

**MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA

817 04 Bratislava, Mlynská dolina 1, tel.:421-7-59375 111, fax:421-7-54771 940



**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM GEOLOGICKÝCH
FAKTOROV ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR
1993 - 2000**

ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

Etapu: orientačný prieskum geológie životného prostredia

RNDr. Alena Klukanová, CSc:
Zodpovedný riešiteľ

Doc. RNDr. Michal Kaličiak, CSc.
Riaditeľ ŠGÚDŠ

Bratislava, 2001

ZADÁVATEĽ: **MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ
REPUBLIKY BRATISLAVA**

ZHOTOVITEĽ: **ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA BRATISLAVA**

NÁZOV ÚLOHY: **Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného
prostredia Slovenskej republiky**

ČÍSLO ÚLOHY: **IG - 2**

**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM GEOLOGICKÝCH FAKTOROV
ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
OBDOBIE 1993 – 2000**

ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

ZODPOVEDNÝ RIEŠITEĽ: **RNDr. Alena Klukanová, CSc.**

AUTORI SPRÁVY: **RNDr. Alena Klukanová, CSc.
RNDr. Ľubica Iglárová
Doc.RNDr. Peter Wagner, CSc.
Mgr. Martin Ondrášik
RNDr. Pavol Liščák, CSc.
Prof. Ing. Mirko Matys, CSc.
Doc. RNDr. Ján Vlčko, CSc.
RNDr. Mária Kováčiková
Doc.RNDr. Miroslav Hrašna, CSc.
RNDr. Dušan Bodiš, CSc.
Doc.RNDr. Peter Moczo, DrSc.
RNDr. Helena Smolárová**

SPOLURIEŠITELIA:

Prof.Ing. Jaroslav Antal, DrSc.
Mgr. Andrej Cipciar
Mgr. Ivan Dananaj
RNDr. Tatiana Durmeková
Ing. Jana Frankovská, CSc.
Ing. Jaromír Helma
Mgr. Róbert Jelínek
Mgr. Peter Maas
RNDr. Anton Matejček
RNDr. Peter Labák
Mgr. Peter Pauditš
Ing. Ľubomír Petro, CSc.
Ing. Erika Polaščinová
RNDr. Kamil Rozimant, CSc.
RNDr. Svetozár Scherer
Mgr. Igor Slaninka
Ing. Ján Vanko

SPOLUPRACOVALI: **Dana Magalová**
Katarína Okoličányiová

RNDr. Alena Klukanová, CSc.
ZODPOVEDNÝ RIEŠITEL'

Doc. RNDr. Michal Kaličiak, CSc.
RIADITEĽ ŠGÚDŠ

Bratislava 2001

O b s a h

1.	ÚVOD	9
2.	ZÁMERY A CIELE ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU	12
3.	DOTERAJŠIE PRÁCE	12
4.	ZÁKLADNÉ METODICKÉ PRÍSTUPY	12
5.	OPIS ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU	13
5.1.	ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE	13
5.1.1.	Metodika práce	14
5.1.1.1.	Výber reprezentatívnych lokalít	14
5.1.1.2.	Metódy monitorovania	16
5.1.1.3.	Kvalitatívne úrovne monitorovania	17
5.1.1.4.	Spôsoby hodnotenia nameraných údajov	17
5.1.1.5.	Komplexné hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní	19
5.1.2.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	19
5.1.2.1.	Lokalita Veľká Čausa	20
5.1.2.2A.	Lokalita Malá Čausa	28
5.1.2.2B.	Lokalita Bojnice	32
5.1.2.2C.	Lokalita Diviaky nad Nitricou	38
5.1.2.3.	Lokalita Handlová	40
5.1.2.4.	Lokalita Dolná Mičiná	45
5.1.2.5.	Lokalita Ľubietová	50
5.1.2.6.	Lokalita Fintice	57
5.1.2.7.	Lokalita Slanec	62
5.1.2.8.	Lokalita Okoličné	64
5.1.2.9.	Lokalita Liptovská Mara	71
5.1.2.10.	Lokalita Žilina – Dubeň	81
5.1.2.11.	Lokalita Oravský Podzámok	82
5.1.2.12.	Lokalita Harvelka	83
5.1.2.13.	Lokalita Klieštiná	84
5.1.2.14.	Lokalita Hlohovec – Posádka	85
5.1.2.15.	Lokalita Vištuk	91
5.1.2.16.	Lokalita Veľká Izra	92
5.1.2.17.	Lokalita Sokol	94
5.1.2.18.	Lokalita Košický Klečenov	97
5.1.2.19.	Lokalita Havran	98
5.1.2.20.	Lokalita Banská Štiavnica	100

5.1.2.21.	Lokalita Demjata	101
5.1.2.22.	Lokalita Huty	103
5.1.2.23.	Lokalita Harmanec	104
5.1.3.	Záverečné zhrnutie	106
5.2.	ERÓZNE A ABRÁZNE PROCESY	109
5.2.1.	Metodika práce	109
5.2.2.	Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu	110
5.2.3.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	110
5.2.3.1.	Lokalita Brezová pod Bradlom na Myjavskej pahorkatine	110
5.2.3.2.	Lokalita Nováky v Hornonitrianskej kotline	111
5.2.3.3.	Lokalita Dudince v Krupinskej planine	124
5.2.3.4.	Lokalita Klenovec v Stolických vrchoch Slovenského rudohoria	124
5.2.3.5.	Lokalita Plaveč v Spišsko – Šarišskom medzihorí	125
5.2.3.6.	Lokalita Varhaňovce v Prešovskej kotline	130
5.2.3.7.	Lokalita Osrblie vo Veporských vrchoch	130
5.2.3.8.	Monitoring erózie poľnohospodárskej pôdy	136
5.2.4.	Záver a odporúčania	138
5.3.	PROCESY ZVETRÁVANIA	139
5.3.1.	Metodika práce	139
5.3.2.	Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu	144
5.3.3.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	145
5.4.	OBJEMOVO NESTÁLE ZEMINY	149
5.4.1.	Charakteristika objemovo nestálych sedimentov	149
5.4.2.	Presadavé zeminy	150
5.4.3.	Objemovo nestále íly a ílovité zeminy	153
5.4.4.	Registrácia porušených objektov a príčiny porúch na objektoch	155
5.4.5.	Príčiny porúch na objektoch	156
5.4.6.	Zhrnutie	161
5.5.	VPLYV ŤAŽBY NERASTOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE	162
5.5.1.	Metodika práce	163
5.5.2.	Štiavnicko – Hodrušský rudný obvod	163
5.5.3.	Handlovsko – Cígeľský hnedouhoľný revír	172
5.5.4.	Zhodnotenie	183
5.6.	ZMENY ANTROPOGÉNNÝCH SEDIMENTOV	185
5.6.1.	Metodika prác	185
5.6.2.	Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia	186
5.6.3.	Stručný opis odkalísk	186

5.6.4.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	189
5.6.5.	Návrh alebo úprava dizajnu monitoringu	198
5.6.6.	Zhodnotenie	198
5.7.	STABILITA HORNINOVÝCH MASÍVOV POD HISTORICKÝMI OBJEKTAMI	214
5.7.1.	Metodika prác	214
5.7.2.	Rozsah a frekvencia zberu dát	216
5.7.3.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	219
5.7.3.1.	Spišský hrad	219
5.7.3.2.	Hrad Strečno	224
5.7.3.3.	Kláštor Skalka	224
5.7.4.	Návrh úpravy monitoringu	225
5.7.5.	Záver a odporúčania	226
5.8.	ANTROPOGÉNNE SEDIMENTY POCHOVANÉ	227
5.8.1.	Metodika práce	227
5.8.1.1.	Identifikácia jednotlivých lokalít vo vybraných územiach	228
5.8.2.	Charakteristika jednotlivých lokalít	228
5.8.3.	Báza údajov o ASP a informačný systém o ASP	229
5.8.4.	Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu	229
5.8.5.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	230
5.8.6.	Návrh alebo úprava dizajnu monitoringu	230
5.8.7.	Záver a odporúčania	231
5.9.	TEKTONICKÁ A SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA	237
5.9.1.	Metodika prác	237
5.9.2.	Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu	238
5.9.3.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	239
5.9.4.	Návrh úpravy monitoringu	246
5.9.5.	Záver a odporúčania	246
5.10.	MONITOROVANIE CHEMICKÉHO ZLOŽENIA SNEHOVEJ POKRÝVKY	255
5.10.1.	Metodika monitorovania	255
5.10.2.	Vyhodnotenie výsledkov	257
5.10.3.	Zhrnutie	260
5.11.	MONITORING SEIZMICKÝCH JAVOV NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY	264
5.11.1.	Základné metodické prístupy	264
5.11.2.	Monitorovacie prvky, frekvencia zberu dát	265
5.11.3.	Výber a charakteristika lokalít	266

5.11.4.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	268
5.11.5.	Závery a doporučenia	270
5.12.	MONITOROVANIE CHEMICKÉHO ZLOŽENIA RIEČNYCH SEDIMENTOV	271
5.12.1 .	Metodika práce	271
5.12.2.	Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu	273
5.12.3.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	276
5.12.4.	Zhodnotenie výsledkov z hľadiska limitných hodnôt škodlivých látok	288
5.12.5.	Závery a odporúčania	290
5.13.	MONITORING OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU	309
5.13.1.	Metodika prác	310
5.13.2.	Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia dát	312
5.13.3.	Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov	315
5.13.3.1.	Pôdny radón – v mestách s prognózou zvýšeného radónového rizika	315
5.13.4.	Úprava dizajnu monitoringu	326
5.13.5.	Závery a odporúčania	332
6.	PARCIÁLNY INFORMAČNÝ SYSTÉM GEOFAKTOROV ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA	334
7.	VNÚTORNÉ VÄZBY ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU	341
8.	VONKAJŠIE VÄZBY (VO VZŤAHU K INŽM ČMS)	341
9.	VZŤAH K TVORBE A OCHRANE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA	343
10.	TECHNICKÉ ZABEZPEČENIE	347
11.	EKONOMICKÉ ZDÔVODNENIE	347
	Literatúra	344

1. ÚVOD

23. júla 1993 bol schválený projekt geologickej úlohy: "Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR" a 4. augusta 1995 prvá zmena projektu, ktorá sa týkala zaradenia dvoch podsystémov, a to monitorovania kvality snehovej pokrývky a seizmických javov na území Slovenskej republiky.

21. júla 1997 bola schválená 2. zmena projektu, ktorá sa týkala všetkých podsystémov - zmeny doby riešenia, zmeny počtu monitorovaných lokalít i zmeny pozorovaných prvkov. Úloha bola doplnená o 12. podsystém, a to monitorovanie aktívnych riečnych sedimentov. Niektoré postupy uvádzané v pôvodnom projekte sa ukázali nevhodné. Problematické boli i zmenené cenové relácie. Preto sa projekt úplne prebudoval (Klukanová, 1997).

27. augusta 1997 bola schválená 3. zmena projektu, ktorá sa týkala zaradenia 13. podsystému - Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky.

Z rozboru stavu monitorovania životného prostredia vyplýva, že monitorovacie činnosti sú zabezpečované vzájomne previazanými čiastkovými monitorovacími systémami (ČMS), ktoré plnia prevažne rezortné úlohy. Cieľom bolo dobudovať čiastkové monitorovacie systémy tak, aby tvorili homogénny, previazaný celok schopný podať čo najobjektívnejšiu výpoveď o stave životného prostredia. Uznesenie vlády č. 7 zo dňa 12.1.2000 prijalo koncepciu dobudovania komplexného monitorovacieho a informačného systému v životnom prostredí a uložilo príslušným ministrom aktualizovať projekty čiastkových monitorovacích systémov v súlade s prijatou Koncepciou dobudovania a v nich termínovo vyjadriť technické, organizačné, metodické a finančné zabezpečenie dobudovania monitorovacieho systému. Na základe jednotnej osnovy boli pripravené projekty jednotlivých ČMS. Z takto pripravených projektov vznikol jeden súborný.

Počas riešenia úlohy boli spracované 3 čiastkové záverečné správy – na začiatku riešenia v roku 1993, stav k 31.12.1997 a stav k 31.12.1999 (Klukanová et al., 1993, 1998, 2000).

V roku 2001 rozpočtovým opatrením č. 1 boli na zabezpečenie aktualizovaného projektu ČMS Geologické faktory bežným transférom pridelené finančné prostriedky zo štátneho rozpočtu.

Zo záverov kontrolného dňa úlohy, konaného 18.7.2001 vyplynulo skončiť úlohu záverečnou správou, aby nedošlo k duplicite prác.

Monitorovanie geologických faktorov životného prostredia SR je chápané ako viaczložkový, integrovaný, otvorený, z hľadiska štruktúry a funkcie pružný systém. V súčasnej dobe je tvorený 13 samostatnými podsystémami. Štruktúra čiastkového

monitorovacieho systému geologických faktorov je zobrazená v tab. 1. Na obr. 1 je zobrazené situovanie monitorovaných lokalít.

Tab. 1. Štruktúra jednotlivých čiastkových úloh

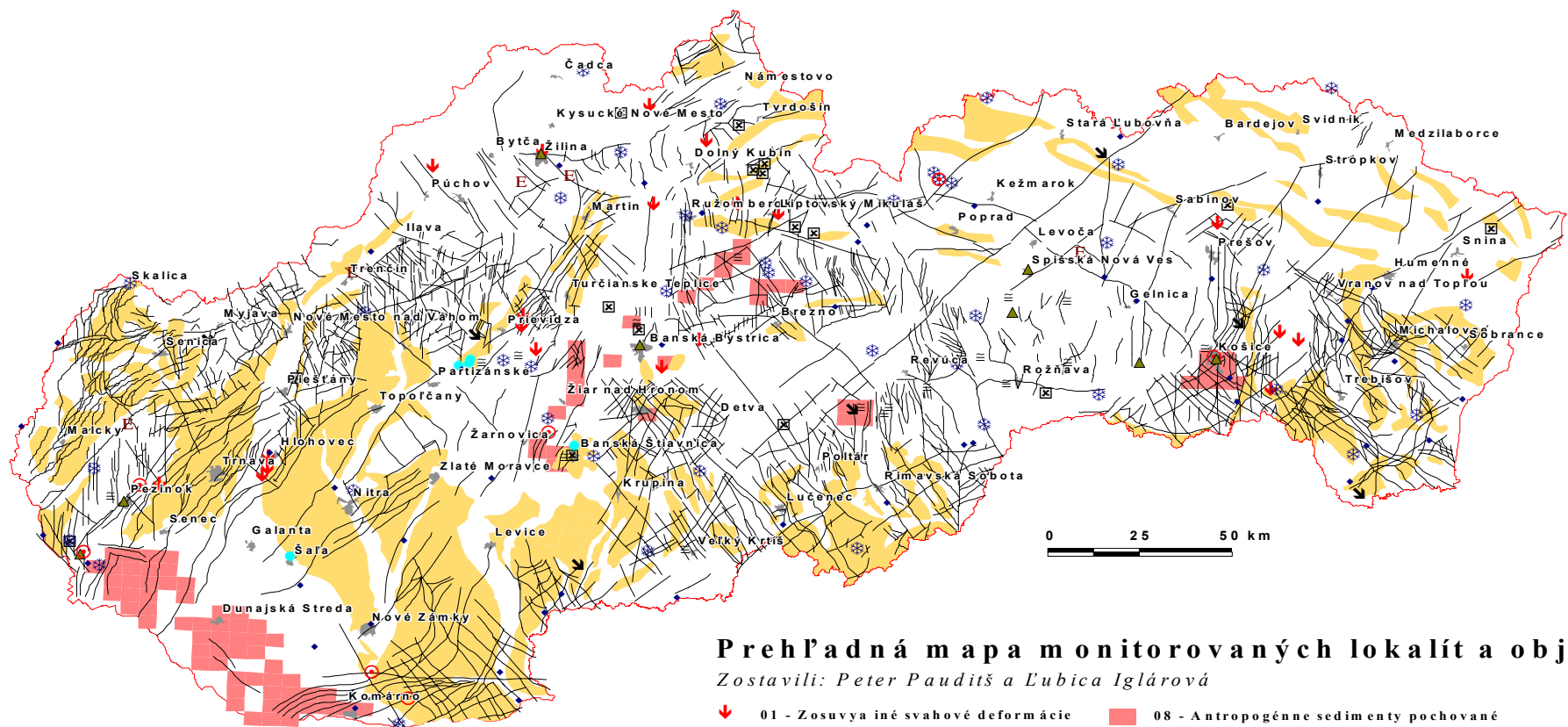
Číslo subprojektu	Názov subprojektu	Zodpovedný riešiteľ
01	Zosuvy a iné svahové deformácie	Doc. RNDr. Peter Wagner, CSc. *1
02	Erózne procesy	Mgr. Martin Ondrášik *1
03	Procesy zvetrávania	RNDr. Pavel Liščák, CSc. *1
04	Objemovo nestále sedimenty	RNDr. Alena Klukanová, CSc. *1
05	Vplyv ťažby nerastov na životné prostredie	RNDr. Alena Klukanová, CSc. *1
06	Zmeny antropogénnych sedimentov	Prof. Ing. Mirko Matys, CSc. *2
07	Stabilita horninových masívov pod historickými objektami	Doc RNDr. Ján Vlčko, CSc. *2
08	Antropogénne sedimenty pochované.	RNDr. Mária Kováčiková *1
09	Tektonická a seizmická aktivita územia	Doc. RNDr. Miroslav Hrašna, CSc. *2
10	Monitorovanie kvality snehovej pokrývky	RNDr. Dušan Bodiš, CSc. *1
11	Monitorovanie seizmických javov na území Slovenskej republiky	Doc. RNDr. Peter Moczo, DrSc. *3
12	Monitorovanie aktívnych riečnych sedimentov	RNDr. Dušan Bodiš, CSc. *1
13	Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí	RNDr. Helena Smolárová *4
	Parciálny informačný systém geologických faktorov PIS GF	RNDr. Ľubica Iglárová *1

*1 Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

*2 Prírodovedecká fakulta UK Bratislava - Katedra inžinierskej geológie

*3 Geofyzikálny ústav SAV Bratislava

*4 Štátny geologický ústav Dionýza Štúra RC Spišská Nová Ves



Prehľadná mapa monitorovaných lokalít a obj

Zostavili: Peter Pauditš a Ľubica Iglárová

- | | | | |
|---|---|---|--|
| ↓ | 01 - Zosuvy a iné svahové deformácie | ■ | 08 - Antropogénne sedimenty pochované |
| ↘ | 02 - Erózne a abrázne procesy | ↗ | 09 - Tektonická a seizmická aktivita územia |
| ☒ | 03 - Procesy zvetrávania | ❄ | 10 - Monitorovanie kvality snehovej pokrývky |
| ■ | 04 - Výskyt sedimentov náchylných k objemovým zmenám | ⊙ | 11 - Monitorovanie seizmických javov |
| ≡ | 05 - Vplyv ťažby nerastov | ◆ | 12 - Aktivita riečnych sedimentov |
| ◆ | 06 - Zmeny antropogénnych sedimentov | ▲ | 13 - Monitorovanie objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí |
| E | 07 - Stabilita horninových masívov pod historickými objektami | | |

2. ZÁMERY A CIELE ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU

Koncepcia monitorovacieho systému životného prostredia územia SR, prijatá vládou SR uznesením č. 449 z 26. mája 1992 definuje monitorovanie životného prostredia ako systematické, dôsledne v čase a v priestore definované pozorovanie presne určených charakteristík zložiek životného prostredia, alebo vplyvov na ne pôsobiacich, ktoré s určitou mierou vypovedacej schopnosti reprezentujú pozorovanú sledovanú oblasť a v súhrne potom väčší územný celok.

ČMS Geologické faktory je súčasťou Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky, ktorý bol schválený uznesením vlády SR č. 620 zo dňa 7.9.1993. Koncepcia ČMS Geologické faktory vychádza z celkovej koncepcie monitorovania životného prostredia pre územie Slovenskej republiky. ČMS Geologické faktory je účelovo zameraný na tie geologické faktory a na takú formu výstupov, ktoré sa javia vhodné ako vstupné údaje pri riešení problémov ochrany životného prostredia a optimalizácie využívania geopotenciálov krajiny. Monitorovanie slúži na sledovanie a vyhodnocovanie mechanizmu negatívnych zmien v geologickom prostredí. Umožňuje predvídať ich dopady v čase a priestore a aktivovať opatrenia, ktoré by účinky týchto faktorov znižovali na prijateľnú mieru. Monitorovanie má za cieľ pravidelne sledovať zmeny a závislosti vybraných pozorovaných charakteristík.

3. DOTERAJŠIE PRÁCE

Táto časť je podrobne opísaná v 2. zmene projektu geologickej úlohy Čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov životného prostredia SR (Klukanová, 1997) a v čiastkových záverečných správach (Klukanová et al. 1998, 2000).

4. ZÁKLADNÉ METODICKÉ PRÍSTUPY

Monitorovanie životného prostredia Slovenskej republiky je definované ako viaczložkový, integrovaný, otvorený a z hľadiska štruktúry i funkcií pružný systém. Umožní to postupne prebudovať doterajší, územne i metodicky nejednotný systém sledovania relevantných javov prostredia, na jednotnú databázu kompatibilnú s databázami ďalších čiastkových monitorovacích systémov.

Špecifikom tohoto čiastkového monitorovacieho systému je, že exaktnými metódami nielen meria fyzikálne, chemické a iné veličiny v monitorovaných bodoch, ale hodnotí aj citlivosť geologického prostredia na aktivitu geologických procesov a zistený komplex údajov vyjadruje kartografickou formou. V takýchto prípadoch ide o klasické celoplošné monitorovanie geologických faktorov, nakoľko sa hodnotia geologicky definované regionálne celky.

Základné metodické prístupy sú opísané v 2. zmene projektu geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR (Klukanová, 1997) a v čiastkových záverečných správach (Klukanová et al. 1998, 2000).

5. OPIS ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU

Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov je tvorený 13 samostatnými podsystémami, pre ktoré je charakteristickým odlišujúcim znakom pôsobenie špecifického geologického procesu, aktivovaného prírodnými, alebo antropogénnymi faktormi. K riešeniu každého podsystému pristupujeme samostatne, avšak optimálnym riešením je vzájomné prepojenie niektorých častí monitorovania geologických faktorov tak, aby sa jednotlivé merania navzájom dopĺňali a podávali ucelený obraz o stave geologického prostredia ako celku. Ide o prepojenie monitorovania erózie a zvetrávania, v rámci sledovania dlhodobých svahových pohybov, vplyvu ťažby nerastov na životné prostredie, zmien antropogénnych sedimentov, stability horninových masívov pod historickými objektami, atď. Tejto základnej filozofii monitorovania je potrebné podriadiť výber monitorovacích miest, frekvenciu odberu vzoriek a zberu dát, ako aj spôsoby spracovania vzoriek hornín a najmä spôsob získavania údajov.

5.1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

Základné metodické princípy riešenia monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií sú pomerne podrobne opísané v zodpovedajúcich častiach predchádzajúcich správ (Klukanová et al., 1998, 2000).

Počas celého riešenia úlohy sa vykonávalo bodové monitorovanie vybraných reprezentatívnych lokalít svahových pohybov, pričom sa dodržiavala zásada, že podrobnosť monitorovania má byť na úrovni adekvátnej významu lokality z hľadiska celospoločenského. Extrapolácia zistených údajov z monitorovania reprezentatívnych lokalít na širšie územné

celky predstavuje z metodického hľadiska vyšší stupeň praktického uplatnenia výsledkov monitorovania a bude náplňou ďalších etáp riešenia úlohy.

5.1.1. Metodika práce

Metodický postup bodového monitorovania pozostáva zo zásad výberu reprezentatívnych lokalít, z výberu optimálnych spôsobov monitorovania rôznych typov svahových deformácií, ďalej z problematiky výberu monitorovacích prvkov a z rozsahu a frekvencie zberu a spracovania získaných informácií. Hlavné zásady postupu monitorovania sú kvôli lepšej čitateľnosti a prehľadnosti zhrnuté pred vlastným opisom výsledkov monitorovania reprezentatívnych lokalít.

5.1.1.1. Výber reprezentatívnych lokalít

Výber reprezentatívnych lokalít pre monitorovanie svahových pohybov vychádzal z viacerých kritérií, ktorých váha a vzájomný vzťah sa postupne vyvíjali. Ako zásadné možno pri výbere lokalít uviesť nasledujúce kritériá:

- kritérium typologické, podmieňujúce zastúpenie základných typov svahových pohybov v rámci súboru pozorovaných lokalít (ide o typy zosúvania a plazenia, ako aj monitorovania príznakov rútenia)
- kritérium regionálne - geologické, z ktorého vyplýva situovanie reprezentatívnych lokalít do základných inžinierskogeologických regiónov Západných Karpát v súlade s inžinierskogeologickou rajonizáciou Slovenska
- kritérium ekonomické, podmieňujúce výber takých reprezentatívnych lokalít, monitorovanie ktorých je z celospoločenského hľadiska najdôležitejšie a na ktorých je k dispozícii aspoň základná sieť monitorovacích objektov.

Prehľad reprezentatívnych lokalít, vybratých podľa uvedených základných kritérií, je zhrnutý v tab. 5.1.1.

