



Mesto Prievidza, Námestie slobody 14, 971 01 Prievidza



ENVIGEO, a.s., Kynceľová 2, 974 11 Banská Bystrica

Záverečná správa

Názov úlohy:	Inžinierskogeologický prieskum postihnutých lokalít v miestnych častiach Veľká Lehôtka a Hradec
Číslo úlohy:	11255 /2013 (ENVIGEO, a.s.)
Druh prác:	Inžinierskogeologický prieskum
Etapu prieskumu	Podrobný prieskum
Zodpovedný riešiteľ:	Ing. Adrián Ilkanič
Spoluriešitelia:	Mgr. Andrea Jasovská RNDr. Jana Nigrínyova Mgr. Marián Pilko Michal Smrek Bc. Tomáš Vasil'ko



Banská Bystrica, júl 2013

ENVIGEO, a.s.
Kynceľová 2
974 11 Banská Bystrica
IČO: 31600891
IČ DPH: SK2020454579

.....
RNDr. Pavol Tupý, predseda predstavenstva

OBSAH

1. Úvod.....	5
1.1. VYMEDZENIE A CIEĽ GEOLOGICKEJ ÚLOHY	5
1.1.1 Základné údaje o geologickej úlohe.....	5
1.1.2 Základné administratívne údaje o záujmovom území	5
1.2 CIEĽ GEOLOGICKEJ ÚLOHY	6
1.3 ÚDAJE O PROJEKTE A JEHO ZMENÁCH	6
2. Charakteristika záujmového územia a doterajšia geologická preskúmanosť	7
2.1 GEOMORFOLOGICKÉ POMERY	7
2.2 GEOLOGICKÉ POMERY	7
2.3 HYDROLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY	8
2.4 KLIMATICKÉ POMERY.....	9
2.5 ANALÝZA VPLYVU ATMOSFERICKÝCH ZRÁŽOK NA VZNIK A ROZVOJ SVAHOVÝCH DEFORMÁCIÍ.....	10
2.6 POSÚDENIE MOŽNÉHO VPLYVU PODDOLOVANIA NA VZNIK A ROZVOJ SVAHOVÝCH DEFORMÁCIÍ	11
2.7 SEIZMICITA ÚZEMIA	11
2.8 DOTERAJŠIA GEOLOGICKÁ PRESKÚMANOSŤ.....	11
3. Postup riešenia geologickej úlohy	12
3.1 TECHNICKÉ PRÁCE.....	12
3.2 LETECKÉ SNÍMKOVANIE	14
3.3 VZORKOVACIE PRÁCE.....	14
3.4 MERAČSKÉ PRÁCE.....	15
3.5 LABORATÓRNE PRÁCE	15
3.6 GEOLOGICKÉ PRÁCE	16
3.6.1 Inžinierskogeologické mapovanie	16
3.6.2 Sledovanie a riadenie technických prác	16
3.6.3 Stabilitné výpočty	16
3.6.4 Spracovanie záverečnej správy	16
4. Výsledky riešenia geologickej úlohy	17
4.1 LOKALITA VEĽKÁ LEHÔTKA- ULICA REMESELNÍCKA, ULICA PODHORSKÁ	17
4.1.1 Geodynamické javy a náchylnosť územia na ich vznik	17
4.1.2 Inžinierskogeologické pomery v mieste zosuvov	17
4.1.3 Geotechnické vlastnosti zemín	19
4.1.4 Opis zosuvov, geologické a hydrogeologické pomery v území zosuvu	20
4.1.5 Analýza príčin vzniku zosuvu	25
4.1.6 Stabilitné výpočty	27
4.1.7 Návrh sanačných opatrení potrebných k zabezpečeniu stability	30
4.1.8 Posúdenie navrhnutých sanačných opatrení z hľadiska finančnej náročnosti	33
4.2 LOKALITA HRADEC - ULICA PAVLOVSKÁ, ULICA NA STANIŠTE.....	34
4.2.1 Geodynamické javy a náchylnosť územia na ich vznik	34
4.2.2 Inžinierskogeologické pomery v mieste zosuvov	34
4.2.3 Geotechnické vlastnosti zemín	35
4.2.4 Opis zosuvu, geologické a hydrogeologické pomery v území zosuvu.....	37
4.2.5 Analýza príčin vzniku zosuvu	39
4.2.6 Stabilitné výpočty	41
4.2.7 Návrh sanačných opatrení potrebných k zabezpečeniu stability	44
4.2.8 Posúdenie navrhnutých sanačných opatrení z hľadiska finančnej náročnosti.....	45
4.3 EKONOMICKÝ PRÍNOS RIEŠENIA VO VZŤAHU K ODÔVODNENIU GEOLOGICKEJ ÚLOHY V PROJEKTE	46

5. Závery a odporúčania	47
5.1 LOKALITA VEĽKÁ LEHÔTKA – ULICA REMESELNÍCKA.....	47
5.2 LOKALITA VEĽKÁ LEHÔTKA – ULICA PODHORSKÁ	47
5.3 LOKALITA HRADEC - ULICA PAVLOVSKÁ	48
5.4 LOKALITA HRADEC - ULICA NA STANIŠTE.....	48
5.5 ODPORÚČANIA ĎALŠIEHO VYUŽITIA VYBUDOVANÝCH VRTOV	48
5.6 ODPORÚČANIA ĎALŠIEHO VYUŽÍVANIA ÚZEMIA HODNOTENÝCH LOKALÍT	49
6. Údaje o uložení geologickej dokumentácie a osobitných správ, návrh na vyradenie, ako aj na zabezpečenie, údržbu a likvidáciu geologických diel a geologických objektov	49
7. Zoznam použitej literatúry a osobitných prameňov	49

Zoznam príloh

Grafické prílohy v texte

A1	Situačná mapa záujmového územia	M 1 : 50 000
A2	Výrez z geologickej mapy záujmového územia	M 1 : 50 000

Samostatné grafické prílohy

4.1 B1 Veľká Lehôtka - Remeselnícka ulica	Účelová mapa svahovej deformácie	M 1 : 1 000
4.1 B2 Veľká Lehôtka - Remeselnícka ulica	Rez svahovou deformáciou 1 – 1´	M 1 : 250
4.1 B3 Veľká Lehôtka - Remeselnícka ulica	Ideový návrh sanačných opatrení	M 1 : 1 000
4.2 B1 Veľká Lehôtka - Podhorská ulica	Účelová mapa svahovej deformácie	M 1 : 1 000
4.2 B2 Veľká Lehôtka - Podhorská ulica	Rez svahovou deformáciou 2 – 2´	M 1 : 250
4.2 B3 Veľká Lehôtka - Podhorská ulica	Ideový návrh sanačných opatrení	M 1 : 1 000
4.3 B1 Hradec - Pavlovská ulica	Účelová mapa svahovej deformácie	M 1 : 1 000
4.3 B2 Hradec - Pavlovská ulica	Rez svahovou deformáciou 3 – 3´	M 1 : 250
4.3 B3 Hradec - Pavlovská ulica	Ideový návrh sanačných opatrení	M 1 : 1 000
4.4 B1 Hradec - Na Stanište	Účelová mapa svahovej deformácie	M 1 : 1 000
4.4 B2 Hradec - Na Stanište	Rez svahovou deformáciou 4 – 4´	M 1 : 250
4.4 B3 Hradec - Na Stanište	Ideový návrh sanačných opatrení	M 1 : 1 000

Ostatné prílohy

4.1 C1 Veľká Lehôtka - Remeselnícka ulica	Grafická dokumentácia vrto
4.1 C2 Veľká Lehôtka - Remeselnícka ulica	Výsledky inklinometrických meraní
4.2 C1 Veľká Lehôtka - Podhorská ulica	Grafická dokumentácia vrto
4.2 C2 Veľká Lehôtka - Podhorská ulica	Výsledky inklinometrických meraní
4.3 C1 Hradec - Pavlovská ulica	Grafická dokumentácia vrto
4.3 C2 Hradec - Podhorská ulica	Výsledky inklinometrických meraní
4.4 C1 Hradec - Na Stanište	Grafická dokumentácia vrto
4.4 C2 Hradec - Na Stanište	Výsledky inklinometrických meraní
4.5 C Výsledky laboratórnych rozborov	
4.6 C Meračská správa so zoznamom súradníc	

Rozdel'ovník:

Výtlačok č. 1 – ŠGÚDŠ, odbor Geofondu

Výtlačok č. 2 – Mesto Prievidza

Výtlačok č. 3 – Mesto Prievidza

Výtlačok č. 4 – Mesto Prievidza

Výtlačok č. 5 – Mesto Prievidza

Výtlačok č. 6 – Mesto Prievidza

Skratky použité v záverečnej správe

Organizácie a iné inštitúcie

MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
EÚ	Európska únia
BC	Baňa Cígel'
Geofond	Štátny geologický ústav Dionýza Štúra - Odbor Geofondu
ŠGÚDŠ	Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
SR	Slovenská republika

Technické skratky

GIS	Geografický informačný systém
IGP	Inžinierskogeologický prieskum
STN	Slovenská technická norma
EN	Európska norma
ISO	normy systému kvality
kPa	kilopascal – jednotka tlaku
E.C.	konduktivita = elektrická vodivosť
pH	vyjadrenie stupňa kyslosti - zásaditosti (interval 1-14)
W _L	medza tekutosti [%]
W _p	medza plasticity [%]
I _p	index plasticity [%]
I _c	konzistencia
W	vlhkosť zeminy [%]
φ_{ef}	efektívny uhol vnútorného trenia [°]
c _{ef}	efektívna súdržnosť zeminy [kPa]
φ_r	reziduálny uhol vnútorného trenia [°]
c _r	reziduálna súdržnosť zeminy [MPa]
k _f	koeficient filtrácie [m.s ⁻¹]
t	teplota [°C]
T	koeficient prietočnosti [m ² .s ⁻¹]
CO ₂	chemická značka oxidu uhličitého
Cl	chemická značka chlóru
Mg	chemická značka horčíka
SO ₄ ²⁻	chemická značka síranov
m n. m.	meter nad morom
m	meter - základná jednotka dĺžky v SI
cm	centimeter - jednotka dĺžky (1 cm = 0,01 m)
mm	milimeter - jednotka dĺžky (1 mm = 0,001 m)
mg	miligram = 1.10 ⁻⁶
km ²	jednotka sústavy SI určujúca veľkosť plochy

1. Úvod

Predkladanú záverečnú správu z geologickej úlohy vypracovala firma ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica na základe Zmluvy o dielo č. 336/2013/OZ/2.4.1 uzavretej medzi Mestom Prievidza a spoločnosťou ENVIGEO, a.s. Banská Bystrica. Dôvodom realizácie inžinierskogeologického prieskumu bolo zhodnotenie podmienok a faktorov vzniku a vývoja svahových pohybov na porušených územiach v miestnych častiach Veľká Lehôtka, Hradec a návrh stabilizačných opatrení.

V mesiacoch marec až máj 2013 vzniklo na Slovensku množstvo nových svahových deformácií. Mnohé ohrozujú životy, zdravie a majetok obyvateľov v postihnutých lokalitách a devastujú poľnohospodársku a lesnú pôdu, životné prostredie a ľudské diela.

Jednou z takýchto lokalít, kde bola vyhlásená havarijná situácia je aj mesto Prievidza a jej miestne časti Veľká Lehôtka (ulica Podhorská a Remeselnícka) a Hradec (ulica Na Stanište a Pavlovská).

Obsah záverečnej správy a jej členenie je spracované podľa vyhlášky Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 51/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov (ďalej vyhláška č. 51/2008), ktorou sa vykonáva geologický zákon (§ 38) a podľa smernice MŽP SR č. 2/2000 o zásadách spracovania a odovzdávania úloh a projektov v Geografickom informačnom systéme, pričom jej rozsah a osnova bola prispôbená cieľom geologickej úlohy, ktoré boli zadefinované v projekte geologickej úlohy.

1.1. Vymedzenie a cieľ geologickej úlohy

1.1.1 Základné údaje o geologickej úlohe

Názov úlohy:	Inžinierskogeologický prieskum postihnutých lokalít v miestnych častiach Veľká Lehôtka a Hradec
Číslo úlohy:	11255/2013 (ENVIGEO, a.s.)
Dátum vyhotovenia:	Júl 2013
Druh prác:	Inžinierskogeologický prieskum
Etapa prieskumu:	Podrobný prieskum
Objednávateľ:	Mesto Prievidza Mestský úrad Námestie slobody č.14 971 01 Prievidza 1
Zástupca objednávateľa:	JUDr. Katarína MACHÁČKOVÁ, primátorka mesta
Zhotoviteľ:	ENVIGEO, a.s., Kynceľová 2, 974 11 Banská Bystrica
Štatutárny zástupca zhotoviteľa:	RNDr. Pavol TUPÝ, predseda predstavenstva

1.1.2 Základné administratívne údaje o záujmovom území

Základné údaje podľa číselníka obcí Slovenskej republiky v zmysle Opatrenia Štatistického úradu Slovenskej republiky č. 597/2002 Z.z., ktorým sa ustanovujú číselníky územných jednotiek Slovenskej republiky uvádzame v nasledujúcej tabuľke:

Kraj:	Trenčiansky
Okres:	307 Prievidza
Katastrálne územia:	867781 Veľká Lehôtka
	850195 Hradec

Situačná mapa záujmového územia v mierke 1 : 50 000 tvorí prílohu A1 tejto správy.

1.2 Cieľ geologickej úlohy

Na základe požiadaviek objednávateľa geologických prác boli zadefinované nasledujúce ciele podrobného inžinierskogeologického prieskumu:

- zhodnotenie dostupných archívnych podkladov pre riešenie danej problematiky,
- zhodnotenie prírodných pomerov lokality ovplyvňujúcich vznik a vývoj svahových pohybov,
- spresnenie inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov územia,
- zhodnotenie intenzity porušenia svahu a stupňa ohrozenia životov a majetku ľudí,
- stanovenie príčin vzniku svahových deformácií,
- realizácia inžinierskogeologických vrtov za účelom zistenia hĺbky a priestorového usporiadania šmykových plôch,
- odber vzoriek zemín a ich laboratórny rozbor na stanovenie fyzikálno-mechanických vlastností,
- vypracovanie účelovej inžinierskogeologickej mapy zosuvných území,
- výpočet stability svahov na zistených šmykových plochách,
- sledovanie zosuvných zmien inklinometrami v najohrozenejších lokalitách,
- ideový návrh sanácie porušeného územia.

1.3 Údaje o projekte a jeho zmenách

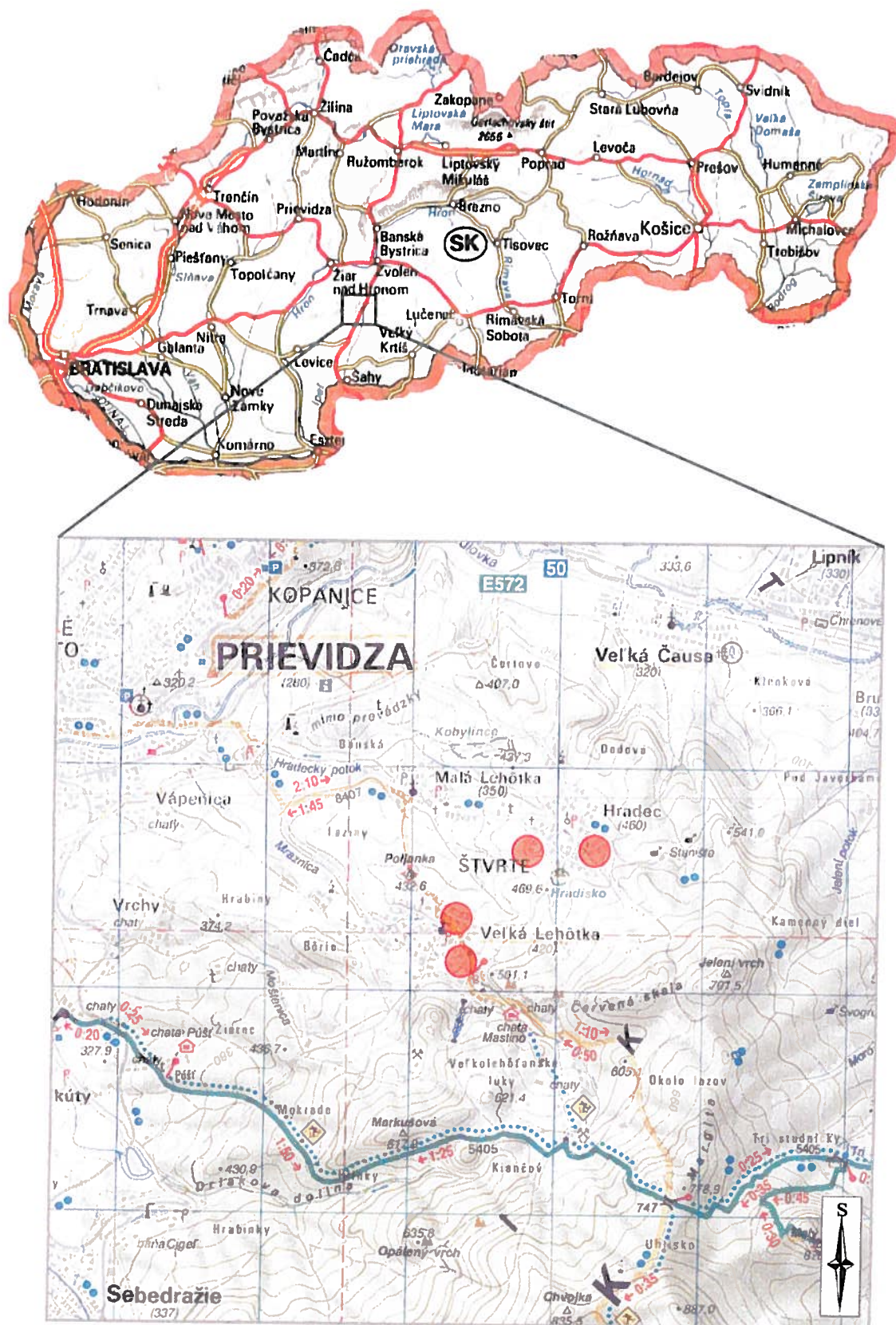
Práce na úlohe sa vykonávali v zmysle projektu geologickej úlohy schváleného objednávateľom dňa 17. 6. 2013.

Projekt geologickej úlohy bol vypracovaný podľa postupov uvedených vo Vyhláške Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 51/2008 Z. z. v znení neskorších predpisov, ktorou sa vykonáva geologický zákon.

Geologická úloha bola registrovaná pod číslom 286/2013 v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra.

Počas realizácie prieskumných prác na lokalite Veľká Lehôtka - Podhorská ulica boli zistené geologické skutočnosti, ktoré si vyžadovali zmenu - zvýšenie rozsahu technických prác o 1 inžinierskogeologický vrt a ďalších geologických prác, aby mohli byť dosiahnuté ciele stanovené pôvodným projektom. Zmena bola riešená zo strany objednávateľa prác objednávkou č. 20130400 zo dňa 25.6.2013.

Príloha A1: Prehľadná situácia
 (výrez z "Turistický atlas Slovenska 1 : 50 000, Vku, š.p. Harmanec, 2005")
 M 1 : 50 000



Vysvetlivky:

● záujmové územie

2. Charakteristika záujmového územia a doterajšia geologická preskúmanosť

2.1 Geomorfologické pomery

Podľa geomorfologického členenia (Mazúr, Lukniš 1986 IN MIKLÓS ET AL., 2002) záujmové územie patrí do Fatransko-tatranskej oblasti, do celku Hornonitrianska kotlina a podcelku Prievidzská kotlina.

Z hľadiska geomorfologických pomerov záujmové územie je tvorené reliéfom kotlinových pahorkatín (MAZÚR, ČINČURA, KVIŤKOVIČ 1980 IN MIKLÓS ET AL., 2002). Prevažnú časť záujmového územia tvoria negatívne morfoštruktúry – priekopové prepadliny a morfoštruktúrne depresie kotlin.

2.2 Geologické pomery

Z hľadiska regionálneho geologického členenia Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy (VASS ET AL., 1986) patrí záujmové územie do oblasti stredoslovenské neovulkanity a podoblasti vulkanity Vtáčnika.

Územie má hrasťovo-prepadlinovú stavbu. Prejavila sa hlavne germanotypná zlomová tektonika s výraznými pozdĺžnymi a vertikálnymi pohybmi. Bloky sú zlomami nižšieho rádu rozdelené na segmenty. Depresia je vyplnená sedimentmi paleogénu, neogénu a kvartéru. Podložie terciérnej výplne kotliny budujú horniny mezozoika.

Lokalita Veľká Lehôtka

Záujmové územie je budované lehotským a košianskym súvrstvím (vrchný bádén), nad ktorým vystupuje relikt extruzívneho dómu pyroxenicko-amfibolických andezitov plešinskej formácie (vrchný bádén). Teleso je tvorené masívnymi andezitmi a brekciami. Andezity majú hnedosivú, svetlosivú a sivú farbu, hruboporfyrickú alebo strednoporfyrickú štruktúru.

V severovýchodnej časti územia je prítomné košianske súvrstvie (vrchný bádén). Košianske súvrstvie je vyvinuté v nadloží slojov nováckeého a handlovského súvrstvia. Jeho hrúbka dosahuje 300 m. Ide o monotónne súvrstvie svetlosivých, tmavosivých, zelenosivých až hnedastých ílov s premenlivým podielom vápnitej zložky a s kolísavým zastúpením piesčitej prímesi, miestami diatomických ílov až diatomitov. Majú črepinovitý rozpad. Sú mäkké a po namoknutí napučiavajú (čo spôsobuje problémy pri dobývaní uhlia). Íly hojne obsahujú drobné zuhoľnatené rastlinné zvyšky. V nadloží košianskeho súvrstvia je vyvinuté lehotské súvrstvie.

Lehotské súvrstvie, na ktorom je situovaná prevažná časť zastavaného územia obce, pozostáva v zmysle geologickej mapy 1:50000 (ŠIMON ET AL., 1997) zo štrkov až zlepcov, pieskov, piesčitých ílov, uhoľných ílov a vrstvičiek uhlia. Uvedené litologické typy sa nepravidelne striedajú a je v nich predpoklad vytvárania horizontov napätých podzemných vôd. Materiál hrubých klastík pozostáva predovšetkým z mezozoických karbonátov (vápence a dolomity), prítomné sú aj andezitové vulkanoklastiká, kryštalicke bridlice, granitoidy a paleogénne pieskovce. Hrubé klastiká vystupujú v oblasti Veľkej Lehôtky v podobe „štrkových rozsypov“ a zlepcov (ŠIMON ET AL., 1997). Štrky sú dobre opracované, ich veľkosť je od 0,5 do 10,0 cm, ojedinele až do 20 cm. Tvar obliakov je zväčša sférický a čepeľovitý, menej diskovitý. V zlepcoch prevládajú obliaky nad tmelom.

Lokalita Hradec

Záujmové územie je budované handlovským a košianskym súvrstvím (vrchný bádén), nad ktorými vystupuje relikt lávového prúdu pyroxenických andezitov vtáčnickej formácie

sarmat). Horninotvornými minerálmi sú hyperstén, augit, plagioklas, magnetit. Základná hmota je hyalopilitická a mikrolitická.

Vo východnej časti územia je prítomné košianske súvrstvie (vrchný báden), súvrstvie je charakterizované pri lokalite Veľká Lehôtka.

Handlovské súvrstvie, na ktorom je situovaná prevažná časť zastavaného územia obce, pozostáva v zmysle geologickej mapy 1:50 000 (ŠIMON ET AL., 1997) v spodnej časti z piesčito-ílovitých a tufitických sedimentov s postupným prechodom do tmavých až čiernych ílov a ílovcov s uhoľnými slojmi.

V týchto častiach Vtáčnika vznikol v závislosti od výškovej gravitačno-tektonickej diferenciácie vulkanitov a ich neogénneho podložia a tiež v závislosti od rýchlosti postupu hĺbkovej erózie v bočných dolinách trvale nerovnovážny stav aj v prírodných podmienkach, bez zásahu človeka (MALGOT ET AL., 1985).

