej ako zosuvné územie Prackovice. Práce na poslednom úseku diaľnice museli byť však dňa 7.6. 2013 prerušené. Po nadmerných zrážkach sa tu aktivoval zemný prúdový zosuv impozantných rozmerov, ktorý zasiahol a poškodil teleso rozostavanej diaľnice, časť vybavenia kameňolomu nad svahom a jednokoľajnú železničnú trať prechádzajúcu v strede svahu.

### **2. ZOSUV DOBKOVÍČKY**

Zosuv Dobkovičky vznikol v známom a dobre zmapovanom zosuvnom území Prackovice, ktoré je charakteristické svojimi svahovými deformáciami, vznik ktorých siaha do minulosti miliónov rokov. Prakticky celý svah od železničnej trati Dobkovičky – Radejčín až po brehy rieky Labe je postihnutý svahovými pohybmi, ktoré sú morfológicky jasne viditeľné.

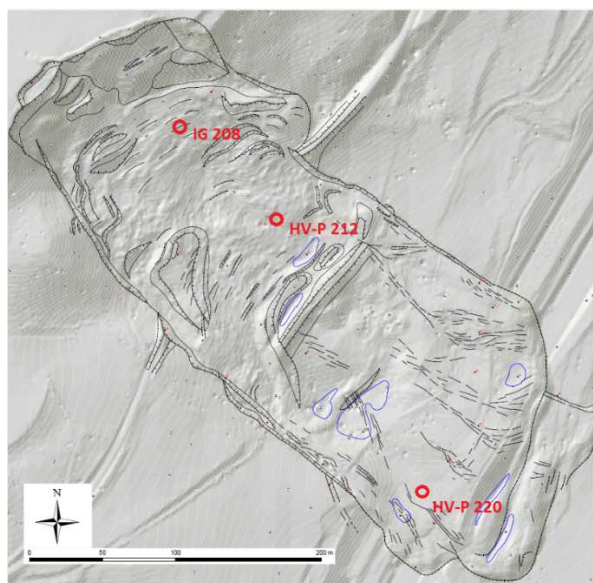
Prvé zátuchy zosuvu sa objavili v oblasti kameňolomu Dobkovičky 3. júna 2013. Predchádzali im silné dažďové zrážky, ktoré trvali už od 29. mája 2013. Zrýchlenie pohybov a aktivácia zosuvu nastala 6. júna 2013 vo večerných hodinách. Do 12:00 hod 9. júna 2013 sa čelo zosuvu posunulo o 30m. Celkový horizontálny pohyb v strednej časti zosuvu bol 49 m. Pohyby dosiahli rýchlosť až 1 m/h dňa 8. júna 2013 (Kycl, P., 2013).

## 2.1 Popis zosuvu

Jedná sa o zemný prúdový zosuv (obr.1) po rovinatej šmykovej ploche, dĺžky 470 m a šírky 200 m. Diaľnicu zasiahol a porušil v úseku km 56,300 až 56,500, úplne zničil železničnú trať v úseku Dobkovičky – Radejčín a strhol časť zariadenia a veľkú časť výsypky drveného kameniva z kameňolomu Dobkovičky. Šmyková plocha bola prieskumom firmy AZ Consult, spol. s.r.o. (2014) identifikovaná v hĺbke 4,0 až 6,5 m pod súčasným povrchom terénu, a v čele zosuvu bolo podložie zosunutých hmôt v hĺbke 9,0 m.



Obr.1 Letecká snímka zosuvu tesne po (leto 2013, zdroj: internet)