Pri výbere a zoskupení lokalít sme v niektorých prípadoch uprednostnili praktické hľadiská. Preto všetky havarijné zosuvy hornej Nitry boli zaradené do jednej skupiny v rámci neovulkanitov a ich kontaktu s paleogénnymi a neogénnymi sedimentami i keď lokality Bojnice a Diviaky nad Nitricou patria z geologického hľadiska do horninového prostredia flyšového charakteru. Z praktických dôvodov sme však nepovažovali za vhodné lokality, riešené v rámci spoločného cyklu monitorovania vzájomne od seba oddeľovať. Podobne i pri lokalitách, nachádzajúcich sa v blízkosti kontaktov dvoch rozdielnych geologických útvarov

sa účelovo zohľadňovali prevládajúce črty geologickej stavby (napr. pri lokalitách Dolná Mičiná, Ľubietová, Oravský Podzámok).

Tab. 5.1.1 : Prehľad reprezentatívnych lokalít, vybratých podľa rôznych kritérií

Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality	
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentami	Veľmi významná	1. Veľká Čausa 2. Havarijné zosuvy Hornej Nitry (A – Malá Čausa, B – Bojnice, C- Diviaky n. Nitricou)	
		Významná	3. Handlová 4. Dolná Mičiná 5. Ľubietová 6. Fintice 7. Slanec	
	Horninové prostredie flyšového charakteru	Veľmi významná	8. Okoličné	
		Významná	9. Liptovská Mara 10. Žilina – Dubeň	
		Menej významná	11.Oravský Podzámok 12. Harvelka 13. Klieštiná	
	Neogénne sedimenty	Významná	14. Hlohovec	
		Menej významná	15. Vištuk	
	Plazenie	Neogénne vulkanity	Významná	16. Veľká Izra 17. Sokol 18. Košický Klečenov
		Mezozoické horniny	Významná	19. Ľubochňa– Havran
	Rútenie	Neogénne vulkanity	Významná	20. Banská Štiavnica
Horninové prostredie flyšového charakteru		Významná	21. Demjata 22. Hutý	
Mezozoické horniny		Významná	23. Harmanec	

Zaradenie lokalít podľa celospoločenského významu nie je nemenné a vyvíja sa v závislosti od priebežných výsledkov monitorovania, ako aj zmien stupňa dôležitosti ohrozovaných objektov. Preto sa niektoré lokality postupne preradili do skupiny menej významných (napríklad Diviaky nad Nitricou po úspešnej sanácii), alebo sa monitorovanie ukončilo (lokality Slanec a Oravský Podzámok na ktorých došlo k vážnym porušeniam monitorovacej siete, resp. lokality Harvelka, Klieštiná a Ľubochňa-Havran, ktorých celospoločenský význam sa znížil). Monitorovanie lokality Žilina – Dubeň zabezpečuje od roku 1998 iná organizácia. Naopak, ak význam lokality (zvyčajne podmienený nárastom ohrozenia objektov technosféry) sa zvýšil, bola preradená do vyššieho stupňa celospoločenskej dôležitosti (Fintice). Na lokalite Hutý výsledky monitorovania prispeli k jej technickej sanácii a monitorovanie sa ukončilo.

5.1.1.2. Metódy monitorovania

Metódy monitorovania, používané pri riešení úlohy, sú zhrnuté v tab. 5.1.2. Podrobnejší opis uvedených metód sa nachádza v metodologickej časti predchádzajúcich správ (Klukanová et al., 1998, 2000).

Tab. 5.1.2: Metódy monitorovania svahových pohybov

Typ svahového pohybu	Metódy monitorovania	
Rútenie (stabilita skalných zárezov komunikácií)	Fotogrametrické merania	metóda konvergentného snímkovania metóda časovej základnice
	Podrobná dokumentácia Merania tyčovým dilatometrom a meradlom posuvov	
Plazenie	Merania opticko-mechanickým dilatometrom TM-71	
Zosúvanie	Povrchové merania	detailné mapovanie geodetické merania merania povrchových reziduálnych napätí
	Podpovrchové merania	merania priechodometri merania metódou presnej inklinometrie meranie poľa pulzných elektromagnetických emisií (PEE)
	Režimové pozorovania	merania zmien úrovne hladiny podzemnej vody (vrátane použitia automatických hladinomerov) merania výdatnosti, teploty a chemizmu vody

Pri posudzovaní výsledkov monitorovacích pozorovaní treba zdôrazniť zásadný rozdiel medzi podstatou jednotlivých meraní. Kým merania geodetické a inklinometrické zaznamenávajú presne a objektívne v dĺžkových merných jednotkách (mm, cm) zmeny polohy pozorovacích objektov (premiestnenia geodetických bodov, veľkosť deformácie pažnice vrtu), ktoré v pozorovanom zosuve už prebehli za určitý časový interval, podstata meraní reziduálnych napätí a PEE je iná. Výsledkom merania povrchových reziduálnych napätí je informácia o veľkosti a charaktere napätí, pôsobiacich v povrchových častiach zosuvu v danom bode a v danom okamihu merania. Veľkosť i charakter napätí sú premenlivé v čase a iba porovnanie s predchádzajúcim meraním môže naznačiť trend vývoja napätostného stavu v danej časti zosuvného územia. Podobne i merania PEE zachytávajú napätostný stav zosuvného masívu v okolí premeriavaného vrtu v okamihu merania. Zistené koncentrácie napätí v určitých hĺbkach však prognosticky naznačujú miesta, v ktorých napätostná anomália môže v budúcnosti vyústiť do deformácie horninového prostredia.

Geodetické, geotechnické (tj. inklinometrické, povrchových reziduálnych napätí a priechodnosti sond) a geofyzikálne (PEE) merania teda konštatujú skutočnosti, ktoré v masíve prebehli v intervale medzi meraniami (geodézia, inklinometria, priechodnosť sond), ktoré v súčasnosti prebiehajú (reziduálne napätia, PEE), resp. ktoré môžu prebehnúť (merania PEE).

Principiálne odlišná je podstata režimových pozorovaní, ktoré zaznamenávajú zmeny v pôsobení najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora – podzemnej vody. Kým predchádzajúce merania a pozorovania konštatujú existujúci stav masívu a zaznamenávajú zmeny, ktoré v ňom prebehli, z výsledkov režimových pozorovaní vyplýva v rozhodujúcej miere vysvetlenie príčin týchto zmien.

Monitorovacie merania sa uskutočňujú na vybraných miestach povrchu územia (povrchové reziduálne napätia), alebo na vybudovaných objektoch monitorovacej siete (pevné a pozorovacie body pre geodetické merania, inklinometrické vrty pre inklinometrické merania a merania poľa PEE, piezometrické a horizontálne vrty, ako aj iné odvodňovacie objekty pre režimové pozorovania). Prístroje pre meranie plazivých pohybov (TM-71) sa umiestňujú trvalo na vybraných miestach, podobne ako aj meracie značky pre rôzne metódy monitorovania rúťivých pohybov.

5.1.1.3. Kvalitatívne úrovne monitorovania

Riadiacim kritériom pre návrh rozsahu (komplexnosti) monitorovania a frekvencie zberu údajov bola celospoločenská dôležitosť jednotlivých pozorovaných lokalít. Podľa tohto kritéria sme pri monitorovaní súboru lokalít odlišili tri úrovne monitorovania – monitorovanie komplexné, pri ktorom sa aplikujú všetky používané metódy monitorovania v relatívne hustej frekvencii, monitorovanie čiastočné, pri ktorom sa používa iba niekoľko typov monitorovacích meraní a monitorovanie udržiavacie, pri ktorom sú monitorovacie aktivity zabezpečované prevažne iba pochôdzkovaním a povrchovým hodnotením, bez použitia inštrumentálnych metód.

5.1.1.4. Spôsoby hodnotenia nameraných údajov

I v spôsobe spracovania niektorých nameraných hodnôt došlo počas riešenia úlohy k určitému vývoju. Pre zrozumiteľnosť vyhodnocovania údajov, nameraných na jednotlivých lokalitách uvádzame preto pred charakteristikou dosiahnutých výsledkov aspoň stručné poznámky k spôsobu spracovania niektorých typov monitorovacích meraní. Kým tradičné metódy – geodetické, fotogrametrické, merania dilatometrami a prístrojom TM-71 majú zaužívanú metodiku meraní i prezentácie nameraných údajov, spôsoby vyhodnocovania meraní inklinometrických, reziduálnych povrchových napätí a meraní poľa PEE prekonalí určitý vývoj.

Zaužívaný spôsob znázorňovania vektorov premiestnení geodetických bodov sa zvyčajne pri vyhodnocovaní transformoval prepočtom na rýchlosť pohybu v danom časovom intervale.

Zo súboru údajov z meraní presnej inklinometrie sa po rôznych analýzach v súčasnosti vykonáva zhodnocovanie deformácií, zaznamenaných na šmykovej ploche, ktoré majú približne rovnaký smer pohybu. Porovnávajú sa veľkosti deformácie medzi jednotlivými etapami merania (prípadne veľkosť deformácie za niekoľko meraných období) a kvôli porovnateľnosti výsledkov sa veľkosť nameranej deformácie zvyčajne prepočítava na rýchlosť pohybu v hodnotenom časovom intervale (v mm za rok, alebo v mm za mesiac).

Viacero upresnení sa použilo v priebehu spracovávaní hodnôt reziduálnych povrchových napätí. Základné zásady spracovania týchto meraní sú zhrnuté v tab. 5.1.3.

Tab. 5.1.3 : Kritériá hodnotenia výsledkov merania povrchovej reziduálnej napätosti

Tlakové napätie			
Charakteristika	Kritérium (σ_x/σ_{x-1})100 – 100 (%)*	Charakteristika	Kritérium (σ_x/σ_{x-1})100 – 100 (%)
mierny vzrast	do 20	mierny pokles	do 20
vzrast	20 až 100	pokles	20 až 100
výrazný vzrast	nad 100	výrazný pokles	nad 100
Ťahové napätie			
(rovnaká charakteristika i kritériá hodnotenia ako pri tlakových napätiach)			
Zmena ťahu na tlak			
Zmena tlaku na ťah			

Porovnáva sa nameraná hodnota napätia v smere spádnic svahu, zistená pri súčasnom a predchádzajúcom meraní

Pre upresnenie a možnosť porovnávania meraní, vykonávaných na rovnakom mieste v rôznych časových intervaloch, sme pri komplexnom hodnotení kvantitatívne upresnili i hodnotenie zmien charakteru napätia (z tlaku na ťah a opačne – tab. 5.1.4).

Spôsob hodnotenia aktivity poľa PEE prešiel najdlhším vývojom a smeruje k semikvantitatívnemu vyjadreniu zistených hodnôt. V súčasnosti sa pre každý meraný vrt určujú charakteristické hĺbkové horizonty, vyplývajúce zo zhodnotenia výsledkov opakovaných meraní, realizovaných za dlhšie obdobie. Zvyčajne ide o niekoľko charakteristických hĺbkových horizontov – pripovrchový (do hĺbky cca 5 až 7 m), zachytávajúci vplyv klimatických zmien a aktivitu v najvrchnejšej polohe zosuvného tela. Ďalším je horizont medzi podpovrchovou úrovňou a úrovňou aktívnej šmykovej plochy (v tejto hĺbke je zvyčajne i hladina podzemnej vody). Konečne, tretím horizontom je priestor masívu pod šmykovou plochou. Táto poloha je zvyčajne neaktívna a namerané hodnoty emisií majú základnú, fónovú úroveň. Prirodzene, že napätostný stav v každom meranom vrte je špecifický a okrem uvedených základných polôh možno v niektorých prípadoch vyčleniť i ďalšie, resp. niektoré možno zlúčiť. Hodnotenie aktivity poľa v jednotlivých

hĺbkových horizontoch sa vykonáva na základe vzájomného porovnávania nameraných hodnôt elektromagnetických emisií semikvantitatívnym spôsobom. Aktivita v každej z vyčlenených polôh sa hodnotí v rámci 5-stupňovej škály, pričom stupeň 1 znamená prostredie nenapäté, kludné, s fónovými hodnotami poľa a stupeň 5 predstavuje extrémne zvýšený napätostný stav v meranej úrovni masívu.

Žiaľ, pri komplexnom hodnotení všetkých monitorovacích meraní bolo možné charakterizovať napätostný stav v okolí meraného vrtu iba jednou reprezentatívnou hodnotou, bez ohľadu na premenlivosť stavu v rôznych hĺbkových horizontoch. Zvyčajne sme pri komplexnom hodnotení zohľadňovali najnepriaznivejší zistený stav v danom meranom objekte a vyjadrovali sme ho až v 6-stupňovej semikvantitatívnej škále.

5.1.1.5. Komplexné hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní

Na lokalitách prvoradého významu (s najhustejšou sieťou monitorovacích objektov a frekvenciou meraní) sme sa pokúsili o komplexné zhodnotenie výsledkov monitorovacích meraní. Rôzne typy meraní boli spracované podľa hodnotiacej škály a vyjadrené plošne v mape vyčlenením častí územia s rôznym stupňom aktivity svahového pohybu. Kritériá hodnotiacej škály prešli v priebehu riešenia tiež určitým vývojom. Ich aktuálny stav je vyjadrený v tab. 5.1.4. Komplexné hodnotenie monitorovacích meraní bolo aplikované na lokalitách Veľká Čausa a Okoličné.

Pri ďalšom hodnotení sa jednotlivým meraniam pridelujú váhy v závislosti od ich spoľahlivosti a závažnosti a výsledné vyčlenenie častí územia s rovnakým stupňom aktivity svahového pohybu sa vykonáva interpolačnými metódami.

5.1.2. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Vzhľadom na to, že aktuálny stav jednotlivých monitorovaných lokalít, ako aj dosiahnuté výsledky monitorovania boli priebežne zhodnocované v predchádzajúcich správach (Klukanová et al., 1998, 2000), uvádzame v prehľade iba súbor najdôležitejších poznatkov, získaných na jednotlivých lokalitách v priebehu riešenia úlohy. Komplexné prehľadné zhrnutie výsledkov s návrhom ďalšieho postupu monitorovania je uvedené v záverečnej tabuľke (tab. 5.1.16). I v zozname literatúry sa nachádzajú iba najaktuálnejšie publikácie, týkajúce sa jednotlivých spracovávaných lokalít. Všetky ostatné práce sú obsiahnuté v zoznamoch literatúry v predchádzajúcich priebežných správach z riešenia úlohy.

Tab. 5.1.4: Škála klasifikačného hodnotenia výsledkov monitorovacích meraní

Geodetické merania		Merania povrchovej reziduálnej napätosti		Inklinometrické merania		Merania PEE vo vrtoch	
Rýchlosť pohybu (mm/rok)	Hodnotenie	$(\sigma_x/\sigma_{x-1}) \cdot 100 - 100$ (%)**	Hodnotenie	Rýchlosť pohybu (mm/rok)++	Hodnotenie	Stupeň aktivity+++	Hodnotenie
do hodnoty σ^*	1	pokles napätia a zmeny do 20***	1	do 2 mm	1	BP, NZ	1
σ až 3σ	2	vzrast 20 až 100 ****	2	2 až 5 mm	2	PN, ST	2
nad 3σ	3	vzrast nad 100+	3	nad 5 mm	3	PV, VV	3

* Ide o hodnotu strednej polohovej a výškovej chyby merania (zvyčajne 15, alebo 20 mm). Pre porovnanie sa uvažuje s rýchlosťou premiestnenia za časovú jednotku 1 roka;

** Porovnávajú sa hodnoty nameraného napätia σ_1 s hodnotami z predchádzajúcej etapy merania;

*** Uvažuje sa o poklese tlakových i ťahových napätí všeobecne alebo o vzraste napätí do 20 %;

**** Uvažuje sa o vzraste tlakových alebo ťahových napätí a zmenách charakteru napätia, ktorých rozdiel v absolútnej hodnote nepresahuje 3 kPa;

+ Výrazný vzrast tlakových alebo ťahových napätí a zmena charakteru napätia (presahujúca v absolútnej hodnote 3 kPa);

++ Uvažujú sa absolútne hodnoty deformácie v mm, ktoré boli zaznamenané za obdobie od predchádzajúcej etapy merania a prerátené na rýchlosť pohybu za časovú jednotku 1 roka;

+++ Vychádza sa zo semikvantitatívneho hodnotenia meraní podľa zaužívanej škály (Aktivita: BP-bez prejavov aktivity, NZ-náznaky, PN-pomerne nízka, ST-stredná, PV-pomerne vysoká, VV-veľmi vysoká).

5.1.2.1. Lokalita Veľká Čausa

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie pri obci Veľká Čausa má charakteristickú, z hľadiska vývoja zosuvov veľmi priaznivú geologickú štruktúru. V hornej časti svahu sa nachádzajú rigidné vulkanické horniny (andezity, aglomerátové tufy), ktoré ležia na plastickom súvrství neogénnych sedimentov, prevažne ílov a ílovcov. Neogénne súvrstvie je subhorizontálne uložené na paleogénnych flyšových horninách. Opísaná geologická stavba podmieňuje i komplikované hydrogeologické pomery územia - zrážková voda preniká cez puklinovo priepustné vulkanické horniny, hromadí sa na kontakte s nepriepustnými neogénnymi polohami a vytvára viacero tlakových horizontov. Náchylnosť územia na zosúvanie sa prejavila opakovanými aktiváciami svahových pohybov v poslednom období (v rokoch 1969, 1975, 1985). Prieskumné, sanačné i monitorovacie aktivity boli v rámci širšieho zosuvného územia sústredené iba na tú jeho časť, ktorá bezprostredne ohrozuje obec. Pri aktivácii zosuvu na jar roku 1995 išlo o územie rozmerov 550 x 300 m s aktívnymi šmykovými plochami v spodnej časti zosuvu v hĺbke cca 5 až 8 m a so staršími šmykovými plochami v hĺbke väčšej ako 11 m od povrchu územia (obr. 5.1.1). Významným prvkom geologickej stavby a hydrogeologických pomerov zosuvného svahu je prítomnosť terasových akumulácií v jeho spodnej časti, prekrytých zosuvným delúviom.

Prehľad monitorovacích aktivít

Monitorovanie stavu zosuvného územia vo Veľkej Čausi sa vykonávalo v priebehu predchádzajúcich etáp prieskumu a postupne sa zahusťovala sieť monitorovacích objektov. Po aktivácii pohybu v roku 1995 sa sieť objektov dokončovala a stav svahu sa monitoruje priebežne od jari 1995 počas niekoľkých etáp sanácie. Dieľčie zhodnotenia výsledkov monitorovania boli vždy bázou pre návrh ďalšej etapy sanácie (Jadroň et al., 2000a, 2001).

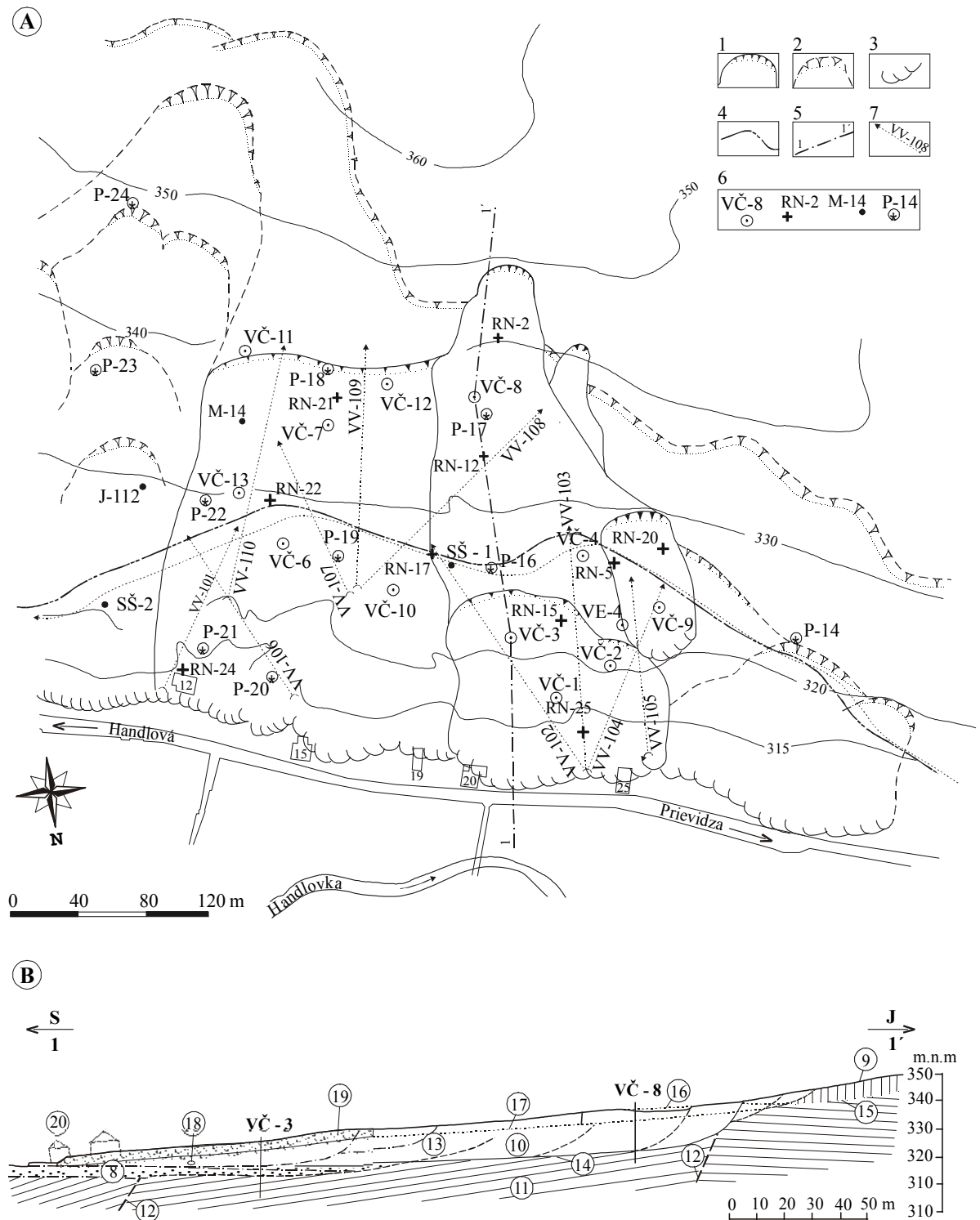
Prehľad a frekvencia používaných monitorovacích pozorovaní sú zhrnuté v tab. 5.1.5.

Tab. 5.1.5: Monitorovacie aktivity na lokalite Veľká Čausa realizované do 31.12. 2000

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Geodetické merania	Sieť geodetických bodov vybudovaná počas prieskumu lokality v roku 1975. Merania uskutočnené na 17 bodoch v nasledujúcich termínoch: V. 1975, X. 1985, IV. 1995, IV. 1996, XI. 1996, IV. 1997, XI. 1997, V. 1998, XI. 1998, XI. 1999, XI. 2000 (celkom 11 etáp merania, v priebehu riešenia úlohy 9 etáp).
Merania povrchovej reziduálnej napätosti	Uskutočnených 7 etáp merania, vždy na rozdielnom počte bodov: X. 1995, V. 1996, VI. 1997, XI. 1997, XI. 1998, X. 1999, X. 2000.
Inklinometrické merania	Rozdielny počet meraní na jednotlivých monitorovaných bodoch (celkove premeriavaných 14 vrtoch). Najväčší počet meraní uskutočnený vo vrtoch v čelnej, SZ časti územia (vo vrte VČ-2 až 17 etáp merania).
Merania PEE vo vrtoch	Rozdielny počet meraní na jednotlivých monitorovaných bodoch (celkove premeriavaných 11 vrtoch). Najväčší počet meraní uskutočnený taktiež vo vrtoch v čelnej, SZ časti územia (vo vrte VČ-1 až 10 etáp merania).
Meranie priechodnosti sond	Uskutočňované v monitorovacích vrtoch M-1 až M-19 (realizovaných na jar 1997) s mesačným intervalom merania.
Režimové pozorovania	Uskutočňované vo vybraných funkčných vrtoch 3 až 4-krát mesačne. Kontinuálne meranie automatickými hladinormermi vo vrtoch VČ-2 a VČ-8.

Zhodnotenie výsledkov geodetických, geotechnických a geofyzikálnych meraní

Všetky uskutočnené merania boli preanalyzované a vybrané boli iba tie, ktoré boli vykonávané s najhustejšou frekvenciou počas jednotlivých etáp vývoja zosuvu. Lokalizácia takto vybraných meracích bodov je na obr. 5.1.1. V časovej postupnosti sme vyčlenili 6 etáp vývoja: 1. – vznik aktívneho zosuvu v SZ časti územia, poškodenie viacerých objektov v obci, rozširovanie zosuvu, prieskum a predbežná sanácia (marec – 1. júl 1995), 2. - vyhodnotenie prieskumu a príprava projektu sanácie svahu (1. júla 1995 až 1. júna 1996), 3. – rozsiahle sanačné práce, zahrňujúce aplikáciu elektroosmózy a vybudovanie stabilizačných a drenážnych rebier do hĺbky až 4 m, ako aj povrchových odvodňovacích rigolov. Sanačné práce boli ukončené 15. decembra 1996, 4. – monitorovanie reakcie svahu na uskutočnenú sanáciu (15. decembra 1996 až 1. júla 1997), 5. – realizácia troch odvodňovacích vrtoch (VV-107, 108 a 109) odvodňujúcich hornú časť svahu (koniec júna 1997) a monitorovanie reakcie svahu na odvodnenie a 6 – doplňujúce odvodnenie hornej časti svahu vrtom VV-110 koncom októbra 1998.