V nadloží miocénnych sedimentov na obidvoch lokalitách sa nachádza kvartér reprezentovaný svahovými sedimentmi. Z pravidla sa jedná o zmes deluviálno-soliflukčných svahovín a sutín od balvanovito-blokovitých, kamenitých, piesčito-kamenitých i piesčitých cez hlinito-kamenité a hlinito-piesčité až po výlučne hlinité polygenetické svahové hliny.

Výrez z geologickej mapy záujmového územia v mierke 1: 50 000 tvorí prílohu A2.

2.3 Hydrologické a hydrogeologické pomery

Hydrologické pomery

Územie hydrograficky patrí do oblasti povodia Váhu, resp. jeho základného povodia „Nitra po ústie Bebravy“ (4-21-11) a je odvodňované ľavostrannými prítokmi Handlovky. Povrchové toky pretekajúce záujmovým územím majú dažďovo-snehový typ režimu odtoku s najvyššími prietokmi v mesiaci marec a najnižšími prietokmi v mesiaci september. Prírodný hydraulický vzťah povrchových a podzemných vôd je narušený regulačnými zásahmi.

Hydrogeologické pomery

Záujmové územie sa nachádza v hydrogeologickom útvare SK200170 FP – útvar puklinových a medzizrnových podzemných vôd neovulkanitov a terciérnych sedimentov Hornonitrianskej kotliny oblasti povodia Váh. (KULLMAN ET AL., 2005).

Podľa hydrogeologickej rajonizácie (ŠUBA ET AL., 1982) sa záujmové územie nachádza v hydrogeologickom rajóne V 086 "Neovulkanity pohorí Vtáčnik a Pohronský Inovec" (Šuba, 1981).

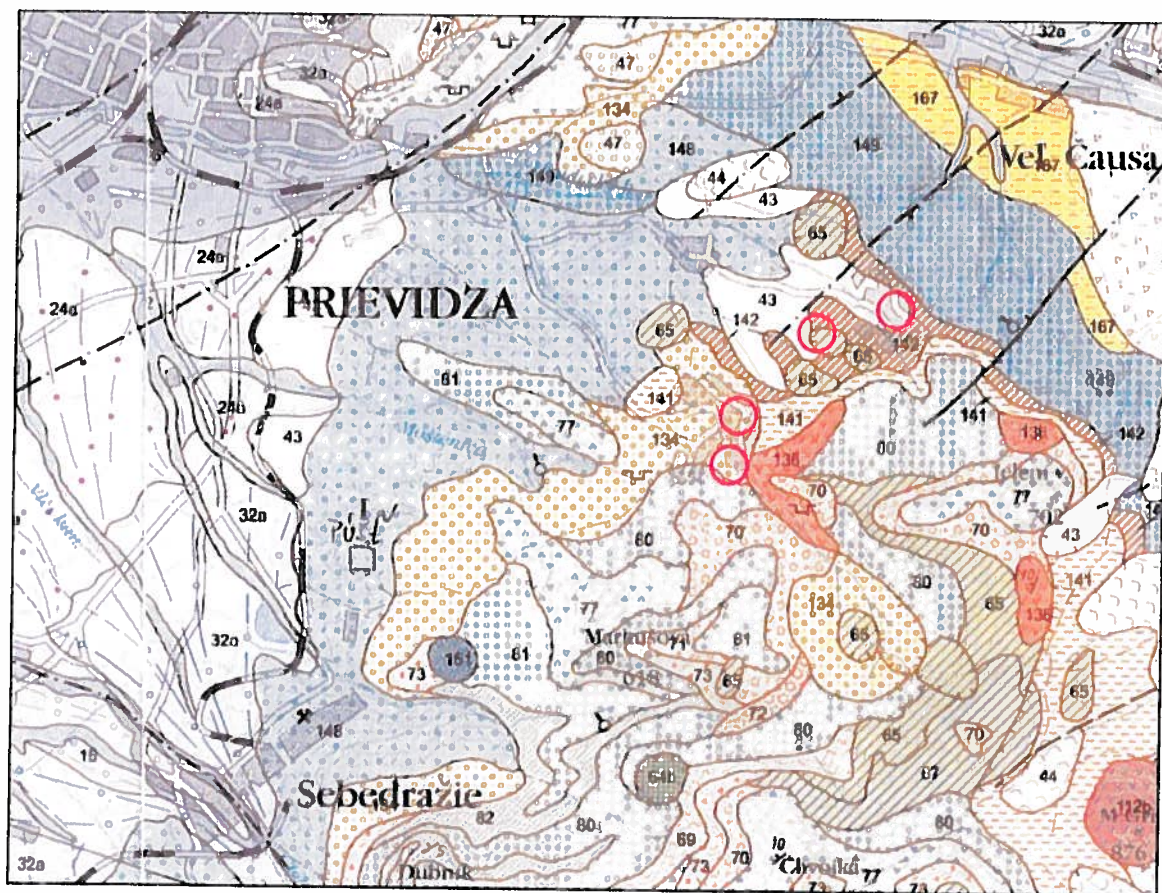
Územie je budované vulkanickými horninami neogénneho veku s puklinovo-medzizrnovou priepustnosťou. Vo vrcholových častiach pohoria Vtáčnik sú časté puklinovo-vrstevné pramene s výdatnosťou ojedinele presahujúcou 2 l.s^{-1} , časť podzemných vôd prestupuje skryte do povrchových tokov alebo priľahlých kotlín.

Najvýdatnejšie zdroje podzemných vôd boli overené na tektonickom styku Pohronského Inovca s Pohronskou pahorkatinou a na tektonickom styku pohoria Vtáčnik so Žiarskou kotlinou.

Veľkú časť širšieho záujmového územia odvodňujú banské diela.

Podrobnejšia geologická a hydrogeologická charakteristika jednotlivých skúmaných území zosuvov sa nachádza v kapitole 4.

Príloha A2 Výrez z geologickej mapy záujmového územia
(prevzaté z „Geologická mapa Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny”,
L. Šimon a kol., MŽP SR - GSSR, 1997)
1 : 50 000



1 000 m 500 0 1 2 km



Vysvetlivky:

KVARTÉR Pleistocén

Vrchný (mladý) pleistocén



proluviálne-piesčité a hlinité štrky s úlomkami (náplavový kužel)

Stredný pleistocén (mladšia časť)



a) proluviálne zahmlinené štrky s úlomkami
b) lokálne úlomkovito-štrkovité sedimenty (náplavový kužel)

Stredný pleistocén (staršia časť)



proluviálne piesčité zahmlinené a zvetrané štrky s úlomkami (náplavový kužel); a) staršie, b) mladšie

KVARTÉR NEČLENENÝ



svahoviny vcelku, litofaciálne nečlenené (nerozlíšené svahové hliny a sútiny)



zosuvné sedimenty hlinité a hlinito-kamenitý materiál s balvanmi a blokmi hornín

Neogén Pliocén

? Vrchný roman



rozpadavé zlepenca, štrky, piesky a vápnité íly

Sarmat

Vláčnická formácia



lávové prúdy pyroxenických andezitov

Zlatojedlianske pyroklastiká



prevažne tufy



blokové pyroklastické prúdy



permové prúdy



akrečné lapily, popolové prúdy, tufy a popol



autochtónne pyroklastiká s redeponovanými pyroklastikami

epiklastické vulkanické horniny



prevažne hrubé brekcie



zlepenca s polohami pieskovcov



prevažne hrubé zlepenca



pieskovce

Vrchný bádén

Formácia Kľakovskej doliny



bazaltické andezity až bazalty; lávové prúdy; a) extrúzívne dómy, b) gríčské extrúzie

Lehoľské súvrstvie



štrky, piesky a piesčité íly

Plešinská formácia



extrúzívne dómy pyroxenicko-amfibolických andezitov

Košianske súvrstvie



íly, slienité íly, diatomity, diatomické íly

Handlovské a novácke súvrstvie



uhlie, uhoľné íly, ílovce, tenké preplástky redeponovaných vulkanoklastík

Kamenské súvrstvie

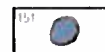


epiklastické vulkanické zlepenca a pieskovce s polohami brekcií a tufov



epiklastické vulkanické zlepenca, brekcie, pieskovce a autochtónne pyroklastiká a) nečlenené súvrstvie

Komplex andezitov s granátom



extrúzie hyperstenicko-amfibolického andezitu s akcesorickým granátom a ich brekcie

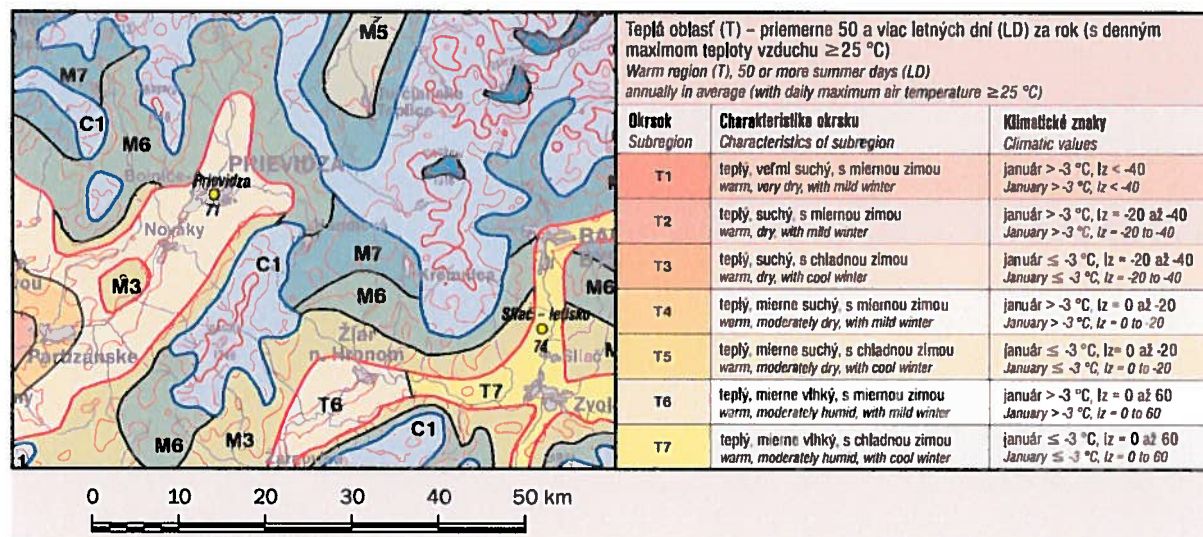
Egenburg



čausianske súvrstvie: íly, pieskovce, ílovce

2.4 Klimatické pomery

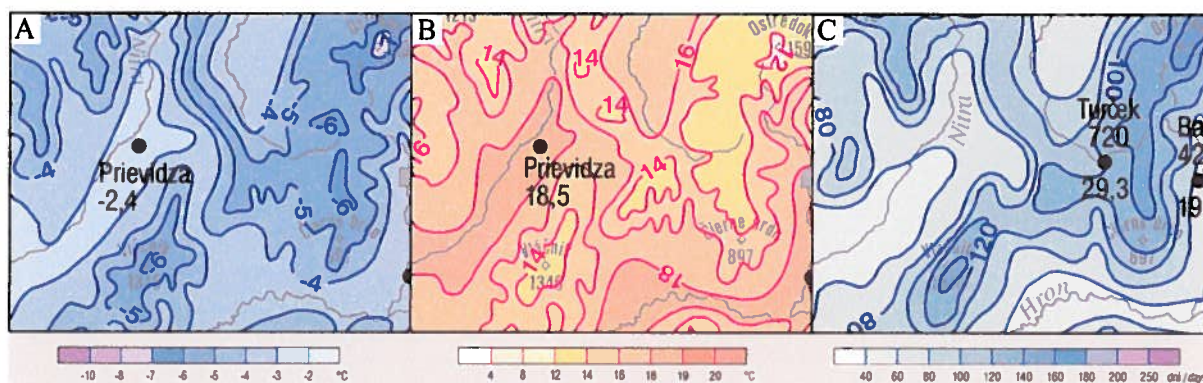
Z pohľadu klimatických pomerov sa záujmové územie podľa LAPINA ET AL. (IN ATLAS KRAJINY SR, 2002) nachádza vo výbežku teplej oblasti (s viac ako 50-timi letnými dňami v roku). Územie patrí do okrsku, ktorý možno charakterizovať ako teplý, mierne vlhký s miernou zimou.



Obr. č. 1: Klimatické pomery záujmového územia (podľa Lapina et al. in Atlas krajiny SR, 2002).

Priemerná januárová teplota sa pohybuje nad -3 °C (obr. č.1).

Dlhodobá priemerná januárová teplota vzduchu sa pohybuje v rozsahu od -2 do -3 °C a priemerný počet dní so snehovou pokrývkou počas roka je od 60 do 80 (obr. č.2). Dlhodobé priemerné teploty vzduchu v júli spadajú do intervalu od 18 do 19 °C. Ročné úhrny zrážok sa v hodnotenej oblasti podľa FAŠKA A ŠTASTNÉHO (IN ATLAS KRAJINY SR, 2002) pohybujú v rozsahu od 600 do 700 mm. Priemerný ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie je od 600 do 650 mm (TOMLAIN, 2002 IN ATLAS KRAJINY SR, 2002).



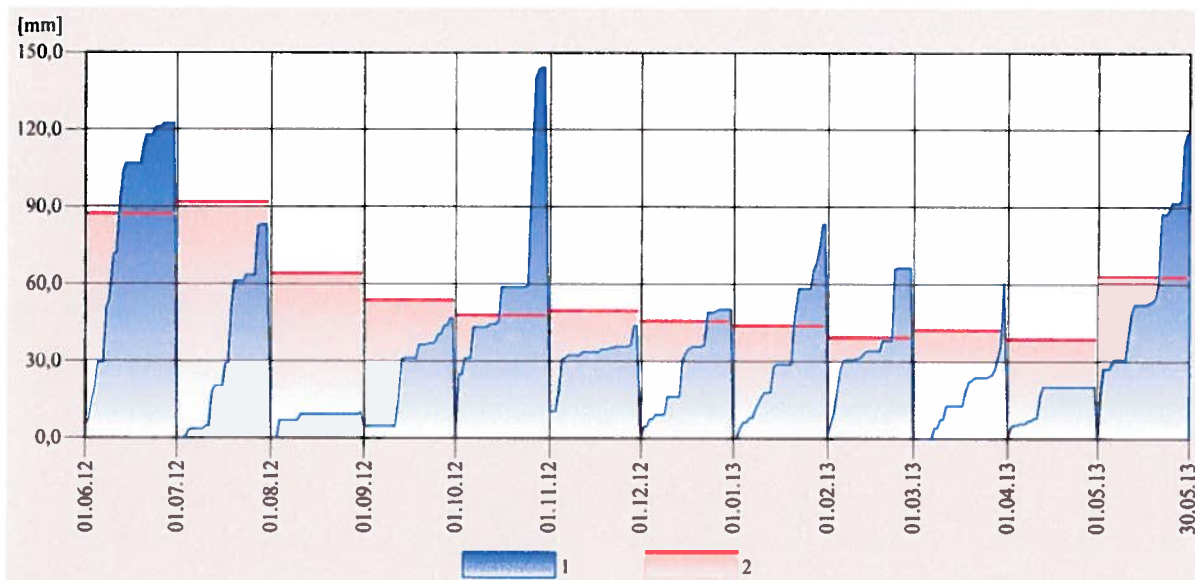
Obr. č. 2: Vybrané klimatické ukazovatele záujmového územia. A – priemerná teplota vzduchu v januári, B – priemerná teplota vzduchu v júli (ŠTASTNÝ ET AL. IN ATLAS KRAJINY SR, 2002); C – počet dní so snehovou pokrývkou a jej priemerná výška (FAŠKO ET AL. IN ATLAS KRAJINY SR, 2002).

2.5 Analýza vplyvu atmosferických zrážok na vznik a rozvoj svahových deformácií

Z hľadiska vzniku a vývoja svahových deformácií zohrávajú klimatické pomery kľúčovú úlohu. Je zrejmé, že prípady vzniku geodynamických javov, ktoré sú často v zjednodušenom hodnotení pripisované aktuálnym nepriaznivým klimatickým pomerom, majú súvis i s predchádzajúcim obdobím. Na obrázku č.3 je možné sledovať vývoj zrážkových úhrnov v intervale od júna 2012 do mája 2013, kedy bola spozorovaná aktivizácia svahového pohybu.

V letných mesiacoch roku 2012 (júl až september) boli zaznamenané mierne podpriemerné zrážkové úhrny. I keď nemáme k dispozícii hodnoty aktuálnej evapotranspirácie, je možné predpokladať, že prevažná časť spadnutých zrážok bola spotrebovaná vegetáciou (intercepcia a transpirácia). Navyiac, treba podotknúť, že priemerná teplota vzduchu zaznamenaná v júli na stanici SHMÚ Prievidza dosiahla 21,7 °C, čo je o 2,7 °C viac ako udáva pre túto oblasť ŠŤASTNÝ ET AL. (IN ATLAS KRAJINY SR, 2002). Podobne vysoká priemerná teplota vzduchu bola zaznamenaná i počas nasledujúceho mesiaca augusta (20,7 °C). Celkovo možno hodnotiť letné obdobie ako zrážkovo podpriemerné (v mesiaci august len 15,3 % dlhodobého priemeru) s výrazne nadpriemernými teplotami. Možno teda predpokladať, že evapotranspirácia v letnom období presiahla veľkosť zrážkového úhrnu. Vplyvom zrážkovému deficitu a pôsobením vysokých teplôt dochádzalo v povrchovom horizonte k vysychaniu a zmrašťovaniu jemnozrnných sedimentov, čo sa prejavilo vznikom otvorených trhlín.

Následne, počas jesenných mesiacov boli zaznamenané na stanici SHMÚ Prievidza výrazne nadpriemerné zrážkové úhrny. Počas októbra 2012 spadlo 144,0 mm zrážok, čo predstavuje 299,8 % dlhodobého priemeru (stanoveného počas obdobia 1996 až 2011). Terén porušený trhlinami, ktoré súvisia s objemovými zmenami, vytvoril predispozíciu pre infiltráciu zrážkových vôd. Zrážkové vody takto mohli ľahšie infiltrovať do horninového prostredia a dostať sa i do hlbších častí svahu.



Obr. č. 3: Kumulatívny úhrn atmosférických zrážok na stanici SHMÚ Prievidza. 1 – kumulatívne mesačné úhrny zrážok v období jún 2012 – máj 2013; 2 – dlhodobý mesačný priemer zrážkových úhrnov za obdobie 1996 – 2011.

V súvislosti s výrazne nadpriemernými zrážkovými úhrnmi zaznamenanými počas októbra, možno predpokladať, že voda čiastočne nasýtila povrchovú zónu (zónu aerácie) a čiastočne sa podieľala na dopĺňaní zásob podzemnej vody. Ďalšie zrážky, ktoré dopadli počas zimných mesiacov (január – 190,78 % dlhodobého priemeru; február – 169,69 % d. p.; marec

144,18 % d. p.) zvyšovali nasýtenosť horninového prostredia vodou. Za negatívny fenomén možno označiť aj cyklické striedanie sa chladných období s výskytom tuhých zrážok s relatívne teplejšími obdobiami (nad 0 °C), ktoré boli často spojené so zrážkami v kvapalnej forme. V území takto dochádzalo k akumulácii snehovej pokrývky, ktorá sa následne s nárastom teploty vzduchu roztopila. Takýto scenár sa opakoval niekoľkokrát po sebe. Vďaka uvedeným skutočnostiam dochádzalo k postupnému uvoľňovaniu vody zo snehovej pokrývky, čím sa vytvárali priaznivé podmienky pre infiltráciu do horninového prostredia. Vychádzame pritom z predpokladu, že pri pomalom, etapovitom topení snehovej pokrývky sa vo väčšej miere uplatňuje hypodermický, prípadne podzemný odtok a naopak, pri náhlom roztopení snehového pokryvu, uvoľnená voda odteká zväčša povrchovým odtokom.

Na konci apríla došlo k výraznejšiemu otepleniu a teda možno predpokladať, že došlo i k roztopeniu snehovej pokrývky, vďaka čomu sa horninové prostredie ešte väčšmi nasýtilo vodou. Nadpriemerné zrážky (190,3 % dlhodobého priemeru) zaznamenané počas mája (ktorých intenzita presiahla aj 20 mm.deň⁻¹ – 22. mája – 26,9 mm; 29. mája – 21,9 mm) spôsobili, že hladiny podzemnej vody sa dostali, resp. prekročili úroveň medznej rovnováhy stability svahu. Vysoká hladina podzemnej vody zhoršila šmykové parametre zemín a vytvorila vztlak na nadložné nepriepustné komplexy, čo sa prejavilo poklesom celkovej stability územia. Výsledkom je pravdepodobne reaktivácia svahového pohybu v širšej oblasti záujmového územia.

2.6 Posúdenie možného vplyvu poddolovania na vznik a rozvoj svahových deformácií

Približne 1,4 km juhozápadne od odlučnej časti aktívneho zosuvu Veľká Lehôtka – ulica Remeselnícka a Podhorská sa nachádza dobývací priestor spoločnosti Hornonitianske bane Prievidza a.s.. Spoločnosť v území realizovala dobývanie uhoľných slojov. Uhoľné sloje boli ťažené dobývacou metódou na zával, bez zakladania vydobytých priestorov. Zavalovanie vyťažených priestorov sa prejavilo na povrchu územia výskytom ťahových a strihových deformácií, ktoré čiastočne zdevastovali lesné porasty.

Vzhľadom na charakter aktívnych zosuvov v lokalitách Veľká Lehôtka a Hradec (plytké zosuvy vyvinuté prevažne v prostredí kvartérnych deluviálnych sedimentov), zdokumentované poznatky o príčinách vzniku zosuvov a veľkú vzdialenosť medzi dobývacím priestorom a územím postihnutým hodnotenými aktívnymi zosuvmi, môžeme vplyv banskej činnosti na vznik hodnotených zosuvov vylúčiť.

2.7 Seizmicita územia

Podľa Seizmotektonickej mapy Slovenska, ktorá tvorí prílohu technickej normy STN 73 0036 (*Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií*) hodnotené územie patrí do oblasti, v ktorej sa v historicky známom období vyskytli seizmické otrasy o intenzite do 7 MSK-64. Táto hodnota zodpovedá taktiež siedmemu stupňu 12-stupňovej Európskej makroseizmickej stupnice (EMS-98) používanej dnes v európskych štátoch vrátane Slovenska.

Územie sa nachádza v štvrtej zdrojovej oblasti seizmického rizika so základným seizmickým zrýchlením $a_r = 0,3 \text{ m.s}^{-2}$. Základné seizmické zrýchlenie zodpovedá zemetraseniu s periódou výskytu 450 rokov a vzťahuje sa na stavebné objekty so súčiniteľom významnosti $\eta = 1,0$ a priemernou životnosťou 50 - 100 rokov.

2.8 Doterajšia geologická preskúmanosť

Záujmové územie - Veľká Lehôtka a jeho okolie bolo v minulosti skúmané len z hľadiska ložiskovej geológie a hydrogeológie pre otváranie VII. ťažobného úseku bane Cigel' (BARTEK, 1978).

V roku 1980 až 1983 prebiehal v širšom okolí záujmovej lokality podrobný inžinierskogeologický prieskum svahových porúch na SZ okraji svahov pohoria Vtáčnik (FUSSGÄNGER ET AL.), v rámci ktorého prebiehali v subdodávke SVŠT Bratislava (MALGOT ET AL.) aj komplexné mapovacie práce M = 1 : 5000 a 1 : 10000.

Citovaná práca riešila otázku vzájomnej interakcie ťažby v uhoľných revíroch baní Handlová a Cigel' a gravitačného porušenia svahov Vtáčnika.

Skúmaná problematika bola riešená tiež v diplomovej práci KRIPPELA v roku 1983 a mala názov Analýza vplyvov ťažby uhlia na svahové deformácie v okolí obce Veľká Lehôtka.

V roku 1985 DOLEJŠÍ ET AL., vykonali inžinierskogeologický prieskum záujmového územia s ohľadom na plánovanú výstavbu rodinných domov.

V oblasti vlastného areálu Bane Cigel' bol realizovaný inžinierskogeologický prieskum pre výstavbu Bane Cigel' (SVETÍK, 1957) a pre rozšírenie Bane Cigel' (BALÁŽ, 1971) a tiež inžinierskogeologický prieskum a sanácia zosuvného svahu nad strojárenskými dielňami Bane Cigel' (FUSSGÄNGER, 1981). Najnovšou správou zo skúmanej lokality je správa s názvom Inžinierskogeologické posúdenie staveniska, Veľká Lehôtka – stožiar GSM Orange (HAVČO, 2004).

