

# HODNOTENIE ZOSUVNÉHO ÚZEMIA NIŽNÁ MYŠĽA

## EVALUATION OF LANDSLIDE AREA NIŽNÁ MYŠĽA

*Peter Blišťan<sup>1</sup>, Ladislav Tometz<sup>2</sup>*

### **Abstrakt**

Geodynamické javy, predovšetkým zosuvy a povodne spôsobili v posledných troch rokoch na území Slovenska značné škody. Vo väčšine prípadov bol ich vznik vyvolaný pôsobením človeka. Ako príklad môže slúžiť rozsiahly zosuv v obci Nižná Myšľa, ktorý bol vyvolaný nevhodnou urbanistickou výstavbou. Zosuv v Nižnej Myšli je typickým príkladom nesprávneho umiestnenia stavieb a nezohľadnenia nepriaznivých geologických podmienok pri ich projektovaní. Na základe geologického prieskumu bola následne zostavená účelová inžinierskogeologická mapa a vykonaný výpočet stability svahu. Výsledky analýzy potvrdili, že nepriaznivé geologické podmienky v kombinácii a vysokou hladinou podzemnej vody spôsobili aktiváciu zosuvu. Aby sme sa v budúcnosti vyhli takýmto situáciám je potrebné pristúpiť ku komplexnému hodnoteniu geologických rizík a vytvárať prognózne mapy rizík, ktoré budú relevantným podkladom pre urbanizačné plánovanie.

### **Abstract**

Geodynamic phenomena, mainly landslides and floods have in the last three years caused significant damage in Slovakia. In most cases, their formations were caused by the human activities. Landslide in Nižná Myšľa is a typical example of incorrect placement of buildings and there were not regarded adverse geological conditions. Based on the geological survey was constructed special-purpose engineering geological map and made the calculation of slope stability. Results of the analysis confirmed that the adverse geological conditions in combination with a high ground water level caused activation of the landslide. Knowledge and risk assessment of landslides using GIS tools could minimize and / or predicted the scale of damage.

### **Kľúčové slová**

*zosuv, Nižná Myšľa, geologická rizika, geologická mapa, geografický informačný systém.*

## **1 Úvod**

Ku zosuvu v Nižnej Myšli došlo dňa 4.6.2010 a jeho následky na antroposféru a environment obce sú katastrofálne. Celkové vyčíslené škody na majetku sú cca 30 miliónov eur. Treba zdôrazniť, že sa jednalo o mimoriadnu situáciu s akútnym stavom ohrozenia životov obyvateľov a ich majetku – obytných domov a ostatných objektov v katastrálnom území obce. Zosuv bol podmienený hlavne

dlhodobými a výdatnými zrážkami v období od 10. mája do 5. júna 2010. Aj napriek pomerne dobrým poznatkom o vzniku a vývoji svahových pohybov v Toryskej pahorkatine, nebolo doposiaľ územie obce Nižná Myšľa zvlášť podrobne preskúmané.

## 2 Charakteristika záujmového územia

Záujmové územie leží cca 7 km JV od Košíc v katastrálnom území obce Nižná Myšľa, ktoré spadá do Košického samosprávneho kraja, okres Košice – okolie (obr. 1). Z geologického hľadiska je záujmové územie súčasťou regiónu neogénnych tektonických vkleslín a oblasti vnútro horských kotlín. Vyskytujú sa tu hlavne typy sedimentov s charakterom jemnozrnných zemín. V rámci inžiniersko-geologického rajónovania ide o rajón zosuvných delúvií s výskytom geodynamických javov – svahových pohybov, ktoré majú charakter aktívnych frontálnych zosuvov, zosúvajúcich sa po rotačných a kombinovaných šmykových plochách (Tometz a kol. 2010).