Obr. 5.1.1. Zosuvné územie pri obci Veľká Čausa. A - Situácia časti územia a vybraných monitorovacích objektov B - Reprezentatívny inžinierskogeologický profil. 1 - aktívne formy zosuvov z rokov 1995 a 1996; 2 - stabilizované a ukľudnené zosuvy; 3 - zosuvné akumulácie; 4 - predpokladaný okraj štrkovej terasy a aluviálnych náplavov rieky Handlovky, prekrytých zosuvnými akumuláciami; 5 - línia reprezentatívneho inžinierskogeologického rezu; 6 - objekty monitorovacej siete: P - geodetické body, VČ - inklinometrické vrty, M-J-SŠ - pozorovacie vrty; 7 - horizontálne odvodňovacie vrty; 8 - aluviálne štrkové náplavy rieky Handlovky; 9 - deluviálne sedimenty; 10 - zosuvné delúvium; 11 - neogénne súvrstvie (burdigal) ílovcov, siltovcov, ílov a ílovitých pieskovcov; 12 - zlomové tektonické poruchy; 13 - aktívne šmykové plochy; 14 - staršie šmykové plochy, resp. zóny; 15 - predpokladaná hranica kvartérnych a neogénnych sedimentov; 16 - hladina podzemnej vody v čase aktivizácie zosuvu na jar 1995; 17 - hladina podzemnej vody po sanačných prácach (1996 - 1998); 18 - horizontálny odvodňovací vrt (priemet); 19 - stabilizačné drény s odvodňovaním čela zosuvu; 20 - porušené budovy v čele zosuvu

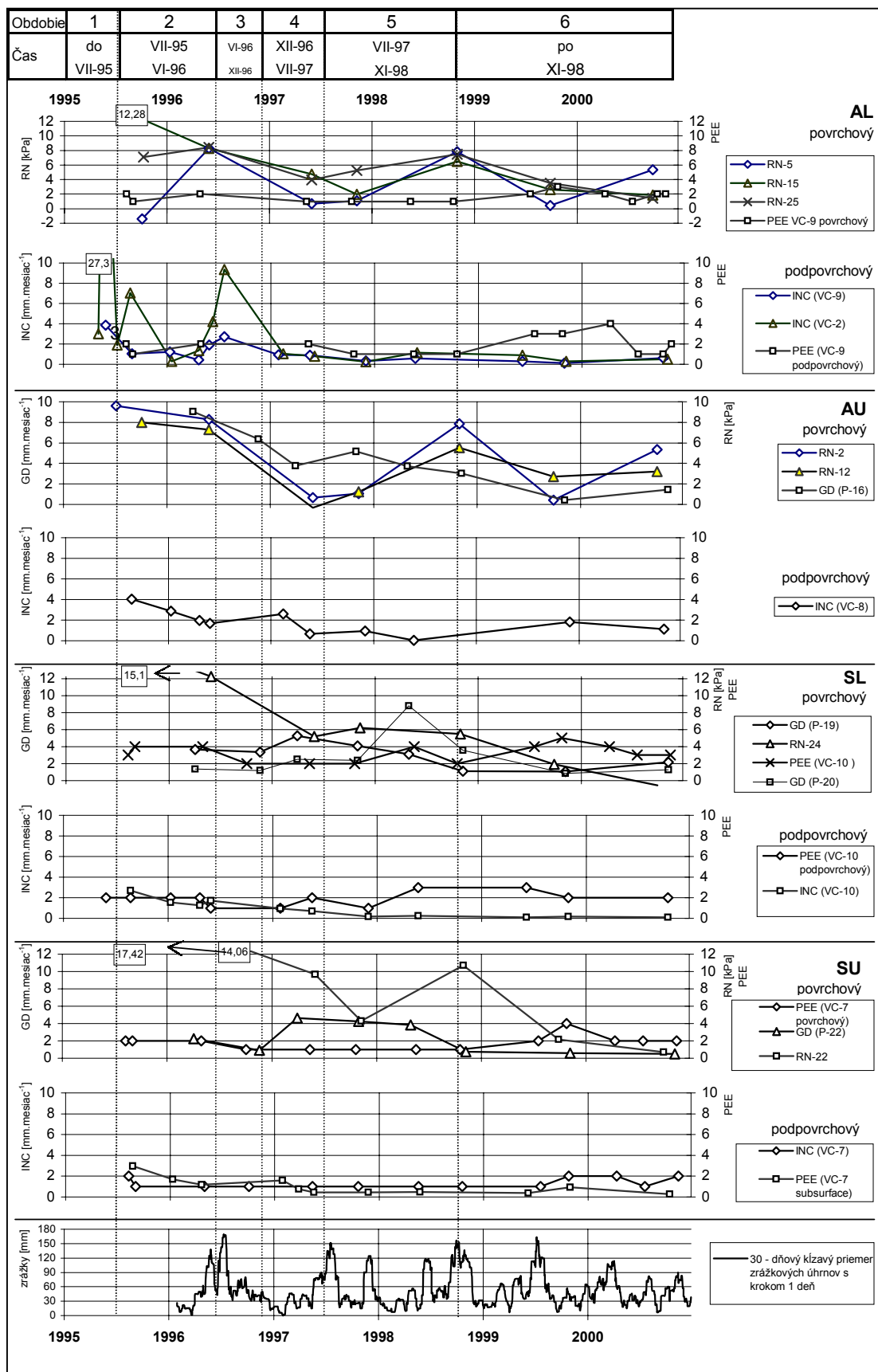
Rovnaký charakter (resp. trend) vývoja meraní vo vybraných bodoch umožnil niektoré z nich zoskupiť a vyčleniť časti zosuvného územia, ktoré majú analogický režim pohybovej aktivity v jednotlivých etapách vývoja zosuvu. Ide o čelnú, najaktívnejšiu časť zosuvu (okolie vrtov VČ-1, 2, 3, v obr. 5.1.2 je táto časť označená symbolom AL) až po hranicu prekrytých terasových sedimentov, ďalej hornú časť svahu (širšie okolie vrtu VČ-8, časť AU) a stabilizovaných, východnú časť územia, ktorú možno rozčleniť na spodnú (až po prekrytú hranicu terasových sedimentov - vrty VČ-6 a 10, časť SL) a hornú časť (vrty VČ – 7, 10, 11, 12 a 13, časť SU). Spracovanie priebehov monitorovacích meraní vo vybraných reprezentatívnych bodoch je zhrnuté na obr. 5.1.2.

Okrem analýzy jednotlivých meraní sme sa pokúsili i o komplexné zhodnotenie aktivity zosuvu v jednotlivých časových obdobiach na základe spracovania monitorovacích meraní podľa kritérií, zhrnutých v tab. 5.1.4. Výsledky takéhoto hodnotenia sú za celé obdobie monitorovania spracované na obr. 5.1.3, pričom číselná prezentácia vstupných údajov a ich účelové hodnotenie za posledné roky pozorovania sa nachádza v príl. 1.1. Zo zjednodušenej interpretácie výsledkov vyplýva, že po celkovom ukludnení pohybu po uskutočnení rozsiahlych sanačných opatrení v jeseni 1996 dochádza v ďalšom období k novej, časovo i lokalizačne nepravidelnej pohybovej aktivácii, ktorá sa v prevažnej miere opätovne sústreďuje do prostredia vzniku pohybov na jar 1995 – t.j. do SZ časti zosuvného svahu.

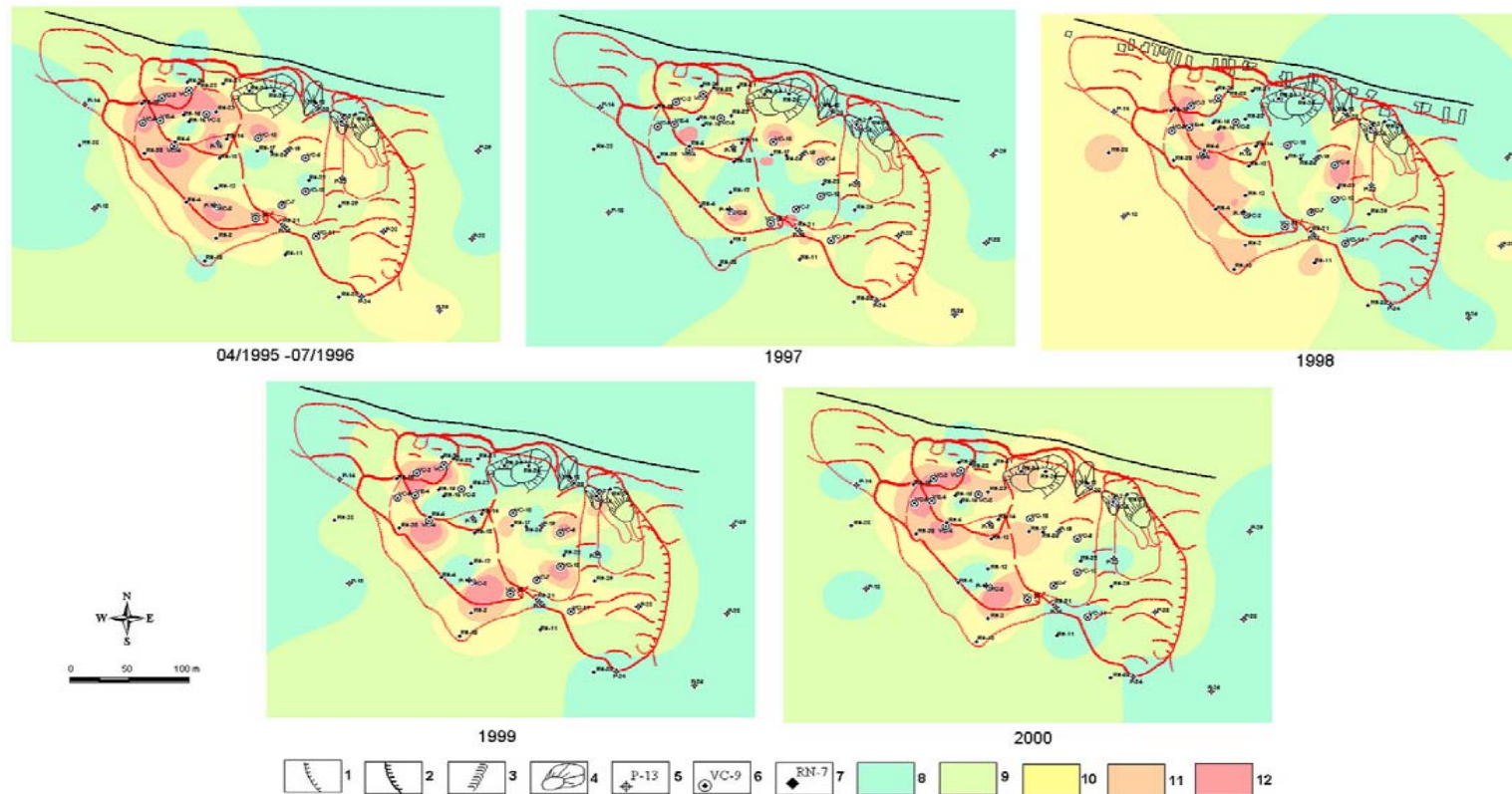
Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Podzemná voda akumulovaná v zosuve Veľká Čausa ma zrážkový pôvod. Zdrojové vody v území sú vytvárané zo zrážkových úhrnov, ktoré spadnú na infiltračné územie zosuvu (Scherer, 2000) a sú znížené o evapotranspiráciu. Infitrovaná časť zdrojových vôd prúdi k eróznej báze prostredníctvom hypodermického a podzemného odtoku a prechádza prostredím, ktoré je porušené svahovými pohybmi. V horninovom prostredí zosuvu sa vyskytuje viac zvodnencov nad sebou. Možno tu vyčleniť územie, ktoré je odvodňované prostredníctvom terasových sedimentov, ktoré sú prekryté čelom zosuvu, prostredie ktoré je odvodňované prostredníctvom umelých sanačných opatrení a prostredie, ktoré umelé sanačné opatrenia ovplyvnili menej.

Zároveň v porušenom horninovom prostredí možno vyčleniť vo vertikálnom smere vodu ktorá prúdi v nenasýtenej zóne, ako i vo vrchnej časti nasýtenej zóny a vodu ktorá prúdi v nasýtenej zóne a má napätý charakter.



Obr. 5.1.2: Priebeh výsledkov monitorovacích meraní v rozličných častiach zosuvného územia Veľká Čausa



Obr. 5.1.3: Vývoj pohybovej aktivity zosuvu Veľká Čausa na základe výsledkov komplexného hodnotenia monitorovacích meraní v rokoch 1995 - 2000. 1 - morfologické ohraničenie zosuvu, 2 - ohraničenie zosuvných celkov, 3 - akumulačné valy, 4 - zosunuté bloky, 5 - geodetické body, 6 - inklinometrické vrty, 7 - miesta merania povrchových reziduálnych napätí, 8 - neaktívny stav, 9 - náznaky aktivity, 10 - mierne prejavy aktivity, 11 - aktívne časti územia, 12 - veľmi aktívne časti územia

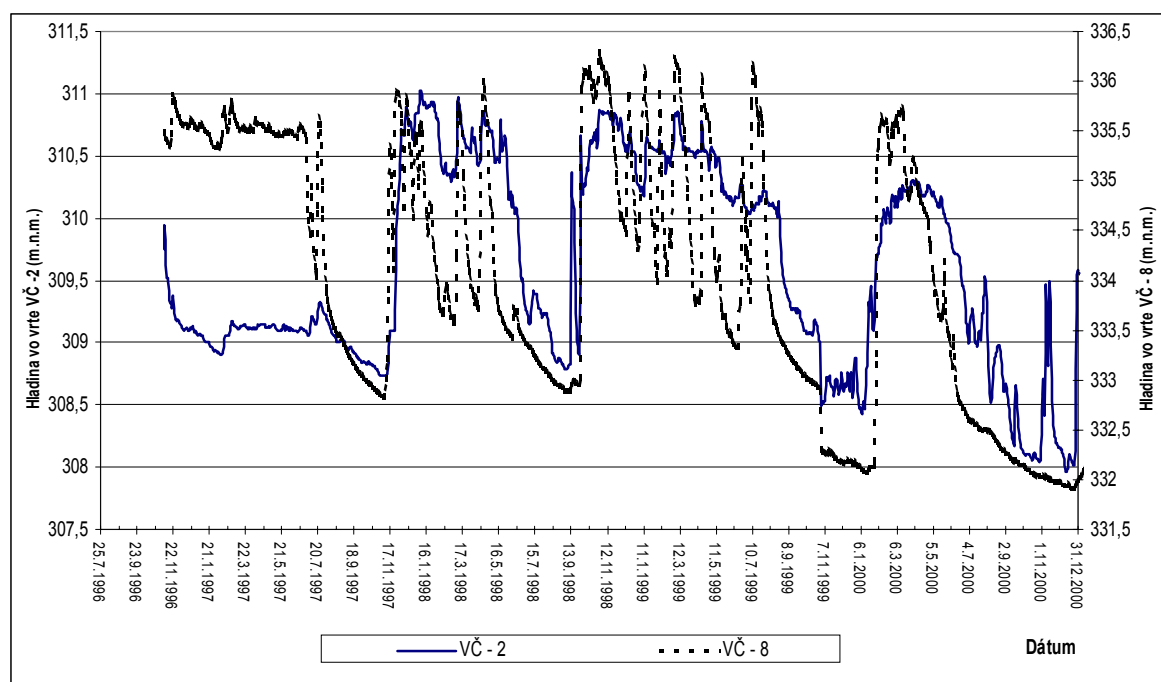
Drenážne prvky (V-101 až 106), ktoré boli situované do čela zosuvu, prekrývajúceho terasové sedimenty, majú zanedbateľnú výdatnosť. Drenážne prvky, ktoré odvodňujú nenasýtenú zónu a vrchnú časť nasýtenej zóny majú nízku výdatnosť, ale v období, keď sú akumulované zásoby podzemných vôd väčšie, ich výdatnosť stúpa. Najväčšiu výdatnosť dosahujú drenážne prvky (V-109 a 110), odvodňujúce zvodnenec v nasýtenej zóne, ktorého hladina dosahuje relatívne najväčšiu piezometrickú výšku.

Prirodzený režim zmien výdatnosti drenážnych prvkov a stavu hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch je podmienený veľkosťou infiltrovaných vôd v čase a určitým časovým oneskorením vzhľadom na pozíciu jednotlivého objektu. Zároveň umelé drenážne prvky (najmä vrty VV-109 a VV-110) spôsobili trvalé zníženie hladiny podzemnej vody vo svojom okolí. Napríklad vo vrte VČ-11 nastal pokles hladiny podzemnej vody z 1,33 m (medián) pod terénom na 3,08 m (do 10,98), 8,17 m (do 11,99) a až 11,18 m (11.-12. 2000).

Trvalé zníženie hladiny podzemnej vody spôsobilo výrazné zníženie akumulovaných zásob podzemných vôd vo východnej časti zosuvného územia. Zníženie veľkosti zásob podzemných vôd možno dokumentovať veľkosťou spoločnej ročnej výdatnosti zo všetkých sledovaných drenážnych prvkov. Počas rokov 1995 až 1997 je priemerná ročná výdatnosť odvodňovacích objektov nízka (1,2 až 2,5 l.s⁻¹). Spoločná priemerná ročná výdatnosť stúpa v roku 1998 (13,2 l.s⁻¹) a v roku 1999 dosahuje vrchol (37,7 l.s⁻¹). V roku 2000 spoločná ročná výdatnosť z drenážnych prvkov poklesla na 25,5 l.s⁻¹ a predpokladáme, že v roku 2001 výdatnosť ešte poklesne. Veľkosť ročných zrážkových úhrnov počas sledovaného obdobia dosahuje priemerné a podpriemerné hodnoty. Vysoká výdatnosť drenážnych prvkov a relatívne nízke zrážkové úhrny preukazujú, že od záveru roku 1998 do roku 2000 boli znižované akumulované zásoby podzemnej vody a výdatnosť odvodňovacích objektov v súčasnosti je podmienená už iba veľkosťou zrážok.

Západná časť zosuvu je v súčasnosti menej ovplyvnená drenážnymi prvkami, ale režim kolísania hladiny podzemnej vody je veľmi komplikovaný a je závislý od pozícií na svahu a od hĺbky meraného zvodneca. Všeobecne možno konštatovať, že plytko uložené zvodnenec reagujú na vytvorené sanačné opatrenia nevýrazne. Naopak zvodnenec vo väčšej hĺbke reagujú na vytvorené drenážne prvky výraznejšie a predpokladáme, že v tomto prostredí ešte nastalo ustálené prúdenie a je možné, že časom hladina podzemnej vody ešte klesne. Spodná časť tohoto územia je odvodňovaná prekrytými terasovými sedimentami a po umelom ovplyvnení hladiny podzemnej vody po vybudovaní horizontálnych vrtoch, drenážnych rebier a odvodňovacích rigolov (počas 1. a 3. etapy sanácie) nastal prechodne znížený stav hladiny podzemnej vody (vrt VČ-1), ale neskôr došlo opäť k vzostupu hladiny podzemnej vody. Hladina podzemnej vody vo vrte VČ-2 je hlbšie (10 až 12,5 m pod terénom) a má po realizácii horizontálneho vrtu VV-110 klesajúci trend. V hornej časti tohoto územia (v blízkosti odtrhových plôch zosuvu) možno pozorovať, že priemerný stav hladiny podzemnej

vody mierne poklesol, ale extrémne stavy zostali zachované a zväčšil sa rozkvy hladiny z 1,6 m (pred vybudovaním horizontálnych vrtov) na 3,4 m (vrt VČ-8). Pozorovania vo vrte VČ-4, ktorý sa nachádza na mieste, kde ešte zasahuje vplyv odvodnenia vplyvom pochovaných terasových sedimentov dokumentujú, že po vybudovaní horizontálnych vrtov VV-107, VV - 108 a VV-109 poklesla hladina dlhodobo o 3,32 m (medián). Vo vrte VČ-4 je pozorovaný hlbší zvodnenec s dlhodobo pozorovanou hladinou 9,6 až 16 m pod terénom. Na obr. 5.1.4 sú uvedené stavy hladiny podzemnej vody vo vrte VČ-2 a vo vrte VČ-8, ktoré sú pozorované kontinuálne s automatickým záznamom.



Obr. 5.1.4 : Úroveň hladiny podzemnej vody vo vrtoch VČ- 2 a VČ –8.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Na základe analýzy výsledkov monitorovacích meraní možno konštatovať, že správanie jednotlivých častí zosuvného územia je rozdielne. Domnievame sa, že podstatný vplyv na správanie a vývoj jednotlivých častí zosuvného územia má skutočnosť, či sa nachádzajú nad prekrytým zvyškom priepustných terasových sedimentov, schopných oddrénovať akumulácie podzemných vôd. Úspešnosť umelého odvodnenia hornej časti svahu v málo priepustnom prostredí potom podmieňuje jeho dlhodobú stabilitu.

Celky v ukludnenej, východnej časti územia sú sanované vďaka úspešnosti odvodňovacích vrtov VV-107 až 110 a z toho vyplývajúceho priaznivého vplyvu odvodnenia na stabilitný stav územia. Domnievame sa, že pokiaľ bude zachovaná funkčnosť týchto vrtov,

sú odstránené podmienky pre prípadnú novú aktivizáciu pohybov. Aktívnu časť zosuvného územia možno taktiež rozdeliť na dve časti, oddelené okrajom terasových sedimentov. Horná časť (charakterizovaná vrtom VČ-8) bola čiastočne odvodnená horizontálnym vrtom VV-108. Priemerný stav hladiny podzemnej vody v tejto časti územia poklesol, ale extrémne stavy zostali zachované a v prípade zrážkových anomálií voda môže nepriaznivo ovplyvniť stabilný stav svahu. Akumulačná, aktívna časť zosuvu (vrty VČ-1, 2, 3, 4, 9 a VE-4) je prirodzene sanovaná drenážnou schopnosťou terasových štrkov ako aj rozsiahlymi sanačnými prácami, realizovanými na svahu. Avšak v extrémnych prípadoch, keď podložné štrky nie sú schopné včas odvieť veľké množstvo vody a akumulovaná voda v hornej časti svahu bude vyvodzovať značný tlak na málo priepustné zeminy, ležiace nad štrkovými sedimentami, stále existuje potenciálna možnosť aktivizácie pohybu. Na takúto prognostickú možnosť poukazujú i náznaky trendu zrýchlenia pohybu (inklinometrické merania vo vrtoch VČ-2, 9, geodetické merania premiestnení bodov P-16, 19) a trendy zvýšenia povrchových (RN-5, 2, 12) a väčšiny povrchových i podpovrchových meraní PEE. Pre dlhodobú a spoľahlivú stabilizáciu zosuvného územia je teda nevyhnutné vyriešiť dokonalejšie odvodnenie hornej časti svahu v okolí vrtu VČ-8.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ako aj odborný prínos dosiahnutých výsledkov, odporúčame na lokalite ponechať doterajší rozsah i frekvenciu pozorovaní.

5.1.2.2A. Lokalita Malá Čausa

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné pohyby sa vyvíjajú v prostredí miocénneho šlírového súvrstvia, pokrytého kvartérnymi hlinami s výskytom andezitových úlomkov. Monitorovacie pozorovania sú sústredené na dva aktivizované zosuvy – zosuv č. 1 rozmerov 90 x 70 m (obr. 5.1.5), ktorý potenciálne ohrozoval širšie územie možnosťou prehradenia vodného toku a zosuv č. 2 rozmerov 190 x 210 m (obr. 5.1.6), ktorý pretrhol vodovodné potrubie. Príčiny náchylnosti územia na zosúvanie sú analogické ako na lokalite Veľká Čausa a vyplývajú zo špecifičnosti geologických a hydrogeologických pomerov, ku ktorým sa priraďuje i erozívno-abrazívna činnosť vodného toku, podrezávajúceho svah.

Prehľad monitorovacích aktivít

Na lokalite sa od roku 1995 vykonával ohraničený sortiment monitorovacích meraní. Prehľad uskutočnených pozorovaní za hodnotené obdobie sa nachádza v tab. 5.1.6.

Tab. 5.1.6: Monitorovacie aktivity na lokalite Malá Čausa realizované do 31.12. 2000

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Merania povrchovej reziduálnej napätosti	Uskutočnených 5 etáp merania, vždy na rozdielnom počte bodov: XI. 1997, VI. 1998, X. 1998, X. 1999, XI. 2000.
Inklinometrické merania	Uskutočňované vo vrte MC-1 (základné meranie III. 1997, etapové merania V.1997, XI. 1997, V. 1998, VI. 1999, XI. 1999, XI. 2000, celkom 6 etáp)
Meranie priechodnosti sond	Uskutočňované v monitorovacích vrtoch MČ-2 až 7 a Z-6, 7 a 11 s mesačným intervalom merania
Režimové pozorovania	Uskutočňované vo všetkých funkčných vrtoch 2 až 3-krát mesačne.

Zhodnotenie výsledkov geotechnických meraní

Merania povrchovej reziduálnej napätosti preukázali vo väčšom zosuve pomerne výrazné každoročné kolísanie hodnôt napätí – ich pokles v prípade letných meraní a výrazný nárast na jeseň. Naopak, v stabilizovanom menšom zosuve bol zaznamenaný stály celkový pokles priemerných tlakových napätí. I keď si uvedomujeme, že výsledky merania povrchových reziduálnych napätí sú veľmi citlivé na okamžitý stav prostredia a značne ovplyvnené i aktuálnymi klimatickými pomermi, predsa výrazné kolísanie hodnôt napätí s prevládajúcim trendom k ich zvyšovaniu (vrátane výsledkov jesenného merania v roku 2000) považujeme za prejav nerovnovážneho stavu prostredia obidvoch zosuvov, predovšetkým väčšieho zosuvu č. 2.