FECEK S RAPOŠOM v roku 1993 a FUSSGÄNGER ET AL., 1999 realizovali inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum pre skládku tuhého komunálneho odpadu Ploštiny.

Z hydrogeologických prieskumov v záujmovom území medzi najvýznamnejšie patria prieskumy VALUŠIAKA, ET AL., (1975) a LAURENČÍKOVEJ (1982).

3. Postup riešenia geologickej úlohy

Rozsah a metodika geologických prác boli navrhnuté tak, aby výsledky dostatočne preukázali inžinierskogeologické a hydrogeologické pomery záujmového územia a charakter a priebeh šmykových plôch. Prieskum pozostával z technických prác - inžinierskogeologických vrtov, zo vzorkovacích, laboratórnych, meračských a geologických prác.

3.1 Technické práce

Technické – *vrtné práce* inžinierskogeologického prieskumu realizovala spoločnosť ENVIGEO, a.s. v dňoch 17. až 23. júna 2013.

Vrtné práce boli realizované vrtnou súpravou *Fraste MITO-40* na pásovom podvozku a vrtnou súpravou *MOBILE DRILL B57* namontovanej na 2-nápravovom podvozku Ford F800, technológiou jadrového vrtania Ø 195-156 mm bez výplachu s dočasným pažením.

**INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ PRIESKUM POSTIHNUTÝCH LOKALÍT V MIESTNYCH ČASTIACH
VEĽKÁ LEHÔTKA A HRADEC**



Obr. č. 4: Vrtná súprava Mobbille Drill (IGH-4).



Obr. č. 5: Vrtná súprava Fraste MITO (IGP-2).

Vrty slúžili na overenie geologickej stavby, hĺbky hladiny podzemnej vody a získanie horninového materiálu a podzemnej vody na laboratórne spracovanie.

Celkovo bolo odvrtaných 20 inžinierskogeologických vrtov s celkovou metrážou 198 m. Po odvrtaní boli vybrané vrty vystrojené inklinometrickými pažnicami (5 ks) s priemerom 60 mm a perforovanými piezometrickými pažnicami s priemerom 32 mm (15 ks). Vystrojenie vrtov umožňuje realizáciu meraní inklinometrom a režimových sledovaní úrovne hladiny podzemnej vody v záujmovom území. Piezometrické vrty po ukončení prieskumu boli zlikvidované. Prehľad parametrov inžinierskogeologických a inklinometrických vrtov uvádzame v tabuľke č.1.

Tabuľka č. 1: Prehľad parametrov realizovaných vrtov.

Označenie Vrtu	Hĺbka vrtu	Priemer vrtania (mm)		Perforácia hĺbka (m)	Vrtná súprava	Vystrojenie	
		156	137	od - do		Inklinometre (60 mm)	Piezometre (32 mm)
Veľká Lehôtka - Remeselnícka ulica							
IGR-1	10,0	0-10,0		0,5-9,0	Fraste MITO		0-10,0
IGR-1i	10,0	0-10,0			Fraste MITO	0-10,0	
IGR-2	10,0	0-7,5	7,5-10,0	0,5-9,0	Mobbille Drill		0-10,0
IGR-3	10,0	0-8,0	8,0-10,0	0,5-9,0	Mobbille Drill		0-10,0
Veľká Lehôtka - Podhorská ulica							
IGP-0	8,0	0-5,0	5,5-8	0,5-7,0	Fraste MITO		0-8,0
IGP-1	10,0	0-6,5	6,5-10,0	0,5-9,0	Fraste MITO		0-10,0
IGP-1i	10,0	0-6,5	6,5-10,0		Fraste MITO	0-10,0	
IGP-2	10,0	0-7,5	7,5-10,0	0,5-9,0	Fraste MITO		0-10,0
IGP-3	10,0	0-7,5	7,5-10,0	0,5-9,0	Mobbille Drill		0-10,0
IGP-3i	10,0	0-4,7	4,7-10,0		Mobbille Drill	0-10,0	
IGP-4	10,0	0-6,3	6,3-10,0	0,5-9,0	Mobbille Drill		0-10,0
IGP-5	10,0	0-6,2	6,2-10,0	0,5-9,0	Mobbille Drill		0-10,0

INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ PRIESKUM POSTIHNUTÝCH LOKALÍT V MIESTNYCH ČASTIACH
VEĽKÁ LEHŮTKA A HRADEC

Hradec – Pavlovská ulica						
IGH-1	10,0	0-6,5	6,5-10,0	0,5-9,0	Mobille Drill	0-10,0
IGH-2	10,0	0-10,0		0,5-9,0	Fraste MITO	0-10,0
IGH-2i	10,0	0-10,0			Fraste MITO	0-10,0
IGH-3	10,0	0-10,0		0,5-9,0	Mobille Drill	0-10,0
Hradec – Na Stanište						
IGH-4	10,0	0-2,5	2,5-10,0	0,5-9,0	Mobille Drill	0-10,0
IGH-5	10,0	0-3,5	3,5-10,0	0,5-9,0	Fraste MITO	0-10,0
IGH-5i	10,0	0-7,5	7,5-10,0		Fraste MITO	0-10,0
IGH-6	10,0	0-4,5	4,5-10,0	0,5-9,0	Mobille Drill	0-10,0

Inklinometrické merania realizovala firma ENVIGEO, a.s. 27.6. 2013 (úvodné - nulté meranie) a 10.7.2013 (prvé meranie) Grafické výstupy z úvodných - nultých meraní a z prvých meraní tvoria prílohy 4.1 C2, 4.2 C2, 4.3 C2, 4.4 C2.

Grafickú dokumentáciu vrtov podľa jednotlivých lokalít uvádzame v prílohách 4.1 C1, 4.2 C1, 4.3 C3, 4.4 C3.

3.2 Letecké snímkovanie

Na získanie lepšieho obrazu o charaktere svahových deformácií, ich rozsahu, prejavoch vo vzdialenejších častiach územia aj pre možnosť posúdenia súvislosti s geomorfologickými charakteristikami reliéfu bolo realizované snímkovanie záujmového územia pomocou bezpilotného lietajúceho systému Mikropter. Snímkovanie bolo realizované z výšky cca 140 m nad povrchom terénu. Na fotografovanie bol použitý digitálny fotoaparát SONY NEX 7 s rozlíšením 24 megapixelov.

Fotografie boli spracované na formát jpg a bola vykonaná ich vzájomná orientácia. Po orientácii bola vygenerovaná ortofotomapa. Reálna veľkosť pixelu mapy je cca 3 cm.

Táto metóda poskytuje spoľahlivé výsledky len v extravilánoch miest. Z uvedeného dôvodu bolo možné metódy aplikovať iba v lokalite Hradec - Pavlovská ulica. Ako mapové podklady pre ostatné lokality boli použité ortofotomapy, poskytnuté objednávateľom prác.

3.3 Vzorkovacie práce

Rámec týchto prác zahŕňoval prípravu vzorkovníc, určenie miest odberu, samotný odber, uskladnenie a prepravu vzoriek do laboratória a vedenie dokumentácie vzoriek. Odber vzoriek bol realizovaný z inžinierskogeologických vrtov.

Z vrtného jadra získaného technickými prácami, bolo odobratých 30 vzoriek. Podľa STN EN ISO22475-1, z celkového počtu bolo 14 vzoriek triedy kvality 2 odobratých s použitím metódy odberu vzoriek kategórie A (neporušená vzorka). Ide o vzorky so štruktúrou, vlhkosťou a pórovitosťou zodpovedajúcou hodnotám in situ. Odber neporušených vzoriek sme realizovali pomocou špeciálnych oceľových odberných valcov. Ihneď po odbere boli neporušené vzorky konzervované fóliou, v deň odberu uskladnené v miestnosti so stálou teplotou a vlhkosťou blízkou podmienkam uloženia v pôvodnom stave.

Ďalších 16 vzoriek triedy kvality 3 bolo odobratých použitím metódy odberu kategórie B. Vzorky obsahujú všetky zložky zeminy in situ v ich pôvodnom stave a je zachovaná prirodzená vlhkosť zeminy. Vzorky majú porušenú štruktúru, ale je možné rozoznať celkové uloženie vrstiev zeminy a ich zložiek. Vzorky so zachovanou prirodzenou vlhkosťou sme uchovávali v polyetylénových obaloch. Ich váha sa pohybovala v rozpätí 2 - 3 kg.

Okrem toho boli odobraté vzorky podzemnej vody z vybraných vrtov. Vzorky podzemnej vody boli odobraté oceľovým vzorkovacím valcom v množstve 2,2 l. Celkove boli odobraté 4 vzorky podzemnej vody na stanovenie agresívnych vlastností.

Prehľad odobratých vzoriek zemín, podzemných vôd a uskutočnených analýz uvádzame v tabuľke č.2.

Tabuľka č. 2: Prehľad odobratých vzoriek zemín a podzemnej vody a uskutočnené analýzy.

Počet stanovení	Názov skúšky / rozboru
Veľká Lehôtka - Remeselnícka ulica	
Vzorky zemín	
3 ks	klasifikačný rozbor kompletný
3 ks	klasifikačný rozbor kompletný, objem. hmotnosť, merná hmotnosť, šmyková pevnosť – v čelust'ovom prístroji
Vzorky podzemnej vody	
1 ks	agresivita na betónové a oceľové konštrukcie
Veľká Lehôtka – Podhorská ulica	
Vzorky zemín	
7 ks	klasifikačný rozbor kompletný
5 ks	klasifikačný rozbor kompletný, objem. hmotnosť, merná hmotnosť, šmyková pevnosť – v čelust'ovom prístroji
Vzorky podzemnej vody	
1 ks	agresivita na betónové a oceľové konštrukcie
Hradec – Pavlovská ulica	
Vzorky zemín	
3 ks	klasifikačný rozbor kompletný
3 ks	klasifikačný rozbor kompletný, objem. hmotnosť, merná hmotnosť, šmyková pevnosť – v čelust'ovom prístroji
Vzorky podzemnej vody	
1 ks	agresivita na betónové a oceľové konštrukcie
Hradec – Na Stanište	
Vzorky zemín	
3 ks	klasifikačný rozbor kompletný
3 ks	klasifikačný rozbor kompletný, objem. hmotnosť, merná hmotnosť, šmyková pevnosť – v čelust'ovom prístroji
Vzorky podzemnej vody	
1 ks	agresivita na betónové a oceľové konštrukcie

3.4 Meračské práce

Cieľom meračských prác bolo zameranie zosuvných telies a prieskumných diel na lokalitách, zameranie ako aj vyhotovenie máp svahovej deformácie a rezov v mierke M 1:1000 a 1:250. Práce realizovali pracovníci firmy ENVIGEO, a.s., Banská Bystrica.

Meranie bolo vykonané RTK metódou GPS prístrojom ASHTECH PROMARK 500, je to metóda podrobného merania GNSS RTK s využitím staníc SKPOS s presnosťou polohová $\pm 0,02$ m, výšková $\pm 0,04$ m.

Výstup týchto prác (generované rezy) bol použitý pri konštrukcii geologických rezov hodnoteným územím, stabilitnej analýze a pri návrhu technického zabezpečenia (stavebno-technických prvkov).

Meračskú správu so zoznamom súradníc prieskumných vrtov pre všetky lokality uvádzame v prílohe 4.6 C.

3.5 Laboratórne práce

S prihliadnutím na skúsenosti získané pri riešení problematiky podobného zamerania sme navrhli rozsah laboratórnych rozborov, určených pre komplexné zhodnotenie územia z hľadiska jeho stability. Súbor laboratórnych prác bol vykonaný za účelom stanovenia

základných fyzikálno-mechanických vlastností zemín a stanovenia jej agresívnych vlastností podzemných vôd na oceľ a na betón.

Laboratórne práce boli realizované spoločnosťou EUROFINS BEL/NOVAMANN International s.r.o., skúšobné laboratórium GEL Turčianske Teplice, časť vzoriek bola spracovaná v laboratóriu spoločnosti TERRATEST s.r.o., Bratislava a laboratóriu INGeo - ENVILAB, s.r.o. Žilina. Výsledky laboratórnych rozborov a skúšok sú uvedené v prílohe 4.5 C.

3.6 Geologické práce

Pred samotným riešením bolo potrebné vypracovať projekt geologickej úlohy, vyhľadať a spracovať relevantné údaje z geologických i iných prác. Výkony geologickej služby ďalej zahŕňajú sledovanie, koordináciu (vecnú i časovú), metodickú kontrolu a usmernenie všetkých projektovaných a schválených prác.

3.6.1 Inžinierskogeologické mapovanie

Inžinierskogeologické mapovanie záujmového územia bolo zamerané, okrem geologickej stavby, predovšetkým na zhodnotenie vyskytujúcich sa geodynamických javov a možnosti ohrozenia existujúcich objektov. Poznatky z mapovania sú spracované v účelových mapách zosuvného územia (prílohy B1) v mierke 1:000.

3.6.2 Sledovanie a riadenie technických prác

V súlade s projektom geologických prác sme v území realizovali súbor technických prieskumných prác. Úloha zodpovedného riešiteľa a spoluriešiteľov geologickej úlohy spočívala v zabezpečovaní písomnej a hmotnej dokumentácie, v kontrole dodržiavania požiadaviek a podmienok súvisiacich s realizáciou prieskumných diel, v operatívnom riadení, usmerňovaní technických prác a ich vzájomnej koordinácii.

3.6.3 Stabilitné výpočty

V rámci zhodnotenia stability územia postihnutého svahovou deformáciou sme realizovali stabilitné výpočty, ktorých základom boli vstupné údaje vo forme výsledkov laboratórnych rozborov zemín a obhliadka terénu spojená s mapovaním. Výpočet bol realizovaný programom GEO 5 firmy Fine spol s.r.o. určeným pre výpočet stability svahov všeobecného vrstevnatého zemného telesa. Šmyková plocha bola uvažovaná polygonálna (podľa Sarmu resp. Spencera). Metódy sú založené na medznej rovnováhe aktívnych a pasívnych síl. Predpokladom je silová resp. momentová rovnováha časti svahu nad uvažovanou plochou. Výsledkom je súčiniteľ stability, ktorý predstavuje podiel pasívnych a aktívnych síl.

3.6.4 Spracovanie záverečnej správy

Pri spracovaní záverečnej správy sme postupovali podľa zásad uvedených v prílohe č.1 (Členenie a náležitosti záverečnej správy) k vyhláške č. 51/2008.

4. Výsledky riešenia geologickej úlohy

4.1 Lokalita Veľká Lehôtka- ulica Remeselnícka, ulica Podhorská

Mestská časť Prievidze - obec Veľká Lehôtka sa nachádza na severozápadne a západne orientovaných svahoch pohoria Vtáčnik v nadmorskej výške cca 400 až 470 m n.m.. Obec sa rozprestiera v území s charakteristickým zosuvným reliéfom vrchovinného typu.

Predmetom prieskumných prác v lokalite Veľká Lehôtka sú svahové poruchy nachádzajúce sa v intraviláne obce (ulica Remeselnícka a ulica Podhorská). Mapu záujmového územia v mierke 1:1 000 uvádzame v prílohách 4.1 B1 a 4.2 B1.

4.1.1 Geodynamické javy a náchylnosť územia na ich vznik

Zosuvy v lokalite Veľká Lehôtka sa nachádzajú v území s geologickou stavbou vhodnou pre častý vznik svahových deformácií. Hodnotené svahové deformácie patria do územia s predpokladom výskytu doteraz nezaregistrovaných aktívnych deformácií, ktoré je citlivé na negatívne antropogénne zásahy (ŠIMEKOVÁ, MARTINČEKOVÁ, 2006).

Lokalita Veľká Lehôtka - ulica Podhorská sa nachádza v území stabilizovaného prúdového zosuvu, lokalita Veľká Lehôtka - ulica Remeselnícka zasahuje do územia stabilizovaného plošného zosuvu (MALGOT, BALIAK, MAHR, 1983). Vo všetkých prípadoch ide o nestabilné územia s pohybom v štádiu plazenia (mm až cm/rok), súvisiacim najmä s dotvarovaním zosuvov. K vzniku aktívnych zosuvov v takomto území dochádza vplyvom nevhodných antropogénnych zásahov v kombinácii s extrémnymi prírodnými faktormi (zrážky, intenzívne topenie snehu). Podrobnejší opis geodynamických javov zdokumentovaných v záujmovom území uvádzame v kapitole 4.1.4.

4.1.2 Inžinierskogeologické pomery v mieste zosuvov

Geologickú stavbu a hydrogeologické pomery v mieste zosuvov sme zdokumentovali prieskumnými vrtmi hlbokými 8 - 10 m. Územie postihnuté svahovými deformáciami tvoria sedimenty kvartéru a neogénu.

Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Remeselnícka

Neogén

Neogén je budovaný sedimentmi košianskeho súvrstvia. Ide o monotónne súvrstvie svetlosivých až hnedastých ílov premenlivej vápnitosti, s kolísavým zastúpením piesčitej prímesi, miestami diatomických ílov až diatomitov. Sú to sedimenty s črepinovým rozpadom vyznačujúce sa vysokou napučiavosťou a náchylnosťou k tvorbe zosuvov (Handlovský zosuv). V sedimentoch sa často vyskytujú polohy zuhoľnatých zuhoľnatých rastlinných zvyškov, lokálne sa objavujú aj vložky a šošovky štrkov pieskov a uhoľných vrstvičiek.

V prieskumných dielach boli vrtmi hlbokými 10 m zdokumentované sedimenty vo forme plastických ílov a siltov v sivej, tmavosivej, sivomodrej až zelenosivej farby, v ktorých sa miestami vyskytujú zuhoľnaté zuhoľnaté rastlinné zvyšky a 1 až 2 cm hrubé vrstvy stredne zrných stredne zrných pieskov. Konzistencia zemín bola v čase prieskumu prevažne pevná. Zdokumentovaná hĺbka výskytu súvrstvia neogénu je 3,5 m (IGR-3) až 7,6 m (IGR-1). Sedimenty podľa laboratórnych výsledkov (klasifikácia STN 72 1001) patria do triedy F7.

Kvartér

Deluviálne sedimenty

Deluviálne sedimenty zdokumentované vrtmi IGR-1 až IGR-3 majú charakter plastických siltov a ílov. Farba zemín je prevažne hnedá, sivozelená až zelenohnedá, miestami sa vyskytujú polohy hrdzavohnedej farby. Konzistencia zemín je prevažne tuhá, v menšej miere pevná, miestami mäkká. V sedimentoch sú prítomné navetrané až silno zvetrané úlomky ílovcov veľkosti do 5 cm. Zdokumentovaná hrúbka sedimentov dosahuje 3,2 až 7,2 m.

Deluviálne sedimenty podľa laboratórnych výsledkov (klasifikácia STN 73 1001) patria do triedy F7 a F8.

Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Podhorská

Neogén

Neogén je budovaný sedimentmi lehotského súvrstvia, ktoré je v tejto časti územia tvorené polohami ílov, piesčitých a uhoľných ílov, pieskov štrkov až zlepcov. Sedimenty stratigraficky patria do vrchného bádenu. V prieskumných dielach boli vrtmi hlbokými 8-10 m overené vo forme plastických ílov a piesčitých ílov sivej, sivozelenej až sivomodrej farby. Konzistencia zemín je prevažne pevná, miestami tuhá až mäkká. V sedimentoch sa miestami vyskytujú polohy s výrazným obsahom zuhoľnatých rastlinných zvyškov. V podloží kvartérnych alúvií má neogén miestami charakter štrkových sedimentov. Ide o zahlinené štrky sivozelenej farby s obliakmi prevažne vulkanitov. Hrúbka štrkových polôh nepresahuje 1 m. Zdokumentovaná hĺbka výskytu súvrstvia neogénu pod povrchom je 2,8 (IGP-3) až 5,55 m (IGP1). Sedimenty podľa laboratórnych výsledkov patria v zmysle klasifikácie STN 72 1001 do tried F3, F6, F7 a G4.

Kvartér

Antropogénne navážky

Súvisia s budovaním ciest, násypov a spevnených plôch v intraviláne obce. Ide prevažne o silty konzistencie pevnej a tuhej, v ktorých sú v rôznom pomere zastúpené úlomky a obliaky skalných hornín, humusová prímes a zvyšky stavebných materiálov. Zdokumentovaná hrúbka navážiek dosahuje 0,05 (IGP-3) až 1,3 m (IGP-5).

Aluviálne sedimenty

Zdokumentované v okolí Mráznického potoka sú tvorené siltovitými štrkami hnedej, sivohnedej až sivej farby. Zdokumentovaná hrúbka sedimentov dosahuje 1,4 (IGP-0) až 1,85 m (IGP-5), hĺbka výskytu pod povrchom je 2,05 (IGP-5) až 3,8 m (IGP-1). Obliaky sú tvorené prevažne vulkanitmi, ktoré sú navetrané až silno zvetrané, stredne opracované, navzájom sa nedotýkajú. Priemerná veľkosť obliakov dosahuje 1 – 5 cm, miestami sa vyskytujú balvany andezitov s veľkosťou do 20 cm. Základná hmota je tvorená zahlineným hrubozrnným pieskom.

Podľa laboratórnych rozborov (klasifikácia STN 72 1001) patria zeminy do triedy G5.

Deluviálne sedimenty

Deluviálne sedimenty sú produktom premiestnenia zvetralinového plášťa po svahu vplyvom gravitačných síl. Zdokumentovaná hrúbka sedimentov dosahuje 1,5 m (IGP-0) až 4,2 m (IGP-2), hĺbka výskytu pod povrchom je 0,15 až 1,3 m.

Vo vrtoch IGP-0 až IGP-5 má delúvium charakter siltov a ílov s vysokou až strednou plasticitou. Farba zemín je prevažne hnedá, sivohnedá, sivozelená miestami sa vyskytujú

polohy hrdzavohnedej farby. Konzistencia zemín je prevažne pevná, v menšej miere tuhá. Miestami sa vyskytujú polohy s konzistenciou mäkkou. V sedimentoch sú prítomné navetrané až silno zvetrané obliaky a úlomky skalných hornín veľkosti 1-10 cm. Zriedkavo sú prítomné zdravé balvany andezitov s veľkosťou 20 až 100 cm. Obsah obliakov a úlomkov spravidla nepresahuje 5-10% objemu zeminy. V deluviálnych siltoch a íloch sa miestami vyskytujú polohy s prímiesou stredne až hrubozrnného piesku. Ich hrúbka spravidla nepresahuje 30 cm.

Deluviálne sedimenty podľa laboratórnych výsledkov patria v zmysle klasifikácie STN 72 1001 do tried F4, F5, F6 a G5.

4.1.3 Geotechnické vlastnosti zemín

Lokalita Veľká Lehôtká – ulica Remeselnícka

Zeminy kvartéru sú v území zosuvu zastúpené deluviálnymi sedimentmi. Na základe vykonaných laboratórnych rozborov môžeme zeminy reprezentujúce komplex deluviálnych sedimentov zaradiť (podľa STN 72 1001) do príslušných tried a priradiť im smerné charakteristiky uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 3: Smerné a laboratórne zistené charakteristiky deluviálnych sedimentov.

Označ. vzorky	Hĺbka [m]	Trieda zeminy	Index konzistencie I _c	Poisson. číslo ν	Súčiniteľ β	Obj. tiaž γ [kN.m ⁻³]	Modul pretvárnosti zákl. pôdy E _{def} [MPa]
IGR-1	1,1-1,2	F8CV	0,91	0,42	0,37	20,5	4-6
IGR-1	4,1-4,3	F7 MH	1,10	0,40	0,47	18,2	5-7
IGR-2	2,5-2,6	F7 ME	0,90	0,40	0,47	21,0	3-5
IGR-2	4,2-4,3	F7 ME	0,93	0,40	0,47	15,9	5-7
IGR-3	1,2-1,3	F7 ME	0,93	0,40	0,47	21,0	5-7

0,91 – hodnoty zistené laboratórnymi skúškami

Laboratórne určenie šmykovej pevnosti zemín a zistenie hodnôt objemovej tiaže zemín v prirodzenom uložení bolo realizované na vzorkách z vrtov IGR-1 (4,1-4,3), IGR-2 (4,2-4,3), IGR-3 (3,5-3,6).