Záujmové územie je porušené zosuvmi rôznych generácií. Morfológické znaky starších zosuvov sú zastreté antropogénnou činnosťou a procesmi svahovej modelácie nezosuvného charakteru. Vychádzajúc zo všeobecných poznatkov o inžiniersko-geologických pomeroch možno zosuvné územie charakterizovať nasledovne (Tometz a kol. 2010):

- Územie budujú kvartérne (deluviálno-eluviálne) a neogénne sedimenty (vysokoplastické íly, menej íly stredne plastické).
- V lokalite sa zvlášť nepriaznivo podieľajú na vzniku svahových pohybov atmosférické zrážky.
- Hladina podzemnej vody sa nachádza v rôznych hĺbkach (1 – 22 m pod terénom) a má charakter napätej hladiny. V čase zvýšenej zrážkovej činnosti môže v pozorovacích objektoch vystúpiť až k povrchu terénu.
- Šmykové plochy sa nachádzajú v hĺbkových intervaloch 3 až 17 m pod terénom.
- Na stabilitu územia dlhodobo zle pôsobia aj antropogénne vplyvy súvisiace s oslabovaním päty svahu (výkopy a odrezy), zaťažovaním jeho vrcholovej časti (výstavba nových domov), ako aj zle odvedené zrážkové vody zo striech obytných objektov a spevnených plôch.

Samotný zosuv prebieha vo svojej vrchnej časti hlavnou odľučnou hranou tiahnucou sa v smere S-J. Hlavná odľučná hrana pokračuje ďalej smerom na juh kde v poli po 170 m vyznieva v teréne. Východne od hlavnej odľučnej hrany sa ako v severnej časti obce, tak aj na jej juhu vytvoril výrazný systém priečných trhlín viazaných na transportačnú zónu zosuvu. Priebeh čela zosuvu možno vymedziť zo severu čiarou prebiehajúcou nad štátnou cestou Nižná Myšľa – Nižná Hutka približne v úrovni vrstevnice s výškou 185 mnm. Severný okraj zosuvu nie je možné jednoznačne vymedziť, pretože tento nadväzuje na zosuvy v oblasti križovatky štátnych ciest Nižná Hutka – Nižná Myšľa –



**Obr. 1 Geografická pozícia záujmovej oblasti**

Bohdanovce. Južný okraj zosuvu vyznieva s morfológickým zánikom Toryskej pahorkatiny. Rozsahom predstavuje zosuvné územie zasahujúce do intravilánu obce Nižná Myšľa plochu približne 3 km<sup>2</sup>.

### 3 Hodnotenie stavu zosuvného územia

Na riešenie vzniknutého stavu bol vypracovaný projekt geologickej úlohy a jej riešenie bolo realizované podľa danej situácie a vývoja predmetného svahového pohybu. So zreteľom na charakter prác, bol v schválenom projekte geologickej úlohy navrhnutý nasledujúci postup (Tometz a kol. 2010):

- zhodnotenie archívnych podkladov,
- identifikácia skutkového stavu a vývoja svahových pohybov,
- inžiniersko-geologické mapovanie,
- geofyzikálne práce, vrtné práce,
- inžinierskogeologická dokumentácia,
- vzorkovanie a laboratórne práce,
- vyhodnotenie inžiniersko-geologických vlastností zemín a hornín,
- výpočet stability svahu na vybraných šmykových plochách,
- monitorovanie stavu a vývoja svahových pohybov,
- zhodnotenie režimových pozorovaní,
- realizácia protihavarijných opatrení,
- návrh sanačných opatrení pre zamedzenie ďalšieho rozvoja svahových pohybov.



*Obr. 2 Fotodokumentácia zosuvného územia*

#### 3.1 Výsledky riešenia geologickej úlohy

Počas riešenia geologickej úlohy bol podrobne zmapovaný stav zosuvného územia. Mapovacie práce súviseli s inžiniersko-geologickým mapovaním zosuvného územia aktívneho zosuvu v Nižnej Myšli. Hlavný dôraz bol kladený na mapovanie všetkých relevantných geologických, inžiniersko-geologických, hydrogeologických a geomorfologických javov s dôrazom na mapovanie aktívnych prejavov svahových deformácií, a to hlavne odtrhových a odlučných hrán (obr. 2), ich bočného obmedzenia,