Obr.2 Mapa geomorfologických pomerov zosuvu s označenými miestami odberu vzoriek

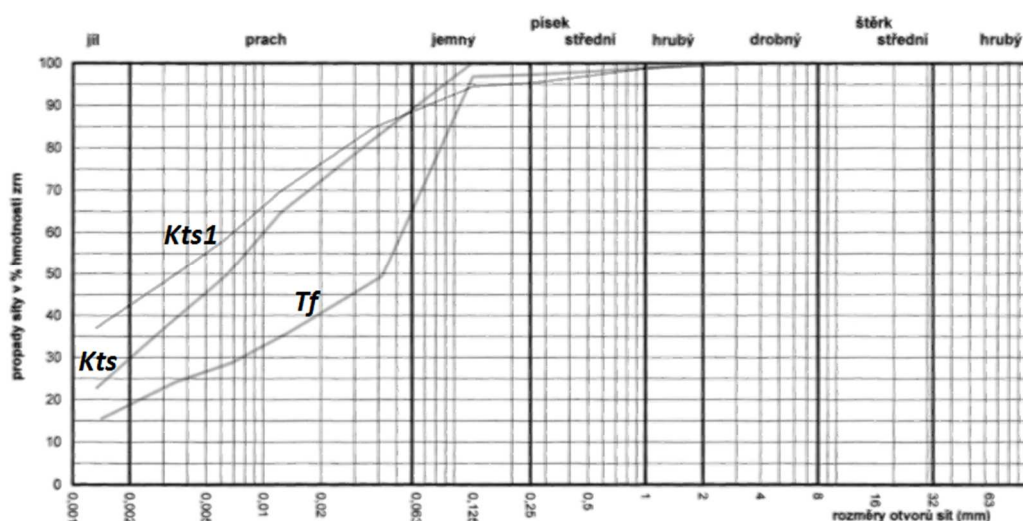
## 2.2 Geologické a hydrogeologické pomery územia

Teleso zosuvu a jeho podložie je tvorené slieňovcami, rôzne alterovanými bazaltami, tufmi a antropogénnym materiálom, ktorý sa nachádza v hornej časti zosuvu v podobe kameniva z výsypky z lomu a v strednej časti v podobe železničného násypu. Zvetrané kriedové slieňovce březenského súvrstvia prevažujú vo veľkej časti podložia zosuvu, od spodnej časti až nad železničnú trať. Boli dokumentované v bočnej stene zosuvu, v strednej časti, v miestach pôvodného železničného násypu. Patria do triedy R6, majú mäkkú konzistenciu. Zdravé slieňovce v podloží zvetraných môžu dosahovať až triedu R4. Bazalty sa nachádzajú v hornej časti zosuvu, sú triedy R4 až R2. Neogénne tufy majú charakter uhelných ílov, piesočnatých ílov až ílovitých pieskov. Nemajú celoplošnú koreláciu ale vyskytujú sa skôr v prstovitom usporiadaní.

Územie je na podzemnú vodu chudobné. Voda sa viaže na bázu kvartérnych sutí a povrch prechodovej zóny zvetraných a zdravých slieňovcov. Kvartérne suty sú hlavným zdrojom podzemnej vody. Poloha zdravých, ale aj zvetraných slieňovcov sa považuje za daných podmienok ako izolátor. Hlavný smer prúdenia podzemnej vody je severovýchodný až východný, podľa spádnic svahu (Záruba, J., 2011). Vlastné ložisko Dobkovičky je puklinovo priepustné. Je možné predpokladať, že väčšina infiltrujúcich zrážok je odvedená puklinami na nepriepustnú bázu puklinového systému a odvedená ďalej do sutí svahu smerom východne od lomu.

### 3. VÝBER A POPIS VZORIEK

Laboratórne skúšky boli robené na vzorkách zemín z pod šmykovej zóny zosuvu odobraných na lokalite počas vrtného prieskumu, ktorý vykonávala firma AZ Conzult, spol. s.r.o. a firma Arcadis CZ a.s. v rokoch 2014 a 2015. Z prieskumu vychádza, že na lokalite sa v podloží zosuvu, presnejšie v blízkosti šmykovej zóny nachádzajú tri prevládajúce typy geomateriálov (Plšková, M. a kol., 2016). Prvý typ s označením *Kts1* (vrt HV-P 212) je kriedový slieňovec olivovej farby, často postihnutý pleistocénnymi svahovými pohybmi a býva často podrvený a prešmykaný. Druhým typom s označením *Kts* (vrt HV-P 220) je modrošedý slieňovec, kompaktnejšieho charakteru, ktorý je subhorizontálne uložený a tvorí už pravdepodobne stabilnejší skalný podklad. Tretím typom je *Tf* (vrt IG 208), terciérny tuf, čo je úplne zvetrané vulkanoklastikum charakteru hliny s vysokou až veľmi vysokou plasticitou (Suchý, 2014). Miesta odberu (vrty) sú označené na obrázku 2.