Tabuľka č. 4: Vrcholové a reziduálne pevnosti zemín zistené laboratórnymi skúškami.

Označenie sondy	Hĺbka [m]	Trieda	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	ϕ_r [°]	c_r [kPa]
IGR-1	4,1-4,3	F7 MH	18,2	18,0	10,0	15,0
IGR-2	4,2-4,3	F7 ME	14,6	25,0	9,5	5,0
IGR-3	3,5-3,6	F7 MV	17,9	19,0	9,4	18,0

Na základe vykonaných laboratórnych rozborov môžeme zeminy reprezentujúce komplex neogénnych sedimentov zaradiť (podľa STN 72 1001) do príslušných tried a priradiť im smerné charakteristiky uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 5: Smerné a laboratórne zistené charakteristiky neogénnych sedimentov.

Označ. vzorky	Hĺbka [m]	Trieda zeminy	Index konzistencie I _c	Poisson. číslo ν	Súčiniteľ β	Obj. tiaž γ [kN.m ⁻³]	Modul pretvárnosti zákl. pôdy E _{def} [MPa]
IGR-3	3,5-3,6	F7 MV	1,19	0,4	0,47	17,5	5-7

1,19 – hodnoty zistené laboratórnymi skúškami

Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Podhorská

Zeminy kvartéru sú v území zosuvu zastúpené deluviálnymi sedimentmi. Na základe vykonaných laboratórnych rozborov môžeme zeminy reprezentujúce komplex deluviálnych sedimentov zaradiť (podľa STN 72 1001) do príslušných tried a priradiť im smerné charakteristiky uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 6: Smerné a laboratórne zistené charakteristiky deluviálnych sedimentov.

Označenie vzorky	Hĺbka [m]	Trieda zeminy	Index konzistencie I_c	Poisson. číslo ν	Súčiniteľ β	Obj. tiaž γ [kN.m ⁻³]	Modul pretvárnosti zákl. pôdy E_{def} [MPa]
IGP-0	2,4-2,5	F6 CI	0,64	0,40	0,47	21,0	4-6
IGP-1	4,8-4,9	G5 GC Cb	-	0,30	0,74	19,5	40-60
IGP-1	5,5-5,6	F7 ME	0,74	0,40	0,47	15,4	3-5
IGP-2	3,0-3,2	F4 CS	0,69	0,35	0,62	18,5	4-6
IGP-3	2,4-2,5	G5 GC	-	0,30	0,74	20,2	40-60
IGP-4	2,3-2,4	F5 MI	0,97	0,40	0,47	19,2	5-8
IGP-5	3,5-3,6	G5 GC Cb	0,97	0,30	0,74	19,5	40-60
IGP-5	4,6-4,7	G4 GM	-	0,30	0,74	20,2	60-80

0,64 – hodnoty zistené laboratórnymi skúškami

Laboratórne určenie šmykovej pevnosti zemín a zistenie hodnôt objemovej tiaže zemín v prirodzenom uložení bolo realizované na vzorkách z vrtov IGP-1 (5,5-5,6), IGP-2 (5,3-5,4), IGP-3 (2,4-2,5), IGP-4 (2,3-2,4), IGP-5 (4,6-4,7).

Tabuľka č. 7: Vrcholové a reziduálne pevnosti zemín zistené laboratórnymi skúškami.

Označenie sondy	Hĺbka [m]	Trieda	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	φ_r [°]	c_r [kPa]
IGP-1	5,5-5,6	F7 ME	17,2	16,0	8,7	17,0
IGP-2	5,3-5,4	F3 MS	11,9	26,0	8,4	11,0
IGP-3	2,4-2,5	G5 GC	31,1	2,0	26,2	0
IGP-4	2,3-2,4	F5 MI	20,0	13,0	14,3	11,0
IGP-5	4,6-4,7	G4 GM	22,7	5,0	19,5	2,0

Na základe vykonaných laboratórnych rozborov môžeme zeminy reprezentujúce komplex neogénnych sedimentov zaradiť (podľa STN 72 1001) do príslušných tried a priradiť im smerné charakteristiky uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č.8: Smerné a laboratórne zistené charakteristiky neogénnych sedimentov.

Označ. vzorky	Hĺbka [m]	Trieda zeminy	Index konzistencie I_c	Poisson. číslo ν	Súčiniteľ β	Obj. tiaž γ [kN.m ⁻³]	Modul pretvárnosti zákl. pôdy E_{def} [MPa]
IGP-0	4,2-4,3	F7 MV	0,91	0,40	0,47	21,0	5-7
IGP-2	5,3-5,4	F3 MS	0,87	0,35	0,62	17,3	5-8
IGP-3	4,5-4,6	F6 CI	0,23	0,40	0,47	21,0	1,5
IGP-4	5,4-5,5	F6 CI	0,90	0,40	0,47	21,0	3-6

0,91 – hodnoty zistené laboratórnymi skúškami

4.1.4 Opis zosuvov, geologické a hydrogeologické pomery v území zosuvu

Lokalita Veľká Lehôtka - ulica Remeselnícka

Hodnotené zosuvné územie sa nachádza v lokalite Veľká Lehôtka – ulica Remeselnícka. Zosuvy v lokalite Remeselnícka sa nachádzajú na juhozápadnom svahu ohraničenom ulicami Remeselnícka – Podhorská a svahoch upadajúcich na severovýchod od ulice Remeselnícka (príloha 4.1 B1).

Zosuv na juhozápadnom svahu ulice Remeselníčka

Lokalita zasahuje do územia stabilizovaného plošného zosuvu, ktorý je vyvinutý západných až juhozápadných svahoch intravilánu obce. Aktívny zosuv vyvinutý na juhozápadnom svahu má rozmery cca 90 x 100 m.

V hodnotenom zosuvnom území sa vyskytuje svahová deformácia typu zosúvania - zosuv plošného tvaru, v kombinácii so zosuvom prúdového tvaru. Zosuv sa vyvinul na svahu tvorenom deluviálnymi, prevažne plastickými ílmi a siltmi s hrúbkou 3,5 až 8 m.

Hrúbku zosuvných más aktívneho zosuvu odhadujeme na základe realizovaných prác na 3,2 až 4,2 m. V marci 2013 došlo k pohybu zosuvného svahu, pričom došlo k vážnemu poškodeniu rodinného domu č. 25 a č. 23 nachádzajúcich sa v odľučnej oblasti zosuvu, poškodeniu domu č. 67 v akumuláčnej časti zosuvu na ulici Podhorská, miernemu až vážnemu poškodeniu objektov rodinných domov a komunikácií v celom území aktívneho zosuvu. Aktivizácia zosuvu nevytvorila typickú odľučnú oblasť zo zreteľnými otvorenými trhlinami. Jej existencia bola identifikovaná podľa ťahových trhlín lokalizovaných v konštrukčných prvkoch rodinných domov č. 25, 27, 23, 21. Odľučná časť dosahuje dĺžku cca 80 m. Dĺžka zosuvu meraná po spádnici svahu dosahuje cca 100 m.

Čelo zosuvu zasahuje do okraja komunikácie na ulici Podhorská. Na jeho formovanie a výsledný tvar pravdepodobne vplývalo aj konštrukčné riešenie základových konštrukcií objektov rodinných domov (č. 65, 67, 71), situovaných na ulici Podhorská. Objekty č. 65 a 71 majú masívne základy vystrojené drenážnym prvkom odvádzajúcim podzemné vody smerom k päte svahu, objekty spôsobili zastavenie pohybu zosuvných más. Objekt domu č. 67 nebol schopný zastaviť pohyb zosuvných más, ktorých tlak bol v mieste jeho pôdorysu najvyšší, došlo k jeho poškodeniu vplyvom nerovnomerného vyzdvihnutia a posunu (obr. č. 6b).

V zosuvnom svahu sa aj v čase prieskumu nachádzal súvislý zvodnený horizont. Podzemná voda je viazaná na deluviálne sedimenty v ktorých prúdi priepustnejšími polohami s vyšším obsahom úlomkov hornín. Vody infiltrujú do územia pravdepodobne prostredníctvom vodovodného privádzača umiestneného pod povrchom ulice Remeselníčka. Časť zrážkových a splaškových vôd infiltruje do podlažia priamo v záhradách a dvoroch zastavaných častí zosuvného územia. Počas prieskumných prác sme v území vykonávali režimové pozorovanie hladín podzemných vôd na vystrojených vrtoch.

Tabuľka č. 9: Režimové pozorovania hladín podzemnej vody, ulica Remeselníčka.

Dátum merania	Hĺbka ustálenej hladiny, meraná od úrovne terénu [m]		
[rok 2013]	IGR-1	IGR-2	IGR-3
23. jún	5,40	1,91	0,91
27. jún	5,21	1,62	0,75
1. júl	5,15	1,63	0,70
11. júl	5,28	1,88	0,93

Z dokumentácie vrtu IGR-3 je zrejmé, že v akumuláčnej časti zosuvu sa nachádza napätý horizont podzemnej vody. Vrt je lokalizovaný v susedstve potoka, napriek tomu nezdokumentoval žiadne polohy aluviálnych sedimentov. Predpokladáme, že geologická stavba v tejto časti územia je ovplyvnená existenciou akumulácie stabilizovaného prúdového zosuvu veľkých rozmerov, ktorého odľučná časť je lokalizovaná na svahoch južne od obce Veľká Lehôtka (lokalita Veľkolehotianske lúky). Čelo akumulácie zosuvu zasahuje do priestoru ulice Podhorská, jeho morfológické znaky sú v konfigurácii ulice zreteľné. Zeminy akumulácie (silty, íly) sa vyznačujú nízkou priepustnosťou a spomaľujú prúdenie podzemnej vody z územia aktívneho zosuvu do potoka Mrázniča.

Zosuvy na severozápadných svahoch ulice Remeselnícka

V území uvedených svahových deformácií neboli realizované prieskumné vrty, lokality neboli registrované pri navrhovaní rozsahu prieskumných prác. Opis zosuvov je vypracovaný na základe terénnej obhliadky. Pre podrobnejšie zistenie charakteru parametrov zosuvov v tejto lokalite je potrebná realizácia ďalších prieskumných prác.

Do svahov lokality čiastočne zasahuje plošný stabilizovaný zosuv vyvinutý nad eróznou ryhou bezmenného potoka. V území nad odľučnou časťou zosuvu smerom k ulici Remeselnícka sú vyvinuté tri svahové deformácie typu zosúvania (zosuvy plošného tvaru), ktorých odľučné časti zasahujú objekty rodinných domov situovaných na severovýchodnom okraji ulice Remeselnícka.

Zosuvy sa vyvinuli na svahu tvorenom deluviálnymi, prevažne plastickými ílmi a siltmi. Šírka zosuvov dosahuje cca 25 až 60 m, dĺžka cca 90 až 100 m. Ide o zosuvy v počiatočnom štádiu pohybu, s rýchlosťou pohybu cm/rok. Morfológické prejavy zosuvov sú nevýrazné, ich existenciu je možné sledovať len podľa deformácií na objektoch ulice (domy č. 66, 60, 56, 54, 52, 38, 34). Vo väčšine prípadov ide o poruchy na obvodových stenách, vnútorných priečkach objektov prejavujúce sa vo forme otvorených puklín so šírkou do 5 cm, poruchy na chodníkoch, základoch oplotenia, dvorových bránach, prejavujúce sa vychýlením a popraskaním (obr. č. 8).

Agresivita podzemnej vody na oceľ a betón

Laboratórna analýza vzorky podzemnej vody odobratej z inžinierskogeologického vrtu IGR-2 (horizont podzemnej vody v deluviálnych sedimentoch) bola zameraná na posúdenie agresívneho pôsobenia na stavebniny z betónových a oceľových konštrukcií. Agresivita podzemnej vody bola stanovená a zhodnotená podľa postupov uvedených v *STN EN 206-1 (73 2403)*, *STN 03 8375* a *STN 03 8361*. Protokol o skúške a chemický rozbor sa nachádzajú v prílohe C3.

Agresivita podzemných vôd na betónové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (SO_4^{2-} , Mg^{2+} , NH_4^+ , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN EN 206-1* vyplýva, že podzemná voda v záujmovom území vytvára na betónové konštrukcie **slabo agresívne chemické prostredie XA1** v dôsledku zvýšeného obsahu SO_4^{2-} . Zvýšený obsah síranov (227 mg.l^{-1}) poukazuje na síranovú koróziu, preto je potrebné použiť pri sanácii geologického prostredia cementy odolné v tomto type agresívneho prostredia.

Agresivita na oceľové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (elektrolytická vodivosť, obsah SO_3+Cl , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN 03 8375* vyplýva, že podzemná voda záujmového územia spôsobuje v dôsledku vysokej elektrolytickej vodivosti a vysokému sumárnemu obsahu SO_3+Cl **veľmi vysokú agresivitu prostredia na oceľové konštrukcie (IV.)**. Všetky oceľové telesá, ktoré budú uložené v zemi a prídu do styku s podzemnou vodou, treba chrániť ochranou, ktorá zodpovedá prostrediu s veľmi vysokou agresivitou.

Oceľové konštrukcie uložené pod hladinou podzemnej vody vyžadujú zosilnenú izoláciu. Najrozšírenejším druhom pasívnej ochrany sú izolácie bitúmenové, z plastov a špeciálne (epoxi, epoxidecht, polyuretán a pod.).



a,



b,

Obr. č. 6: Poškodenie objektov rodinných domov (a, dom č. 21 v odlučnej časti zosuvu, b, dom č. 67 v akumuláčnej časti zosuvu)

A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 7: Objekt vodovodného privádzača (a, voda v telese privádzača v susedstve domu č. 25, b, vodojem situovaný juhovýchodne od ulice Remeselníčka)

A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,



c,



d,

Obr. č. 8: Poškodenie objektov rodinných domov v odľučnej časti zosuvu (a, dom č. 38, b, dom č. 54, c, dom č. 56, d, oploenie domu č. 60)

A. Ilkanič, jún 2013.



Obr. č. 9: Komunikácie privádzajúce povrchové vody do ulice Remeselnícka

A. Ilkanič, jún 2013.

Lokalita Veľká Lehôtka - ulica Podhorská

Hodnotené zosuvné územie v lokalite Veľká Lehôtka - ulica Podhorská sa nachádza na plochom, severne orientovanom svahu. V hodnotenom zosuvnom území sa vyskytuje svahová deformácia typu zosúvania. Územie zasiahnuté zosuvom má dosahuje šírku 30 až 90 m, dĺžku cca 480 m. Deformácia pozostáva z kombinácie aktívnych zosuvov prúdového a plošného tvaru. Zosuv sa vyvinul na svahu tvorenom prevažne ílmi až flovcami v ktorých nadloží sa nachádzajú deluviálne a aluviálne sedimenty s hrúbkou 1,8 až 4,2 m (delúviá) 1,4 – 1,85 m (alúviá).

Príčinou vzniku zosuvov v geologickej minulosti (stabilizovaný prúdový zosuv) bola erózna činnosť potoka, vztlakové účinky podzemných vôd pritekajúce do územia po povrchu z okolitých svahov i vody infiltrované v prostredí vulkanoklastík lokalizovaných nad zosuvným územím (kap. 4.1.5).

V marci 2013 došlo k aktivizácii časti zosuvného svahu, pričom došlo k hromadeniu zosuvných zemín v priestore objektov domov č. 80 a 82, 83 a 79 (obr. č. 10b, č. 11b). Predpokladáme, že vznik zosuvu prebiehal postupne. Ako prvý sa v území aktivoval prúdový zosuv s odľučnou časťou situovanou do severného okraja násypu futbalového areálu. Ide o prúdový zosuv s dĺžkou cca 180 až 220 m so šmykovou plochou plochého až mierne zvlneného tvaru, situovanou v hĺbke cca 4 – 5,7 m. Zosuv postihol deluviálne a aluviálne sedimenty kvartéru a časť sedimentov neogénu (príloha 4.2 B1). K vzniku zosuvu došlo najmä v dôsledku intenzívnych prítokov povrchových vôd z plochy futbalového areálu, podzemných vôd prenikajúcich do územia zo severného okraja násypu areálu a povrchových vôd zo zamokrených častí záhrad domu č. 92). Porušenie stability svahu sa prejavili vznikom ďalších svahových deformácií situovaných vo svahu nad prúdovým zosuvom. Vznikol plošný zosuv (zasahujúci rodinné domy č. 86 až 96 lokalizovaný v území medzi okrajom futbalového areálu a ulicou Podhorská) s rozmermi cca 70 x 160 m, so šmykovou plochou zasahujúcou cca 3 až 3,7 m. Súčasne severovýchodne, v území medzi komunikáciou ulice Podhorská a potokom Mráznička došlo k vzniku plošného zosuvu s rozmermi cca 50 x 90 m. Následne v území medzi vrtom IGP-3 a domom č. 9 lokalizovanom na ulici Vrchárska došlo k aktivovaniu plytkého prúdového zosuvu s dĺžkou cca 150 m a šírkou cca 30 až 40 m, so šmykovou plochou v hĺbke cca 2 – 2,5. Zosuv je vyvinutý v deluviálnych sedimentoch, nezasahuje do sedimentov neogénu. V akumuláčnej časti uvedenej deformácie sa smerom k východnému cípu futbalového areálu vyvinul prúdový zosuv malých rozmerov (cca 10 x 40 m), ktorý odľučnou časťou poškodil prevádzku pizzerie.

Prieskumnými prácami bol vo svahu zdokumentovaný súvislý zvodnený horizont. Podzemná voda je viazaná na deluviálne sedimenty v ktorých prúdi smerom k alúviu potoka polohami delúvií s obsahom piesčitej frakcie, úlomkov a obliakov. Vody do územia aktívneho zosuvu infiltrujú zo zamokrených území a pramenísk, situovaných do priestoru križovania ulíc Podhorská a Vrchárska. Časť vôd prestupuje do delúvií z prostredia blokových polí tvorených vulkanoklastikami. Priamo v území aktívneho zosuvu infiltrujú vody z areálu futbalového areálu. V čase intenzívnych zrážok pritekajú a infiltrujú do územia povrchové vody smerované z ulíc Mrázničná a Podhorská (príloha 4.2 B1).

Pri päte svahu vstupuje prúdiaca podzemná voda do aluviálnych štrkovo - piesčitých sedimentov, mieša sa s horizontom podzemnej vody viazanej na aluviálne sedimenty. Počas prieskumných prác boli v území realizované režimové pozorovania hladín podzemných vôd vo vystrojených vrtoch a prístupných domových studniach.

Tabuľka č. 10: Režimové pozorovania hladín podzemnej vody, ulica Podhorská.

Dátum merania [rok 2013]	Hĺbka ustálenej hladiny podzemnej vody meraná vo vrtoch od úrovne terénu [m]						
	IGP-0	IGP-1	IGP-2	IGP-3	IGP-4	IGP-5	
19. jún 2013	2,98	4,1	2,1	1,85	1,47	1,43	
27. jún 2013	2,95	4,05	1,28	1,40	1,35	1,20	
1. júl 2013	3,10	3,98	1,52	1,43	1,40	1,35	
11. júl 2013	3,18	4,08	2,06	1,60	1,49	1,32	
Dátum merania [rok 2013]	Hĺbka ustálenej hladiny podzemnej vody meraná v studniach od úrovne terénu [m]						
	Studňa č. 9a	č. 9b	č. 102	č. 104	č. 96	č. 792	č. 82
27. jún 2013	0,93	0,50	1,40	2,02	1,11	2,81	1,02
1. júl 2013	1,02	0,55	1,42	2,13	1,24	2,88	1,12
11. júl 2013	1,09	0,57	1,56	2,26	1,31	3	1,17

Pri päte svahu vstupuje prúdiaca podzemná voda do aluviálnych štrkovo - piesčitých sedimentov, mieša sa horizontom podzemnej vody viazanej na aluviálne sedimenty. Aluviálne sedimenty (štrky) sú v území ohraničenom objektom č.79, kostolom a Mráznickým potokom v podloží i v nadloží ohraničené polohami ílov a siltov s nízkou priepustnosťou (IGP-0, IGP-5). V území križovania ulíc Podhorská a Uhlištná boli aluviálne sedimenty čiastočne zatlačené zosuvnými zeminami stabilizovaného prúdového zosuvu. Podzemná voda pritekajúca po šmykových plochách do čela aktívneho zosuvu i voda pritekajúca z vyššie položených polôh aluviálnych sedimentov je v tejto časti územia ohraničená sedimentmi s nízkou priepustnosťou. Dochádza k jej hromadeniu sa v aluviálnych štrkových sedimentoch a vzniku napätého horizontu (pozri údaje h.p.v. vrt IGP-5, príloha 4.2 C1). Existencia napätého horizontu vysvetľuje nepretržité vyvieranie podzemnej vody do priestoru asphaltovej komunikácie na ulici Podhorská (obr. č. 14). Existencia napätého horizontu podzemnej vody v čele aktívneho zosuvu výrazne znižuje stabilitu zemín.

Agresivita podzemnej vody na oceľ a betón

Laboratórna analýza vzorky podzemnej vody odobratej z inžinierskogeologického vrtu IGP-1 (horizont podzemnej vody v deluviálnych sedimentoch) bola zameraná na posúdenie agresívneho pôsobenia na stavebniny z betónových a oceľových konštrukcií. Agresivita podzemnej vody bola stanovená a zhodnotená podľa postupov uvedených v *STN EN 206-1 (73 2403)*, *STN 03 8375* a *STN 03 8361*. Protokol o skúške a chemický rozbor sa nachádzajú v prílohe C3.

Agresivita podzemných vôd na betónové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (SO_4^{2-} , Mg^{2+} , NH_4^+ , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN EN 206-1* vyplýva, že podzemná voda v záujmovom území vytvára na betónové konštrukcie **neagresívne chemické prostredie**.

Agresivita na oceľové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (elektrolytická vodivosť, obsah SO_3+Cl , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN 03 8375* vyplýva, že podzemná voda záujmového územia spôsobuje v dôsledku vysokej elektrolytickej vodivosti **veľmi vysokú agresivitu prostredia na oceľové konštrukcie (IV.)**. Všetky oceľové telesá, ktoré budú uložené v zemi a prídu do styku s podzemnou vodou, treba chrániť ochranou, ktorá zodpovedá prostrediu s veľmi vysokou agresivitou.



a,



b,

Obr. č. 10: Poškodené objekty domov na ulici Podhorská (a, dom č. 100, b, dom č. 82)
A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 11: Poškodené objekty domov na ulici Podhorská (a, dom č. 91, b, dom č. 80)
A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 12: Povrchové vody (a, dažďové vody vypúšťané na povrch – chatová osada Viničky,
b, neudržiavaný obvodový rigol komunikácie na ulici Podhorská)
A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 13: Komunikácie privádzajúce povrchové vody do územia aktívneho zosuvu (a, pokračovanie ulice Vrchárska, b, križovanie ulíc Podhorská - Mrázničná)
A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 14: Vyvieranie podzemných vôd v akumuláčnej časti zosuvu – ul. Podhorská
A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 15: Ulica Podhorská (a, deformácia komunikácie v akumuláčnej časti zosuvu, b, vypúšťanie odpadových vôd priamo na ulicu)
A. Ilkanič, jún 2013.

Oceľové konštrukcie uložené pod hladinou podzemnej vody vyžadujú zosilnenú izoláciu. Najrozšírenejším druhom pasívnej ochrany sú izolácie bitúmenové, z plastov a špeciálne (epoxi, epoxidecht, polyuretán a pod.).

4.1.5 Analýza príčin vzniku zosuvu

Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Remeselnícka

Zosuv na juhozápadnom svahu ulice Remeselnícka

Prejavy aktívneho zosuvu vo forme nevýrazných prasklín na objektoch boli zaznamenané v období 2010 – 2011. Maximálne prejavy aktivity zosuvu boli zaznamenané v marci 2013. Hlavné príčiny vzniku zosuvu:

- geologická stavba priaznivá pre vznik zosuvov,
- nevhodný antropogénny zásah (výstavba vodovodného privádzača),
- opakujúce sa poruchy na vodovodnom privádzači,
- nevhodné nakladanie s povrchovými a splaškovými vodami,
- obdobie zrážok výrazne prekračujúcich dlhodobý priemer (november 2012 – marec 2013).