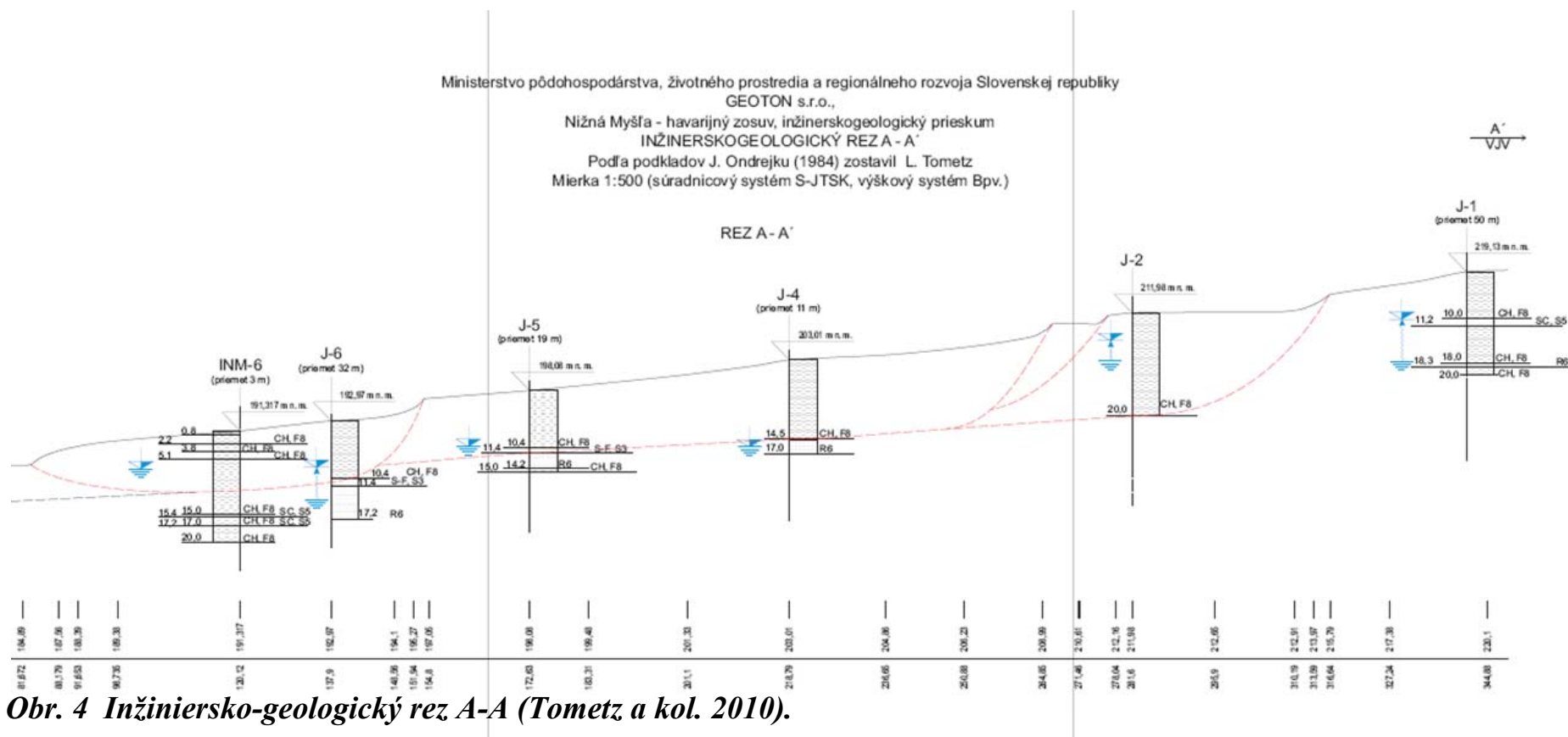
Označenie vrtu	Hĺbka vrtu	Vŕtanie			Definitívna výstroj		
		vŕtania	Hĺbkový	vŕstvie	Hĺbkový	Perforácia	
JS-1							
JS-2	JK-1						
JS-2A	JK-2						
JS-3	JK-3						
JS-4	JK-4						
JS-4A	JK-5						
	JK-5A						
	JK-6						
	JJ-4A						
	JJ-1	Označenie vrtu	Hĺbka vrtu [m]	Vŕtanie		Definitívna výstroj	
	JJ-2			vŕtania [mm]	Hĺbkový interval [m]	výstroje [mm]	Hĺbkový interval [m]
	JJ-3	JC-1	13,0	195	0 - 9	100	+0,67 - 13,0
	JJ-4	JC-2	20,0	195	0 - 10	100	+0,0 - 20,0
	JJ-5	JC-3	20,0	175	10 - 20	100	6,5 - 10,5
	JJ-6	JC-4	20,0	220	0 - 20	100	+0,70 - 20,0
	JJ-7	JC-5	20,0	220	0 - 20	100	3,0 - 5,5
	JJ-8	JC-6	20,0	195	0 - 12	100	+0,0 - 5,0
	JJ-9	JC-7	20,0	175	12 - 20	100	9,0 - 13,0

Obr. 3 Realizované inžiniersko-geologické vrtu

inžiniersko-geologické zhodnotenie existujúcich povrchových odkryvov v odlučnej, transportačnej a akumulačnej časti zosuvu.