Obr.3 Krivky zrnitosti troch hlavných geotypov

Obrázok 3 popisuje krivky zrnitosti troch hlavných typov geomateriálov z podložia. Tabuľka 1 popisuje rozdelenie vzoriek do hlavných typov geomateriálov, ich Atterbergové medze a popis vzorky.

	Vzorka	Hĺbka [m]	WL [%]	WP [%]	IP	Popis
<i>Kts</i>	HV-P 220	8,3m	59,3	24,8	34,5	F8 CH-Slieňovec zvetraný, šedomodrý, rozvrtný na drť s úlomkami 5-10 cm, R6-R5, Krieda
<i>Kts1</i>	HV-P 212	2,3m	62,5	25,5	37	F8 CH-Slieňovec zvetraný, olivovošedý, zvetraný až rozložený, R6, Krieda
<i>Tf</i>	IG 208	6,5m	87,1	52,2	34,9	F7 ME-Tuf zvetraný, okrový, šedo a hrdzavo škvritný, so zbytkami lapilov, Terciér

Tab.1 Popis vzoriek zemín

### 4. METODIKA LABORATÓRNYCH SKÚŠOK

Laboratórne skúšky na zeminách boli robené v laboratóriu mechaniky zemín na Prírodovedeckej fakulte UK v Prahe. Pre posúdenie stability študovaného zosuvu budú relevantné hlavne kritické a reziduálne šmykové parametre. Kritické vlastnosti boli zisťované triaxiálnym prístrojom metódou CIUP a translačným krabicovým prístrojom, reziduálne vlastnosti rotačným krabicovým prístrojom. Všetky typy skúšok boli robené na rekonštituovaných materiáloch, t.j. zbavených predošlej štruktúry nastrúhaním a zmiešaním

s destilovanou vodou do pasty s vlhkosťou cca 1,5-krát vyššou ako je vlhkosť na medzi tekutosti. Následne boli zbavené zrn väčších ako 2 mm za pomoci sita.

#### 4.2 Triaxiálne skúšky

Rekonštituovaná pasta bola naliata do valca s priemerom 38 mm osadeného piestami s hornou aj dolnou drenážou. Vzorky vo valci konsolidovali pri vertikálnom napätí 100 kPa až do ustálenia deformácií. Následne boli z valcov vytlačené, vložené do triaxiálnej komory, vybavené membránou a filtračným papierom na podstavách aj na plášti. Vzorky boli drénované zospodu. Sýtenie vzoriek prebiehalo postupným zvyšovaním (rýchlosť 1 kPa/min) sýtiaceho aj komorového tlaku na hranicu 300 kPa. Vzorky boli následne izotropne konsolidované na zvolené izotropné napätie a šmykané v nedrénovaných podmienkach s meraním pórového tlaku.

#### 4.3 Translačný krabicový prístroj

Skúšky boli robené na rekonštituovanej paste naliatej do krabicového prístroju a následne konsolidovanej na normálové napätia 60 kPa, 100 kPa a 150 kPa. Rýchlosť šmyku nepresahovala 0,0013 mm/min.

#### 4.4 Rotačný krabicový prístroj

Pre zistenie reziduálnych šmykových parametrov bol použitý rotačný krabicový prístroj Bromhead. Skúška bola robená, podobne ako na predchádzajúcich prístrojoch, na rekonštituovanej paste zbavenej zrn väčších ako 2 mm. Zemina bola konsolidovaná na napätia 30 kPa, 50 kPa a 70 kPa. Rýchlosť šmyku nepresahovala 0,023 mm/min a skúška bola vždy ukončená po ustálení napäťo- deformačného diagramu.