Lokalita Veľká Lehôtka - ulica Remeselnícka zasahuje do územia stabilizovaného plošného zosuvu veľkých rozmerov, ktorý je vyvinutý západných až juhozápadných svahoch intravilánu obce zvažujúcich sa smerom k Mráznického potoku (MALGOT, BALIAK, MAHR, 1983). Ide o nestabilné územie, v ktorom k vzniku aktívnych zosuvov dochádza spravidla vplyvom nevhodných antropogénnych zásahov v kombinácii s extrémnymi prírodnými faktormi.

Ulica Remeselnícka leží na hrebeni svahov, ktoré od nej upadajú smerom na juh - juhozápad a severo – severovýchod. Priamo do ulice je zo svahu nachádzajúceho sa na juhovýchod vedený vodovodný privádzač. Podľa informácií obyvateľov ulice je privádzač umiestnený vo výkope vyplnenom drveným kamenivom. Teleso výkopu vyplnené kamenivom plní funkciu drénu, ktorý privádza zachytené povrchové a podzemné vody z juhovýchodných svahov do priestoru ulice. Potrubie privádzača je tvorené liatinovými rúrami, ktorých segmenty sú spájané prírubami. Počas prevádzky privádzača dochádza pravidelne k poruchám spojených s netesnosťou potrubia. Pri obnažení výkopu privádzača pred porušeným domom č. 25, bola v obsype potrubia prítomná voda, ktorá vyplňala pôvodný výkop do úrovne 0,5 m pod asfaltovým povrchom ulice (obr. č. 7).

Konštrukčné riešenie vodovodného privádzača je pravdepodobne hlavným faktorom spôsobujúcim hromadenie vody v priestore Remeselníckej ulice. Steny výkopu tvorené zeminami s nízkou priepustnosťou umožňujú hromadenie vôd. Voda akumulovaná v telese privádzača infiltruje do podlažia v odľučnej časti zosuvu, preniká do šmykových zón a znižuje stabilitu svahu.

Do územia ulice priteká počas intenzívnych zrážok časť vôd nahromadených na komunikáciách, ktoré sú pokračovaním ulice v smere na juhovýchod (obr. č. 9). Konfigurácia ciest umožňuje sústreďovanie povrchových vôd smerom do zastavaných častí ulice. V tomto území je v súčasnosti realizovaná aj výstavba rodinných domov. Terénne úpravy spojené s výstavbou spôsobili zasypanie časti povrchových kanálov, ktorými boli odvádzané vody severozápadným smerom.

Ďalším faktorom spôsobujúcim infiltráciu a hromadenie vôd v podlaží posudzovaného územia je infiltrácia zrážkových a časti splaškových vôd do podlažia zosuvného územia. Ulica

Remeselnícka nemá vybudovaný efektívny kanalizačný systém likvidácie splaškových a zrážkových vôd.

Zosuvy na severozápadných svahoch ulice Remeselnícka

Lokalita ulica Remeselnícka severozápadné svahy susedí s územím stabilizovaného plošného zosuvu a stabilizovaného prúdového zosuvu, ktorých akumulčné časti zasahujú do eróznej ryhy v údolí bezmenného potoka. Aj v tomto prípade ide o nestabilné územie, v ktorom k vzniku aktívnych zosuvov dochádza spravidla vplyvom nevhodných antropogénnych zásahov v kombinácii s extrémnymi prírodnými faktormi.

Prejavy aktívnych zosuvov boli podobne ako na predchádzajúcej lokalite zaznamenané v období 2010 – 2011, maximálne prejavy aktivity zosuvu boli zaznamenané v marci 2013. Hlavné príčiny vzniku zosuvov sú v podstate zhodné s lokalitou na juhozápade ulice. Pre podrobnejšie objasnenie príčin vzniku zosuvov bude potrebné zdokumentovať stav aktívnej eróznej ryhy v údolí bezmenného potoka, i prípadné prejavy nestability a zmeny hydrologického režimu v dolnej polovici svahov nachádzajúcich sa v prostredí stabilizovaných zosuvov.

Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Podhorská

Nevýrazné prejavy aktívneho zosuvu prejavujúce sa tenkými prasklinami na objektoch boli zaznamenané v období 2010 – 2011. Maximálne prejavy aktivity zosuvu boli zaznamenané v marci 2013. Hlavné príčiny vzniku zosuvu:

- geologická stavba priaznivá pre vznik zosuvov,
- výrazný zásah do pôvodnej morfológie územia (výstavba futbalového areálu, výstavba záhradkárskej osady Viničky, ...),
- nevhodné hospodárenie s povrchovými a splaškovými vodami,
- dnová a bočná vodná erózia koryta Mráznického potoka,
- obdobie zrážok výrazne prekračujúcich dlhodobý priemer (november 2012 – marec 2013),
- seizmické otrasy spôsobené ťažkou nákladnou dopravou.

Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Podhorská leží v území stabilizovaného prúdového zosuvu veľkých rozmerov, ktorý je vyvinutý na oboch brehoch Mráznického potoka (MALGOT, BALIAK, MAHR, 1983). Odlučná oblasť stabilizovaného zosuvu sa nachádza južne od obce v lokalite Veľkolehotianske lúky. Akumulačná časť zasahuje územie severozápadného okraja intravilánu obce Veľká Lehôtka. Ide o nestabilné územie, v ktorom k vzniku aktívnych zosuvov dochádza spravidla vplyvom nevhodných antropogénnych zásahov v kombinácii s extrémnymi prírodnými faktormi. Vznik aktívneho zosuvu v lokalite Podhorská je príkladom uvedenej kombinácie.

Zosuvom postihnutá časť ulice Podhorská leží na plochom, severne orientovanom svahu. V minulosti bola morfológia svahu výrazne zmenená antropogénnou činnosťou. Ide predovšetkým o výstavbu areálu futbalového ihriska, a výstavbu komunikácií na uliciach Podhorská, Vrchárska a Mrázničná. Výstavba areálu futbalového ihriska okrem vybudovania zárezu a násypu veľkých rozmerov spôsobila zmenu hydrologických a hydrogeologických pomerov územia. V území sa pred výstavbou nachádzal systém odvodňovacích kanálov, ktorý bol výstavbou areálu prekrytý bez vybudovania drenážneho systému. Výstavba areálu prispela k zvýšenej infiltrácii i k zadržiavaniu a hromadeniu povrchových vôd v území zosuvného svahu. Výstavba asphaltových komunikácií realizovaná s nedostatočným odvedením zrážkových vôd spôsobuje hromadenie a masívne vtekanie zrážkových vôd do územia aktívneho zosuvu z ulíc Podhorská, Vrchárska a Mrázničná (obr. č. 13). Najmä konfigurácia

komunikácie z pokračovania ulice PodhorskáVrchárska spôsobuje v čase zrážok pritekanie významného množstva zrážkových vôd sústredených na úseku dlhom niekoľko 100 m (obr. č. 13a).

V území aktívneho zosuvu sa nachádzajú objekty rodinných domov i objekty záhradkárskej osady. Pri výstavbe osady neboli zohľadnené podmienky výstavby v zosuvnom území. Opäť došlo k zmene hydrologických pomerov vplyvom presmerovania, prípadne zlikvidovania existujúcich odvodňovacích kanálov. V území nebola vybudovaná kanalizácia pre odvádzanie splaškových a dažďových vôd. Vody sa likvidujú prevažne vsakovaním a vypúšťaním cez trativody (obr. č. 12a, obr. č. 15b).

Asfaltová komunikácia ulice nemá vybudovaný obvodový rigol schopný odvádzať vody z komunikácie bez infiltrácie do podlažia. Vody z asfaltovej komunikácie infiltrujú pozdĺž jej okrajov, z priestoru poškodeného rigola do podlažia v území aktívneho zosuvu (obr. č. 12b).

V území aktívneho zosuvu sa nachádza množstvo prameňov a zamokrených častí, z ktorých vody bez možnosti rýchleho odtoku infiltrujú do podlažia.

Nevhodné hospodárenie s vodami spôsobuje infiltráciu vôd smerom k existujúcim šmykovým plochám. V málo priepustnom prostredí deluviálnych, prevažne ílovitých sedimentov nedochádza k rýchlemu odtečeniu podzemných vôd. Vody svojimi vztakovými účinkami výrazne znižujú stabilitu svahu, v území dochádza k pohybu horninových más.

Mráznický potok preteká okrajom a akumuláciou aktívneho zosuvu v úseku dlhšom ako 200 m. Jeho brehy a dno sú nedostatočne zabezpečené proti vodnej erózii. Počas vysokých prietokov v potoku dochádza k pôsobeniu dnovej a bočnej erózie, ktorá nepriaznivo ovplyvňuje stabilitu pri päte zosuvných svahov.

V lesoch situovaných nad obcou prebiehala v prvej polovici roka 2013 intenzívna ťažba dreva. Ulica Podhorská je často nadmerne zaťažovaná ťažkou nákladnou dopravou. Zlý stav komunikácie (zvlnený povrch, výtlky, podmáčanie podlažia), spôsobuje vznik seizmických otrasov počas prejazdu ťažkých nákladných súprav dolu svahom. Otrasy je možné vizuálne sledovať v miestnostiach objektov susediacich s komunikáciou. Orientácia horizontálnej zložky otrasov podporuje pohyb zosuvných más v území plošného zosuvu ohraničeného komunikáciou a potokom Mráznica (domy č. 91, 93, 95).

4.1.6 Stabilitné výpočty

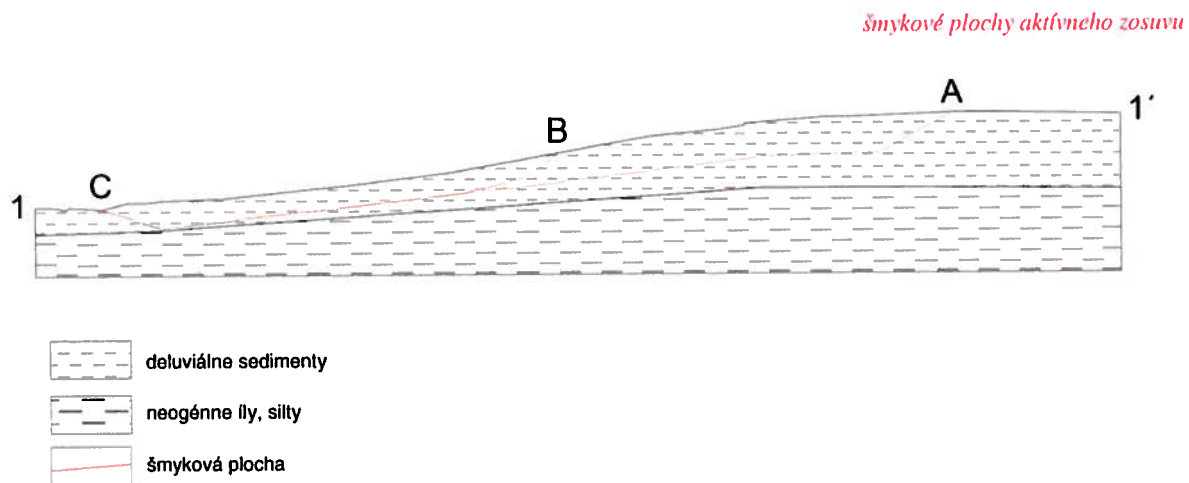
Lokalita Veľká Lehôtká - ulica Remeselnícka

Posúdenie stupňa stability svahov bolo realizované s použitím výpočtového programu Geo5 – stabilita svahu (Fine spol s r.o.) metódami medznej rovnováhy (Sarma, Spencer), klasickým výpočtom.

Vstupnými dátami boli:

- morfológia terénu,
- geologické rozhrania,
- tvar šmykovej plochy,
- hladina podzemnej vody,
- fyzikálno-mechanické vlastnosti vrstiev tvoriacich svah.

Stabilitná analýza bola vykonaná na vykreslenom inžinierskogeologickom reze 1–1', ktorý prechádza najviac porušenou zónou svahovej deformácie (príloha 4.1.B1). Pre potreby stabilitnej analýzy je rez čiastočne schematizovaný. Posúdenie rovnováhy pasívnych a aktívnych síl bolo vykonané na dvoch šmykových plochách hodnotených ako aktívne.



Obr. č. 16: Schematizovaný rez 1-1' použitý pri stabilitnej analýze.

Ako vstupné údaje sú použité priemerné parametre odvodené z laboratórnych rozborov a skúšok na vzorkách odobratých z vrtných jadier prieskumných vrtov (IGR-1, IGR-2, IGR-3).

Tabuľka č. 11: Fyzikálno-mechanické charakteristiky zosuvných delúvií použité ako vstupné parametre.

Zeminy	Triedy podľa STN 72 1001	Objemová tiaž γ [kN.m ⁻³]	efektívne parametre			
			vrcholová pevnosť		reziduálna pevnosť	
			uhol vnútorného trenia ϕ_{ef} [°]	súdržnosť zeminy c_{ef} [kPa]	uhol vnútorného trenia ϕ_r [°]	súdržnosť zeminy c_r [kPa]
Deluviálne silty	F7	17,2	16,9	20,7	9,6	12,7

Okrem fyzikálnych vlastností deluviálnych zemín, ktoré na základe priemerných výsledkov laboratórnych rozborov zaradíme generálne do triedy F7, sú pre stabilitnú analýzu podstatné parametre šmykovej pevnosti. Ak je svah už porušený, čo zodpovedá stavu počas tohto prieskumu realizovanému niekoľko mesiacov po aktivizácii pohybov, pri výpočtoch sa používajú reziduálne hodnoty pevnosti (ϕ_r a c_r).

Objemovú tiaž nasýtenej zeminy sme vypočítali z objemovej tiaže zemín v prirodzenom uložení, objemovej tiaže suchej zeminy a pórovitosti.

Hladina podzemnej vody (vztlak)

V čase realizácie prieskumných prác (jún, júl) bolo pomerne suché obdobie a hladina podzemnej vody sa nachádzala výrazne hlbšie ako to bolo na jar 2013.

V ďalšom kroku bola posúdená stabilita svahu simulujúci stav opätovných extrémnych klimatických podmienok a enormného nasýtenia deluviálnych zemín. V tomto prípade sme do výpočtov stability svahu s aktívnou šmykovou plochou zadávali zníženú hodnotu konzistencie zemín (zvolili sme tuhú až mäkkú konzistenciu), polovičnú hodnotu uhla vnútorného trenia a nulovú súdržnosť. Z výsledkov stabilitnej analýzy (tabuľka č.12) je zrejmé, že svah v línii hodnoteného rezu je dostatočne stabilný, resp. bol stabilný v čase realizácie prieskumných prác.

Tabuľka č.12: Stabilita svahu s použitím reziduálnych a predpokladaných parametrov.

rez	šmyková zóna	klasický výpočet stupňa bezpečnosti F_s *			
		reziduálne parametre		predpokladané parametre	
		Sarma	Spencer	Sarma	Spencer
1-1'	aktívna A-C	3,51	3,1	1,20	1,31
	aktívna B-C	2,23	1,9	1,12	1,08

* Hranica rovnováhy stability svahu ako pomer pasívnych a aktívnych síl je rovná hodnote 1,0 ($F_s = 1$), avšak v praxi sa používajú hodnoty stupňa stability o niečo vyššie, napr. podľa STN 73 6101 „Projektovanie ciest a diaľnic“ $F_{s, min} = 1,5$ (v súdržných zeminách pri použití vrcholovej pevnosti) a $F_{s, min} = 1,15$ (v súdržných zeminách pri použití reziduálnej pevnosti).

Pri znížení pevnostných parametrov zemín dochádza k výraznému zníženiu stupňa bezpečnosti F_s .

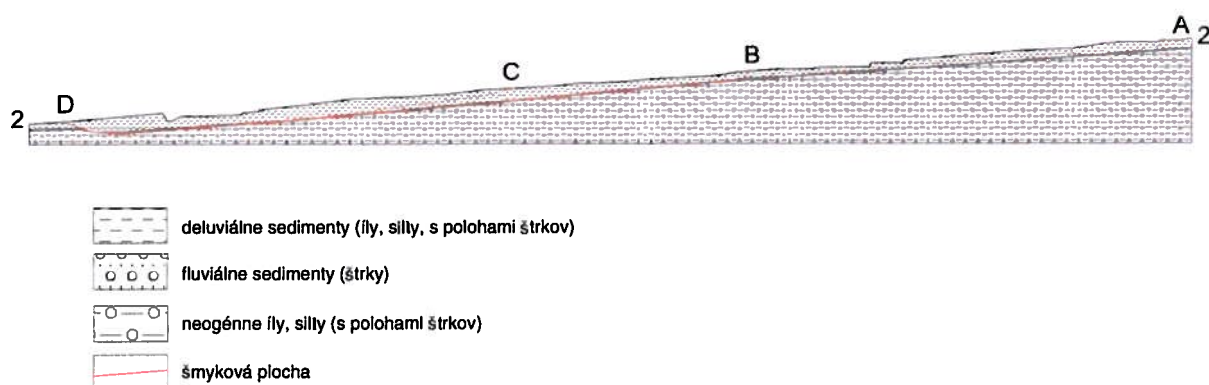
Zosuvná masa sa môže opäť posúvať po predisponovaných porušených aktívnych zónach. Aktiváciu svahových pohybov pozdĺž týchto plôch by okrem extrémnych zrážkových pomerov mohlo spôsobiť aj prítomnosť ďalšieho negatívneho faktora. Môže ním byť napríklad zásah do povrchu územia, priťaženie jeho vrchných častí (výstavba) alebo odľahčenie spodnej časti (zárezom do päty svahu). Preto je nevyhnutné sa vyhnúť pôsobeniu ďalších faktorov znižujúcich stabilitu svahu.

Lokalita Veľká Lehôtka - ulica Podhorská ulica

Posúdenie stupňa stability svahu bolo realizované s použitím výpočtového programu Geo5 – stabilita svahu (Fine spol s r.o.) metódami medznej rovnováhy (Sarma, Spencer), klasickým výpočtom.

Stabilitná analýza bola vykonaná na vykreslenom inžinierskogeologickom reze 2-2', ktorý prechádza najviac porušenou zónou svahovej deformácie (príloha 4.2 B1). Pre potreby stabilitnej analýzy je rez čiastočne schematizovaný. Posúdenie rovnováhy pasívnych a aktívnych síl bolo vykonané na troch šmykových plochách hodnotených ako aktívne.

šmykové plochy aktívneho zosuvu



Obr. č. 17: Schematizovaný rez 2-2' použitý pri stabilitnej analýze.

Ako vstupné údaje sú použité priemerné parametre odvodené z laboratórnych rozborov a skúšok na vzorkách odobratých z vrtných jadier prieskumných vrtov (IGP-1, IGP-2, IGP-3, IGP-4, IGP-5).

Šmykové plochy v zosuvnom území prechádzajú 2 základnými typmi zemín. Prvý je silt (F5, F7) bez úlomkov a druhý je silt až íl s úlomkami s piesčitou prímесou (F3, G4, G5).

Tabuľka č. 13: Fyzikálno-mechanické charakteristiky zosuvných deluvií použité ako vstupné parametre.

Zeminy	Triedy podľa STN 72 1001	Objemová ťaž γ [kN.m ⁻³]	efektívne parametre			
			vrcholová pevnosť		reziduálna pevnosť	
			uhol vnútorného trenia φ_{er} [°]	súdržnosť zeminy c_{er} [kPa]	uhol vnútorného trenia φ_r [°]	súdržnosť zeminy c_r [kPa]
Deluviálne sily bez úlomkov	F5, F7	17,3	18,6	14,5	11,5	14
Deluviálne sily a íly s úlomkami	F3, G4, G5	20,2	21,9	11,0	18,0	4,3

Okrem fyzikálnych vlastností deluviálnych zemín, sú pre stabilitnú analýzu podstatné parametre šmykovej pevnosti. Ak je svah už porušený, čo zodpovedá stavu počas tohto prieskumu realizovanému niekoľko mesiacov po aktivizácii pohybov, pri výpočtoch sa používajú reziduálne hodnoty pevnosti (φ_r a c_r).

V ďalšom kroku bola posúdená stabilita svahu simulujúci stav opätovných extrémnych klimatických podmienok a enormného nasýtenia deluviálnych zemín. V tomto prípade sme do výpočtov stability svahu s aktívnou šmykovou plochou zadávali zníženú hodnotu konzistencie zemín, polovičnú hodnotu uhla vnútorného trenia a nulovú súdržnosť.

Z výsledkov stabilitnej analýzy (tabuľka č.14) je zrejmé, že svah v línii hodnoteného rezu je dostatočne stabilný, resp. bol stabilný v čase realizácie prieskumných prác.

Tabuľka č. 14: Stabilita svahu s použitím reziduálnych a predpokladaných parametrov.

rez	šmyková zóna	klasický výpočet stupňa bezpečnosti F_s *			
		reziduálne parametre		predpokladané parametre	
		Sarma	Spencer	Sarma	Spencer
2-2'	aktívna A-D	4,0	3,60	1,41	1,64
	aktívna B-D	3,19	2,85	1,38	1,40
	aktívna C-D	3,34	3,30	1,22	1,28

* Hranica rovnováhy stability svahu ako pomer pasívnych a aktívnych síl je rovná hodnote 1,0 ($F_s = 1$), avšak v praxi sa používajú hodnoty stupňa stability o niečo vyššie, napr. podľa STN 73 6101 „Projektovanie ciest a diaľnic“ $F_{s,min} = 1,5$ (v súdržných zeminách pri použití vrcholovej pevnosti) a $F_{s,min} = 1,15$ (v súdržných zeminách pri použití reziduálnej pevnosti).

Pri znížení pevnostných parametrov zemín dochádza k výraznému zníženiu stupňa bezpečnosti F_s .

Najmenej stabilný je úsek zosuvu C-D. Zosuvná masa sa určite bude opäť zosúvať pri extrémnych klimatických podmienkach po už predisponovanej porušenej aktívnej zóne.

Stabilita svahu šmykovej zóny B-D a C-D je o niečo vyššia. Svah s modelovanými parametrami bude stabilný. Pre aktivizáciu svahových pohybov pozdĺž týchto plôch by bola potrebná okrem extrémnych zrážkových pomerov aj prítomnosť ďalšieho negatívneho faktora. Môže ním byť napríklad zásah do povrchu územia, priťaženie jeho vrchných častí (výstavba) alebo odľahčenie spodnej časti (zárezom do päty svahu). Preto je nevyhnutné sa vyhnúť pôsobeniu ďalších faktorov znižujúcich stabilitu svahu.

4.1.7 Návrh sanačných opatrení potrebných k zabezpečeniu stability

Lokalita Veľká Lehôtka- ulica Remeselnícka

Z údajov získaných prieskumnými prácami a zo záverov analýzy príčin a mechanizmu vzniku svahových porúch je pravdepodobné, že hlavným faktorom aktivizácie svahových pohybov bolo nasýtenie deluviálnych sedimentov v dôsledku nevhodného hospodárenia z povrchovými a podzemnými vodami v území ulice Remeselnícka.

K nasycovaniu svahu vodou s veľkou pravdepodobnosťou prispieva existencia vodovodného privádzača. Teleso jeho výkopu je vyplnené kamenivom, pravdepodobne plní funkciu drénu, ktorý privádza zachytené povrchové a podzemné vody z juhovýchodných svahov do priestoru ulice. Pre elimináciu vtekania vôd z objektu privádzača odporúčame realizovať jeho revíziu (odkrytie kopanými sondami a posúdenie stavu z hľadiska možného drénovania podzemných vôd, revíziu tesnosti jednotlivých segmentov vodovodného potrubia). V prípade potvrdenia informácie o drenážnom účinku telesa privádzača, bude nevyhnutné odvieť vody nahromadené v ňom ešte pred vstupom do ulice Remeselnícka. Zachytené vody je možné odvieť do povrchového kanála ktorý vteká do ulice z juhovýchodu. Kanál, zachytávajúci vody bezmenného vodného toku, je v priestore križovania ulíc Remeselnícka – Hradecká odvedený do kanalizácie. O stave a smerovaní kanalizácie nemáme informácie. Odporúčame realizovať jej revíziu, v prípade netesnosti realizovať jej rekonštrukciu. V prípade, že vody zachytené privádzačom nebude možné odvieť do kanalizácie navrhujeme ich odvedenie severným smerom k eróznej ryhe potoka.