V rámci realizácie technických prác, bolo za účelom zistenia inžiniersko-geologických pomerov aktívneho zosuvu v intraviláne obce Nižná Myšľa realizovaných 23 inžiniersko-geologických vrtov (obr. 3) do max. hĺbky 23,0 m pod terén. Inžiniersko-geologické vrtu boli situované v štyroch líniách viac-menej kolmo na sklon svahu.

V týchto líniách boli vyhotovené aj inžiniersko-geologické rezy (obr. 4).

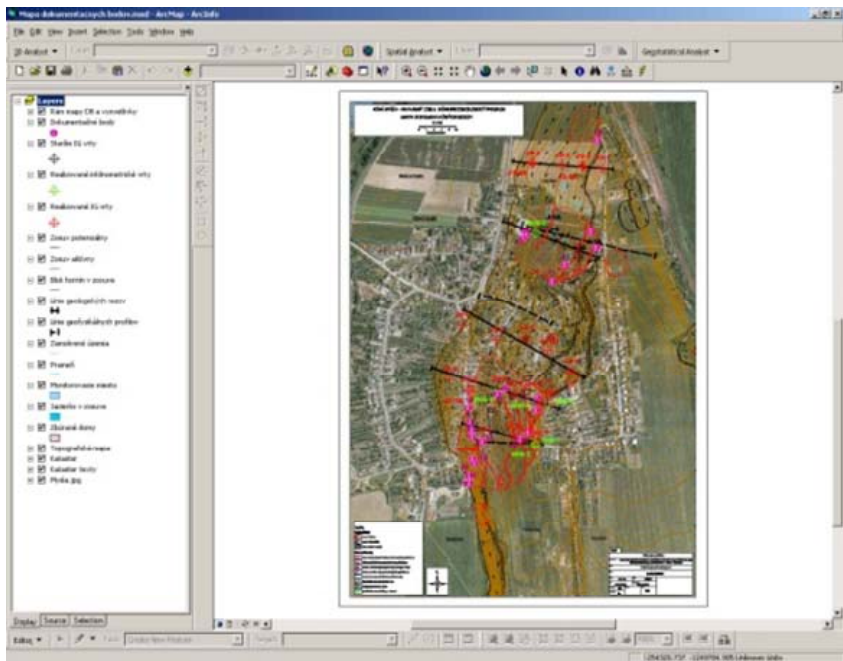


Obr. 4 Inžiniersko-geologický rez A-A' (Tometz a kol. 2010).

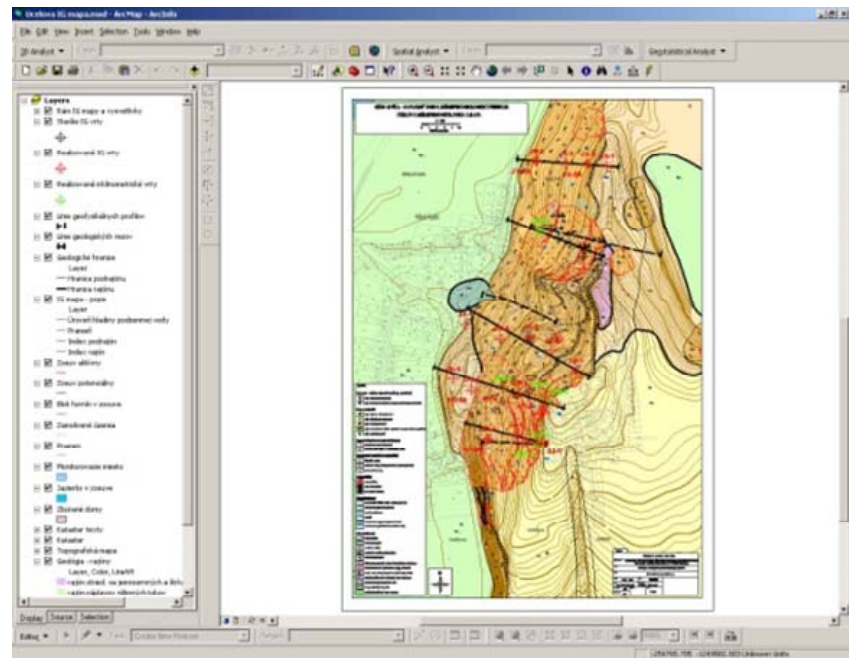
Na lokalite boli za účelom identifikácie úrovne šmykovej plochy vykonané aj geofyzikálne merania. Využitá bola metóda spontánnej polarizácie, vertikálneho elektrického sondovania, odporového profilovania, elektrickej rezistívnej tomografie, impulznej elektromagnetickej emisie a georadar. Výsledky jednotlivých metód poukazujú na skutočnosť, že zloženie a štruktúra zosuvného územia (západného svahu kopca) preukazuje dispozície pre zosúvanie (pokles intenzity poľa SP v smere svahu, diferenciácia horninového materiálu svahu s miernym sklonom na západ). Zistený stav je už výsledkom zosuvného procesu. Skúsenosť ukazuje, že spustený proces je nezvratný.