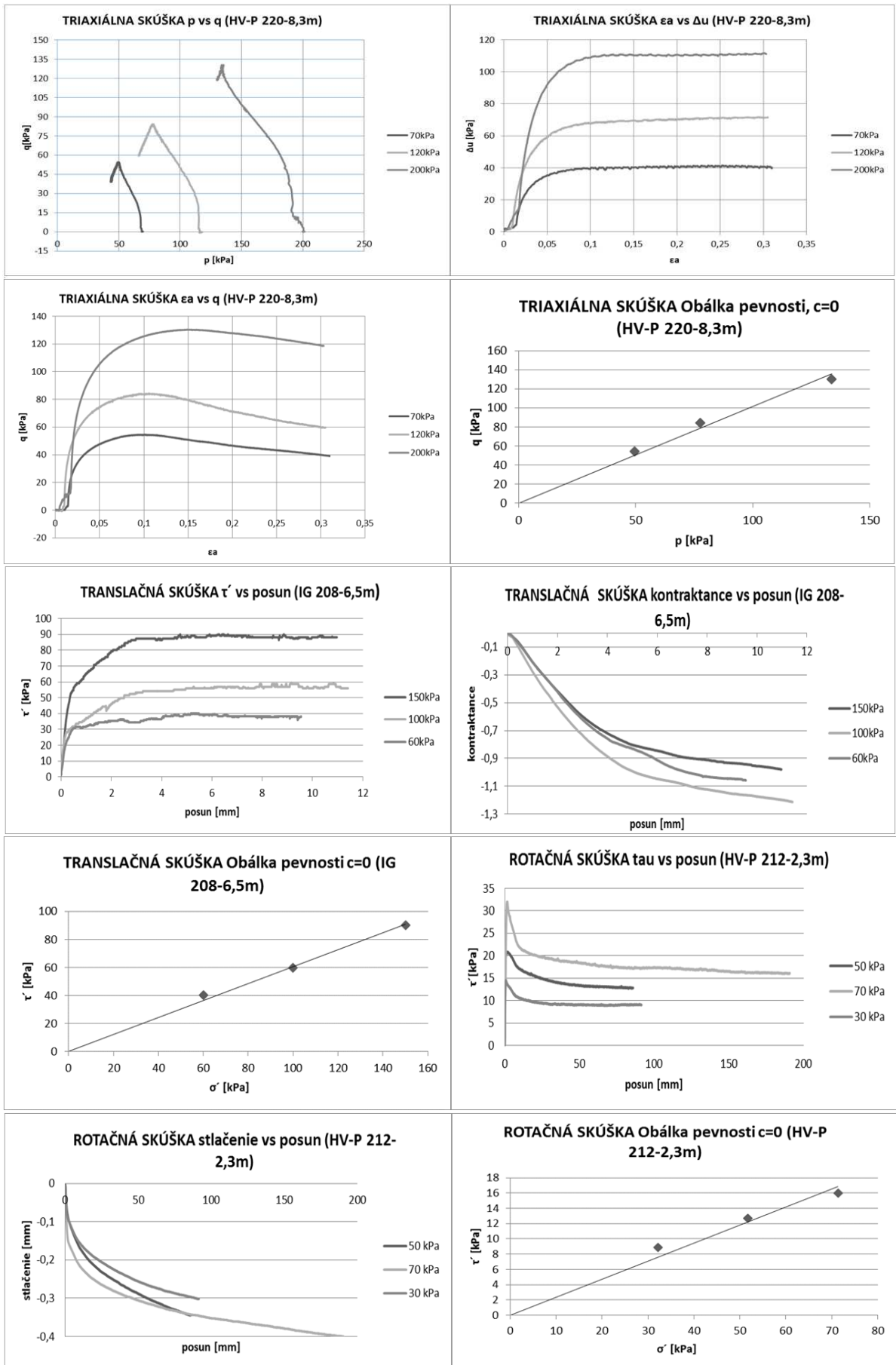
### 5. VÝSLEDKY LABORATÓRNYCH SKÚŠOK

Rozpis vykonaných laboratórnych skúšok, použité napätia, popis zeminy a výsledné kritické a reziduálne uhly vnútorného trenia popisuje tabuľka 2.