Pre elimináciu prítokov vody z priestoru pokračovania komunikácie ulice Remeselnícka na juhovýchod (obr. č. 9), je potrebné realizovať úpravu jej odtokových pomerov. Ide o vybudovanie obvodových rigolov a odvodňovacích priečných odrážok, ktoré zabránia sústreďovaniu povrchových vôd a budú ich odvádzať severným smerom k eróznej ryhe potoka.

Vody nahromadené v časti aktívneho zosuvu majú napätý charakter a nachádzajú sa blízko povrchu terénu (IGR-3). Ich prítomnosť znižuje stabilitu územia. Odvodnenie časti územia aktívneho zosuvu je možné realizovať pomocou vetveného drenážno – stabilizačného rebra vyústeného do Mráznického potoka.

Okrem navrhnutých sanačných opatrení, odporúčame v hodnotených územiach prehodnotiť a upraviť spôsob nakladania s dažďovými a splaškovými vodami. V území neexistuje kanalizačný systém odvádzajúci zrážkové a splaškové vody bezpečne mimo zosuvného územia. Vody nahromadené na asfaltových plochách ulice, spevnených plochách a strechách rodinných domov z veľkej časti infiltrujú priamo do podlažia zosuvného územia.

Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Podhorská

Hlavné príčiny vzniku zosuvu na ulici Podhorská súvisia s nevhodnými antropogénnymi zásahmi do územia. Návrhy sanačných opatrení v tejto lokalite smerujú najmä k eliminácii negatívnych vplyvov, spôsobených nevhodnými zásahmi do územia.

Výstavbou futbalového areálu, záhradkárskej osady Viničky a objektov rodinných domov došlo v území k zmene prúdenia povrchových a podzemných vôd. V tejto časti územia aktívneho zosuvu navrhujeme realizáciu opatrení zameraných na zníženie infiltrácie a prítokov povrchových vôd do zosuvného územia.

Elimináciu prítokov povrchovej vody a podzemnej vody do územia postihnutého zosúvaním navrhujeme riešiť pomocou sústavy podzemných odvodňovacích drénov s hĺbkou cca 2 až 5,5 m. Prvá vetva drénu bude vybudovaná v odlučnej časti zosuvu v priestore križovatky ulíc Mrázničná – Podhorská. Drén bude vedený naprieč komunikáciou Podhorská a vyústený do Mráznického potoka. Navrhovaná hĺbka drénu je cca 2 m, dĺžka cca 110 m. Druhá vetva bude odvodňovať bezodtokovú depresiu na pozemku domu č. 92. Drén bude vedený od násypu, cez podmáčané časti záhrad, severným okrajom domu č. 92, cez ulicu Podhorská do Mráznického potoka. Dĺžka drénu dosahuje cca 90 m, odporúčaná hĺbka drénu je 3,5 – 4 m. Tretia vetva bude vybudovaná v odlučnej časti prúdového zosuvu, ktorý zasahuje severný cíp násypu futbalového štadiónu. Od severného cípu násypu bude vedená severným okrajom domu č. 86,

cez komunikáciu Podhorská, územím medzi domami č. 91 a 93 do Mráznického potoka. Dĺžka drénu je cca 110 m, odporúčaná hĺbka 5,5 m.

Pri päte zárezov futbalového areálu odporúčame realizovať spádový povrchový rigol, ktorý bude odvádzať zachytené vody smerom k drenážnej vetve č. 2.

Mráznický potok preteká okrajom zosuvného územia v dĺžke cca 200 m. Počas vysokých stavov spôsobuje bočnú a dnovú eróziu, ktorá negatívne ovplyvňuje stabilitu svahov aktívneho zosuvu. V uvedenom úseku navrhujeme v koryte potoka vybudovať prvky eróznej ochrany. Ide o výstavbu kamenných priečných prahov znižujúcich rýchlosť prúdenia vody a zabezpečenie nárazových brehov konštrukciami odolnými voči bočnej erózii vody. Zabezpečenie koryta Mráznického potoka je dôležité aj z hľadiska potreby dlhodobého bezpečného odvádzania vôd zachytených sanačnými prvkami v území aktívneho zosuvu.

Od južného cípu futbalového areálu smerom na severozápad preteká povrchový kanál odvodňujúci podmáčané územia v trojuholníku ohraničenom ulicami Podhorská a Vrchárska. Kanál je neudržiavaný, nezabezpečuje plynulý odtok vôd, ktoré sa v ňom hromadia a infiltrujú do podlažia. Odporúčame vykonať revíziu kanála a realizovať jeho spriechnenie, prípadne vystrojenie problematických úsekov betónovými tvarovkami. Tak isto odporúčame vykonať revíziu a prípadnú rekonštrukciu množstva neprehľadných kanálov a podzemných drénov odvodňujúcich časť záhradkárskej osady Viničky.

Napätý horizont podzemnej vody uzatvorenej v alúviách akumuláčnej časti zosuvu odporúčame odvodniť drenážno – stabilizačným prvkom vedeným juhovýchodným okrajom objektu č. 79 smerom do Mráznického potoka. Odporúčaná hĺbka rebra je 3 – 3,5 m, dĺžka 50 m).

Pre elimináciu prítokov vody z priestoru komunikácií Mrázničná, Podhorská, Vrchárska navrhujeme realizovať úpravu odtokových pomerov tak, aby vody boli zachytené obvodovými rigolmi a odvedené priepustmi a vyústenými do Mráznického potoka. Obvodový rigol lemujúci ulicu Podhorská je v nevyhovujúcom stave. Odporúčame vykonať jeho rekonštrukciu spôsobom, ktorý zabezpečí bezpečné odvádzanie zrážkových vôd do Mráznického potoka. Po rekonštrukcii musí byť rigol pravidelne udržiavaný.

Komunikácia Podhorská je v havarijnom stave, povrch vozovky je zvltný, podlažie cesty je málo únosné a zdeformované. Komunikácia v súčasnom stave nie je vhodná pre ťažkú nákladnú dopravu. Odporúčame využívanie komunikácie pre nákladnú dopravu maximálne obmedziť.

Okrem priamych sanačných opatrení odporúčame v hodnotených územiach prehodnotiť a upraviť spôsob nakladania s dažďovými a splaškovými vodami. V území v mnohých prípadoch neexistuje kanalizačný systém odvádzajúci zrážkové a splaškové vody bezpečne mimo zosuvného územia. Množstvo objektov záhradkárskej osady je celoročne obývaných, odpadové vody z nich infiltrujú priamo do podlažia zosuvného územia.

V prípade, že navrhnuté sanačné opatrenia nebudú postačujúce pre ochranu objektov situovaných v akumuláčnej časti zosuvu a pohyb zosuvných mäs smerom k akumuláčnej časti bude pokračovať, je možné uvažovať o výstavbe masívneho stabilizačného prvku - pilótovej steny situovanej juhovýchodne od objektu č. 80. Ide o sústavu veľkopriemerových vrtných pilót (50 ks) zasahujúcich do stabilného podlažia v hĺbke 8 – 9 m, schopných stabilizovať pohyb zosuvných mäs.

V prípade realizácie uvedených sanačných opatrení odporúčame dokumentovať ich účinnosť pravidelným monitoringom (dokumentovanie hladín podzemnej vody v zabudovaných piezometroch, domových studniach, realizácia inklinometrických meraní).

4.1.8 Posúdenie navrhnutých sanačných opatrení z hľadiska finančnej náročnosti

Lokalita Veľká Lehôtka- ulica Remeselnícka

Tabuľka č. 15: Odhad nákladov navrhnutých sanačných opatrení.

Druh prác	Počet	Spolu (€)
1. Odvodňovací kopaný drén hĺbky 2 m	80 m	16 000
2. Povrchový rigol z betónových tvaroviek	200 m	40 000
3. Drenážno-stabilizačné rebro, vetvené hĺbka 4 metre dĺžka 90 m	90 m	40 500
4. Zberná šachta hĺbka 4 m	1 ks	2 000
5. Pretláčanie potrubia pod cestou	20 m	9 000
6. Odvedenie vôd do potoka (výkop, drén hĺbka 4 m)	20 m	10 000
7. Objekt vyústenia do potoka	2 ks	3 000
8. Revízia vodovodného privádzača	300 m	3 000
9. Revízia a rekonštrukcia existujúcej kanalizácie	120 m	30 000
10. Geodetické zameranie (vytyčenie a zameranie budovaných sanačných objektov)	-	2 500
11. Geologická služba (projekt sanácie, sled a riadenie prác, vyhodnotenie výsledkov, záverečná správa, oponentské posudky, geologický dohľad)		15 000
Spolu bez DPH		171 000

Lokalita Veľká Lehôtka- ulica Podhorská

Tabuľka č. 16: Odhad nákladov navrhnutých sanačných opatrení.

Druh prác	Počet	Spolu (€)
1. Odvodňovací kopaný drén hĺbky 2,5-5,5 m	310 m	124 000
2. Protierózna úprava koryta Mráznického potoka	250 m	29 000
3. Revízia a úprava povrchových kanálov v záhradkárskej osade	300 m	24 000
4. Úprava odtokových pomerov z ulíc Mrázničná, Vrchárska	150 m	13 500
5. Zberná šachta hlboká 4 m	2 ks	4 000
6. Rekonštrukcia obvodového rigolu na ulici Podhorská	300 m	26 000
7. Vybudovanie obvodového rigolu v záreze futbalového areálu	120 m	12 000
8. Odvodnenie akumulácie časti zosuvu drenážno - stabilizačným rebrom (hĺbka 3 – 3,5 m)	50 m	22 500
9. Vyústenie zachytených vôd do Mráznického potoka	4 ks	6 000
10. Pilótová stena situovaná juhovýchodne od objektu č. 80 (veľkopriemerové pilóty hĺbky 9 m /50 ks)	25 m	150 000
11. Geodetické zameranie (vytyčenie a zameranie vybudovaných sanačných objektov)	-	2 500
11. Geologická služba (projekt sanácie, sled a riadenie prác vyhodnotenie výsledkov, záverečná správa, oponentské posudky, geologický dohľad)	-	30 000
Spolu bez DPH		443 500

4.2 Lokalita Hradec - ulica Pavlovská, ulica Na Stanište

Mestská časť Prievidze - Hradec sa nachádza na západných a severozápadných svahoch pohoria Vtáčnik, leží v nadmorskej výške cca 420 až 500 m n.m. Obec sa rozprestiera v území s charakteristickým zosuvným reliéfom vrchovinného typu.

Predmetom prieskumných prác na lokalite Hradec sú svahové poruchy nachádzajúce sa na svahoch intravilánu obce (ulice Pavlovská, Na Stanište). Mapu záujmového územia v mierke 1:1 000 uvádzame v prílohe 4.3 B1 a 4.4 B1.

4.2.1 Geodynamické javy a náchylnosť územia na ich vznik

V záujmovom území a jeho okolí sa uplatňujú formy svahových porúch typu zosuvov a svahové poruchy blokového typu.

Zosuvy v lokalite Hradec sa nachádzajú v území s geologickou stavbou spôsobujúcou spolu s vplyvom prírodných podmienok častý vznik svahových deformácií. Hodnotené svahové deformácie patria do územia s predpokladom výskytu doteraz nezaregistrovaných deformácií, ktoré je citlivé na negatívne antropogénne zásahy (ŠIMEKOVÁ, MARTINČEKOVÁ, 2006).

Lokalita Hradec - Na Stanište, leží v území z hľadiska svahových deformácií charakterizovanom ako územie stabilizovaného plošného zosuvu. Lokalita ulica Pavlovská sa nachádza v území stabilizovaného prúdového zosuvu. (MALGOT, BALIAK, MAHR, 1983). Vo všetkých prípadoch ide o nestabilné územia s pohybom v štádiu plazenia (mm až cm/rok) súvisiacim najmä s dotvarovaním zosuvov. K vzniku aktívnych zosuvov v takomto území dochádza vplyvom nevhodných antropogénnych zásahov v kombinácii s extrémnymi prírodnými faktormi (zrážky, intenzívne topenie snehu).

Podrobnejší opis geodynamických javov zdokumentovaných v záujmovom území uvádzame v kapitole 4.2.4.

4.2.2 Inžinierskogeologické pomery v mieste zosuvov

Geologickú stavbu a hydrogeologické pomery v mieste zosuvov sme zdokumentovali prieskumnými vrtmi hlbokými 10 m. Územie postihnuté svahovými deformáciami tvoria sedimenty kvartéru a neogénu.

Lokalita Hradec – ulica Pavlovská

Neogén

Neogén je budovaný sedimentmi handlovského súvrstvia, ktoré je v tejto časti územia tvorené piesčito – ílovitými sedimentmi s prechodom do ílov až ílovcov. Sedimenty stratigraficky patria do miocénu (vrch. báden). V prieskumných dielach boli vrtmi hlbokými 10 m overené vo forme ílov sivej až sivohnedej farby s prevažne pevnou konzistenciou a piesčitých ílov až zahľinených pieskov sivej až sivozelenej farby. Zdokumentovaná hĺbka výskytu súvrstvia neogénu je 7,6 m (VIH-2) až 9,2 m (VIH-3). Sedimenty patria v zmysle klasifikácie STN 72 1001 do tried F8, S5.

Kvartér

Deluviálne sedimenty

Deluviálne sedimenty sú produktom premiestnenia zvetralinového plášťa po svahu vplyvom gravitačných síl. Zdokumentovaná maximálna hrúbka sedimentov dosahuje 9,2 m (IGH-3).

Vo vrtoch IGH-1 až IGH-3 má delúvium charakter ílov a siltov s vysokou až strednou plasticitou. Farba zemín je prevažne hnedá až sivohnedá, miestami sa vyskytujú polohy

hrdzavohnedej farby. Konzistencia zemín je prevažne pevná, v menšej miere tuhá. Miestami sa vyskytujú polohy s konzistenciou mäkkou. V sedimentoch sú prítomné navetrané až silno zvetrané obliaky a úlomky skalných hornín veľkosti 1-10 cm. Obsah obliakov a úlomkov spravidla nepresahuje 5% objemu zeminy. V deluviálnych íloch a siltoch sa miestami vyskytujú polohy s prímесou stredne až hrubozrnného piesku, ktoré dávajú polohe charakter piesčitých ílov až hrubozrnných zahlinených pieskov. Hrúbka polôh s prímесou piesku nepresahuje 1 m.

Deluviálne sedimenty podľa laboratórnych výsledkov patria v zmysle klasifikácie STN 72 1001 do tried F4, F6, F7, S5.

Lokalita Hradec – ulica Na Stanište

Neogén

Neogén je budovaný sedimentmi handlovského súvrstvia ktoré reprezentujú tmavosivé íly až ílovce. Sedimenty stratigraficky patria do miocénu (vrch. báden). V prieskumných dielach boli overené prevažne vo forme plastických ílov sivej, tmavosivej, sivozelenej a hrdzavohnedej farby. Konzistencia zemín je pevná, miestami tvrdá. V súvrství boli miestami zdokumentované i polohy zvetraných a rozložených andezitov sivozelenej farby. Zdokumentovaná hĺbka výskytu neogénneho súvrstvia je 5,8 (IGH-4) až 8,1 m (IGH-6). Sedimenty patria podľa klasifikácie STN 72 1001 do tried F4, F8.

Kvartér

Deluviálne sedimenty

Vo vrtoch IGH-4 až IGH-6 má delúvium charakter siltov až ílov s vysokou až strednou plasticitou. Farba zemín je prevažne hnedá, tmavohnedá, sivá až sivozelená. Konzistencia zemín je prevažne tuhá až mäkká, smerom k hranici so sedimentmi neogénu pevná. V sedimentoch sú sporadicky prítomné úlomky andezitov s veľkosťou do 10 cm. V delúviách sa miestami vyskytujú polohy s prímесou stredne až hrubozrnného piesku (IGH-5), ktoré menia ich charakter na piesčité íly až strednozrnné zahlinené piesky. Hrúbka polôh s prímесou piesku nepresahuje 0,5 m. Zdokumentovaná hrúbka deluviálnych sedimentov dosahuje max. 9,2 m (IGH-6).

Podľa laboratórnych stanovení patria sedimenty (v zmysle klasifikácie STN 72 1001) do tried F4, F5, F8.

4.2.3 Geotechnické vlastnosti zemín

Lokalita Hradec – ulica Pavlovská

Zeminy kvartéru sú v území zosuvu zastúpené deluviálnymi sedimentmi. Podľa vykonaných laboratórnych rozborov môžeme zeminy, reprezentujúce komplex deluviálnych sedimentov zaradiť (podľa STN 72 1001) do príslušných tried a priradiť im smerné charakteristiky uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 17: Smerné a laboratórne zistené charakteristiky deluviálnych sedimentov.

Označ. vzorky	Hĺbka [m]	Trieda zeminy	Index konzistencie Ic	Poisson . číslo v	Súčiniteľ β	Obj. tiaž γ [kN.m ⁻³]	Modul pretvárnosti zákl. pôdy E_{def} [MPa]
IGH-1	4,2-4,3	F4 CS	0,80	0,35	0,62	18,50	4-6
IGH-1	5,3-5,4	F8 CH	0,97	0,42	0,37	18,70	4-6
IGH-2	4,6-4,8	F4 CS	0,69	0,35	0,62	18,40	4-6
IGH-2	7,5-7,8	S5 SC	-	0,35	0,62	18,50	4-12
IGH-3	6,0-6,2	F6 CL	0,63	0,40	0,47	18,60	3-6
IGH-3	8,5-8,9	F7 MV	0,32	0,40	0,47	21,00	1-3

0,80 – hodnoty zistené laboratórnymi skúškami

Laboratórne určenie šmykovej pevnosti zemín a zistenie hodnôt objemovej tiaže zemín v prirodzenom uložení bolo realizované na vzorkách z vrtovej IGH-1 (5,3-5,4), IGH-2 (4,6-4,8), IGH-3 (6,0-6,2).

Tabuľka č. 18: Vrcholové a reziduálne pevnosti zemín zistené laboratórnymi skúškami.

Označenie sondy	Hĺbka [m]	Trieda	φ_{cf} [°]	c_{cf} [kPa]	φ_r [°]	c_r [kPa]
IGH-1	5,3-5,4	F8 CH	15,8	13,0	8,8	12,0
IGH-2	4,6-4,8	F4 CS	28,8	9,1	24,3	0,1
IGH-3	6,0-6,2	F6 CL	27,4	24,0	26,4	0

Lokalita Hradec – ulica Na Stanište

Zeminy kvartéru sú v území zosuvu zastúpené deluviálnymi sedimentmi. Na základe vykonaných laboratórných rozborov môžeme zeminy reprezentujúce komplex deluviálnych sedimentov zaradiť (podľa STN 72 1001) do príslušných tried a priradiť im smerné charakteristiky uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 19: Smerné a laboratórne zistené charakteristiky deluviálnych sedimentov.

Označ. vzorky	Hĺbka [m]	Trieda zeminy	Index konzistencie Ic	Poisson . číslo v	Súčiniteľ β	Obj. tiaž γ [kN.m ⁻³]	Modul pretvárnosti zákl. pôdy E_{def} [MPa]
IGH-4	2,5-2,6	F8 CE	1,04	0,42	0,37	18,40	4-6
IGH-5	2,5-2,6	F5 MI	0,70	0,40	0,47	18,00	3-5
IGH-5	3,2-3,3	F4 CS	0,83	0,35	0,62	18,5	4-6
IGH-6	2,6-2,7	F5 MI	0,91	0,40	0,47	18,30	5-8
IGH-6	5,5-5,6	F8 CH	1,02	0,42	0,47	21,0	4-6

1,04 – hodnoty zistené laboratórnymi skúškami

Laboratórne určenie šmykovej pevnosti zemín a zistenie hodnôt objemovej tiaže zemín v prirodzenom uložení bolo realizované na vzorkách z vrtovej IGH-4 (2,5-2,6), IGH-5 (2,5-2,6), IGH-6 (2,6-2,7).

Tabuľka č. 20: Vrcholové a reziduálne pevnosti zemín zistené laboratórnymi skúškami.

Označenie sondy	Hĺbka [m]	Trieda	φ_{cf} [°]	c_{cf} [kPa]	φ_r [°]	c_r [kPa]
IGH-4	2,5-2,6	F8 CE	6,6	24,0	5,9	5,0
IGH-5	2,5-2,6	F5 MI	27,7	4,2	24,6	0
IGH-6	2,6-2,7	F5 MI	25,0	18,2	20,4	0,3

Na základe vykonaných laboratórných rozborov môžeme zeminy reprezentujúce komplex neogénnych sedimentov zaradiť (podľa STN 72 1001) do príslušných tried a priradiť im smerné charakteristiky uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka č. 21: Smerné a laboratórne zistené charakteristiky neogénnych sedimentov.

Označ. vzorky	Hĺbka [m]	Trieda zeminy	Index konzistencie I _c	Poisson. číslo ν	Súčiniteľ β	Obj. tiaž γ [kN.m ⁻³]	Modul pretvárnosti zákl. pôdy E _{def} [MPa]
IGH-4	7,5-7,6	F8 CH	1,27	0,42	0,37	20,5	4-6

1,27 – hodnoty zistené laboratórnymi skúškami

4.2.4 Opis zosuvu, geologické a hydrogeologické pomery v území zosuvu

Lokalita Hradec ulica Pavlovská

Hodnotené zosuvné územie v lokalite Hradec – ulica Pavlovská sa nachádza na severozápadne orientovanom svahu. Územie zasiahnuté zosuvom má rozmery cca 30 x 180 m.

V hodnotenom zosuvnom území sa vyskytuje svahová deformácia typu zosúvania - zosuv prúdového tvaru. Zosuv sa vyvinul na svahu tvorenom prevažne ílmi až ílovcami v ktorých nadloží sa nachádzajú deluviálne sedimenty s hrúbkou 8 až 9,2 m.

Hrúbku zosuvných mas nachádzajúcich sa v území odhadujeme na 8,5 až 9,5 m (bazálne šmykové plochy stabilizovaného prúdového zosuvu). V decembri 2012 došlo k prvým známkam aktivizácie zosuvného svahu. K maximálnej aktivite, pri ktorej došlo k poškodeniu rodinných domov nachádzajúcich sa v území aktívneho zosuvu došlo v období marec – apríl 2013. Najvážnejšie poškodené boli domy č. 24 a 26 nachádzajúce sa v blízkosti odlučnej oblasti zosuvu.

Zosuv sa nachádza v počiatočnom štádiu. Jeho pohyb v horizontálnom a vertikálnom smere v období november 2012 – marec 2013 nepresiahol 1 m. Šmyková plocha zosuvu je rovinná až mierne zvlnená, nachádza sa v hĺbke 5 až 5,5 m. Vznik zosuvu nevytvoril typickú odlučnú časť zo zreteľnými morfológickými znakmi a trhlinami. Vzhľadom na jej výskyt v nezastavanom území, v čase prieskumu porastenom neudržiavaným trávnatým porastom je identifikácia jej parametrov problematická. Znázornenie lokalizácie odlučnej časti uvádzame v prílohe 4.3 B1.

V zosuvnom svahu sa nachádza súvislý horizont podzemnej vody. Podzemná voda je viazaná na deluviálne sedimenty v ktorých prúdi priepustnejšími polohami s vyšším obsahom piesčitej frakcie. Infiltračná oblasť vôd sa nachádza nad odlučnou časťou aktívneho zosuvu. Ide o lúky, lokalizované juhovýchodne od územia zosuvu, z ktorých voda prúdi smerom k odlučnej oblasti zosuvu. Časť podzemných vôd má pravdepodobne pôvod v pyroklastických telesách nachádzajúcich sa v blízkosti aktívneho zosuvu, z ktorých prestupuje do prostredia delúvií.