Na základe získaných dát a po ich dôslednej analýze a vyhodnotení je možné definovať podmienky a faktory, ktoré viedli k vzniku zosuvu v Nižnej Myšli (Tometz a kol. 2010):

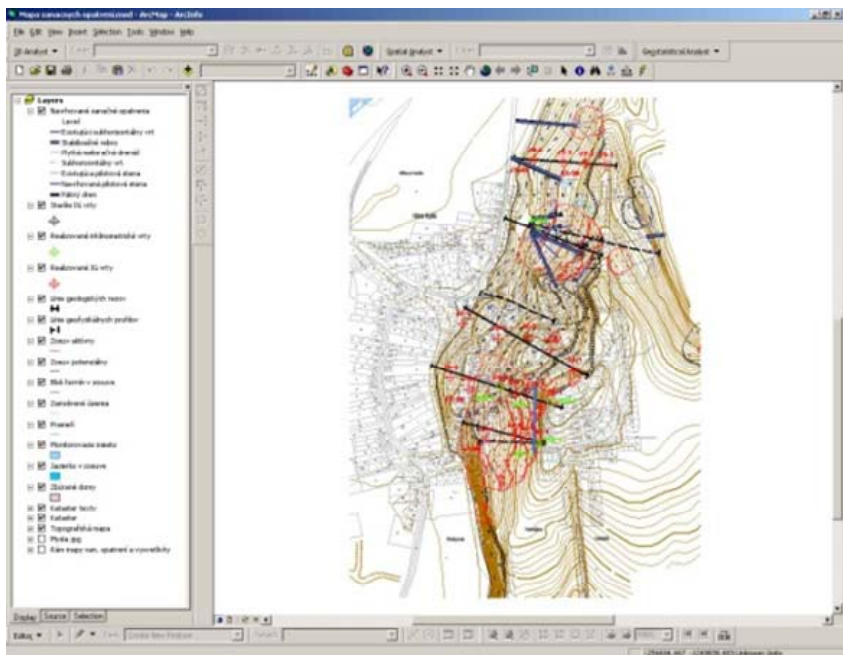
- V dôsledku geologického a geomorfologického vývoja územia došlo k vzniku priaznivej štruktúry, keď v nadloží prekonsolidovaných, plastických súvrství ílov ležia vrstvy tufov, tufítov, pieskov a štrkov. Postupným výzdvihom územia a poklesom eróznej bázy tu došlo k obnaženiu styku týchto dvoch komplexov. Priesakmi podzemnej vody na styku priepustných hornín a ílov došlo k degradácii pevnostno–deformačných vlastností neogénnych súvrství a vzniku zosuvov.
- Po geomorfologickej stránke je zosuv viazaný na danú štruktúru dobre čitateľný. V teréne sa dajú pomerne dobre identifikovať jeho odlučná, transportačná a akumulčná oblasť. Nápadné sú hlavne výrazné odlučné hrany zosuvu na svahoch so západnou expozíciou s výškou skoku od 0,5 do 4,0 m a ich strmý úklon po svahu, nápadne zvltný a nerovný reliéf s množstvom zamokrených miest a bezodtokových depresíí.
- Hydrogeologické pomery územia zohrávajú z hľadiska vzniku a vývoja svahových deformácií rozhodujúcu úlohu. Na základe realizovaných technických prác a terénneho mapovania je možné konštatovať, že hydrogeologické pomery daného územia sú pre vývoj zosuvov mimoriadne priaznivé. Infiltrované zrážkové vody prestupujú polohami pieskov, štrkov, tufov a tufítov a na styku s nepriepustným plastickým podložím prestupujú do zosuvného svahu skrytým priesakom, resp. vystupujú na povrch v podobe vrstvomých a sutinovo-vrstvomých prameňov a vedú k vytvoreniu vysokej hladiny podzemnej vody v zosuvnom svahu.
- Samotný vznik a vývoj svahových deformácií je spojený so spolupôsobením viacerých faktorov, ktoré vyvolávajú štartovací mechanizmus pohybu. V danom prípade k ďalším možným faktorom možno priradiť miestnu antropogénnu činnosť. Táto súvisela hlavne v neriadenom a úplne chaotickom prístupe pri výstavbe nových obytných domov, prípadne rekonštrukcií starých objektov a s tým súvisiacich zemných prác. Takýmto spôsobom došlo častokrát k zvýšenému zaťaženiu svahu v dôsledku priťaženia v jeho vrcholovej časti a oslabenia pri jeho päte.
- Rozsah a mieru ničivého zosuvu možno charakterizovať nasledovne:
  - dĺžka odlučnej hrany približne 450 m (cintorín – novostavby) a 500 m (centrum obce),
  - odlučné trhliny so šírkou rádovo v dm (10 až 30) s vertikálnym poklesom terénu do 50 cm do 4 m,
  - hlavné rozmery zosuvnej plochy asi 1500 m (šírka) x 500 m (dĺžka).