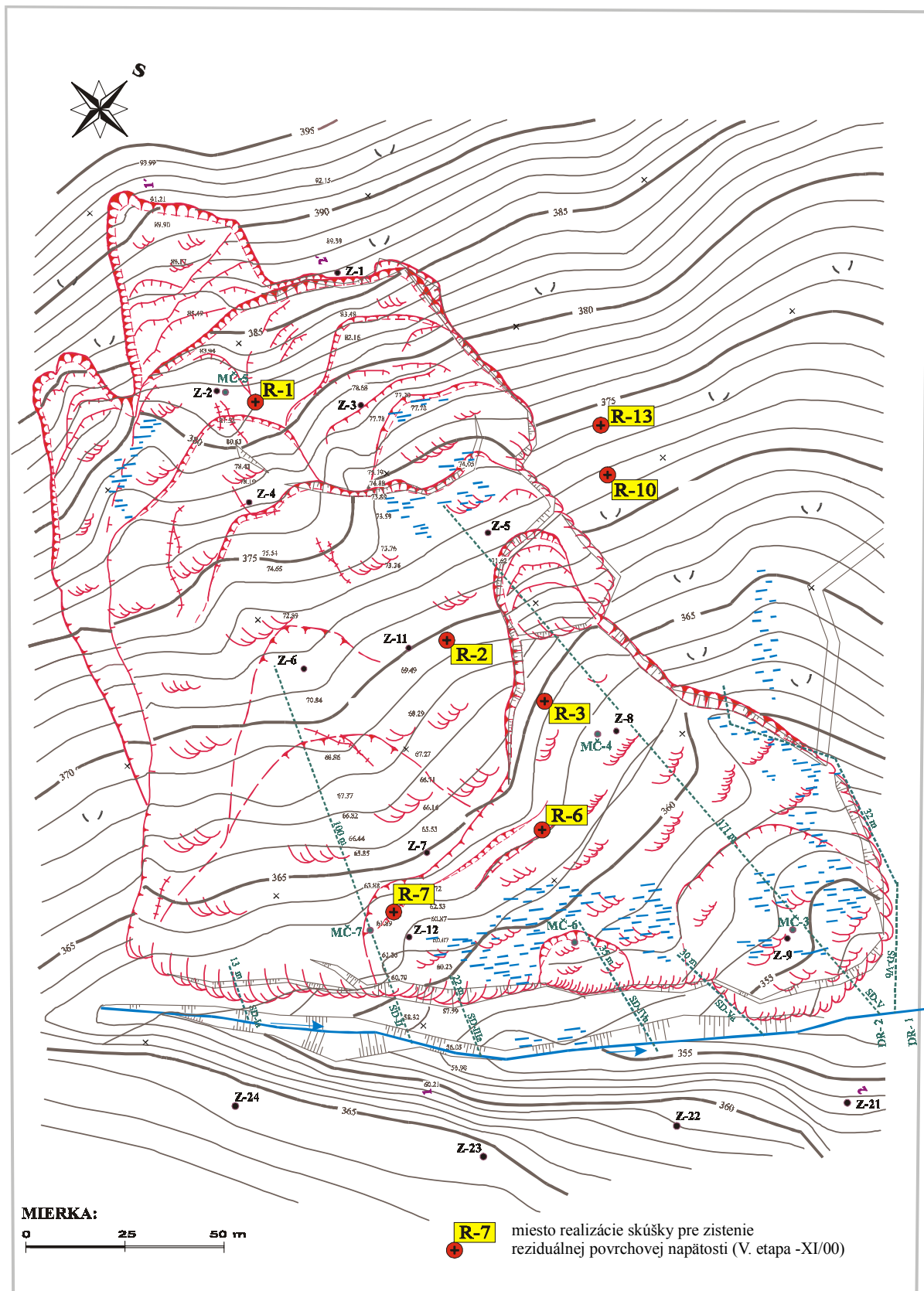
Inklinometrické merania vo vrte MČ-1 ilustrujú postupné dotváranie materiálov po uskutočnenej sanácii, predovšetkým v povrchovej vrstve do hĺbky cca 1 m, ale i v úrovni šmykovej plochy v hĺbke 5 až 6 m. Zaznamenané deformácie sú pomerne výrazné (až okolo 10 mm za rok a to aj v hĺbke 5,2 m).

Merania priechodnosti sond nezaznamenali v priebehu pozorovaného obdobia žiadne výraznejšie deformácie pažníc.

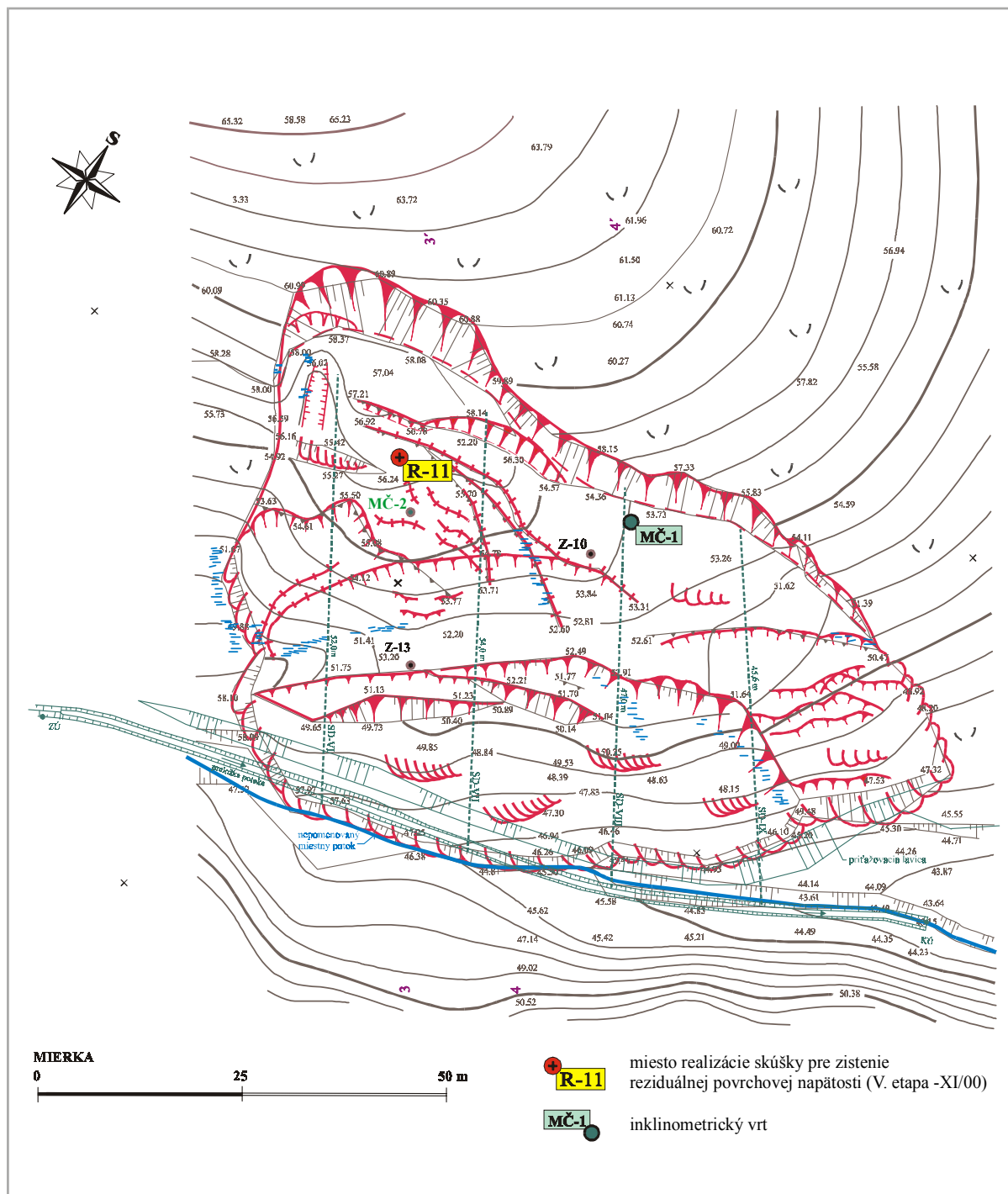
Zhrnutie výsledkov monitorovacích meraní spoločne s ich klasifikačným hodnotením za posledné roky je uvedené v príl. 1.2.

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Na lokalite bol v priebehu apríl až máj 1997 vytvorený systém pozorovacích vrtov na pozorovanie zmien hladiny podzemnej vody. Po zabudovaní boli piezometre 1 x týždenne pozorované pracovníkmi INGEO Žilina, v súčasnom období sú objekty monitorované 2 až 3-krát počas mesiaca. Kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných piezometroch za obdobie IV. 1997 až XII. 2000 je znázornené na obr. 5.1.7. Hladina podzemnej vody je závislá od veľkosti zrážkových úhrnov a od veľkosti evapotranspirácie v čase. Jej stúpanie je pravidelne zaznamenávané počas obdobia väčších zrážok a nízkej evapotranspirácie.



Obr. 5.1.5: Lokalita Malá Čausa – väčší zosuv. Morfológický tvar zosuvu s vyznačením situovania prieskumných (Z) a monitorovacích (MC) sond, stabilizačno-odvodňovacích drénov (SD) a miest realizácie skúšok reziduálnej povrchovej napätosti (R) v roku 2000 (upravené podľa D. Jadroň a M. Mokrý, 2000)



Obr. 5.1.6: Lokalita Malá Čausa – menší zosuv. Morfológický tvar zosuvu s vyznačením situovania prieskumných (Z) a monitorovacích (MČ) sond, stabilizačno-odvodňovacích drénov (SD) a miesta realizácie skúšky reziduálnej povrchovej napätosti (R) v roku 2000 (upravené podľa D. Jadroň a M. Mokrý, 2000)

Najvýraznejšie reakcie na zrážkové úhrny sú vo vrchnej časti svahu. Najväčší rozkyv počas doby pozorovania hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný vo vrte Z-6 (až 4,4 m). Vo viacerých piezometroch je hladina podzemnej vody blízko pod povrchom, respektíve voda vyteká z vertikálnych vrtov cez pažnicu. Stúpnutie hladiny podzemnej vody počas zimy 2000 bolo výrazné a následne nastalo znižovanie hladiny podzemnej vody v dôsledku nižších zrážok v roku 2000. V posledných rokoch sa neprejavili žiadne extrémne zrážkových úhrnov, avšak prípadné extrémnejšie zrážkové úhrny môžu spôsobiť destabilizáciu zosuvu.

Na jeho dlhodobejšiu stabilizáciu je potrebné znížiť hladinu podzemnej vody. Drenážnym prvkom, ktorý možno merať, je drén s mediánom výdatnosti $2,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a extrémami $0,59$ až $30 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Na základe výsledkov pravidelných terénnych obhliadok, ako aj spracovania monitorovacích pozorovaní možno konštatovať, že vzhľadom na neúplne vykonanú sanáciu a výrazné prejavy ťahových trhlin v spodnej a strednej časti zosuvu je monitorovaný svah stále potenciálne nestabilný. Na nestabilitu povrchových častí väčšieho zosuvu poukazujú výsledky skúšok reziduálnej povrchovej napätosti (Jadroň et al., 2000b). Vývoj pomerne výrazných deformácií v menšom zosuve, zaznamenaných inklinometricky, treba taktiež overovať pokračujúcimi monitorovacími meraniami.

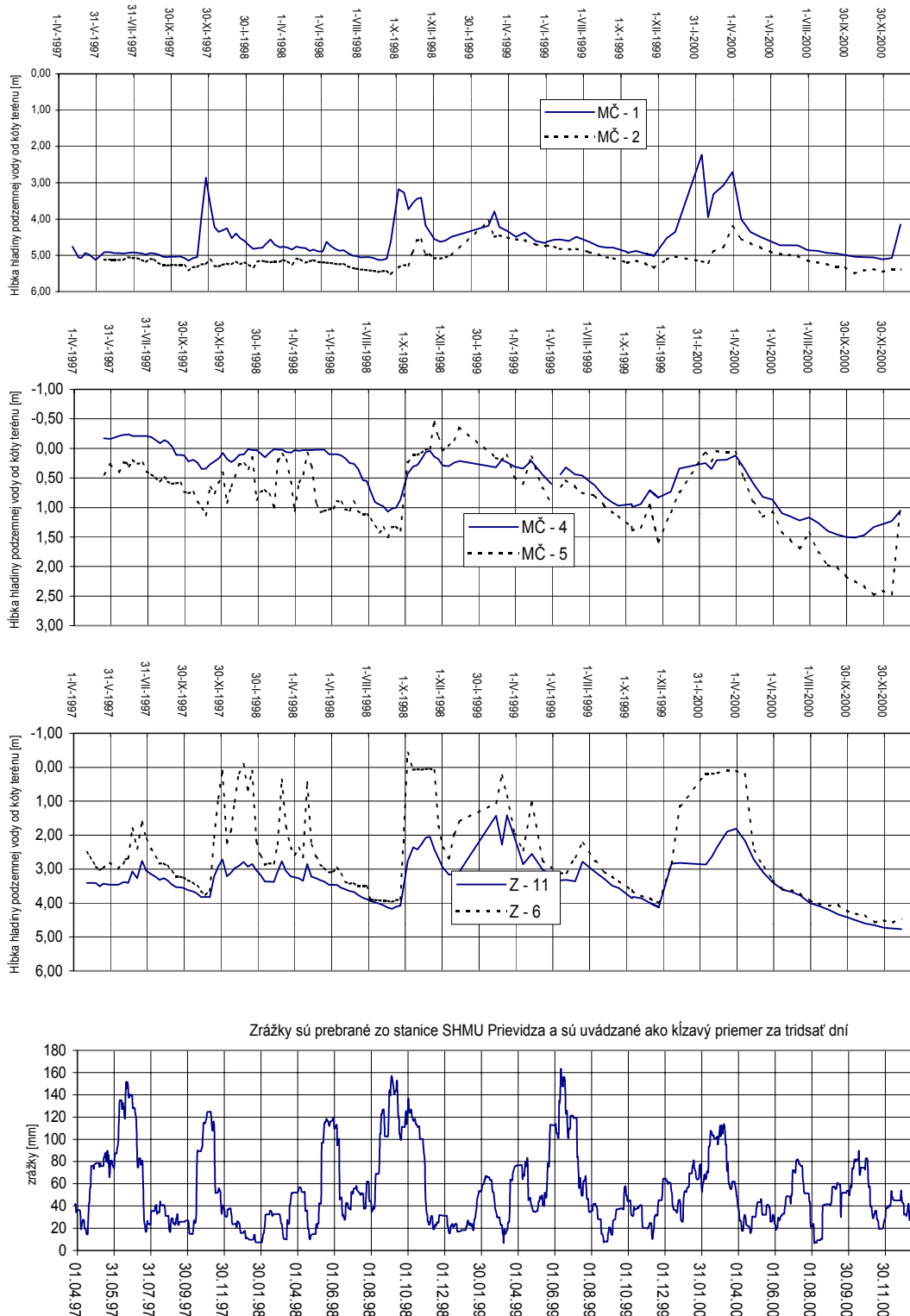
Zabezpečenie stabilného stavu svahu by si vyžadovalo ďalšie sanačné opatrenia (v súlade s ich pôvodným projektom). Pokračujúce monitorovanie umožňuje iba zhodnotiť stupeň zhoršenia aktuálnych stabilitných pomerov.

5.1.2.2B. Lokalita Bojnice

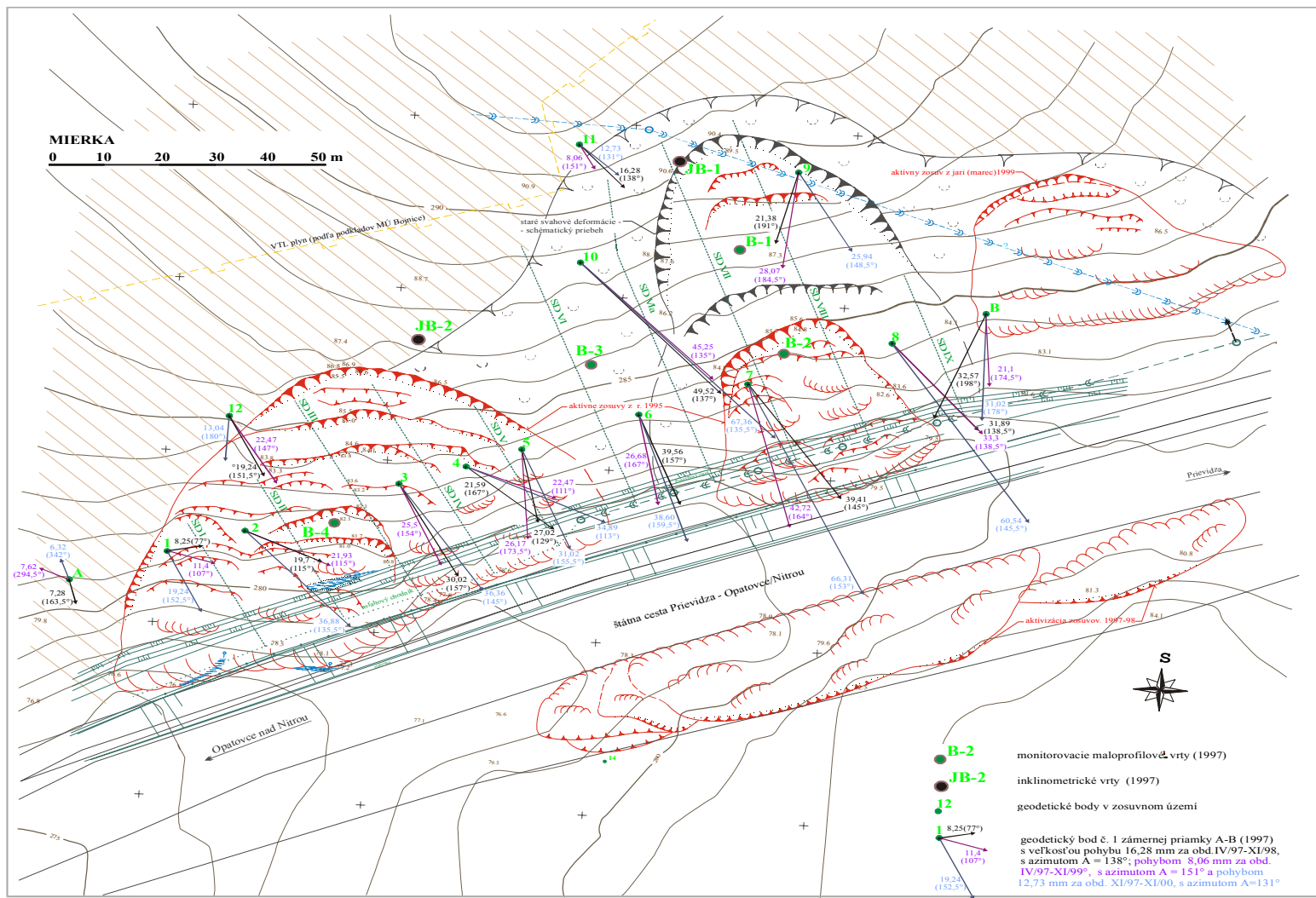
Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie sa nachádza v záreze štátnej cesty medzi Bojnicami a Opatovcami nad Nitricou v prostredí deluviálnych ílovitých hlin s úlomkami karbonátov a pravdepodobne s paleogénnymi horninami flyšoidného charakteru s prevahou ílovcov v podloží. Aktivácia dvoch plošných zosuvov, postihujúcich územie rozmerov cca 85×30 až 50 m ohrozovala viacero objektov – vysokotlakový plynovod a spláškuvú kanalizáciu v tesnej blízkosti odlučných hrán zosuvov a chodník, povrchový rigol, podpovrchový zberný systém a štátnu cestu v akumulačnej oblasti zosuvov (obr. 5.1.8). Na základe výsledkov monitorovacích meraní bolo na konci roku 1997 konštatované, že stav zosuvného územia po uskutočnení

sanačných opatrení je stabilizovaný. Súčasne sa odporúčili pokračujúce pozorovania za účelom preukázania dlhodobej účinnosti sanácie.



Obr. 5.1.7: Hĺbka hladiny podzemnej vody pod terénom v piezometroch na zosuve Malá Čausa



Obr. 5.1.8:
Lokalita Bojnice –
morfologický tvar
zosuvov s vyznačením
situovania
monitorovacích
a sanačných
objektov
(upravené podľa D.
Jadroň a M.
Mokrý, 2000

Prehľad monitorovacích aktivít

Na lokalite sa aplikovali iba niektoré typy monitorovacích pozorovaní. Ich prehľad a frekvencia meraní za hodnotené obdobie sú zhrnuté v tab. 5.1.7.

Tab. 5.1.7: Monitorovacie aktivity na lokalite Bojnice, realizované do 31. 12. 2000

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Geodetické merania	Uskutočňované na zámernej priamke 8 pozorovacích bodov s 2 pevnými bodmi a doplňujúcich 4 bodov v etapách: IV. 1997, XI. 1997, V. 1998, XI. 1998, XI. 1999, XI. 2000
Inklinometrické merania	Uskutočňované vo vrtoch JB-1 a JB-2 (základné meranie III. 1997, etapové merania V.1997, XI. 1997, V. 1998, VI. 1999, XI. 1999, XI. 2000, celkom 6 etáp)
Meranie priechodnosti sond	Uskutočňované v monitorovacích vrtoch B-1 až B-4 s mesačným intervalom merania
Režimové pozorovania	Uskutočňované vo všetkých funkčných vrtoch 3 až 4-krát mesačne.

Zhodnotenie výsledkov geodetických a geotechnických meraní

Geodetické merania za celé obdobie preukázali pretrvávajúci stav dotvarovania sanovaného svahu. Zdvih bodu B, nameraný v novembri 2000 ilustruje vplyv nového zosuvu, ktorý sa v tejto časti územia aktivizoval v rokoch 1999 až 2000 (obr. 5.1.8). Najvýraznejšie premiestnenia boli zaznamenané u bodov 7, 8 a 10, avšak v posledných dvoch etapách merania výrazne poklesli a od jesene 1998 nebol ani u jedného bodu zaznamenaný posun väčší, ako je stredná chyba merania (20 mm).

Inklinometrické merania uskutočňované vo vrtoch JB-1 a JB-2 preukazujú plytké podpovrchové deformačné zmeny. Vo vrte JB-1 sa najvýraznejšie prejavuje poloha v hĺbke 1,6 m; veľkosť deformácie však nepresahuje 10 mm v priebehu roka a azimut posunu je veľmi premenlivý – nejde teda o deformáciu po výraznej šmykovej ploche. Deformácie, zaznamenané vo vrte JB-2 sú podstatne menšie (menej, než 1 mm za obdobie roka a taktiež bez výrazného usmernenia pohybu).

Merania priechodnosti sond nezaznamenali v priebehu pozorovaného obdobia žiadne výraznejšie deformácie PVC pažníc, ktoré by indikovali aktivizáciu niektorej časti zosuvu.

Klasifikačné hodnotenie výsledkov meraní, uskutočnených na lokalite v rokoch 1997 až 2000, je zhrnuté v príl. 1.3.

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných piezometroch za obdobie IV. 1997 až XII. 2000 sú zobrazené na obr. 5.1.9. Hladina podzemnej vody je závislá od veľkosti zrážkových úhrnov a od veľkosti evapotranspirácie v čase. Zaznamenané sú pravidelné zmeny a to stúpanie hladiny počas jesene a pokles hladín koncom jari. Z obrázku vyplýva, že

rýchlosť reakcie hladiny podzemnej vody je v hodnotených vrtoch v rovnakom čase približne rovnaká. Najväčší rozkyv počas doby pozorovania hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný vo vrte B-3 (až 4,56 m). V poslednom období (od polovice roku 1999) možno pozorovať, že rýchlosť zmien hĺbky hladiny je pomalšia, ale extrémny zostávajú zachované. Z dôvodu nižších zrážok v roku 2000 dosahuje hladina podzemnej vody v súčasnom období podpriemerný stav. Prípadné extrémnejšie zrážkové úhrny môžu však spôsobiť destabilizáciu zosuvu.