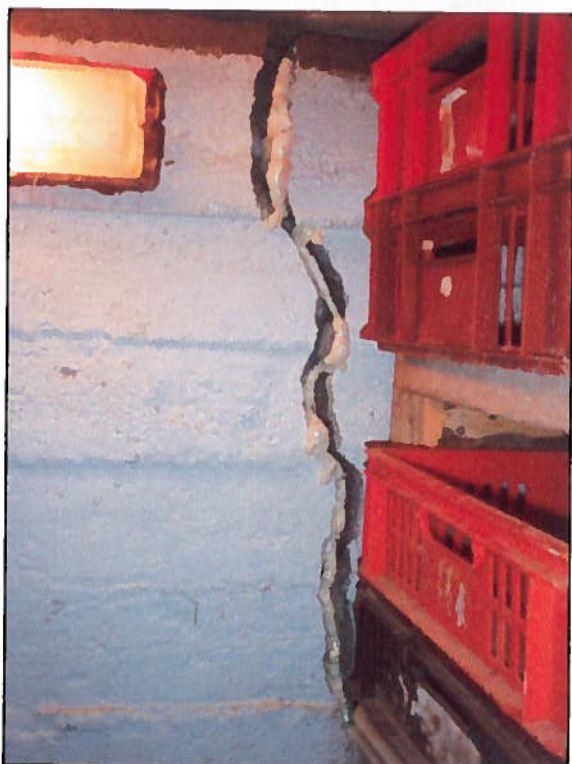
V území sme vykonávali režimové pozorovanie hladín podzemných vôd. Počas prieskumných prác bola sledovaná aj úroveň hladiny v studniach domu č. 22 a 26.

Tabuľka č. 22: Režimové pozorovania hladín podzemnej vody, ulica Pavlovská.

Dátum merania	Hĺbka ustálenej hladiny, meraná od úrovne terénu [m]				
[rok 2013]	IGH-1	IGH-2	IGH-3	Studňa č.d. 22	Studňa č.d. 26
23. jún	4,99	3,29	5,70	4,58	2,76
27. jún	4,65	3,62	5,55	4,45	2,70
11. júl	4,96	4,01	4,57	5,95	2,72

Agresivita podzemnej vody na oceľ a betón

Laboratórna analýza vzorky podzemnej vody odobratej z inžinierskogeologického vrtu IGH-1 (horizont podzemnej vody v deluviálnych sedimentoch) bola zameraná na posúdenie



a,

b,

Obr. č. 18: Poškodenie obvodových múrov objektu rodinného domu č. 22
F. Lafférs, jún 2013.



Obr. č. 19: Letecký snímok územia privádzajúceho povrchové vody k odlučnej časti zosuvu
(v pravom dolnom rohu sa nachádza križovatka ulíc Pavlovská a Súhradská)
J. Ornth, júl 2013.

agresívneho pôsobenia na stavebniny z betónových a oceľových konštrukcií. Agresivita podzemnej vody bola stanovená a zhodnotená podľa postupov uvedených v *STN EN 206-1 (73 2403)*, *STN 03 8375* a *STN 03 8361*. Protokol o skúške a chemický rozbor sa nachádzajú v prílohe C3.

Agresivita podzemných vôd na betónové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (SO_4^{2-} , Mg^{2+} , NH_4^+ , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN EN 206-1* vyplýva, že podzemná voda v záujmovom území vytvára na betónové konštrukcie **neagresívne chemické prostredie**.

Agresivita na oceľové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (elektrolytická vodivosť, obsah SO_3+Cl , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN 03 8375* vyplýva, že podzemná voda záujmového územia spôsobuje v dôsledku prítomnosti agresívneho CO_2 **veľmi vysokú agresivitu prostredia na oceľové konštrukcie (IV.)**. Všetky oceľové telesá, ktoré budú uložené v zemi a prídu do styku s podzemnou vodou, treba chrániť ochranou, ktorá zodpovedá prostrediu s veľmi vysokou agresivitou.

Oceľové konštrukcie uložené pod hladinou podzemnej vody vyžadujú zosilnenú izoláciu. Najrozšírenejším druhom pasívnej ochrany sú izolácie bitúmenové, z plastov a špeciálne (epoxi, epoxidecht, polyuretán a pod.).

Lokalita Hradec – ulica Na Stanište

Hodnotené zosuvné územie v lokalite Hradec – ulica Na Stanište sa nachádza na severozápadne orientovanom svahu. Územie zasiahnuté zosuvom má rozmery cca 60 x 130 m.

V hodnotenom zosuvnom území sa vyskytuje svahová deformácia typu zosúvania - zosuv plošného tvaru v kombinácii so zosuvom prúdového tvaru. K jeho vzniku došlo v marci 2013, zosuv vážne poškodil domy č. 24 a 22 nachádzajúce sa v hornej časti svahu zosuvu a mierne poškodil objekty domov a komunikácií v celom území aktívneho zosuvu.

Zosuv sa vyvinul na svahu tvorenom prevažne ílmi až ílovcami v ktorých nadloží sa nachádzajú deluviálne sedimenty s hrúbkou 5,8 až 9,2 m. Zosuv sa nachádza v počiatočnom štádiu. Šmyková plocha zosuvu má rovinný až mierne zvlnený tvar. Posun zemín po svahu v období marec - júl 2013 nepresiahol 1 m. Ide o plytký zosuv, hrúbka zosuvných zemín aktívneho zosuvu dosahuje 2,7 až 3,7 m. Zosuv nevytvoril morfológicky typickú odlučnú časť so zreteľnými trhlinami a poklesmi. Jej existencia bola identifikovaná podľa ťahových trhlín lokalizovaných v konštrukčných prvkoch rodinných domov č 22 a 24. Dĺžka odlučnej časti dosahuje cca 60 m. To isté platí o akumuláčnej časti, ktorú je možné identifikovať len podľa mierneho zvlnenia asfaltovej komunikácie na ulici Lesná.

V zosuvnom svahu sa nachádza súvislý zvodnený horizont. Podzemná voda je viazaná na deluviálne sedimenty v ktorých prúdi priepustnejšími polohami s vyšším obsahom úlomkov a piesčitej frakcie. Infiltračná oblasť vôd sa nachádza nad odlučnou oblasťou aktívneho zosuvu. Ide o územie areálu futbalového ihriska a svahov s ním susediacich, odkiaľ voda prúdi smerom k aktívnemu zosuvu.

Počas prieskumných prác sme v území aktívneho zosuvu vykonávali režimové pozorovanie hladín podzemných vôd vo vystrojených vrtoch a v studni domu č. 24.



a,



b,

Obr. č. 20: Poškodenie objektov rodinných domov
(a, dom č. 22 v odlučnej časti zosuvu, b, dom č. 38 v akumuláčnej časti zosuvu)
A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 21: Poškodenie objektov rodinných domov
(a, oplotenie domu č. 24 v odlučnej časti zosuvu, b, múr oplotenia na ulici Lesná)
A. Ilkanič, jún 2013.



a,



b,

Obr. č. 22: Objekty privádzajúce povrchové vody do územia aktívneho zosuvu
(a, pokračovanie komunikácie Na Stanište, b, areál futbalového štadiónu Hradec)
A. Ilkanič, jún 2013.

Tabuľka č. 23: Režimové pozorovania hladín podzemnej vody, ulica Na Stanište.

Dátum merania	Hĺbka ustálenej hladiny, meraná od úrovne terénu [m]			
[rok 2013]	IGH-4	IGH-5	IGH-6	Studňa č.d. 24
23. jún	2,95	5,45	1,37	1,85
27. jún	3,35	5,30	1,30	1,80
11. júl	3,60	5,63	1,57	2,21

Agresivita podzemnej vody na oceľ a betón

Laboratórna analýza vzorky podzemnej vody odobratej z inžinierskogeologického vrtu IGH-5 (horizont podzemnej vody v deluviálnych sedimentoch) bola zameraná na posúdenie agresívneho pôsobenia na stavebniny z betónových a oceľových konštrukcií. Agresivita podzemnej vody bola stanovená a zhodnotená podľa postupov uvedených v *STN EN 206-1 (73 2403)*, *STN 03 8375* a *STN 03 8361*. Protokol o skúške a chemický rozbor sa nachádzajú v prílohe C3.

Agresivita podzemných vôd na betónové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (SO_4^{2-} , Mg^{2+} , NH_4^+ , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN EN 206-1* vyplýva, že podzemná voda v záujmovom území vytvára na betónové konštrukcie **stredne agresívne chemické prostredie XA2** v dôsledku zvýšeného obsahu agresívny CO_2 . Zvýšený obsah agresívneho CO_2 podľa Heyera (62,49 mg.l^{-1}) poukazuje na uhličitú koróziu, preto je potrebné použiť pri sanácii geologického prostredia cementy odolné v tomto type agresívneho prostredia.

Agresivita na oceľové konštrukcie

Z porovnania výsledkov analýz s medznými hodnotami (elektrolytická vodivosť, obsah SO_3+Cl , agresívny CO_2 , hodnota pH) podľa *STN 03 8375* vyplýva, že podzemná voda záujmového územia spôsobuje v dôsledku prítomnosti agresívneho CO_2 a v dôsledku vysokej elektrolytickej vodivosti **veľmi vysokú agresivitu prostredia na oceľové konštrukcie (IV.)**. Všetky oceľové telesá, ktoré budú uložené v zemi a prídu do styku s podzemnou vodou, treba chrániť ochranou, ktorá zodpovedá prostrediu s veľmi vysokou agresivitou.

Oceľové konštrukcie uložené pod hladinou podzemnej vody vyžadujú zosilnenú izoláciu. Najrozšírenejším druhom pasívnej ochrany sú izolácie bitúmenové, z plastov a špeciálne (epoxi, epoxidecht, polyuretán a pod.).

4.2.5 Analýza príčin vzniku zosuvu

Lokalita Hradec – ulica Pavlovská

Nevýrazné prejavy aktívneho zosuvu prejavujúce sa tenkými prasklinami na objektoch boli zaznamenané v období 2010 až október 2011. Výraznejšie prejavy zosuvu boli zaznamenané v období december 2012, maximálna aktivita zosuvu v marci až apríli 2013. V súčasnosti je zosuv aktívny. Hlavné príčiny vzniku zosuvu:

- geologická stavba priaznivá pre vznik zosuvov,
- morfológia územia nad aktívnym zosuvom,
- obdobie zrážok výrazne prekračujúcich dlhodobý priemer (október 2012 – marec 2013).

Lokalita Hradec - ulica Pavlovská leží v území potenciálneho prúdového zosuvu. K vzniku aktívnych zosuvov v takomto území dochádza spravidla vplyvom intenzívnych atmosférických zrážok v kombinácii s antropogénnymi zásahmi.

Obdobie august – september 2012 sa vyznačovalo absenciou zrážok, naopak v období október až november 2012 sa vyznačovalo vysokými úhrnmi zrážok (obr. 3). V zložení deluviálnych zemín lokality prevládajú ílu a silty (trieda F6, F7). Takmer dva mesiace trvajúce sucho spôsobilo vysychanie a zmrašťovanie týchto zemín, vznik otvorených trhlín, ktoré v takýchto prípadoch môžu zasahovať cca 1 až 1,5 m pod povrch terénu. V nasledujúcom období bohatom na zrážky došlo k rýchlejšiemu prenikaniu dažďovej vody do podlažia a pomerne rýchlej zmene konzistencie zemín, ktorá nepriaznivo ovplyvnila stabilitu svahov. Fenomén vysychania zemín v suchom období, môže byť odpoveďou na otázku, prečo k vzniku aktívneho zosuvu na ulici Podhorská nedošlo už v roku 2010, ktorý sa oproti roku 2012 vyznačoval extrémnymi úhrnmi zrážok ale absentovalo v ňom obdobie suché.

Ulica Pavlovská leží na miernom, západne orientovanom svahu. Územie nad odľučnou časťou aktívneho zosuvu tvoria lúky s rozlohou niekoľkých hektárov (obr.19). Konfigurácia terénu umožňuje smerovanie vôd počas intenzívnych zrážok i počas intenzívneho topenia sa snehu, smerom k odľučnej oblasti aktívneho zosuvu. Zosuvom postihnutá časť ulice Pavlovská nemá vybudovaný ochranný prvok (hrádza, kanál, rigol), pre odvedenie povrchových vôd pritekajúcich do územia z juhovýchodu. V území nad aktívnym zosuvom sa nachádzajú telesá tvorené blokmi pyroklastík z prostredia ktorých pravdepodobne prestupujú podzemné vody do delúvií.

Asfaltová komunikácia ulice nemá vybudovaný obvodový rigol schopný bezpečne odvádzať vody z komunikácie. Vody z asfaltovej komunikácie infiltrujú pozdĺž jej južného okraja podlažia v území aktívneho zosuvu.

Územie ohraničené pokračovaním ulice Pavlovská a ulicou Súhradská je odvodňované povrchovým kanálom. Vody z kanála sú zachytené podzemným potrubím, ktoré smeruje paralelne s ulicou a odvádza zachytenú vodu do povrchového kanála, lokalizovaného v severozápadnej časti územia. Technické riešenie zachytenia vôd do potrubia, umožňuje v čase intenzívnych zrážok aj vtekanie vôd do územia aktívneho zosuvu.

Rodinné domy a budovy, nachádzajúce sa na ulici Pavlovská, nemajú vybudovaný kanalizačný systém dôsledne odvádzajúci splaškové a dažďové vody. Časť zrážkových vôd infiltruje do podlažia v území aktívneho zosuvu.

Nevhodné hospodárenie s vodami spôsobuje infiltráciu vôd smerom k existujúcim šmykovým plochám. Vody svojimi vztlakovými účinkami výrazne znižujú stabilitu svahu, spôsobujú pohyb zosuvných mäs.

Lokalita Hradec – ulica Na Stanište

Zosuv vznikol v prvej polovici marca 2013. Hlavné príčiny vzniku zosuvu:

- geologická stavba priaznivá pre vznik zosuvov,
- výrazný zásah do pôvodnej morfológie územia (výstavba futbalového areálu, ...)
- obdobie zrážok výrazne prekračujúcich dlhodobý priemer (október 2012 – marec 2013).

Okrem pre zosuvy priaznivej geologickej stavby, súvisí vznik zosuvu s výrazným zásahom do morfológie územia.

V území nad odľučnou oblasťou zosuvu bol v minulosti vybudovaný futbalový areál (obr. 20b). Časť jeho plochy je budovaná v záreze svahu, časť v nedostatočne zhutnenom násype. Vplyvom nedostatočného zhutnenia násypu došlo k jeho konsolidácii, ktorá sa prejavila naklonením plochy ihriska smerom k územiu aktívneho zosuvu. Výškový rozdiel ihriska v smere jv- sz je $> 0,9$ m. Areál nemá vybudované obvodové rigoly pre odvedenie

povrchových vôd. Trávnik futbalového ihriska je pravidelne umelo zavlažovaný. Automatický systém zavlažovania hracej plochy je často v prevádzke i v období bohatom na zrážky. Drenážny systém umiestnený pod trávnikom ihriska je čiastočne nefunkčný, spôsobuje čiastočné smerovanie zachytených vôd smerom k poškodeným domom č. 22 a 24.

Nezanedbateľným prvkom, spôsobujúcim smerovanie povrchových vôd do územia aktívneho zosuvu, je aj existencia cesty spájajúcej ulicu Na Stanište s futbalovým areálom a horárňou Stanište (obr. 22a). Konštrukcia cesty (bez odvodňovacích prvkov - obvodové rigoly, priepusty, odrážky) vytvára priaznivé podmienky pre vtekanie povrchových vôd do priestoru aktívneho zosuvu.

Asfaltová komunikácia ulice Na Stanište nemá vybudovaný zberný rigol schopný bezpečne odvádzať vody z komunikácie, ani vody vtekajúce na komunikáciu od futbalového areálu. Vody z asfaltovej komunikácie infiltrujú do podlažia v území aktívneho zosuvu.

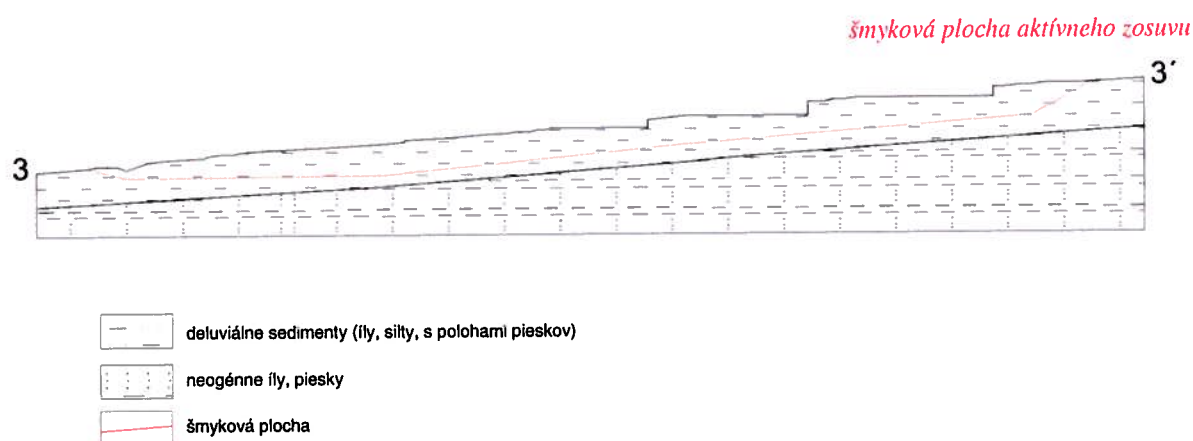
Rodinné domy a budovy nachádzajúce sa na ulici Na Stanište, nemajú vybudovaný kanalizačný systém efektívne odvádzajúci splaškové a dažďové vody. Prevažná časť zrážkových vôd a časť splaškových vôd infiltruje do podlažia v území aktívneho zosuvu.

Nevhodné hospodárenie s vodami spôsobuje infiltráciu vôd smerom k existujúcim šmykovým plochám. V prostredí s nízkou priepustnosťou, reprezentovanom deluviálnymi prevažne ílovitými sedimentmi, nemôže dôjsť k rýchlemu otečeniu podzemných vôd. Vody svojimi vztlakovými účinkami výrazne znižujú stabilitu svahu. Dochádza k pohybu horninových mäs s hrúbkou 2,5 až 3,7 m.

4.2.6 Stabilitné výpočty

Hradec Pavlovská ulica

Stabilitná analýza bola vykonaná na vykreslenom inžinierskogeologickom reze 3–3', ktorý prechádza najviac porušenou zónou svahovej deformácie (príloha 4.3.B1). Pre potreby stabilitnej analýzy je rez čiastočne schematizovaný. Posúdenie rovnováhy pasívnych a aktívnych síl bolo vykonané na šmykovej ploche hodnotenej ako aktívna a na hlbšej ploche potenciálneho zosuvu.



Obr. č. 23: Schematizovaný rez 3-3' použitý pri stabilitnej analýze.

Ako vstupné údaje sú použité priemerné parametre odvodené z laboratórnych rozborov a skúšok na vzorkách odobratých z vrtných jadier prieskumných vrtov (IGH-1, IGH-2, IGH-3).

Tabuľka č. 24: Fyzikálno-mechanické charakteristiky zosuvných deluvií použité ako vstupné parametre.

Zeminy	Triedy podľa STN 72 1001	Objemová tiaž γ [kN.m ⁻³]	efektívne parametre			
			vrcholová pevnosť		reziduálna pevnosť	
			uhol vnútorného trenia ϕ_{cr} [°]	súdržnosť zeminy c_{cr} [kPa]	uhol vnútorného trenia ϕ_r [°]	súdržnosť zeminy c_r [kPa]
Deluviálne fly	F4, F6, F8	18,6	24,0	15,4	19,83	4,0

Okrem fyzikálnych vlastností deluviálnych zemín, ktoré na základe priemerných výsledkov laboratórnych rozborov zaradujeme do triedy F8, F6 a F4 sú pre stabilitnú analýzu podstatné parametre šmykovej pevnosti. Ak je svah už porušený, čo zodpovedá stavu počas tohto prieskumu realizovanému niekoľko mesiacov po aktivizácii pohybov, pri výpočtoch sa používajú reziduálne hodnoty pevnosti (ϕ_r a c_r).

V ďalšom kroku bola posúdená stabilita svahu simulujúci stav opätovných extrémnych klimatických podmienok a enormného nasýtenia deluviálnych zemín. V tomto prípade sme do výpočtov stability svahu s aktívnou šmykovou plochou zadávali zníženú hodnotu konzistencie zemín (zvolili sme tuhú až mäkkú konzistenciu), polovičnú hodnotu uhla vnútorného trenia a nulovú súdržnosť. Pri počítaní stability svahu s interpretovanou hlbšou šmykovou plochou sme zeminám priradili tuhú konzistenciu a polovičné hodnoty pevnostných parametrov deluviálnych zemín.

Z výsledkov stabilitnej analýzy (tabuľka č.25) je zrejmé, že svah v línii hodnoteného rezu je dostatočne stabilný, resp. bol stabilný v čase realizácie prieskumných prác.

Tabuľka č. 25: Stabilita svahu s použitím efektívnych reziduálnych a predpokladaných parametrov.

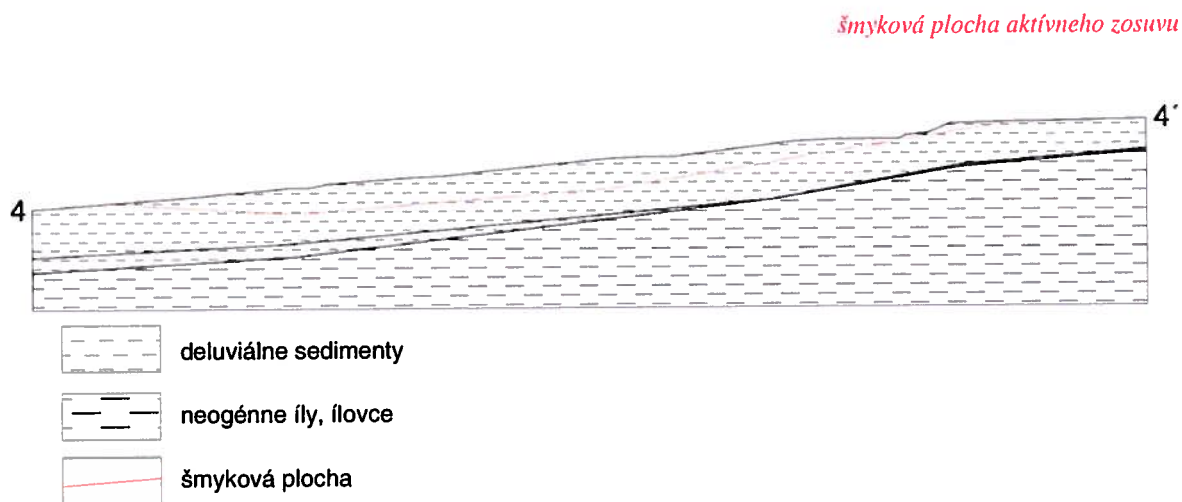
rez	šmyková zóna	klasický výpočet stupňa bezpečnosti F_s *			
		reziduálne parametre		predpokladané parametre	
		Sarma	Spencer	Sarma	Spencer
3-3'	aktívna	2,47	2,45	1,15	1,15

* Hranica rovnováhy stability svahu ako pomer pasívnych a aktívnych síl je rovná hodnote 1,0 ($F_s = 1$), avšak v praxi sa používajú hodnoty stupňa stability o niečo vyššie, napr. podľa STN 73 6101 „Projektovanie ciest a diaľnic“ $F_{s,min} = 1,5$ (v súdržných zeminách pri použití vrcholovej pevnosti) a $F_{s,min} = 1,15$ (v súdržných zeminách pri použití reziduálnej pevnosti).

Pri znížení pevnostných parametrov zemín (zníženie konzistencie, zníženie uhla vnútorného trenia a súdržnosti) dochádza k výraznému zníženiu stupňa bezpečnosti F_s . Pri aktívnom zosuve vychádza presne na kritickej hranici rovnováhy (vypočítaný stupeň sa pohybuje v okolí hodnoty 1,0), zosuvná masa sa takmer určite bude opäť zosúvať po už predisponovanej porušenej aktívnej zóne.

Hradec Na Stanište

Stabilitná analýza bola vykonaná na vykreslenom inžinierskogeologickom reze 4–4', ktorý prechádza najviac porušenou zónou svahovej deformácie (príloha 4.4.B1). Pre potreby stabilitej analýzy je rez čiastočne schematizovaný. Posúdenie rovnováhy pasívnych a aktívnych síl bolo vykonané na šmykovej ploche hodnotenej ako aktívna.



Obr. č. 24: Schematizovaný rez 4-4' použitý pri stabilitej analýze.