Vzorka	Popis zeminy	Popis laboratórnej skúšky	Šmyková pevnosť
IG 208	F7 ME	Nedrénovaná triaxiálna skúška CIUP, komorové napätia 60 kPa, 120 kPa a 200 kPa	$\varphi_{cr}=29,5^{\circ}$
		Translačná krabicová skúška, normálové napätia 60 kPa, 100 kPa a 150 kPa	$\varphi_{cr}=31,2^{\circ}$
		Rotačná krabicová skúška, normálové napätia 30 kPa, 50 kPa a 70 kPa	$\varphi_{res}=15,3^{\circ}$
HV-P 220	F8 CH	Nedrénovaná triaxiálna skúška CIUP, komorové napätia 70 kPa, 120 kPa a 200 kPa	$\varphi_{cr}=25,7^{\circ}$
HV-P 212	F8 CH	Nedrénovaná triaxiálna skúška CIUP, komorové napätia 70 kPa, 120 kPa a 200 kPa	$\varphi_{cr}=25,1^{\circ}$
		Rotačná krabicová skúška, normálové napätia 30 kPa, 50 kPa a 70 kPa	$\varphi_{res}=13,3^{\circ}$

Tab.2 Výsledky šmykových skúšok

Celkovo bolo vykonaných 18 laboratórnych testov pre zistenie šmykovej pevnosti, 9 CIUP triaxiálnych testov, 6 rotačných krabicových a 3 translačné krabicové testy. Výsledné grafy troch vybraných laboratórnych skúšok, z každého typu jednej, popisuje obrázok 4.



Obr.4 Grafy vykonaných skúšok

Výsledné hodnoty uhlov vnútorného trenia odpovedajú očakávaným hodnotám. Tufy vykazujú mierne vyššie kritické parametre ako sliene. Reziduálne parametre sa rovnajú približne ½ kritických parametrov danej vzorky, čo potvrdzuje teóriu mechaniky zemín, tak ako ju popisuje Atkinson (2007).

## 6. ZÁVER

Prezentované laboratórne skúšky potvrdzujú, že šmyková pevnosť zemín v šmykovej zóne zosuvu Dobkovičky závisia na veľkosti posunu na šmykovej zóne. Šmyková pevnosť v reziduálnom stave sa pohybuje v rozmedzí cca 13-15°, čo sú hodnoty výrazne nižšie než sú hodnoty kritické. Nízka šmyková pevnosť zemín postihnutých historickými zosuvmi potom v kombinácii s radou ďalších nepriaznivých faktorov, ktoré nie sú témou tohto článku, umožnia rozvoj svahovej deformácie veľkých rozmerov

V rámci doktorského štúdia prvého autora bude táto štúdia rozšírená o ďalšie laboratórne skúšky, ktoré umožnia zostaviť ucelený obraz o chovaní zemín v oblasti zosuvu Dobkovičky. Tieto údaje budú potom využité k zostaveniu numerického modelu zosuvu založeného na teórii pravdepodobnosti.

## 7. LITERATÚRA

Atkinson J. H., 2007: *The mechanics of soils and foundations*. Second edition. Taylor & Francis, New York, 442 s. ISBN 0-07-707713-x

Kycl, P., 2013: Situační zpráva o sesuvu Dobkovičky D8 km 56,300 ke dni 11. června 2013, ČGS

Plšková, M., Záruba, J., Starý, J., 2016: Předběžná zpráva D8-0805 Lovosice-Řehlovice, II. Etapa inženýrsko-geologického doprůzkumu v oblasti sesuvu Dobkovičky a v jeho předpolí v km 56.300-56.500

Suchý, J., a kol., 2014: Závěrečná zpráva-D8 -Odstránění sesuvu v km 56,300 – 56,500 + stabilizace oblasti kolem stavby D8 – 0805. AZ Consult.

Záruba, J., 2011: Zpráva, Inženýrskogeologický doprůzkum, stabilitní výpčty v km 56,160 –

<p>Titul, jméno, příjmení prvního autora: Mgr. Jakub Roháč Pracoviště: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, Praha Česká geologická služba, Klárov 3, Praha E-mail adresa: jakub.rohac@geology.cz</p>
---