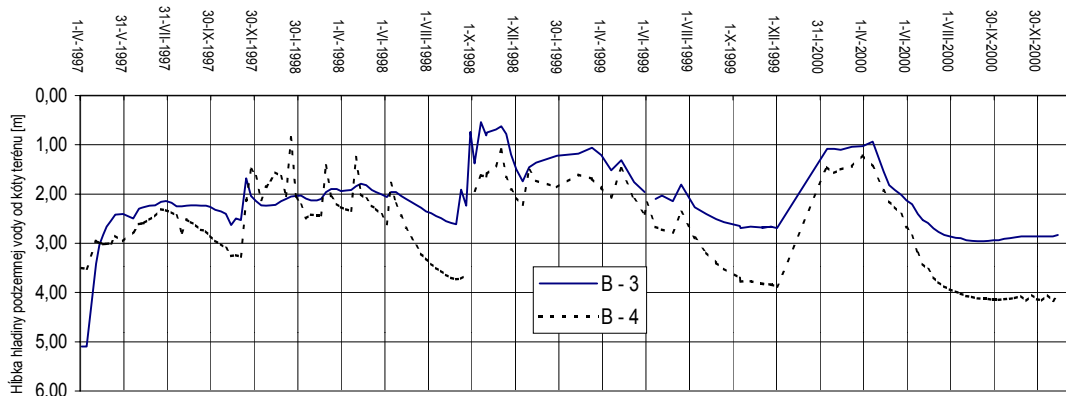
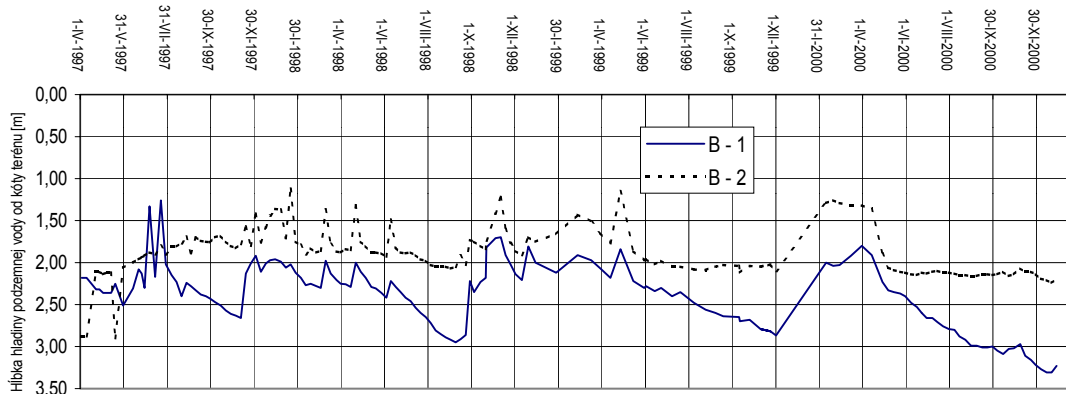
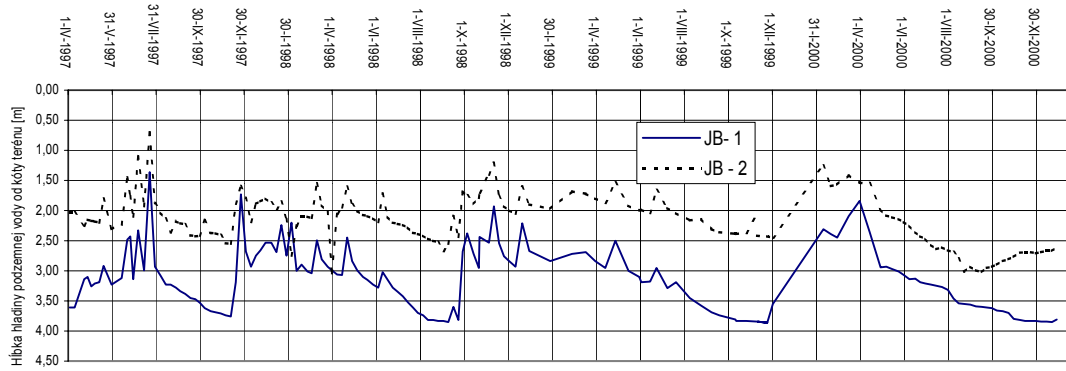
Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Výsledky geodetických i geotechnických monitorovacích meraní na lokalite Bojnice vyznievajú celkovo priaznivo a ilustrujú stabilizovaný stav svahu po uskutočnenej sanácii v roku 1996. Napriek tomu je potrebné upozorniť na niektoré skutočnosti, ktoré odôvodňujú potrebnosť ďalšieho monitorovania tohto zosuvného územia:

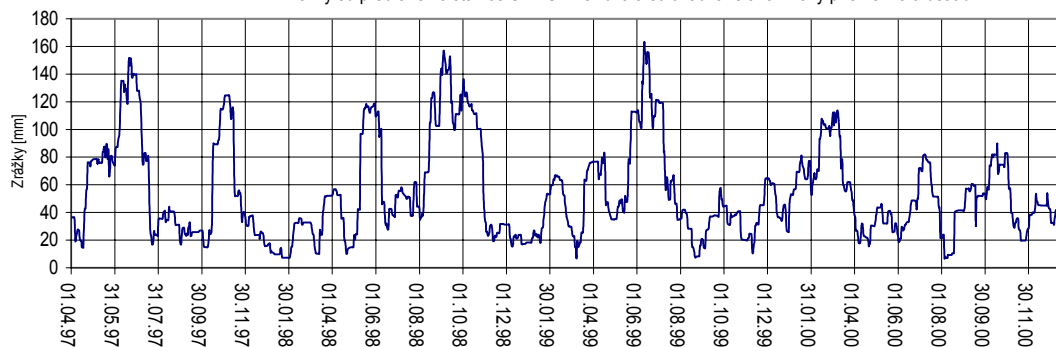
- pomerne nepriaznivo vyznievajú výsledky režimových pozorovaní - pre prostredie zosuvného svahu v Bojniciach je charakteristické, že hladina podzemnej vody citlivo reaguje na zrážky, avšak následné odvodnenie zosuvu je relatívne pomalé, čo sa môže veľmi nepriaznivo prejavovať pri dlhodobejších zrážkach
- pravdepodobne táto skutočnosť spôsobila aktivizáciu zosuvu na V okraji pozorovaného územia, ktorý vznikol v priebehu monitorovania svahu a bol geodetickými pozorovaniami zaznamenaný (zdvih bodu B)
- veľmi nepriaznivou skutočnosťou je prakticky úplná absencia údržby sanačných prvkov a monitorovacích objektov, bez ktorej môže v relatívne krátkom čase dôjsť k opätovným porušeniam stabilného stavu svahu.

Za danej situácie a vzhľadom na existujúce hydrogeologické podmienky je dlhodobá prognóza stabilných pomerov monitorovaného zosuvného územia v Bojniciach nepriaznivá a okrem údržby existujúcich sanačných zariadení by si zlepšenie stabilných pomerov vyžadovalo zefektívnenie odvodnenia svahu doplnujúcimi drenážnymi prvkami.

Priebežné hodnotenie aktuálnej stability zosuvného územia si vyžaduje pokračujúce monitorovacie pozorovania aspoň v doterajšom rozsahu.



Zrážky sú prebrané zo stanice SHMU Prievidza a sú uvádzané ako kĺzavý priemer za tridsať dní



Obr. 5.1.9: Hĺbka hladiny podzemnej vody pod terénom v piezometroch na zosuve Bojnice

5.1.2.2C. Lokalita Diviaky nad Nitricou

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie sa nachádza na západnom okrajovom svahu nad aluviálnou nivou rieky Nitrica (Belanka). Podľa morfológie možno predpokladať, že svah bol v minulosti postihovaný svahovými pohybmi v dôsledku riečnej erózie. Zosuv, aktivovaný na jar 1995 má plošný charakter (rozmerov 42 x 34 m) a vyvinul sa v prostredí komplexu kvartérnych ílov, pokrývajúcich paleogénne flyšoidné sedimenty. Zosuvnými pohybmi boli porušené hospodárske budovy, domové kanalizačné septiky, záhrady a ich oplotenie. Na elimináciu svahových pohybov bola uskutočnená v jeseni 1996 sanácia svahu (priťažovacia lavica a päť stabilizačných drénov – obr. 5.1.10).

Prehľad monitorovacích aktivít

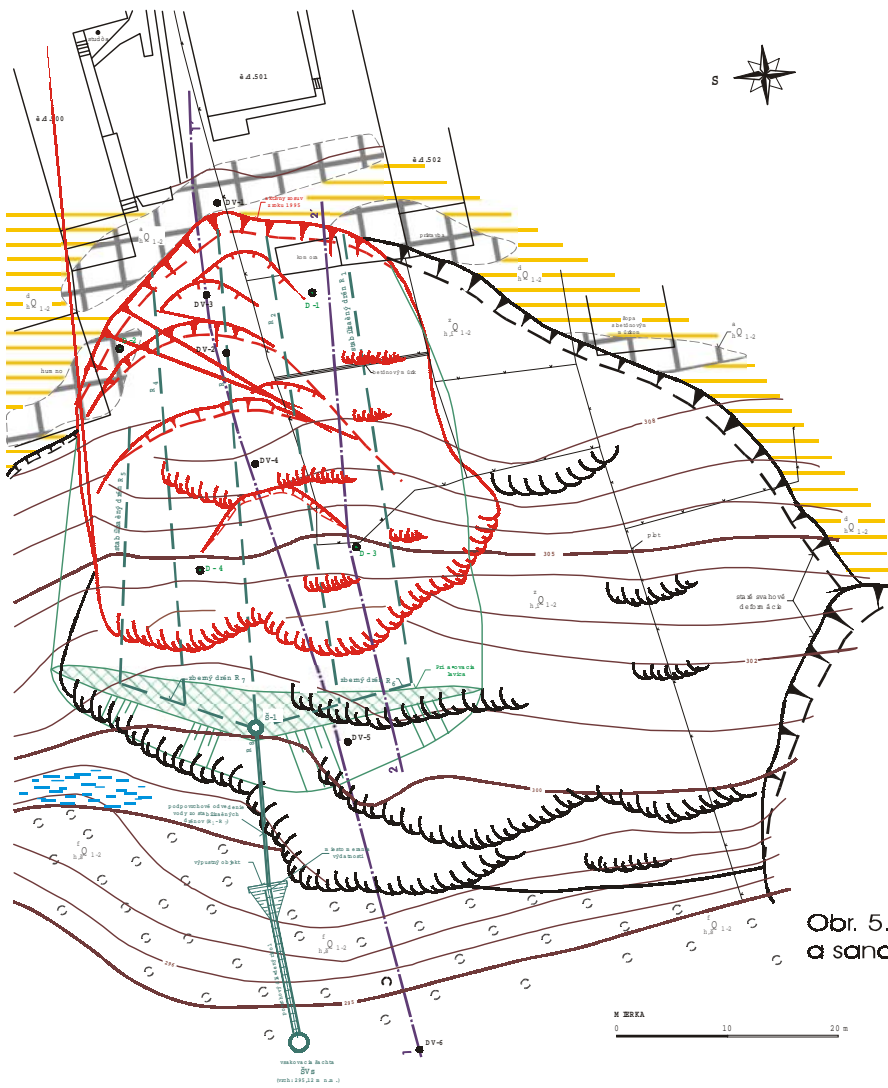
Monitorovacie merania pozostávali iba z režimových pozorovaní a merania mechanickými priechodomermi v 4 vrtoch. Treba konštatovať, že touto metódou neboli za pozorované obdobie zistené výraznejšie deformácie PVC pažnice, ktoré by indikovali aktiváciu niektorej časti zosuvu.

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Režimové pozorovania na zosuve boli ukončené v decembri 1999. Na zosuve boli vybudované dve drenážne rebrá. Jedno rebro je suché a druhé malo medián výdatnosti $0,6 \text{ l.min}^{-1}$, ale počas vyšších stavov dosiahla výdatnosť aj 33 l.min^{-1} . Režim kolísania hladiny podzemnej vody v čase je znázornený na obr. 5.1.11. Najväčší rozkyv hladiny podzemnej vody bol pozorovaný vo vrte D-4 (1,48 m). Hladina podzemnej vody sa počas extrémov nachádza 0,5 až 1 m pod terénom.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

V predchádzajúcej správe (Klukanová et al., 2000) sme konštatovali, že na lokalite zosuvu v Diviakoch nad Nitricou, časť Banky bola na základe zhodnotenia režimových pozorovaní preukázaná schopnosť drenážnych zariadení pomerne rýchlo odvodniť zosuvný svah. Vzhľadom na túto priaznivú skutočnosť možno zosuvný svah považovať za dostatočne sanovaný a v súčasnosti stabilný. Režimové pozorovania sa preto od roku 2000 na lokalite nevykonávajú.



VYSVETLIVKY:

I. GEOLOGICKÁ STAVBA

- Kvartér**
- a. h. Q 1-2 Naválky - nehomogénny hĺňým materiál, prípadne stavebný odpad
 - d. h. Q 1-2 Fluválne sedimenty - ťbvté hĺňy súbm kam i
 - f. h. Q 1-2 Fluválne náplávypotoka Beľanka - náplávové píšé ťé hĺňy (1,2-1,5 m) so ťtkm iv podb. í

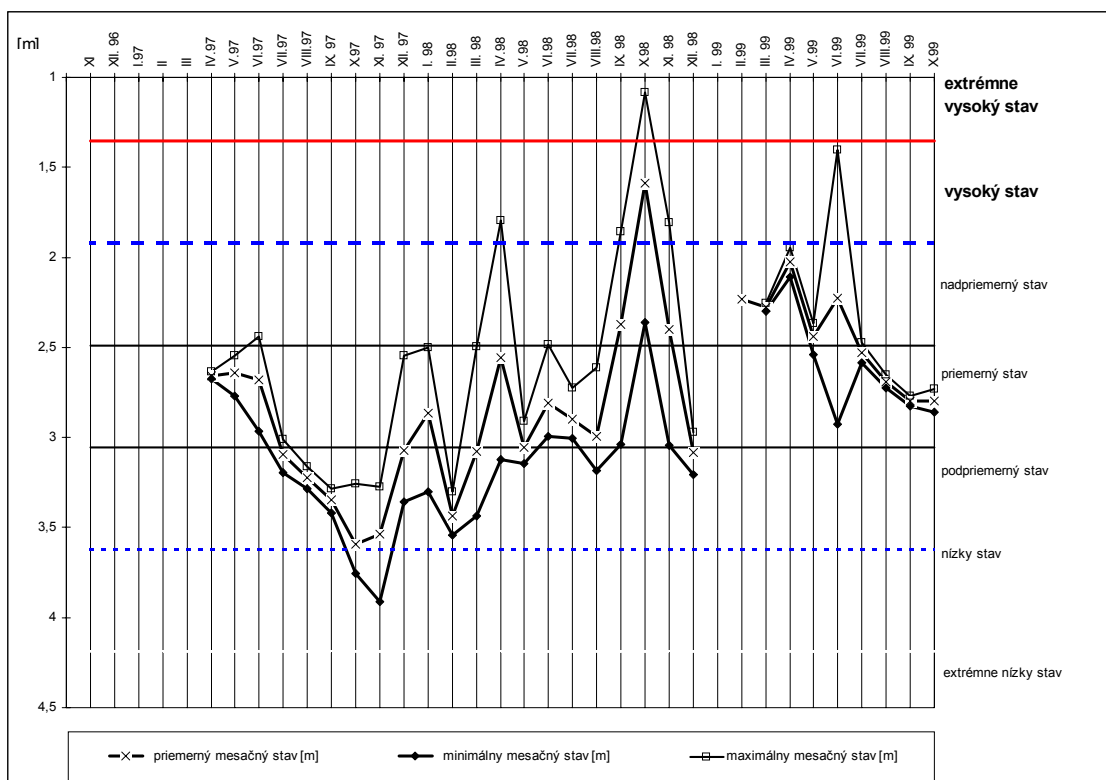
II. SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

- Schematický priebeh starých potenciálnych svahových deformácií
- Aktívne formy svahovej deformácie z jãri 1995
- Aktívne ahové tĺňny svýznamným pokiesom
- Aktívne ahové tĺňny snevýznamným pokiesom

III. NĚ

- DV-2 Prískumné m abpofibvé vity (1995)
- D-3 Monitorovacie m abpofibvé vity smechanickým píchodom em (1997)
- Lňa h. ĥňenskogeobgického profilu 1-1'
- Trvab zamokné územie

Obr. 5.1.10: Lokalita Diviaky nad Nitricou - monitorovacie a sanačné objekty (upravené podľa D. Jadroň a M. Mokrá, 2000)



Obr. 5.1.11: Stav hladiny podzemnej vody pod terénom vo fiktívnom vrte a chronológia monitorovacích pozorovaní na zosuve Diviaky nad Nitricou - Banky počas rokov 1997 až 99. (Fiktívny vrt je zostavený z priemerných hodnôt stavu podzemnej vody vo vrtoch D-1 až 4, referenčné obdobie je IV. 97 až X. 99)

5.1.2.3. Lokalita Handlová

Stručná charakteristika lokality

Známy handlovský zosuv z prelomu rokov 1960/1961 sa vyvinul v prostredí paleogénnych ílovcov až slienitých bridlíc (podložie zosuvných hmôt v spodnej časti zosuvu), nad ktorými sa nachádzajú súvrstvia hornín neogénneho veku - bádenské íly, ílovce a slieňovce (tvoria podložie v strednej časti zosuvného svahu) a tzv. sarmatská štrková séria, tvorená hrubozrnným pieskom až štrčíkom, ktorá vystupuje v odľučnej časti zosuvu. Nad týmito sedimentami sa nachádzajú vulkanické príkrovy andezitov a aglomerátových tufov, tvoriace sčasti odľučnú oblasť zosuvu a v troskách sa vyskytujúce i v nižších polohách svahu. Z hľadiska vzniku a aktivizácie zosuvných pohybov má najväčší význam striedanie polôh priepustných a nepriepustných hornín, v rámci ktorých sa nachádzajú i vztlakové horizonty podzemnej vody. Špecifickou črtou stavby územia je prítomnosť priepustnej polohy sarmatských štrkov v hornej časti zosuvu, ktorá sprostredkováva stále nasycovanie zosuvných hmôt vodou.

Katastrofálny zosuv zasiahol časť mesta Handlová, zničil 150 obytných domov, prípojku mestského vodovodu, diaľkové elektrické vedenie a štátnu cestu z Handlovej do Žiaru nad Hronom. Celková dĺžka hlavného zosuvného prúdu bola 1 800 m (pri výškovom rozdieli cca 200 m - od 500 do 700 m n.m.) a kubatúra zosuvutých hmôt predstavovala okolo 14,5 mil.m³. Prúd na východnom okraji hlavného zosuvu (obr. 5.1.12) sa začal pohybovať asi o 14 dní neskôr; jeho dĺžka dosiahla 1 km a kubatúra zosuvutím postihnutých hornín predstavovala asi 5,7 mil.m³. Rýchlosť zosuvného pohybu v prvých dňoch bola až 6,3 m za 24 hodín. Rýchlosť sa postupne zmierňovala a v lete roku 1961 sa pohyb zastavil. Ďalšia výrazná aktivácia zosuvného pohybu bola zaznamenaná v rokoch 1967 a 1970.

Prehľad monitorovacích aktivít

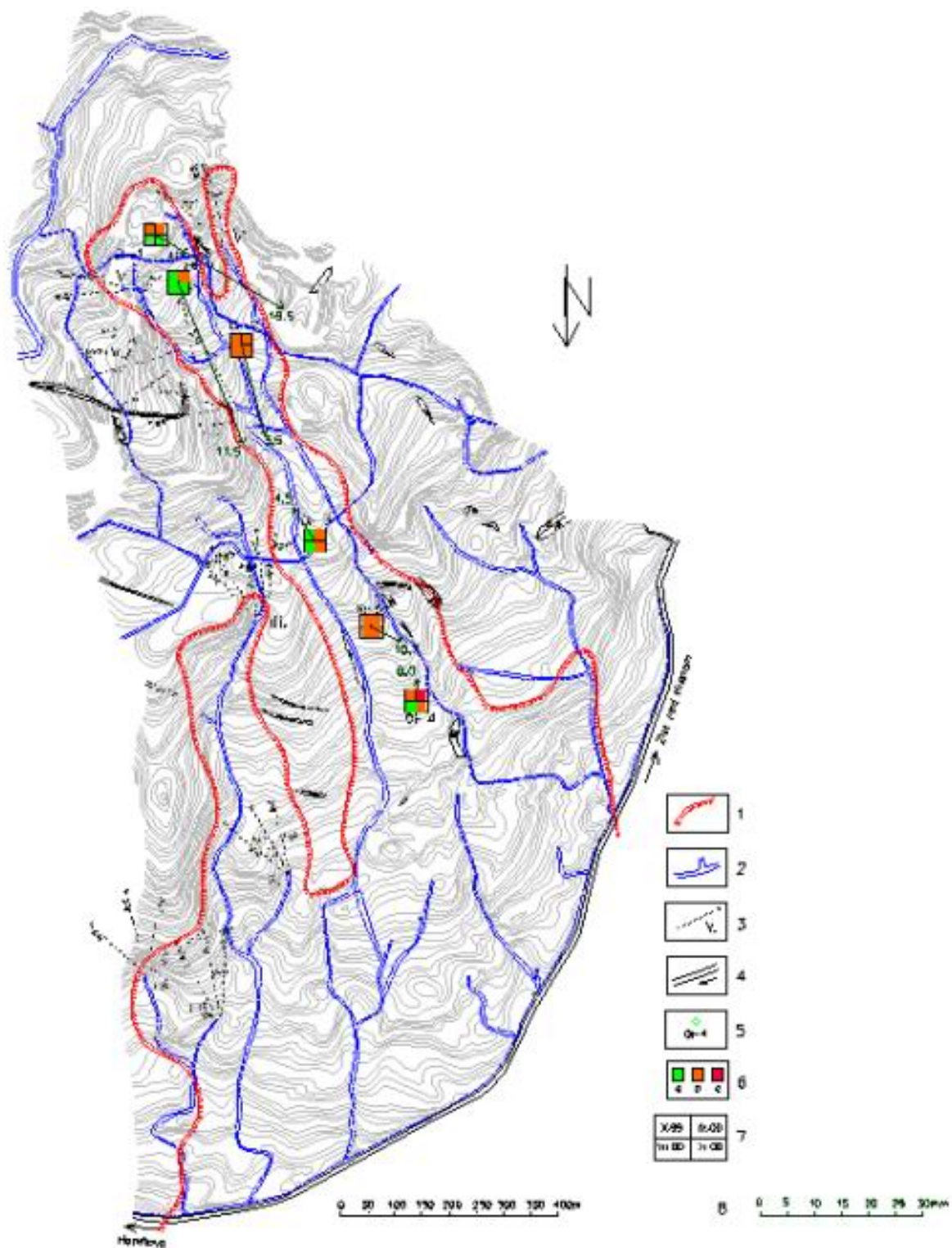
Veľké množstvo prieskumných a monitorovacích objektov, realizovaných v niekoľkých časových etapách na území zosuvu je z veľkej časti už znehodnotených. Preto sa prevažná časť monitorovacích aktivít sústredila do objektov reprezentatívneho profilu, vedeného centrálnou časťou zosuvu. Z monitorovacích pozorovaní sa aplikujú predovšetkým inklinometrické merania a merania poľa PEE. Geodetické merania sú vzhľadom na ich náročnosť zriedkavé a režimové pozorovania majú – vzhľadom na ich frekvenciu – skôr charakter obhliadok spojených s kontrolou funkčnosti monitorovacích a sanačných objektov. Súčasťou monitorovania je aj realizácia stabilného výpočtu s aktualizovanými vstupnými údajmi. Prehľad vykonaných monitorovacích meraní je v tab. 5.1.8.

Tab. 5.1.8: Monitorovacie aktivity na lokalite Handlová, realizované do 31. 12. 2000

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Geodetické merania	Sieť geodetických bodov (32 ks) bola premeraná v r. 1971 až 1977 každoročne (7 etáp), ďalej boli merania uskutočnené v XI. 1986, XI. 1987, XII. 1990 a IX. 1994
Inklinometrické merania	Uskutočňované v 7 vrtoch reprezentatívneho profilu (základné meranie XI. 1992, etapové merania X. 1993, IX. 1994, VIII. 1995, V. 1996, IX. 1997, X. 2000, celkom 6 etáp)
Merania PEE vo vrtoch	Uskutočňované v tých istých inklinometrických vrtoch v XI. 1994, VIII. 1995, V. a X. 1996, V., VIII. a X. 1997, X. 1998, VII. a X. 1999, IV., VII. a XI. 2000
Pochôdzkovanie, merania hladiny podzemnej vody a výdatnosti	VIII. 1995, VI. 1996, VII. a X. 1997, X. 1998, XII. 1998, VII. 1999, X. 1999, IV. 2000. XI. 2000

Zhodnotenie výsledkov geodetických, geotechnických a geofyzikálnych meraní

Geodetické meranie za obdobie 4 rokov (1990 až 1994) preukázalo celkove ukludnený stav svahového pohybu. Hodnoty najvýraznejších posunov (body P-53, P-224, P-213) sa nachádzali v intervale 50 až 100 mm za uvedené obdobie.



Obr. 5.1.12. Lokalita Handlová – výsledky monitorovacích meraní v roku 1997 až 2000. 1 – ohraničenie zosuvu, 2 – povrchové odvodňovacie rigoly, 3 – odvodňovacie vrtý a číslo oblasti ich sústredenia, 4 – štátna cesta, 5 – inklinometrické vrtý v reprezentatívnom profile, 6 – aktivity podľa PEE: a) bez prejavov, resp. s náznakmi, b) pomerne nízka a stredná, c) pomerne vysoká a vysoká, 7 – spôsob vyjadrenia aktivity podľa PEE v rôznych časových obdobiach, 8 – mierka vektora posunu, zameraného inklinometricky za obdobie 1X.97 až 1X.00 (číslo je označené nižšie od povrchu v m)

Inklinometrické merania preukázali extrémne vysoké hodnoty deformácií, zaznamenané vo vrtoch GI-1 (v hĺbke cca 16 až 20 m) a HI-7 (v hĺbke okolo 5 až 7 m). Progresívny kríповý vývoj svahovej deformácie v týchto vrtoch (a čiastočne aj vo vrte HI-5) potvrdili inklinometrické merania po 3-ročnej prestávke v r. 2000 (obr. 5.1.12).