Ako vstupné údaje sú použité priemerné parametre odvodené z laboratórnych rozborov a skúšok na vzorkách odobratých z vrtných jadier prieskumných vrtov (IGH-4, IGH-5, IGH-6).

Tabuľka č. 26: Fyzikálno-mechanické charakteristiky zosuvných delúvií použité ako vstupné parametre.

Zeminy	Triedy podľa STN 72 1001	Objemová tiaž γ [kN.m ⁻³]	efektívne parametre			
			vrcholová pevnosť		reziduálna pevnosť	
			uhol vnútorného trenia ϕ_{er} [°]	súdržnosť zeminy c_{er} [kPa]	uhol vnútorného trenia ϕ_r [°]	súdržnosť zeminy c_r [kPa]
Deluviálne íly a sily	F8, F5	18,2	19,8	15,5	17,0	1,8

Okrem fyzikálnych vlastností deluviálnych zemín, ktoré na základe priemerných výsledkov laboratórnych rozborov zaradujeme do triedy F8 a F5 sú pre stabilitnú analýzu podstatné parametre šmykovej pevnosti. Ak je svah už porušený, čo zodpovedá stavu počas tohto prieskumu realizovanému niekoľko mesiacov po aktivizácii pohybov, pri výpočtoch sa používajú reziduálne hodnoty pevnosti (ϕ_r a c_r).

V ďalšom kroku bola posúdená stabilita svahu simulujúci stav opätovných extrémnych klimatických podmienok a enormného nasýtenia deluviálnych zemín. V tomto prípade sme do výpočtov stability svahu s aktívnou šmykovou plochou zadávali zníženú hodnotu konzistencie zemín, polovičnú hodnotu uhla vnútorného trenia a nulovú súdržnosť. Z výsledkov stabilitej

analýzy (tabuľka č.27) je zrejmé, že svah v línii hodnoteného rezu je dostatočne stabilný, resp. bol stabilný v čase realizácie prieskumných prác.

Tabuľka č. 27: Stabilita svahu s použitím reziduálnych parametrov a predpokladaných parametrov.

rez	šmyková zóna	klasický výpočet stupňa bezpečnosti F_s *			
		reziduálne parametre		Predpokladané parametre	
		Sarma	Spencer	Sarma	Spencer
4-4'	aktívna	2,03	2,13	1,02	1,09

* Hranica rovnováhy stability svahu ako pomer pasívnych a aktívnych síl je rovná hodnote 1,0 ($F_s = 1$), avšak v praxi sa používajú hodnoty stupňa stability o niečo vyššie, napr. podľa STN 73 6101 „Projektovanie ciest a diaľnic“ $F_{s,min} = 1,5$ (v súdržných zeminách pri použití vrcholovej pevnosti) a $F_{s,min} = 1,15$ (v súdržných zeminách pri použití reziduálnej pevnosti).

Pri znížení pevnostných parametrov zemín dochádza k výraznému zníženiu stupňa bezpečnosti F_s . Celý zisťovaný svah môžeme považovať za veľmi náchylný na opätovnú aktiváciu pohybov. K obnoveniu pohybu po šmykovej ploche hodnoteného zosuvu môže dôjsť pri opätovnom výraznom nasýtení deluviálnych sedimentov vodou (zníženie súdržnosti zemín, zníženie uhla vnútorného trenia).

4.2.7 Návrh sanačných opatrení potrebných k zabezpečeniu stability

Lokalita Hradec – ulica Pavlovská

Hlavnou príčinou vzniku aktívneho zosuvu v lokalite Pavlovská je vhodná konfigurácia terénu umožňujúca smerovanie povrchových a podzemných vôd k odlučnej časti zosuvu. Zosuvom postihnutá časť ulice Pavlovská nemá vybudovaný ochranný prvok odvádzajúci vody pritekajúce do územia z juhovýchodu.

Elimináciu prítokov podzemnej vody do územia postihnutého zosúvaním, je možné riešiť pomocou podzemného odvodňovacieho drénu s hĺbkou cca 4 – 5,5 m, situovaného od križovatky ulíc Pavlovská – Súhradská smerom do svahu, paralelne s existujúcim oplotením pozemku domu č. 26. Pre elimináciu prítokov povrchovej vody odporúčame v línii drénu vybudovať povrchový rigol odvádzajúci vody smerom k ulici Pavlovská.

Zachytené vody je potrebné bezpečne odvieť do povrchového kanála pretínajúceho akumulačnú časť aktívneho zosuvu. K tomu je sčasti možné využiť existujúcu kanalizáciu vybudovanú pozdĺž južného okraja ulice Pavlovská. Stav existujúcej kanalizácie odporúčame preveriť revíziou. V prípade nevyhovujúceho stavu bude potrebné vybudovať novú kanalizáciu.

Tak isto vody z podmäčnaného územia ohraničeného pokračovaním ulice Pavlovská a ulicou Súhradská, odvodňované povrchovým kanálom, je potrebné odvieť mimo zosuvné územie. Je potrebné vybudovať prvok pre ich zachytenie a zaústenie do kanalizácie.

Vtekanie vôd nahromadených na komunikácii ulice navrhujeme riešiť vybudovaním obvodového rigolu. Voda z obvodového rigolu bude ako v predchádzajúcich prípadoch zaústená do povrchového kanála.

Okrem uvedených sanačných opatrení navrhujeme v hodnotených územiach prehodnotiť a upraviť spôsob nakladania s dažďovými a splaškovými vodami. V prípade budovania kanalizácie odporúčame zaústiť do nej dažďové vody zo striech a spevnených plôch objektov rodinných domov.

Účinnosť realizovaných sanačných opatrení odporúčame dokumentovať pravidelným monitoringom (sledovanie hladín podzemnej vody v zabudovaných piezometroch a studniach, inklinometrické merania vo vrte IGH-2).

Lokalita Hradec – ulica Na Stanište

Ako efektívne a vhodné riešenie považujeme opatrenia zamerané na zníženie infiltrácie a prítokov povrchových vôd do zosuvného územia.

Z údajov získaných prieskumnými prácami a zo záverov analýzy príčin a mechanizmu vzniku porúch je zrejmé, že hlavným faktorom aktivizácie svahových pohybov bolo nasýtenie deluviálnych sedimentov v dôsledku dlhodobých intenzívnych zrážok. K nasycovaniu svahu vodu vo veľkej miere prispieva existencia areálu futbalového ihriska a existencia komunikácie smerujúcej do územia vody zo svahov (obr. 20).

Elimináciu prítokov povrchovej vody a podzemnej vody do územia postihnutého zosúvaním je možné riešiť pomocou odvodňovacieho drénu s hĺbkou cca 1,5 m situovaného pozdĺž päty zárezu futbalového ihriska. V priestore medzi päťou násypu futbalového ihriska a objektmi poškodených domov č. 22 a 24 navrhujeme realizáciu odvodňovacieho drénu s hĺbkou min 2,5 – 3,0 m. Zachytené vody budú odvedené juhovýchodným smerom do Hradeckého potoka. Vzhľadom na diskutabilnú účinnosť drenážneho systému ihriska, odporúčame v maximálnej miere obmedziť zavlažovanie povrchu ihriska. V prípade rekonštrukcie drenážneho systému, navrhujeme odvádzať vody ním zachytené mimo územia smerom do Hradeckého potoka.

Pre elimináciu prítokov vody z priestoru komunikácie spájajúcej ulicu s lokalitou Na Stanište navrhujeme realizovať úpravu jej konfigurácie. Ide o vybudovanie obvodových rigolov a odvodňovacích priečných odrážok, ktoré zabránia sústreďovaniu povrchových vôd a budú ich odvádzať severovýchodným smerom mimo priestoru ulice Na Stanište.

Okrem priamych sanačných opatrení odporúčame v hodnotenom území prehodnotiť a upraviť spôsob nakladania s dažďovými a splaškovými vodami. V území neexistuje kanalizačný systém odvádzajúci zrážkové a splaškové vody bezpečne mimo zosuvného územia. Vody nahromadené na spevnených plochách a strechách rodinných domov s veľkej časti infiltrujú priamo do podlažia zosuvného územia.

V prípade realizácie uvedených sanačných opatrení odporúčame dokumentovať ich účinnosť pravidelným monitoringom, zameraným na sledovanie hladín podzemnej vody v zabudovaných piezometroch a studniach, doplnený o inklinometrické merania vo vrte IGH-5.

4.2.8 Posúdenie navrhnutých sanačných opatrení z hľadiska finančnej náročnosti

Lokalita Hradec – ulica Pavlovská

Tabuľka č. 28: Odhad nákladov navrhnutých sanačných opatrení.

Druh prác	Počet	Spolu (€)
1. Odvodňovací kopaný drén hĺbky 5-6 m	110 m	66 000
2. Revízná šachta hĺbky 5-6 m	1 ks	3 500
3. Záchyt povrchových vôd	1 ks	2 000
4. Odvedie vôd ulicou + dažďová kanalizácia	160 m	42 000
5. Vyústenie objektu do kanála	1 obj.	1 000
6. Šachta pre pripojenie dažďových vôd	4 ks	6 000
7. Obvodový rigol ulice zaústnený do kanalizácie	160 m	13 000
8. Geodetické zameranie (vytýčenie objektov v teréne, zameranie vybudovaných objektov)	-	2 000
9. Geologická služba (projekt sanácie, sled a riadenie prác, vyhodnotenie výsledkov, záverečná správa, oponentské posudky, geologický dohľad)	-	10 000
Spolu bez DPH		145 500

Lokalita Hradec – ulica Na Stanište

Tabuľka č.29: Odhad nákladov navrhnutých sanačných opatrení.

Druh prác	Počet	Spolu (€)
1. Odvodňovací kopaný drén hĺbky 2,5 až 3,0 m (päta násypu futbalového ihriska)	180 m	72 000
2. Odvodňovací kopaný drén hĺbky 1,5 m (päta zárezu futbalového ihriska)	200 m	40 000
3. Vyústenie drénov do potoka	2 ks	3 000
4. Úprava vodného režimu cesty	130 m	11 000
5. Geodetické zameranie (vytýčenie objektov v teréne, zameranie vybudovaných objektov)	-	2 000
6. Geologická služba (projekt sanácie, sled a riadenie prác vyhodnotenie výsledkov, záverečná správa, oponentské posudky, geologický dohľad)	-	10 000
Spolu bez DPH		138 000

4.3 Ekonomický prínos riešenia vo vzťahu k odôvodneniu geologickej úlohy v projekte

Cieľom geologických prác bola dokumentácia aktívnych zosuvov v lokalitách Veľká Lehôtka a Hradec, zistenie podmienok a príčin aktivácie a ideový návrh sanácie geologického prostredia.

Výsledky získané geologickými prácami sú v súlade s cieľmi stanovenými v projekte geologickej úlohy. Geologickými prácami získané informácie o charakteristikách zosuvov sú podkladom pre ideový návrh sanačného zabezpečenia zosuvných území, i podkladom pre plánovanie ich ďalšieho využitia.

5. Závery a odporúčania

Záverečná správa z úlohy „Inžinierskogeologický prieskum postihnutých lokalít v miestnych častiach Veľká Lehôtka a Hradec“, hodnotí informácie získané prieskumnými prácami realizovanými v záujmovom území v období jún – júl 2013.

Prieskumné práce hodnotili celkovo 4 lokality v intravilánoch miestnych častí Veľká Lehôtka a Hradec, postihnuté svahovými deformáciami typu zosúvania. Vo všetkých prípadoch ide o aktívne zosuvy v počiatočnom štádiu (zosuvy plytké s hrúbkou zosuvného materiálu cca 2 – 6 m), vyvinuté prevažne v deluviálnych sedimentoch, miestami okrajovo zasahujúce do podložných sedimentov neogénu.

Všetky hodnotené lokality sa nachádzajú v území, ktoré bolo v minulosti viacnásobne porušené rôznymi formami svahových pohybov (poruchy blokového typu, zosuvy). Prevažná časť územia miestnych častí Veľká Lehôtka a Hradec leží v území stabilizovaných prúdových zosuvov a stabilizovaných plošných zosuvov. K vzniku aktívnych zosuvov v takomto území spravidla dochádza vplyvom nevhodných antropogénnych zásahov, v kombinácii s extrémnymi prírodnými faktormi (zrážky, intenzívne topenie sa snehu). Vznik zosuvov v hodnotených lokalitách je príkladom uvedených kombinácií.

5.1 Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Remeselnícka

Lokalita je zasiahnutá zosuvom vyvinutým na juhozápadnom svahu ulice a zosuvmi vyvinutými na severozápadných svahoch. V oboch prípadoch ide o zosuvy v počiatočnom štádiu. Ich hlavnou príčinou vzniku je kombinácia nevhodných antropogénnych zásahov a nadpriemerných zrážkových úhrnov. Hlavným faktorom, ktorý prispel k vzniku zosuvov je nevhodné hospodárenie s povrchovými a podzemnými vodami v priestore ulice Remeselnícka. Ide predovšetkým o existenciu vodovodného privádzača, ktorého konštrukčné riešenie a technický stav s veľkou pravdepodobnosťou spôsobujú sýtenie deluviálnych sedimentov vodami. Navrhované sanačné opatrenia smerujú k obmedzeniu možností vtekania povrchových a podzemných vôd do územia ulice Remeselnícka a odvodneniu územia juhozápadného svahu postihnutého zosúvaním. Podrobnejší popis navrhovaných sanačných opatrení uvádzame v kapitole 4.1.7.

Počas prieskumných prác boli na severozápadných svahoch lokality zdokumentované tri svahové deformácie typu zosúvania. Ich odlučná časť zasahuje do územia intravilánu ulice spôsobuje poruchy na objektoch rodinných domov (kap. 4.1.4). Uvedené zosuvy neboli registrované pri návrhu prieskumných prác. Pred realizáciou sanačných prác odporúčame zdokumentovať informácie o charaktere a mechanizme vzniku zosuvov. Pozornosť je potrebné venovať najmä akumulárnym častiam zosuvov, a ich pozícii k eróznej ryhe nachádzajúcej sa na úpätí zosuvných severozápadných svahov. V prípade, že dokumentácia územia preukáže negatívne pôsobenie faktorov nachádzajúcich sa priamo v zosuvných svahoch, odporúčame sanačné práce orientovať aj do tejto časti územia.

5.2 Lokalita Veľká Lehôtka – ulica Podhorská

V lokalite je vyvinutý aktívny zosuv veľkých rozmerov s dĺžkou cca 480 m a šírkou cca 30 až 90 m. Deformácia pozostáva z aktívnych zosuvov plošného a prúdového tvaru. Vznik zosuvu v rôznej miere poškodil objekty rodinných domov, pričom k najvážnejšiemu poškodeniu došlo v jeho akumuláčnej časti.

Na stabilitu územia negatívne vplýva množstvo faktorov. Ide predovšetkým o nevhodné využívanie územia v posledných desaťročiach. V území bola nevhodným spôsobom

realizovaná výstavba futbalového areálu, výstavba záhradkárskej osady, došlo k zmene režimu povrchového odtoku z územia svahu, dochádza k smerovaniu vôd zachytenými komunikáciami do prostredia svahu, dochádza k vypúšťaniu odpadových vôd na povrch územia, dochádza k šíreniu seizmických otrasov v dôsledku ťažkej nákladnej dopravy i k eróznej činnosti vodného toku Mráznica (kap. 4.1.5).

Navrhované sanačné opatrenia smerujú predovšetkým k efektívnemu odvodneniu územia a k eliminácii prítokov povrchovej vody do zosuvného územia. Podrobnejší opis navrhovaných opatrení uvádzame v kapitole 4.1.7.

5.3 Lokalita Hradec - ulica Pavlovská

Aktívny zosuv s rozmermi cca 30 x 80 m zasahuje južnú časť ulice Pavlovská. Ide o plytký prúdový zosuv v počiatočnom štádiu, ktorého vznik súvisí s intenzívnymi prítokmi povrchových a podzemných vôd.

Navrhované sanačné opatrenia sú zamerané predovšetkým na elimináciu prítokov podzemnej a povrchovej vody smerom k odlučnej časti zosuvu a ich efektívne odvedenie mimo zosuvného územia (kap. 4.2.7).

5.4 Lokalita Hradec - ulica Na Stanište

Územie zasiahnuté zosuvom má rozmer cca 60 x 130 m. Najviac poškodené objekty rodinných domov sa nachádzajú v jeho odlučnej časti.

Vznik zosuvu súvisí s nevhodným antropogénnym zásahom do územia. Nad odlučnou hranou zosuvu bol v minulosti vybudovaný futbalový areál, ktorý spôsobuje smerovanie povrchových vôd, infiltráciu a smerovanie podzemných vôd do zosuvného územia. K smerovaniu vôd do územia prispieva aj pokračovanie komunikácie Na Stanište.

Navrhované sanačné opatrenia sú zamerané predovšetkým na zachytenie a odvedenie vôd nad zosuvným územím v priestore päty svahu a päty násypu futbalového areálu (kap 4.2.7).

5.5 Odporúčania ďalšieho využitia vybudovaných vrtov

Časť realizovaných inžinierskogeologických vrtov je vystrojená spôsobom umožňujúcim inklinometrické merania. Lokalizácia všetkých inklinometrických vrtov je orientovaná do aktívnych častí zosuvného územia, predovšetkým do územia v blízkosti poškodených objektov. Vrty zasahujú pod aktívne šmykové zóny svahových deformácií. V období 27. jún až 10. júl 2013 boli na vystrojených vrtoch realizované základné inklinometrické merania a prvá séria inklinometrických meraní. Ich vyhodnotenie nepreukázalo pohyb zosuvného územia (krátky časový odstup meraní, obdobie bez výdatných zrážok). Pre zistenie informácií o skutočnej hĺbke aktívnych šmykových plôch, veľkosti a smere pohybu, odporúčame realizáciu ďalších sérií inklinometrickými meraniami (vhodné realizovať v období s vyšším úhrnom zrážok a v jarnom období po roztopení snehovej pokrývky).

Časť vrtov vystrojených k sledovaniu hladiny podzemnej vody (piezometre) odporúčame využiť pri sledovaní účinnosti realizovaných sanačných prác. Spolu s vrtmi je k sledovaniu možné využiť aj domové studne dokumentované počas prieskumných prác (tabuľky č. 9-10, 22-23).

5.6 Odporúčania ďalšieho využívania územia hodnotených lokalít

Okrem priamych sanačných opatrení odporúčame v hodnotených územiach prehodnotiť a upraviť spôsob hospodárenia s dažďovými a splaškovými vodami. V území v mnohých prípadoch neexistuje kanalizačný systém odvádzajúci zrážkové a splaškové vody bezpečne mimo zosuvného územia. Množstvo obytných objektov nachádzajúcich sa v hodnotených lokalitách je celoročne využívaných, odpadové vody z nich infiltrujú priamo do podložia zosuvného územia.

Hodnotené lokality sa nachádzajú v územiach aktívnych zosuvov. Uvedené územia nie sú vhodné pre výstavbu objektov rodinných domov, hospodárskych budov a rekreačných chat. Využívanie územia pre ďalšiu výstavbu, bude možné až po realizácii účinnej sanácie a zdokumentovaní dosiahnutia stability svahov.

6. Údaje o uložení geologickej dokumentácie a osobitných správ, návrh na vyradenie, ako aj na zabezpečenie, údržbu a likvidáciu geologických diel a geologických objektov

Prvotná geologická dokumentácia, korešpondencia s dotknutými orgánmi, protokoly o laboratórnych analýzach a ostatné písomnosti sú uložené v archíve hmotnej dokumentácie ENVIGEO, a.s. pod archívnym číslom 11255/2013. Dokumentácia v elektronickej forme je uložená v archíve pamäťových médií pod rovnakým číslom.

Všetky vzorky predstavujúce hmotnú dokumentáciu sú náležite písomne a graficky zdokumentované. Po dohode s objednávatelom prác bola hmotná dokumentácia vyradená.

Vybraté inžinierskogeologické vrty (Prehľad parametrov realizovaných vrtov v kapitole 3.1, viď tabuľku č. 1) vo všetkých lokalitách boli vystrojené inklinometrickými pažnicami. Ostatné vrty boli dočasne vystrojené piezometrickými pažnicami, ktoré po dohode s objednávatelom prác budú zlikvidované, alebo ponechané počas sanačných prác.

7. Zoznam použitej literatúry a osobitných prameňov

DOLEJŠÍ, O., PETERKOVÁ, M., FRLIČKOVÁ, M., 1985: IBV Prievidza – Veľká Lehôtka, predbežný prieskum, ZS, IGHP n.p. Žilina, závod Žilina. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

FECEK, P., RAPOŠ, M., 1993: Ploštiny II. – skládka tuhého komunálneho odpadu, Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, Hydrocomp Bratislava. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

FUSSGÄNGER, E., DOLEJŠÍ, O., ŠUSTEK, M., VRÁBLEOVÁ, M., URBAN, V., PIALA, V., 1982: Veľká Lehôtka – zosuv na vŕažnej jame č. 3, podrobný inžinierskogeologický prieskum, IGHP n.p. Žilina, závod Žilina. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

FUSSGÄNGER, E., VRÁBLEOVÁ, K., METEJČEKOVÁ, E., 1999: Prievidza – Ploštiny, úprava a rozšírenie skládky, doplňujúci inžinierskogeologický prieskum, Emel a spol., Prešov. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

HAVČO, I., 2004: Veľká Lehôtka – stožiar GSM Orange, inžinierskogeologické posúdenie staveniska, Hageos Uhorská Ves. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

KRIPPEL, M., 1983: Diplomová práca – Analýza vplyvov ťažby uhlia na svahové deformácie v okolí obce Veľká Lehôtka, Bratislava. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

KULLMAN, E., MALÍK, P., PATSCHOVÁ, A., BODIŠ, D., 2005: Vymedzenie útvarov podzemných vôd na Slovensku v zmysle rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES. Podzemná voda XI/2005 č.5, SAH Bratislava.

LAURENČÍKOVÁ, T., 1982: Záverečná správa hydrogeologického prieskumného vrtu HVL-1 Veľká Lehôtka. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

MALGOT, J., KOPECKÝ, M., 2003: Inžinierska geológia a hydrogeológia. STU Bratislava, 215 strán.

MAZÚR, E., LUKNIŠ, M., 1980: Regionálne geomorfologické členenie, mapa 1:500 000.

MIKLÓS, L. (ED.), ET AL., 2002: Atlas krajiny Slovenskej republiky.

NEMČOK, A. ET AL., 1997.: Svahové pohyby v neovulkanických pohoriach Slovenska, etapová správa. Katedra geotechniky SVŠT Bratislava.

ŠIMEKOVÁ, J., MARTINČEKOVÁ, T., 2006: Atlas máp stability svahov SR.

ŠUBA, J., 1981, 1984: Hydrogeologická rajonizácia SSR. SHMÚ Bratislava.

VALUŠIAK, P., MIKULÁŠ, E., KOBELOVÁ, A., ENGLIŠ, I., 1975 : Prievidza – Baňa Cígeľ – vyhodnotenie hydrogeologického prieskumného vrtu HC – 1, Vodné zdroje, n.p., Bratislava. Archív ŠGÚDŠ Bratislava.

VASS, D., BEGAN, A., GROSS, P., KAHAN, Š., KÖHLER, E., LEXA, J., NEMČOK, J., 1988: Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR, SGÚ - GÚDŠ Bratislava.

STN 72 1001 Klasifikácia zemín a skalných hornín

STN 72 1002 Klasifikácia zemín pre dopravné stavby

STN 73 1001 Geotechnické konštrukcie, Zakladanie stavieb

STN 73 0036 Seizmické zaťaženie stavieb

STN 73 3050 Zemné práce

STN EN ISO 22475-1 Geotechnický prieskum a skúšky, Metódy odberu vzoriek a meranie hladín podzemnej vody, Časť 1: Technické zásady vykonávania.

ON 73 6196 Ochrana cestných komunikácií pred účinkami premrzania podložia

- Zákon č. 569/2007 Z. z. v znení neskorších predpisov o geologických prácach (geologický zákon).
- Vyhláška MŽP SR č. 51/2008 v znení neskorších predpisov, ktorou sa vykonáva geologický zákon.
- Vyhláška Štatistického úradu Slovenskej republiky č. 597/2002 Z. z., ktorou sa vydáva štatistický číselník krajov, štatistický číselník okresov a štatistický číselník obcí.