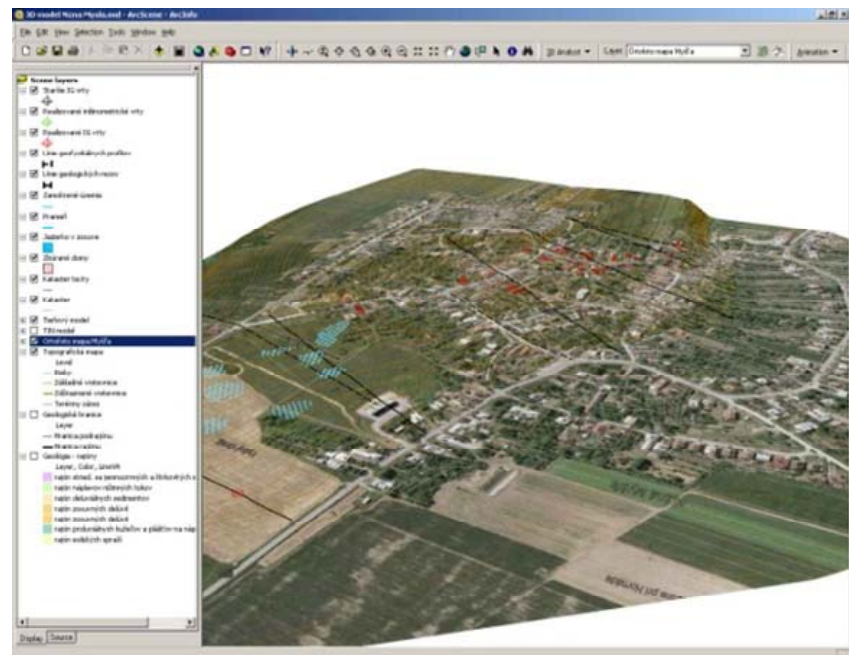
a)



b)



c)



d)

Obr. 5 GIS projekt v ArcGIS

Na základe uvedených výsledkov bola zostavená účelová inžinierskogeologická mapa svahových deformácií (obr. 5. b), inžiniersko-geologické rezy s vykreslením šmykových plôch aktívneho zosuvu a charakteristickými horninami zosuvného delúvia. Na základe takto skonštruovaných rezov bol urobený výpočet stability svahu s modelovaním jednotlivých parametrov stabilitného výpočtu. Výsledky takejto analýzy jednoznačne potvrdili vplyv úroveň hladiny podzemnej vody na stabilitu svahu, čo bolo následne zohľadnené pri návrhu sanačných opatrení pre zabezpečenie stability svahu. Ako optimálny spôsob sanácie bol navrhnutý systém drenážno-stabilizačných rebier, doplnený o odvedenie povrchových vôd z bezodtokových depresii a zamokrených miest pomocou plynkej hydromelioračnej drenáže zaústenej do týchto rebier, ako aj hĺbkového odvodnenia svahu pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Súčasne bol navrhnutý plán úpravy povrchu zosuvného svahu formou zahľadania a vysvahovania terénu zemnými prácami a vysadenia vhodne zvoleným druhom drevín a krovín.