Merania PEE preukázali vysokokú koncentráciu napätí v okolí odlučnej oblasti zosuvu (predovšetkým vo vrte GI-1). Zaujímavé je konštatovanie ukladneného poľa PEE v posledných rokoch v okolí vrtu HI-7 a výrazná aktivita (kmitanie) vo vrte GI-4 (Vybíral, 2000). Vývoj aktivity poľa PEE, spracovaný semikvantitatívne (pozri časť 5.1.1.4) počas celého riešenia úlohy, je pre vybrané vrty vyjadrený na obr. 5.1.13.

Stabilitný výpočet v reprezentatívnom profile, vychádzajúci zo vstupných údajov z monitorovacích meraní bol uskutočnený v roku 1997 a konštatoval celkove stabilizovaný stav pozorovaného zosuvu. Vylúčiť nemožno lokálne deformácie v odlučnej časti zosuvu (ktoré však neohrozujú žiadne objekty technosféry), ako aj určité prejavy nestability v spodnej časti svahu (kde je trvale vysoká úroveň hladiny podzemnej vody; potenciálna nestabilita tohto prostredia je však eliminovaná stabilizačným násypom).

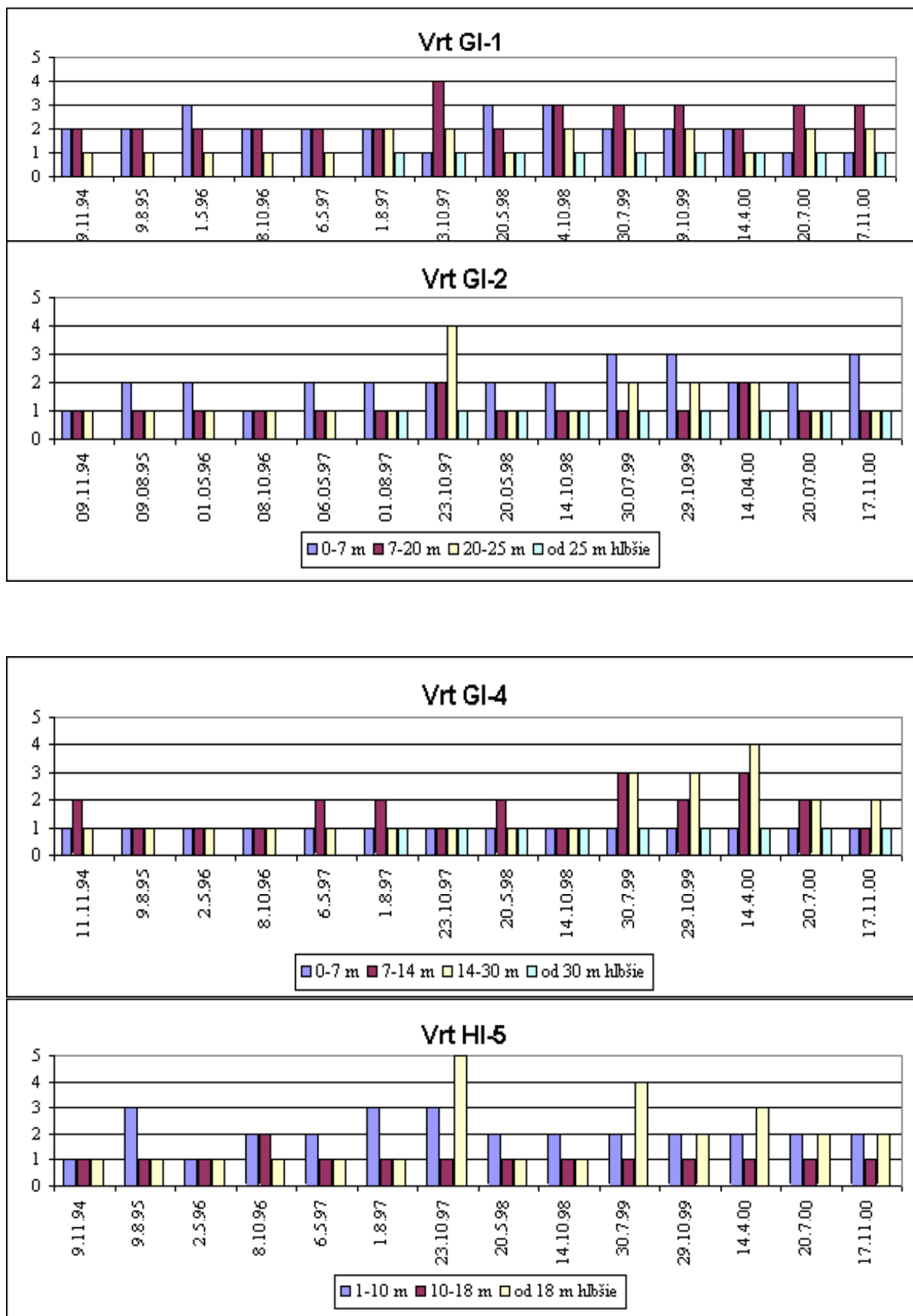
Výsledky monitorovacích meraní a ich klasifikačné hodnotenie sú zhrnuté v príl. 1.4.

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Vzhľadom na veľmi nízku frekvenciu meraní možno na lokalite Handlová hovoriť iba o pochôdzkovaní, spojenom s meraním hladín podzemnej vody vo vrtoch reprezentatívneho profilu a o výdatnosti horizontálnych vrtoch. Z obdobia pozorovania azda najprekvapujúcejšie výsledky boli zistené pri meraniach v júli 1999, keď v niektorých odvodňovacích vrtoch bola zistená extrémne vysoká výdatnosť (v niektorých prípadoch stúpila výdatnosť odvodňovacích vrtoch až 10 - násobne). Vysvetlenie tohto javu na základe niekoľkých meraní nie je možné a vyžadovalo by si komplexnú hydrogeologickú analýzu s účelovým hydrogeologickým mapovaním a pravidelnými režimovými pozorovaniami vybraných objektov.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Spracovanie monitorovacích meraní z vrtoch reprezentatívneho profilu opakovane potvrdilo, že na handlovskom zosuve prebiehajú najvýraznejšie zmeny v jeho odlučnej časti (vrty GI-1 a HI-7). V strednej časti zosuvu (vrty GI-3 a HI-5) boli konštatované výrazné zmeny, prejavujúce sa iba v krátkych časových intervaloch. Výsledky meraní z odlučnej časti zosuvu trvale zaznamenávajú pravdepodobne creepový pohyb blokov nadložných hornín po pomerne hrubej (okolo 3 m) šmykovej zóne.



Obr. 5.1.13: Lokalita Handlová – semikvantitatívne hodnotenie výsledkov meraní PEE

Spodná časť svahu (vrty GI-4, HI-6) sa podľa výsledkov meraní nachádza v stabilnom stave (pravdepodobne aj vďaka efektu priťaženia päty svahu stabilizačným násypom), čo je z praktického hľadiska na tejto lokalite najdôležitejšie. Z hľadiska ďalšieho monitorovania možno, žiaľ, konštatovať postupné znehodnocovanie monitorovacích objektov a to i priamo vo vybranom profile (likvidácia vrtu HI-6 v roku 1999 pri ťažbe dreva a terénnych úpravách). Na základe zistených skutočností odporúčame pokračovať v monitorovacích meraniach v reprezentatívnom profile, sústrediť sa na prehodnotenie všetkých doteraz vykonaných monitorovacích meraní s dôrazom na odvodnenie zákonitostí hydrogeologického režimu na lokalite.

5.1.2.4. Lokalita Dolná Mičina

Stručná charakteristika lokality

Zosuv na severnom okraji obce Dolná Mičina (cca 10 km južne od Banskej Bystrice) vznikol v prostredí neogénnych pyroklastických hornín charakteru tufov a tufitov, pričom v severnej okrajovej časti zosuvného územia prebieha tektonický styk s karbonatickými mezozoickými horninami chočského príkrovu (wettersteinské vápence, dolomitické vápence a dolomity). Možno predpokladať, že východná časť územia je pri povrchu budovaná pliocénymi sedimentami (štrky, piesky, zlepenice, íly). Kvartérny pokryv je tvorený svahovými ílovito-piesčitými hlinami. Heterogenita stavby neogénneho podložja podmieňuje komplikované hydrogeologické pomery na lokalite. Ďalšími nepriaznivými faktormi sú kontakt dvoch odlišných geologických útvarov, možnosť stálej dotácie zosuvu zrážkovými vodami a v minulosti i erózne pôsobenie Mičinského potoka. Ide teda o staršie zosuvné územie, v ktorom sa monitorovaný zosuv aktivizoval v dôsledku zrážkovej anomálie v jeseni 1994. Ide o plošný zosuv rozmerov 220 x 200 m s hlboko lokalizovanou šmykovou plochou (v hĺbke až 27,5 m pod úrovňou terénu – Jadroň et al., 1998), ktorý ohrozoval štátnu cestu, miestne komunikácie a niekoľko obytných domov s príslušnými pozemkami. Rozsiahla sanácia zosuvu bola uskutočnená v lete roku 1996 (prísypy, zárubný a oporný múr) a monitorovacími aktivitami sa v ďalšom období overovala predovšetkým jej efektívnosť a dlhodobá spoľahlivosť.

Prehľad monitorovacích aktivít

Prieskumné práce (vertikálne inklinometrické vrty, geofyzikálne merania – odporové merania, georadarový prieskum, merania metódou PEE, karotáž) a úvodné sanačné práce (horizontálne odvodňovacie vrty) sa na lokalite uskutočnili v období januára až mája 1995.

Súbežne s prieskumnými prácami sa uskutočňovali monitorovacie merania, ktoré do júna 1997 realizovala riešiteľská organizácia (INGEO a. s., Žilina) a v ďalšom období Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Monitorovacie aktivity, uskutočňované na lokalite, sú zhrnuté v tab. 5.1.9.

Počet bodov monitorovacej siete bol premenlivý vzhľadom na ich technický stav, potrebu informácií z určitých častí zosuvného územia a objem finančných prostriedkov na monitorovacie merania.

Zhodnotenie výsledkov geodetických, geotechnických a geofyzikálnych meraní

Geodetické meranie sa pomerne husto aplikovalo v aktívnej fáze vývoja zosuvu. Po uskutočnení sanačných opatrení a ukľudnení zosuvného pohybu sa geodetické merania už nevykonávali (posledné meranie bolo uskutočnené v X. 1997). Dôvodom bola malá presnosť meraní (umiestnenie meracích bodov na pažniciach vrtoch), ktorá bola pre zaznamenanie málo výrazných deformácií stabilizovaného zosuvu nevyhovujúca.

Tab. 5.1.9: Monitorovacie aktivity na lokalite Dolná Mičiná, realizované do 31. 12. 2000

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Geodetické merania	Premeranie siete geodetických bodov, inštalovaných na vrtoch bolo uskutočnené v II., III., V. 1995, V. 1996, V., X. 1997
Merania povrchovej reziduálnej napätosti	Uskutočňované na rozdielnom počte bodov; celkovo realizovaných 7 etáp merania: X. 1995, V. 1996, VI., X. 1997, XI. 1998, XI. 1999, IX. 2000
Inklinometrické merania	Uskutočňované na rozdielnom počte vrtoch v III. a V. 1995, VI. 1996, III. a X. 1997, XI. 1998
Merania PEE vo vrtoch	Uskutočňované v inklinometrických vrtoch V., IX. 1995, V. 1996, V., VI. 1997, V., X. 1998, VII. 1999, III., X. 2000
Merania hladiny podzemnej vody a výdatnosti	Do konca roku 1999 týždenne, od roku 2000 5-krát za rok

Merania povrchovej reziduálnej napätosti mali veľmi premenlivý charakter, ktorý vyplýva z podstaty meraní – ich veľkej citlivosti na zmeny klimatických podmienok. Vo všeobecnosti však možno konštatovať, že v porovnaní s I. etapou meraní (október 1995), uskutočnených na zosuvnom území, nachádzajúcom sa v stave doznievajúcej aktivity došlo prakticky u všetkých meraných bodov k poklesu tlakových napätí. Meranie v septembri 2000 preukázalo mierny nárast napätostného stavu predovšetkým na južnom okraji zosuvu (obr. 5.1.14, príl. 1.5).

Inklinometrické merania zachytili obdobie aktívneho pohybu zosuvných hmôt v roku 1995 a čiastočne i v roku 1996. V tomto období, ako aj počas sanačných povrchových úprav bolo viacero inklinometrických vrtoch poškodených (v povrchovej časti, ale aj v úrovni aktívnej šmykovej plochy) a teda znefunkčnených. Posledné meranie v novembri 1998 nepreukázalo výraznejšie deformácie, ktoré by boli spôsobené posunom zosúvajúcich sa hmôt (pritom

práve v tomto období boli zaznamenané napríklad zvýšené hodnoty povrchových reziduálnych napätí). Vzhľadom na túto skutočnosť a nákladnosť inklinometrických meraní neboli tieto od roku 1999 na lokalite uskutočňované.

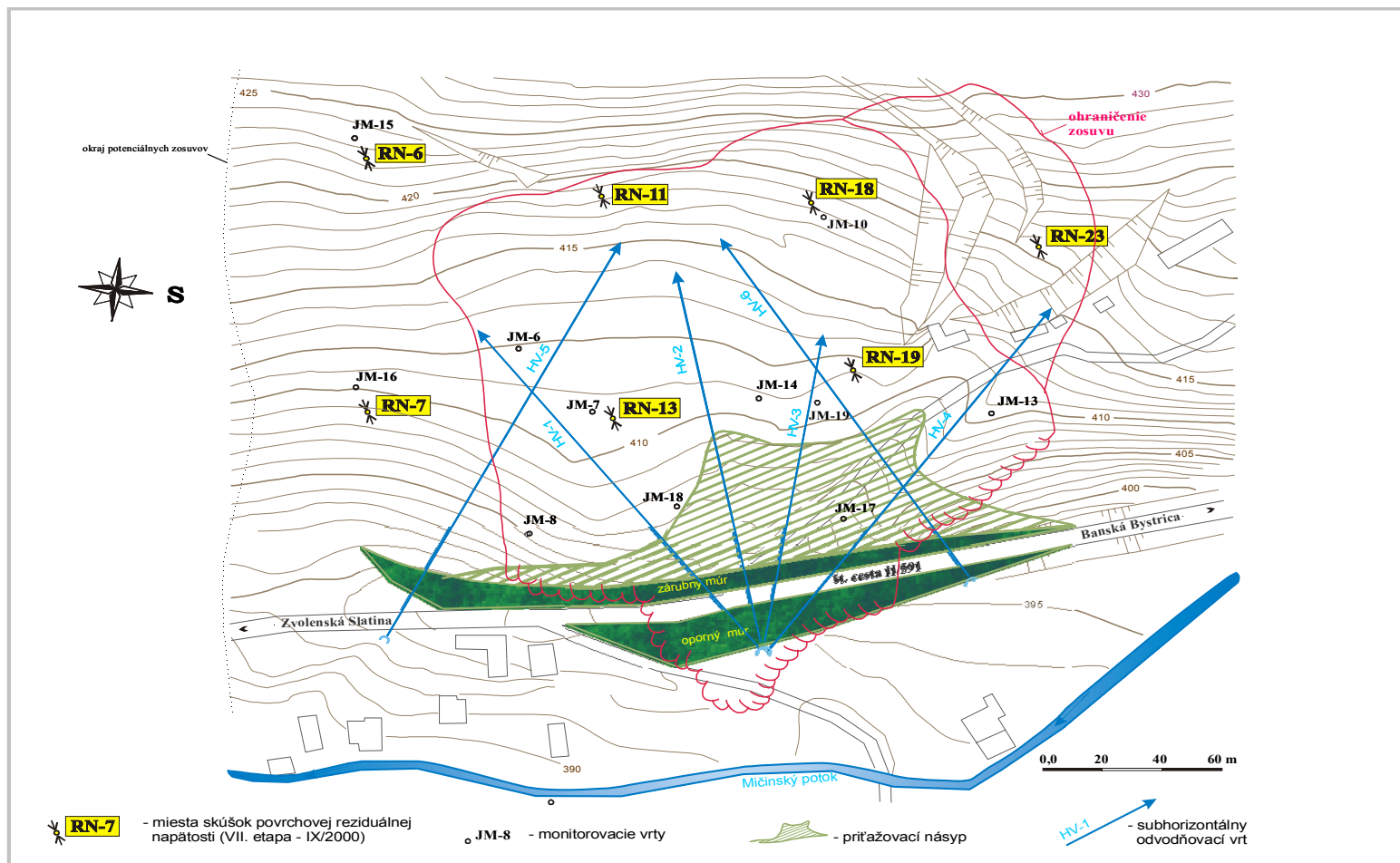
Merania PEE i v obdobiach, keď ostatné merania preukazovali stabilný stav zosuvu, naznačovali prítomnosť zvýšených aktivít napätostného poľa, predovšetkým na južnom okraji zosuvu. Práve táto časť územia sa považuje za potenciálne náchylnú na ďalšie rozšírenie zosuvných pohybov. Priebehy zmien poľa PEE vo vybraných charakteristických vrtoch sú znázornené na obr. 5.1.15.

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

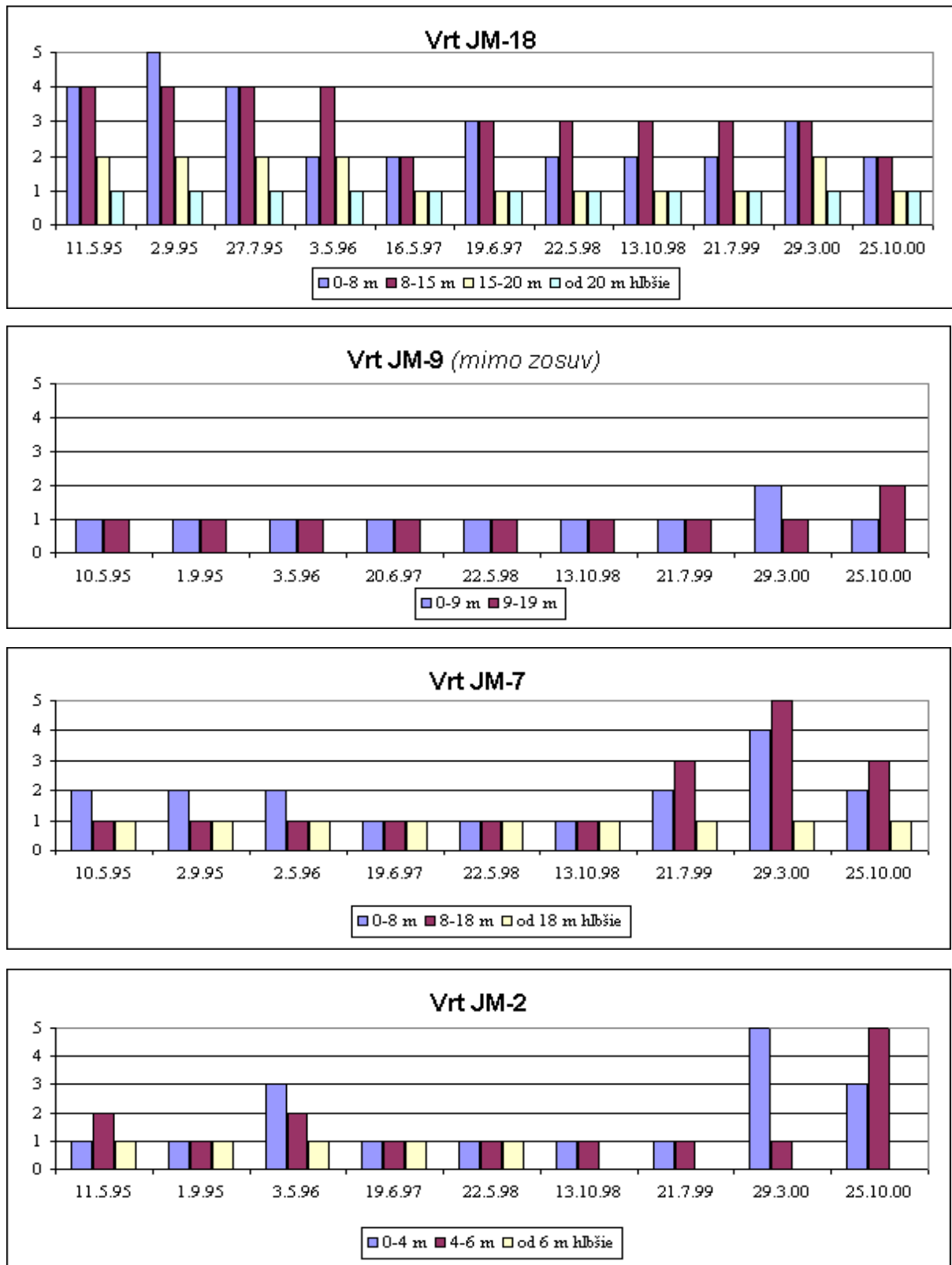
Ako už bolo spomenuté, režimové pozorovania zmien úrovne hladiny podzemnej vody, ako aj výdatnosti odvodňovacích vrtov sa vykonávali s týždenným cyklom merania od začiatku prieskumných prác. V dôsledku odvodnenia zosuvného svahu došlo k postupnému poklesu hladín podzemnej vody vo všetkých pozorovaných vrtoch. Celkove podľa zníženia vztlakov na dĺžku zosuvu vychádza, že hĺbkovým odvodnením sa dosiahlo od marca 1995 do mája 1995 priemerné zníženie úrovne hladiny podzemnej vody o 5,7 m, čo sa priaznivo odrazilo na vzraste stability (zo stupňa stability 0,935 na 1,197) zosuvného svahu.

Na základe výsledkov inžinierskogeologického prieskumu boli po vykonaní stabilitných výpočtov pri rôznych okrajových podmienkach určené limitné úrovne hladiny podzemnej vody pre vybraných 9 vrtov (JM-3, JM-6, JM-7, JM-8, JM-11, JM-13, JM-14, JM-18, JM-19), ktoré by nemali byť prekročené (obr. 5.1.16). Z rozkvyvu hladín v jednotlivých vrtoch vyplýva, že v období od 22.12.96 až do konca roku 2000 boli limitné hladiny prekročené iba u piatich vrtov, a aj to len ojedinele. Napriek tomu, že prekročenia nemali dlhodobější charakter, za rizikové obdobie možno považovať jar, pretože odvodňovacie vrty nestačia drénovať podzemné vody tak, aby nedošlo k prekročeniu limitných hladín vo vertikálnych vrtoch.

Z výsledkov merania výdatností subhorizontálnych vrtov vyplýva, že najväčšie výdatnosti sú zaznamenané vo vrte HV-2 (4,88 až 19,35 l.min⁻¹), ďalej vo vrtoch HV-4 (3,55 až 6,90 l.min⁻¹) a HV-5 (2,40 až 5,00 l.min⁻¹ - obr. 5.1.17). Vrty HV-6 a HV-7 sú dlhodobo „suché“. Z obr. 5.1.17 vyplýva, že výdatnosť vrtu HV-2 kolíše v širokom intervale, pričom je u všetkých vrtov, z ktorých vyteká voda, pozorovateľná evidentná reakcia na zrážky. Od roku 1999 sa okrem výdatnosti monitoruje u subhorizontálnych vrtov aj vodivosť a teplota vody. Najvyššie vodivosti vody boli zaznamenané vo vrtoch HV- 3 (320 až 650 μ S.cm⁻¹) a HV - 4 (310 až 400 μ S.cm⁻¹), ktoré odvodňujú severnú časť zosuvu budovanú aj rozpustnejšími karbonatickými mezozoickými horninami (príl. 1.5).



Obr. 5.1.14: Lokalita Dolná Mičina – morfológický tvar zosuvu s vyznačením prieskumných, sanačných a monitorovacích objektov (upravené podľa D. Jadroň a M. Mokrú, 2000)



Obr 5.1.15: Lokalita Dolná Mičiná – semikvantitatívne hodnotenie výsledkov meraní PEE

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Zo zhodnotenia monitorovacích meraní rôzneho typu do júna 1997 vyplýva, že po sanačných prácach sa výrazne znížila aktivita zosuvného pohybu, i keď určitý napätostný stav pretrváva. Aktívny a doznievajúci aktívny stav zosuvu názorne ilustruje ustrihnutie väčšiny inklinometrických vrtov v aktívnej časti zosuvu (v súčasnosti sú inklinometricky merateľné iba vrty JM-6, 8, 15, 18 a 19). Celkovo však na základe monitorovania v roku 1997 sa zosuv hodnotil ako stabilný s nutnosťou kontinuálneho overovania stavu režimovými pozorovaniami a menej náročnými monitorovacími meraniami (merania poľa PEE, merania obmedzeného počtu povrchových reziduálnych napätí).

Všetky merania, uskutočnené po roku 1997 stabilizáciu svahu potvrdili i keď v určitých obdobiach (predovšetkým na jar) preukázali napätostný nekľud niektorých častí (predovšetkým južnej) zosuvného územia. Okrem nepriaznivých klimatických faktorov (zrážky, topenie snehu) ide zrejme o výsledok dotvarovania svahu, ktorého čelo je zabezpečené stabilnou konštrukciou a zvýšené napätia vo svahu sa prenášajú do bokov (južný a severný okraj zosuvu).

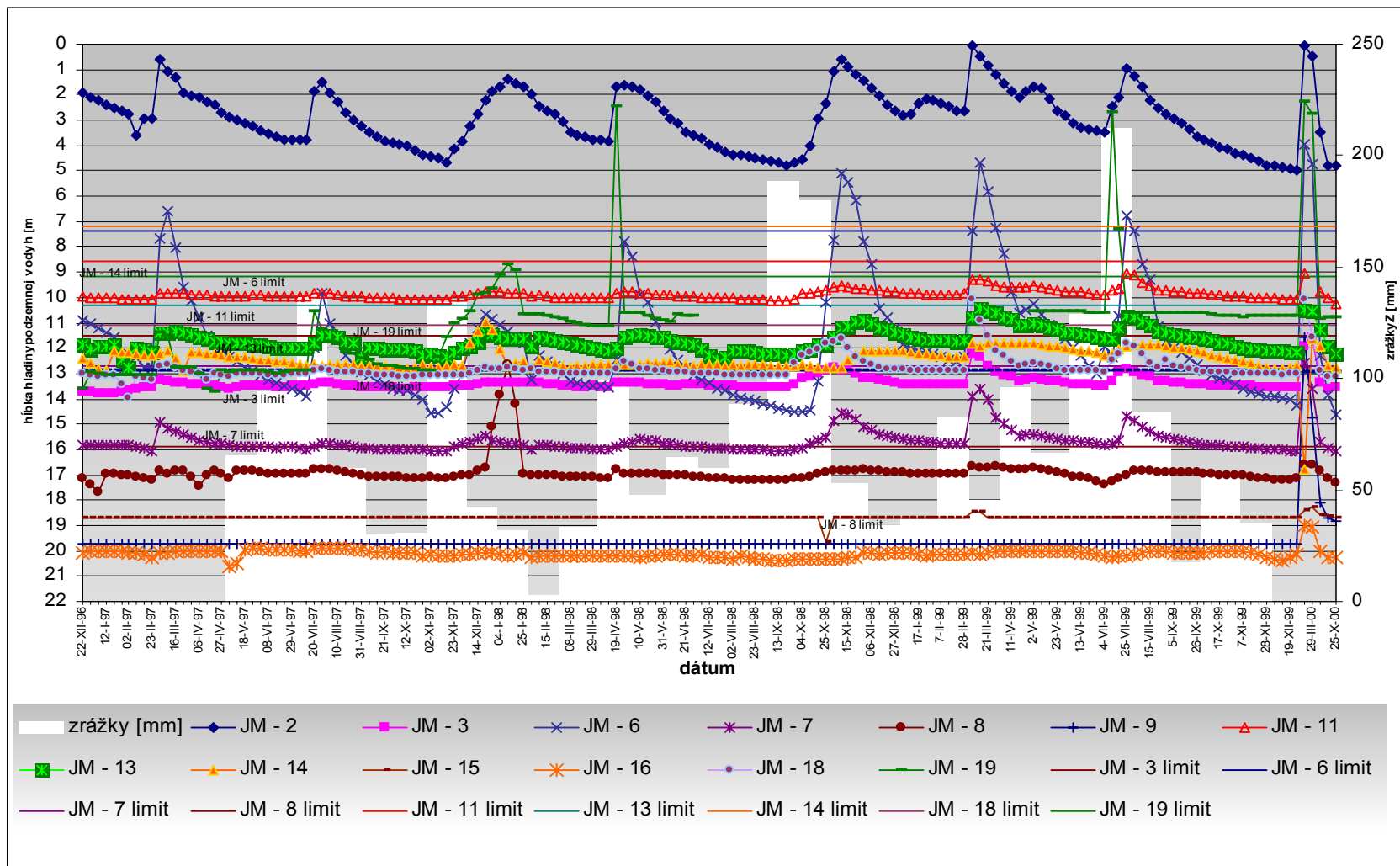
Dobrym indikátorom stabilitného stavu svahu sú režimové pozorovania a porovnávanie ich výsledkov s odvodenými limitnými stavmi. V prípade dlhodobjších prekročení týchto limitných hladín v pozorovaných vrtoch by sa malo pristúpiť k doplňujúcim sanačným opatreniam. Vhodné by bolo nahradiť predovšetkým nefunkčné odvodňovacie vrty HV-6 a HV-7.

Z uvedených zhrňujúcich skutočností vyplýva, že v monitorovaní zosuvného svahu je potrebné pokračovať aspoň v rozsahu, aký bol aplikovaný v roku 2000. Pre kontinuálne overovanie hladiny podzemnej vody a jej porovnanie s limitnými hladinami by bolo vhodné v exponovaných vrtoch inštalovať automatické hladinomery.

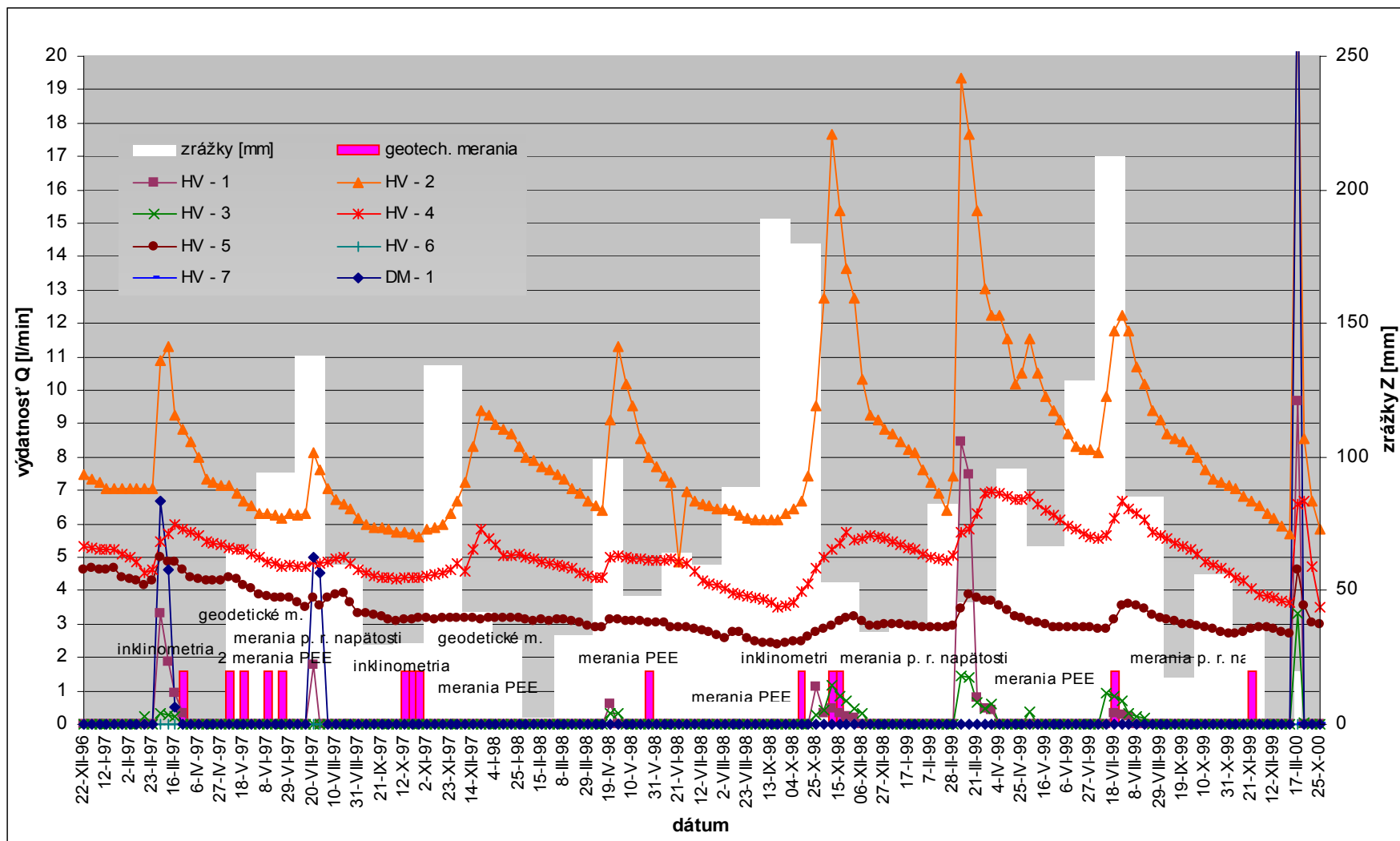
5.1.2.5. Lokalita Ľubietová

Stručná charakteristika lokality

Ľubietovský zosuv sa nachádza na severozápadnom okraji obce Ľubietová. V rámci širšieho zosuvného územia v okolí Ľubietovej ide o prúdový zosuv, ktorý v roku 1977 zničil 4 nové obytné domy a v dôsledku možného prehradenia potoka Hutná mohol spôsobiť zatopenie časti obce.



Obr. 5.1.16: Výsledky merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch na lokalite Dolná Mičiná, znázornené spoločne s vypočítanými limitnými hodnotami pre jednotlivé vrty a so zrážkovými úhrnmi zo stanice SHMÚ v Banskej Bystrici



Obr. 5.1.17: Výsledky merania zmien výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Dolná Mičiná, znázornené spoločne s mesačnými úhrmi zrážok zo stanice SHMÚ Banská Bystrica a s chronológiou geodetických, geotechnických a geofyzikálnych meraní

Geologická stavba okolia a podložia ľubietovského zosuvu je veľmi komplikovaná. V podloží čela zosuvu vystupujú spodotriasové hrubolavicovité až masívne kremence. Paleogénne sedimenty flyšoidného charakteru (prevažne ílovce a prachovce) sa nachádzajú pod takmer celým telom zosuvu. Neogénny sedimentárno - vulkanický komplex (íly, tufity, piesky) tvorí podložie a okolie odlučnej a čiastočne i transportačnej časti zosuvu. Vulkanický komplex (prevažne aglomerátové tufy a tufity) vytvára mohutné bloky a blokové polia, ktoré lemujú zosuv zhora a z oboch strán. Polymiktné štrky v najvyšších partiách svahu dotujú celý zosuv vodou. Z kvartérnych sedimentov prevládajú deluviálne hliny, proluviálne hliny s úlomkami a fluviálne náplavy potoka Hutná. Deluviálne sedimenty (sute, svahové hliny) dosahujú malú hrúbku; hrúbka zosuvného delúvia je však 5 až 15 m, lokálne až do 40 m.

Z hydrogeologického hľadiska v komplexe neogénnych, ale aj zvetraných paleogénnych sedimentov sa nachádza viacero priepustnejších polôh (ílovité piesky a štrky), v ktorých sa voda hromadí a vytvára tlakové horizonty, priebežne dotované z relatívne veľkej infiltračnej oblasti. Podzemná voda okrem tlakového pôsobenia znižuje charakteristiky pevnostných vlastností hornín a výrazne prispieva k aktivizácii svahových pohybov.

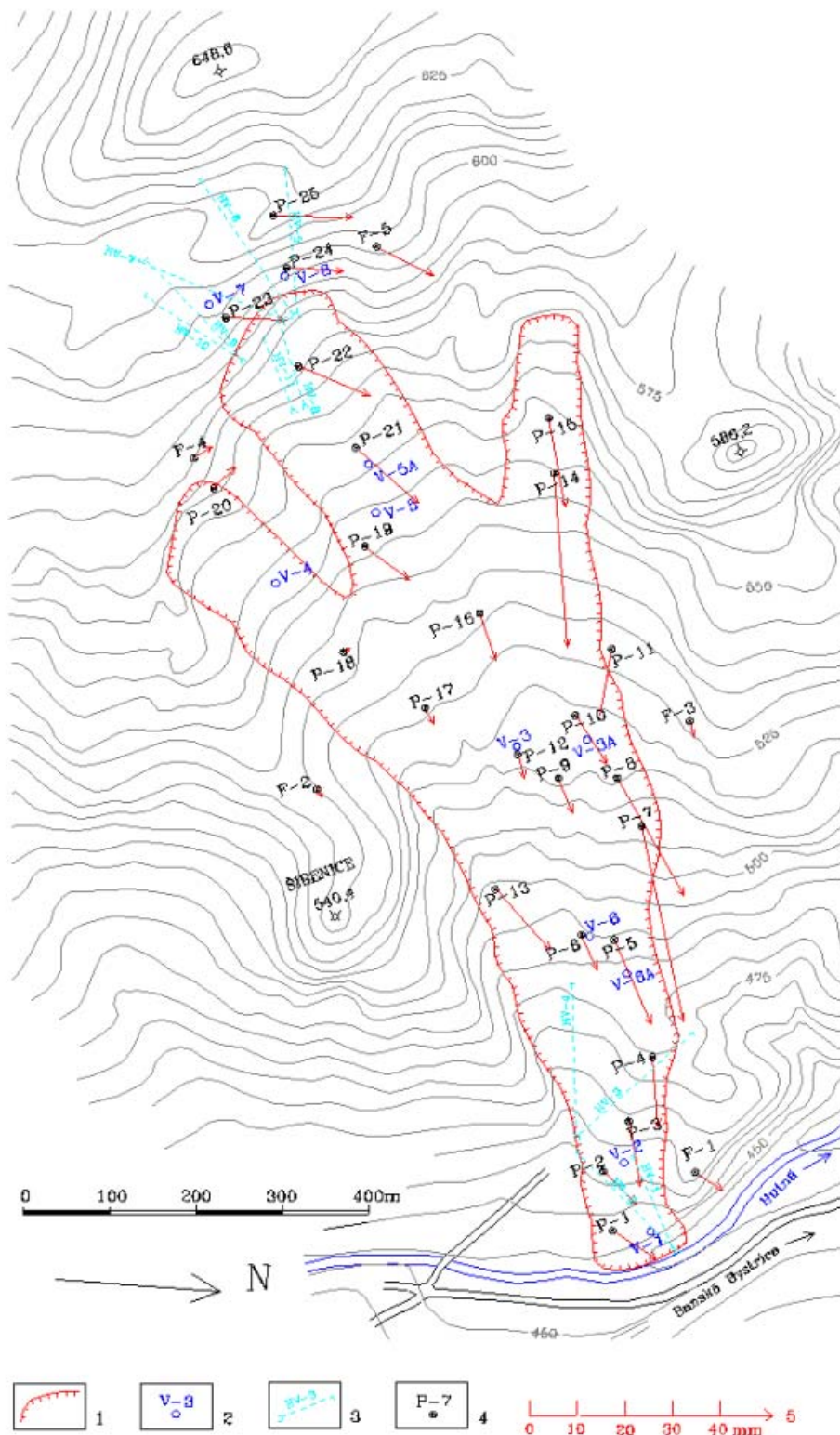
Hlavnou príčinou vzniku zosuvu bola zrážková anomália v období od začiatku decembra 1976 do konca februára 1977, kedy boli prekročené mesačné normály o 50 až 120%.

Prehľad monitorovacích aktivít

Monitorovacie aktivity na lokalite boli ohraničené iba na premeriavanie pohybu bodov geodetickej siete v určitých časových intervaloch (sieť 5 pevných a 25 pozorovacích bodov, ktorá bola premeraná v I. 1988 - základné meranie a v etapách X. 1993, XI. 1994, V. 1996 a X. 1999) a na pozorovania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odtoku v nevelkom počte objektov (8 vertikálnych a 9 horizontálnych vrtov). Hydrogeologické merania sa vykonávali 1 až 2-krát ročne, od roku 1999 4-krát ročne. Počet meraných objektov v jednotlivých cykloch nie je vždy rovnaký z rôznych technických príčin (upchatie vrtu, nemerateľnosť v dôsledku snehovej pokrývky a pod.). Na základe aktualizovaných vstupných údajov bol vykonaný aj stabilitný výpočet.

Zhodnotenie výsledkov geodetických, geotechnických a geofyzikálnych meraní

Geodetické meranie. Prakticky všetky etapy geodetického premerania siete bodov preukázali najvyššiu aktivitu pohybu u bodov, lokalizovaných na S okraji zosuvného prúdu a v jeho hornej časti (obr. 5.1.18). Najvýraznejšiu pohybovú aktivitu tejto časti zosuvného prúdu potvrdzuje aj analýza vývoja pohybu bodov za celé obdobie meraní (od roku 1988),



Obr.5.1.18: Výsledky monitorovacích meraní na lokalite Lubietová
 1 - ohraničenie zosuvu, 2 - piezometrické vrty, 3 - horizontálne odvodňovacie vrty,
 4 - pozorovacie body geodetickej siete, 5 - mierka premiestnení geodetických bodov
 za obdobie V.1996 až X.1999

z ktorej vyplýva, že premiestnenie týchto bodov prebieha v rovnakom azimute a má počas celého pozorovania najväčšie hodnoty.

Stabilitný výpočet vychádzal zo zjednodušeného modelu geologickej stavby svahu. Pri porovnaní stavu hladiny podzemnej vody v monitorovacích vrtoch bolo zistené, že oproti stavu z roku 1977 sa jej úroveň nachádza vyššie a i za obdobie monitorovacích pozorovaní od roku 1995 má mierne stúpajúci trend (čo by bolo potrebné overiť hustejšou frekvenciou meraní). Výsledný stupeň stability (1,023) preukázal, že stabilita svahu je pomerne nízka, navyiac, vzhľadom na nefunkčnosť časti sanačných opatrení a postupné nasycovanie zosuvných hmôt vodou je odôvodnený predpoklad jej postupného znižovania.

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Režimové pozorovania na lokalite Ľubietová sa uskutočňovali s pomerne malou frekvenciou a ich výsledky sú súborne zhrnuté v príl. 1.6 a znázornené na obr. 5.1.19.

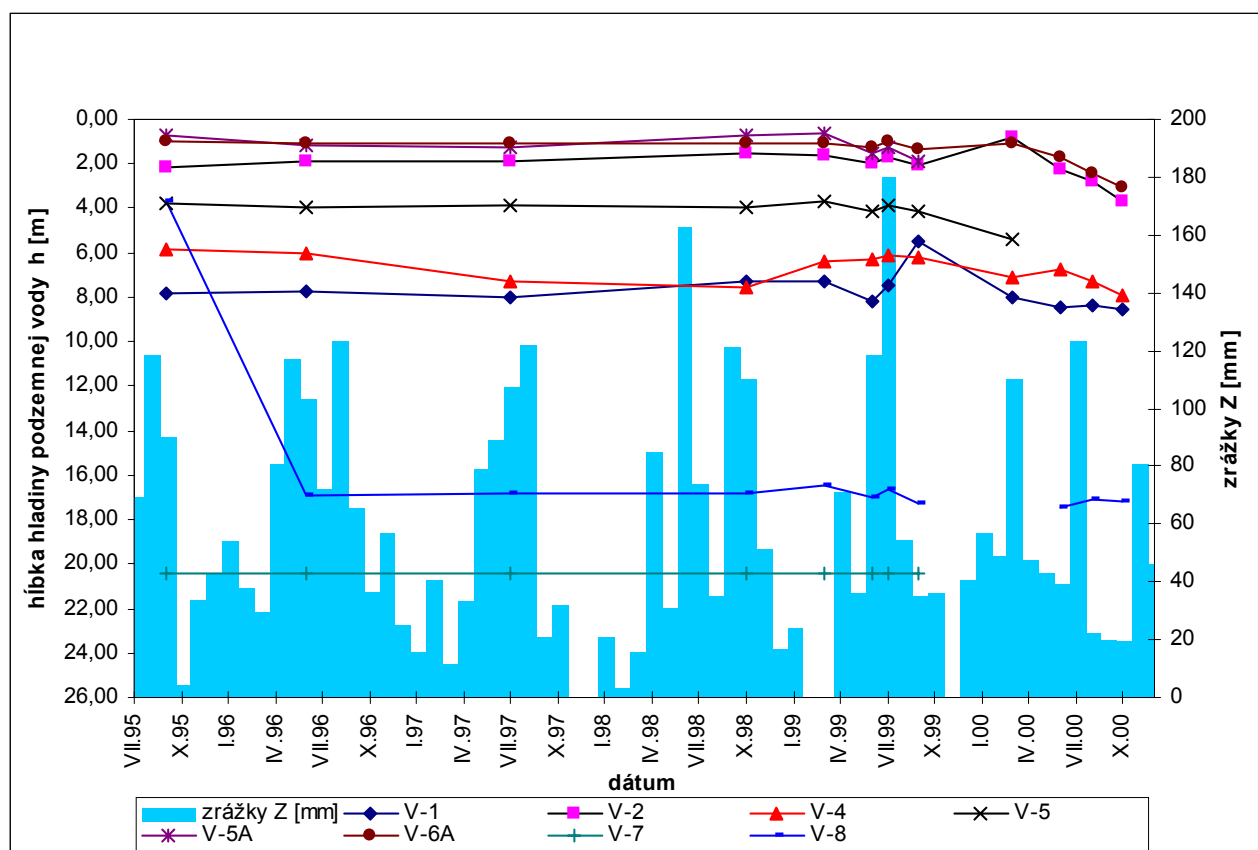
Hĺbka hladiny podzemnej vody zaznamenaná v jednotlivých vrtoch je ovplyvňovaná atmosferickými zrážkami a topením snehu (na jar a v jeseni bola hladina podzemnej vody bližšie k terému). Z obr. 5.1.19 vyplýva, že najväčší rozkyv hĺbky hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný vo vrte V-1 (5,45 až 8,56 m).

Výdatnosti horizontálnych vrtov boli taktiež významne ovplyvnené atmosferickými zrážkami a sezónnymi klimatickými zmenami. Päť z deviatich vrtov dosiahlo maximálne výdatnosti dňa 30.3.1999, pričom aj u ostatných boli výdatnosti v tento deň nadpriemerné (príl. 1.6, obr. 5.1.20). Naopak, najnižšie výdatnosti boli u ôsmich z deviatich vrtov dosiahnuté 26.10.2000. Vrty HV-6 a HV-11 boli v tento deň dokonca „suché“. V rokoch 1999 a 2000 sa uskutočnilo v rámci súborného režimového pozorovania aj niekoľko meraní mernej elektrickej vodivosti vody a teploty vody v jednotlivých horizontálnych vrtoch (príl. 1.6). Hodnoty vodivosti vody boli veľmi variabilné pre jednotlivé odvodňovacie vrty, pretože sú odrazom pestrej geologickej stavby zosuvu a jeho okolia. Najvyššie vodivosti vody (cca 500 až 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) boli zaznamenané vo vrtoch HV-3 a HV-4 a ide pravdepodobne o podzemné vody triasových kremencov, prípadne mezozoických karbonátov. Vrty HV-5, 6, 7, 10 majú vodivosť najnižšiu (cca 100 až 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) a pravdepodobne ide o podzemné vody vulkanických komplexov. Vodivosti okolo 250 až 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mali vrty HV-8, 9, 11 - ide pravdepodobne o vody pochádzajúce z paleogénnych pieskovcov a ílovcov, alebo zmiešané podzemné vody z rôznych typov hornín.

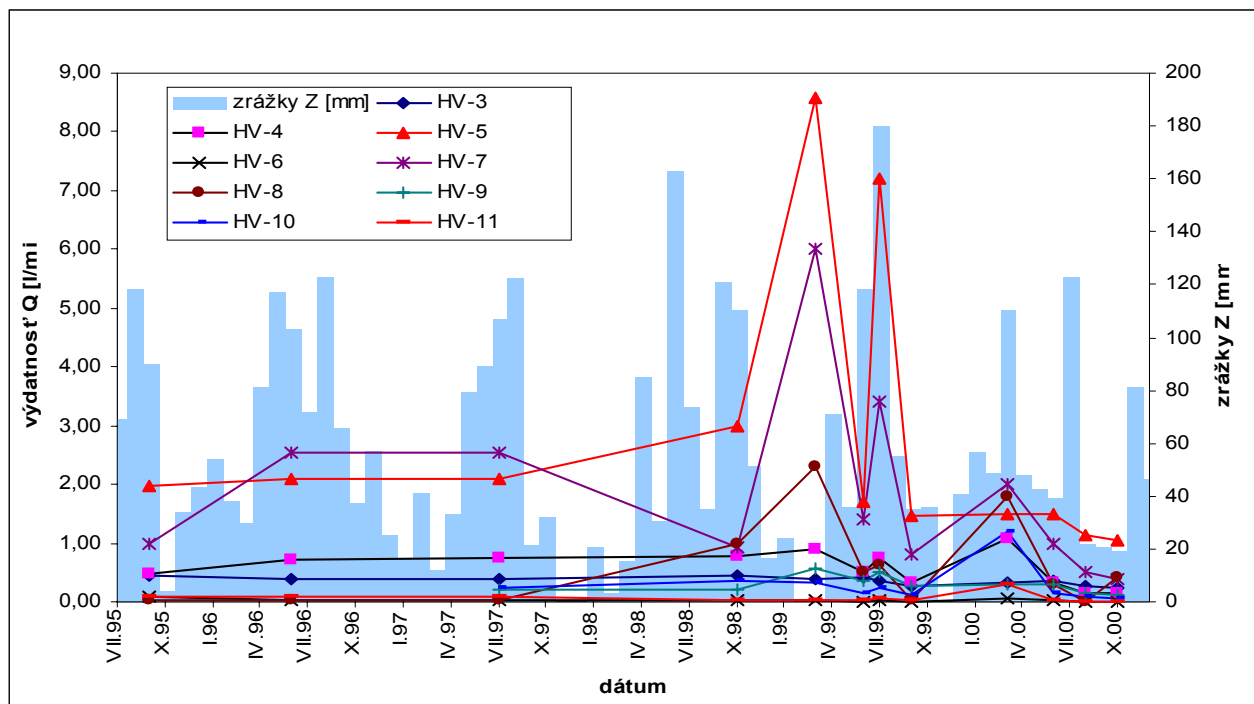
Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Ľubietovský zosuv je starý prúdový stabilizovaný zosuv u ktorého však mnohé drenáže, ale aj monitorovacie prvky stratili resp. postupne strácajú svoju funkčnosť. V súčasnosti je možné merať hladiny podzemnej vody vo vertikálnych vrtoch V-1, V-2, V-4, V-5A, V-6A, V-7, V-8 a výdatnosti horizontálnych vrtov HV-3 až HV-11. Vrt V-5 je od polovice roku 2000 upchatý a vo vrte V-7 je hladina podzemnej vody hlboko a preto nie je merateľná ani pásmom o dĺžke 30 m.