Výsledky geologickej úlohy boli prezentované aj v podobe GIS projektu záujmového územia v prostredí softvéru ArcGIS. Všetky získané údaje boli zaradené do komplexnej databázy realizovaných geologických prác (prieskumné vrty, dokumentačné body) a do databázu poškodených objektov – domy a pod.. V ArcGIS boli zostavené aj topografické, katastrálne, inžiniersko-geologické mapy a rezy. Podkladové digitálne vektorové dáta boli spracované tak, aby výstupy boli použiteľné pre tvorbu informačných vrstiev v ArcGIS. Pre celé záujmové územie bol následne vytvorený spomínaný GIS projekt, ktorý obsahuje tri účelové mapy – subprojekty a 3D model záujmového územia:

- Mapa dokumentačných bodov (obr. 5 a),
- Účelová inžinierskogeologická mapa (obr. 5 b),
- Mapa ideového návrhu sanačných opatrení (obr. 5 c),
- 3D model Nižná Myšľa (obr. 5 d).

## 4 Záver

Geodynamické javy, predovšetkým zosuvy a povodne spôsobili v posledných troch rokoch na území Slovenska značné škody. Vo väčšine prípadov bol ich vznik vyvolaný pôsobením človeka. Ako príklad môže slúžiť rozsiahly zosuv v obci Nižná Myšľa, ktorý bol vyvolaný nevhodnou urbanistickou výstavbou. Poznaním a ocenením rizika vzniku takýchto situácií s využitím napríklad aj nástrojov GIS by bolo možné minimalizovať dôsledky a resp. predpovedať rozsah škôd ak k takejto udalosti dôjde. Aj keď u nás zatiaľ nie je samozrejmosťou zhotovovanie prognózných máp geologických hazardov a rizík, je len otázkou času kedy sa to stane nutnosťou. S postupujúcou urbanizáciou a zvyšujúcou sa potrebou vyššieho životného komfortu sú projektanti nútení vyrovnávať sa so stále zložitejšími inžiniersko-geologickými pomermi pri posudzovaní pozemných, podzemných, líniových, vodných, ale aj iných druhov stavieb. Správne umiestnenie stavby s dôkladným poznaním súčasného stavu geologického prostredia, ale najmä predpokladaním geologických procesov v budúcnosti, s dôrazom na geobariéry, môže byť prostriedkom k ušetreniu vysokých finančných nákladov na možné sanácie v budúcnosti a v neposlednom rade zároveň zvýši bezpečnosť obyvateľstva. Prognózne mapy geologických rizík vytvorené za pomoci

nástrojov GIS môžu byť ideálnym podkladom pre urbanizačné plánovanie jednotlivých územných celkov (Bednarik, 2007; Magulová, 2009; Pauditš, 2005).

### **Literatúra**

BEDNARIK, M. Hodnotenie zosuvného rizika pre potreby územnoplánovacej dokumentácie. Kandidátska dizertačná práca, *Manuskript*, PRIF UK, Bratislava, 2007, 130 s.

MAGULOVÁ, B. Použitie GIS pre tvorbu máp geohazardov ako podkladov pre urbanizačné plánovanie. *Acta geologica slovacica*, ročník 1, 1, Bratislava, 2009, s. 25 – 32.

PAUDITŠ, P. Hodnotenie náchylnosti územia na zosúvanie s využitím štatistických metód v prostredí GIS. Kandidátska dizertačná práca, *Manuskript*, PRIF UK, Bratislava, 2005, 153 s.

TOMETZ, L., BLIŠŤAN, P., HARABINOVÁ, S., LEŠŠO, J., NYÁRHIDY, J., TUROVSKÝ, F.: Nižná Myšľa – havarijný zosuv, inžinierskogeologický prieskum. *Manuskript* GEOTON s.r.o., Košice, 2010, 59 s.

---

### **Autori**

<sup>1</sup> doc. Ing. Peter Blišťan, PhD., Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Park Komenského 19, 043 84 Košice, Slovensko, tel.: (+421)55/6022786, e-mail: Peter.Blistan@tuke.sk

<sup>2</sup> doc. Ing. Ladislav Tometz, PhD., Ústav geovied, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Park Komenského 15, 043 84 Košice, Slovensko