Dôležitým a nebezpečným faktorom je, že voda, vytekajúca z horizontálnych vrtov pod odľučnou oblasťou zosuvu (skupina vrtov HV-5, 6, 7 a HV-9, 10) nie je odvádzaná, hromadí sa vo forme rozsiahlych mokrín a postupne infiltruje do telesa zosuvu (sekundárna infiltrácia). Na uvedený problém bolo poukázané už v predchádzajúcich priebežných správach riešenej úlohy. Taktiež nie je odvádzaná ani voda z vrtov HV-8 a HV-11.



Obr. 5.1.19: Výsledky merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrtoch na lokalite Ľubietová, znázornené spoločne so zrážkovými úhrnmi zo stanice SHMÚ Ľubietová



Obr. 5.1.20: Výsledky merania zmien výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Ľubietová znázornené spoločne s mesačnými úhrňmi zrážok zo stanice SHMÚ Ľubietová

Drenážnu funkciu si plnia iba vrty HV-3 a HV-4 blízko frontálnej časti zosuvu. Táto skutočnosť prispieva k výslednému faktu, že systém povrchových rigolov je prakticky nefunkčný, žiadnu vodu neodvádza a preto nedochádza ani k zníženiu hladín podzemnej vody v pozorovacích vrtoch.

Z výsledkov geodetických meraní vyplýva trvalá zvýšená aktivita severného okraja zosuvného telesa, i keď namerané hodnoty premiestnení pozorovacích bodov nemožno považovať za kritické. Ak však nebudú uskutočnené opatrenia na sfunkčnenie odvodňovacieho systému, dlhodobá stabilná prognóza (a to aj vzhľadom na vypočítaný pomerne nízky stupeň súčasnej stability svahu), nie je priaznivá. V súvislosti s tým je potrebné pokračovať v monitorovacích pozorovaniach aspoň v doterajšom rozsahu.

5.1.2.6. Lokalita Fintice

Stručná charakteristika lokality

Prúdový zosuv sa nachádza 1 km S až SV od obce Fintice, ktorá leží asi 5 km SSV od Prešova. Okrem južnej strany je zosuv ohraničený morfológicky nápadnými extruzívnymi telesami neovulkanitov.

Na geologickej stavbe okolia zosuvu sa podieľajú paleogénne ílovce a prachovce, neogénne amfibolicko-pyroxenické a pyroxenické andezity extruzívnych telies a kvartérne deluviálne sedimenty. Heterogénna stavba územia podmieňuje aj veľmi komplikované a z hľadiska vzniku svahových pohybov priaznivé hydrogeologické podmienky.

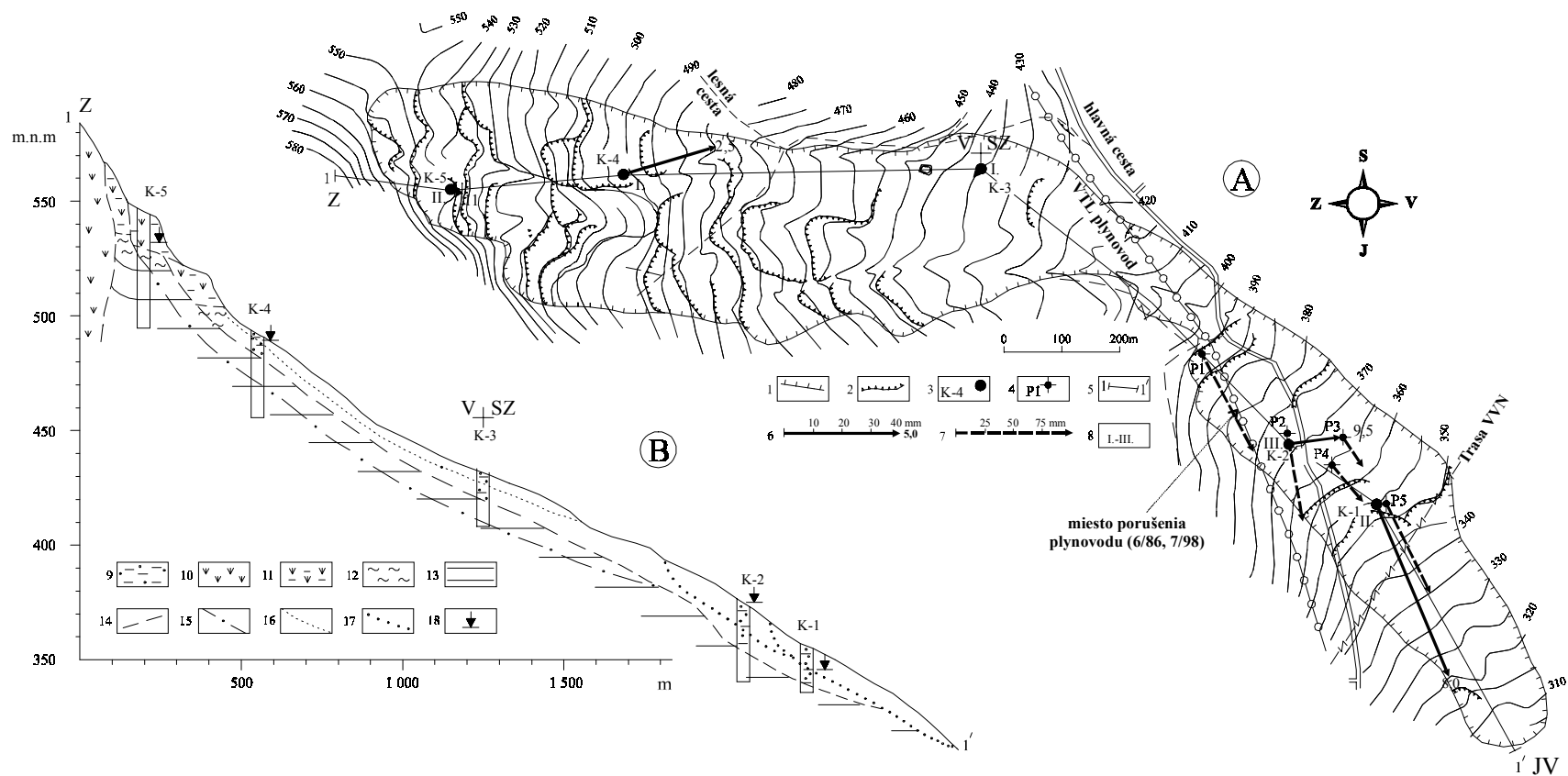
Prúdový zosuv vznikol pravdepodobne v období na rozhraní pleistocén-holocén a jeho súčasný reliéf je výsledkom pôsobenia geologických a klimatických faktorov. Jeho dĺžka je 2 280 m, šírka 120 až 500 m, rozdiel výšok medzi odlučnou hranou a čelom 265 m. Priemerný sklon zosuvného územia je 7° (obr. 5.1.21). Zosuv má zloženú (rotačno-planárnu) šmykovú plochu prebiehajúcu na rozhraní kvartér-paleogén, resp. zvetranou časťou podložných hornín. Jej hĺbka je 2 až 20 m, v dolnej časti zosuvu 8 až 9 m. Horná časť zosuvu je dočasne ukľudnená, spodná (od nadmorskej výšky 395 m) aktívna. Povrch zosuvu je členitý a stupňovitý (horná časť), resp. zvlnený (dolná časť).

V dôsledku reaktivizácie pohybov v spodnej časti zosuvu došlo k opakovanému pretrhnutiu vysokotlakového plynovodu Prešov - Bardejov a poškodeniu štátnej cesty II. tr. Fintice - Záhradné. Ohrozené sú i dva stožiare VVN.

Prehľad monitorovacích aktivít

Monitoring zosuvu v rámci riešenia úlohy bezprostredne nadviazal na predchádzajúce práce (z rokov 1990 až 1992), v rámci ktorých boli na lokalite realizované geoelektrické merania (leto 1990), v reprezentatívnom profile bolo vyvŕtaných najprv 6 jadrových vrtov (F-1A + F-1Ah, F-2A, F3, F-4A a F-5A) a neskôr v ich tesnej blízkosti ďalšie 4 vrty (F-1B, F-2B, F-4B a F-5B). Hĺbka vrtov sa pohybovala v intervale 9 až 50 m. Vrty boli vystrojené PVC pažnicami pre inklinometrické merania, resp. uspôsobené na geoakustické merania. Označenie vrtov v roku 1994 bolo zmenené z F na K. Okolie zosuvu bolo zmapované v mierke 1:2000 (mapa inžinierskogeologických pomerov) do topografického podkladu zostaveného pre tento účel. V lete roku 1991 boli vo vrtoch uskutočnené geoakustické merania a v tom istom roku sa vykonala prvá etapa inklinometrických meraní.

V rámci riešenia úlohy sa v započatých meraniach pokračovalo a ich sortiment bol rozšírený. Inklinometrické a PEE merania sa vykonávali za účelom zistenia pohybu horninového materiálu v jednotlivých častiach prúdového zosuvu pod povrchom. V roku 1996 bola zriadená sieť geodetických bodov v najaktívnejšej, spodnej časti zosuvu a začali sa premeriavať zmeny i na povrchu územia. Od roku 1996 boli vo vrtoch uskutočňované aj merania hladiny podzemnej vody v priemere 4 až 6-krát ročne (príl. 1.7). Prehľad použitých monitorovacích metód a frekvencia meraní vyplýva z tab. 5.1.10.



Obr. 5.1.21: Fintice - prúdový zosuv. **A-Geomorfologická pozícia a rozmiestnenie monitorovacích objektov.** 1-morfologická hranica zosuvu, 2-odlučná stena, 3-inklinometrický vrt, 4-geodetický bod, 5-línia geologického rezu, 6-vektor celkovej deformácie, zistený inklinometrickými meraniami za obdobie 4/91 - 10/00 (číslo vyjadruje hĺbku deformácie), 7-vektor posunu geodetického bodu (8/96 a 10/00), 8-hodnota aktivity PEE za obdobie 11/94 - 11/00: I.-nízka, II.- stredná, III.- vysoká. **B-Geologický rez.** 9-ílovito-úlomkovité sedimenty (kvartér), 10-andezitová extrúzia (neogén), 11-andezitové bloky s ílovcami, 12-plastická deformácia predkvartérnych hornín, 13-ílovce a prachovce (paleogén), 14-hranica geologickej jednotky, 15-predpokladaná šmyková plocha potenciálnej časti zosuvu, 16-šmyková plocha potenciálnej časti zosuvu, 17-šmyková plocha aktívnej časti zosuvu, 18-hĺbka hladiny podzemnej vody.

Tab. 5.1.10: Monitorovacie aktivity na lokalite Fintice, realizované do 31. 12. 2000

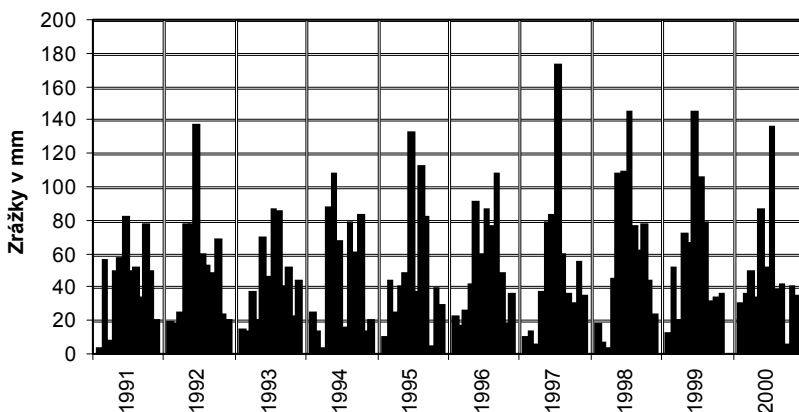
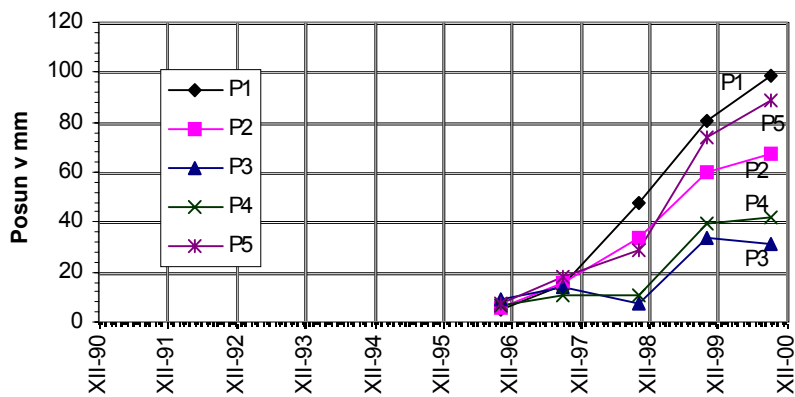
Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Geodetické merania	Premeranie siete 6 geodetických bodov v VIII. 1996 (základné meranie), etapové merania v XI. 1996, X. 1997, XI. 1998, XI. 1999, X. 2000
Inklinometrické merania	Spočiatku uskutočňované na 5 vrtoch, v súčasnosti funkčné 3 vrty (základné meranie IV. 1991, etapové merania X. 1991, X. 1992, X. 1993, IX. 1994, X. 1996, X. 1997, XI. 1999, X. 2000)
Merania PEE vo vrtoch	Uskutočňované v inklinometrických vrtoch v XI. 1994, X. 1996, VII. 1997, VI., VII. 1998, XI. 1999, XI. 2000
Merania hladiny podzemnej vody	Do roku 1996 sporadicky, od roku 1996 4 až 6-krát ročne

Zhodnotenie výsledkov geodetických, geotechnických a geofyzikálnych meraní

Geodetické merania. Výsledky získané meraniami jednoznačne preukázali výraznú zosuvnú aktivitu. Celkové posuny bodov za merané obdobie dosiahli hodnoty 3,1 až 9,9 cm. Významné je zistenie, že rýchlosť pohybu má vzostupný trend. Jej najväčší nárast nastal v roku 1999, v roku 2000 sa spomalil. Výrazné sú i poklesy bodov P1, P2 a P5. Aktivita pohybov priamo súvisí s intenzitou zrážok v danom území. Evidentný je hlavne nárast rýchlosti pohybu za posledné tri roky merania, kedy mesačné úhrny zrážok boli nadpriemerné (obr. 5.1.22).

Inklinometrické merania taktiež preukázali najväčšie pohyby v spodnej časti zosuvu. Zistený pohyb vo vrtoch K-1 a K-2 je rádovo väčší než pohyb v strednej a vrchnej časti zosuvu (obr. 5.1.21). Najväčšia deformácia bola zistená vo vrte K-1 v hĺbke 8 m pod povrchom. Táto reprezentuje aktívny pohyb hmôt po šmykovej ploche priemernou rýchlosťou 1,5 cm za rok až do doby ustrihnutia pažnice, t. j. do októbra 1996. Významný je aj pohyb vo vrte K-2A (ustrihnutie pažnice v hĺbke 9,5 m od povrchu, zistené pri meraní v októbri 1997). Naproti tomu aktivita zosuvu v hornej časti (vrty K-3, K-4 a K-5) je podstatne nižšia. Nevýrazné a smerovo veľmi premenlivé deformácie zrejme odrážajú neotektonickú aktivitu na styku vulkanitov extruzívnych telies, obklopujúcich zosuv s paleogénnymi sedimentmi, resp. pohyb menších zosuvných blokov v samotnom telese zosuvu.

Merania pulzných elektromagnetických emisií (PEE) vo vrtoch v zásade potvrdili výsledky inklinometrických meraní. Vo vrchnej a strednej časti zosuvu (K-1, K-2 a K-3) sa zistila nízka a stredná aktivita, v spodnej (K-1 a K-2) stredná a vysoká aktivita poľa PEE. Priebeh poľa PEE vo vybraných vrtoch za celé pozorované obdobie je vyjadrený v obr. 5.1.23.



Obr. 5.1.22: Výsledky geodetických meraní za obdobie 1996 až 2000 (absolútne hodnoty posunu bodov za jedno meracie obdobie) a distribúcia priemerných mesačných úhrnov zrážok za obdobie 1991 až 2000 (zrážkomerná stanica Kapušany)

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Vzhľadom na nízku frekvenciu meraní hlavne v rokoch 1996 až 1998 nemožno hovoriť o režimových pozorovaniach, skôr iba o pochôdzkovaní s kontrolou stavu monitorovacích objektov. Z nameraných hodnôt (príl. 1.7) je zrejmé, že existuje určitá súvislosť medzi stavom hladiny podzemnej vody vo vrtoch a rýchlosťou pohybu zosúvania. Najviac zreteľné je zvýšenie hladiny v spodnej, aktívnej časti zosuvu vo vrte K-1. Najvyššia hladina podzemnej vody, zistená v máji 1999 (3,88 m), korešponduje s intenzitou pohybu. Údaj o hladine zo 4.4.2000 (0,8 m) nepovažujeme za prirodzený stav, ale dôsledok zaplavenia šachty v okolí ústia vrtu a jeho naplnenie povrchovou vodou. Výška hladiny zistená v susednom vrte K-1A (4,83) túto skutočnosť potvrdzuje. Tesnejšia korelácia výšky hladín v jednotlivých vrtoch s aktivitou zosuvného pohybu by vyžadovala pravidelnejšie inklinometrické a geodetické merania.

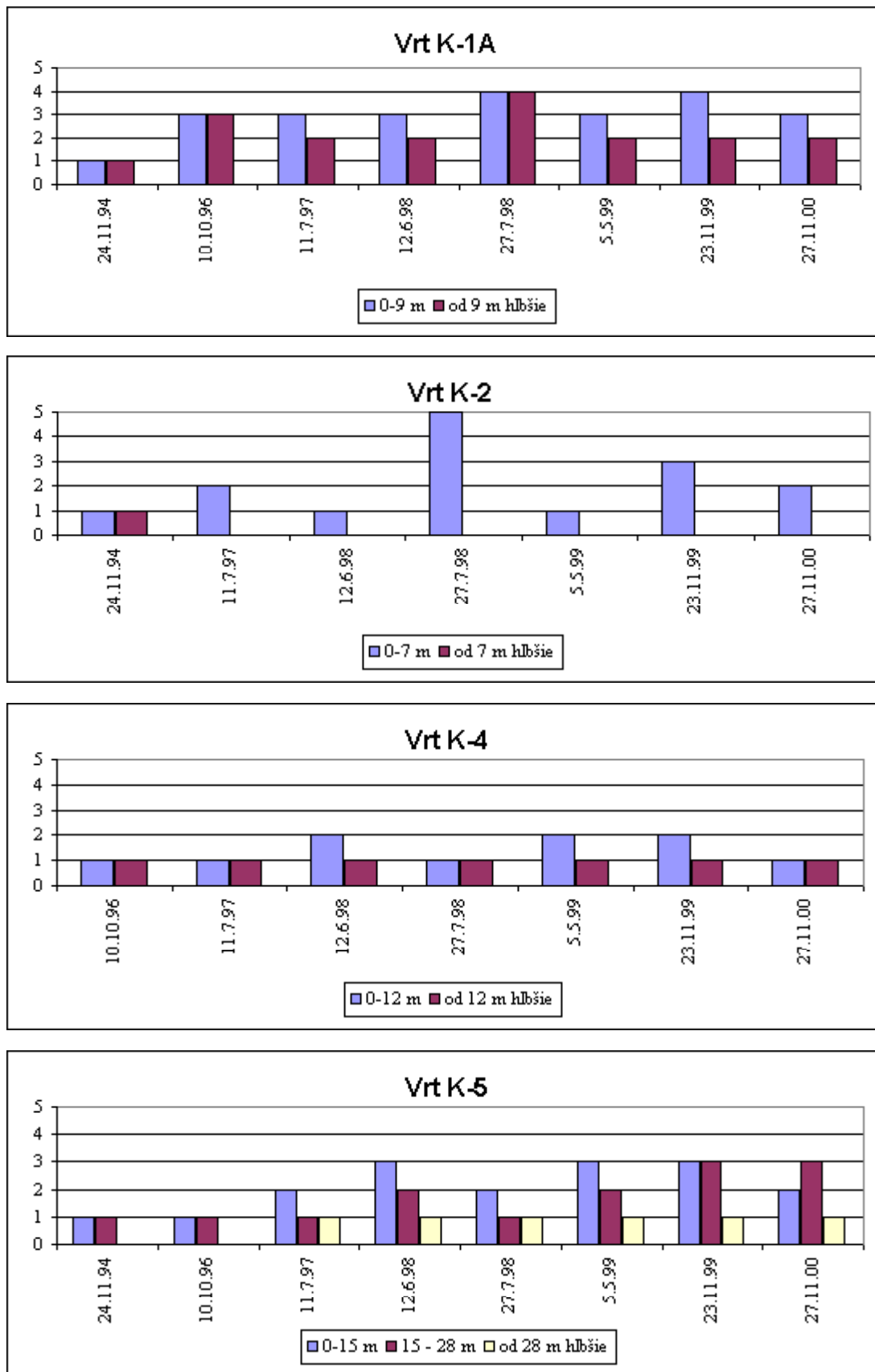
Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Praktické výsledky monitorovania na lokalite Fintice sú veľmi preukazné. Vďaka viacerým meraniam bola potvrdená významná pohybová aktivita spodnej (akumulačnej) časti zosuvu, ktorá súčasne predstavuje prostredie viacerých technogénnych objektov (VTL plynovodu, štátnej cesty II. triedy a dvoch stožiarov VVN). Po dvoch pretrhnutiach plynovodu a opakovaných upozorneniach o zosuvnej aktivite tejto časti územia bolo na objednávku majiteľa plynovodu, SPP Bratislava, š.p., odštepny závod Košice vykonané inžinierskogeologické posúdenie za účelom návrhu preložky plynovodu do stabilnejšieho prostredia. Vzhľadom na vyššie uvedené skutočnosti a praktický význam monitorovacích prác v rámci danej lokality odporúčame v ďalšom období pokračovať v monitorovacích prácach aspoň v doterajšom rozsahu (t.j. každoročne realizovať aspoň jedno inklinometrické, geodetické a PEE premeranie objektov monitorovacej siete). V rámci režimových pozorovaní považujeme za potrebné vykonávať merania hladiny podzemnej vody v hustejších intervaloch (raz mesačne) a pokračovať v spracovávaní mesačných a ročných úhrnov zrážok zo stanice SHMÚ v Kapušanoch. Vzhľadom na nefunkčnosť inklinometrických vrtov v spodnej časti zosuvu (K-1A a K-2A) je úplnosť monitorovacích meraní podmienená ich opravou, alebo vyhlbením nových monitorovacích objektov v tejto najcitlivejšej časti zosuvného územia.

Výsledky získané monitorovacími prácami bude možné využiť v prípade potreby pre upozornenie majiteľa VTL plynovodu na nutnosť sanácie svahu, resp. uskutočnenia iných opatrení, zaručujúcich bezporuchovú prevádzku plynovodu. V prípade realizácie sanačných opatrení umožnia monitorovacie merania posúdiť ich účinnosť.

5.1.2.7. Lokalita Slanec

Zosuvné územie sa nachádza priamo v intraviláne i v širšom okolí obce Slanec. Ide o svahové pohyby rôzneho typu - plazenie (blokové rozpadliny a blokové polia), stabilizované, potenciálne i aktívne zosúvanie a pohyby charakteru rútenia v prostredí okraja vulkanického masívu. Monitorovanie lokality nadviazalo na prieskumné a monitorovacie práce, ktoré sa v zosuvnom území vykonávali v rokoch 1991 až 1992.



Obr. 5.1.23: Lokalita Fintice – semikvantitatívne hodnotenie výsledkov meraní PEE

Vzhľadom na uvedené skutočnosti boli v rámci riešenia úlohy (v období od IX. 1996 do VIII. 1998) na lokalite vykonávané iba režimové pozorovanie hĺbky hladiny podzemnej vody (10 objektov) a výdatnosti odvodňovacích vrtov (4 objekty). Režimové pozorovania sa na lokalite vykonávali s frekvenciou cca 1 krát za 2 týždne.

Monitorovanie lokality vykonávala v uvedenom období v rámci subdodávateľských prác organizácia Geokonzult, a.s., Košice.

Režimné pozorovania za celé obdobie meraní boli štatisticky spracované a porovnané so zrážkovými úhrnmi zo zrážkomernej stanice SHMÚ Slanské Nové Mesto.

Z hľadiska prognózy vývoja zosuvných pohybov je zaujímavá trendová analýza kolísania hladiny podzemnej vody a výdatnosti, vykonaná pre všetky pozorované objekty za obdobie meraní (od IX. 1996 do VIII. 1998). I keď ide o malý súbor objektov, z meraní ktorých boli vykonané štatistické analýzy, možno konštatovať, že naznačujú postupné nasycovanie horninového prostredia podzemnou vodou (stúpajúci trend úrovne hladiny podzemnej vody vo väčšine pozorovaných objektov) a znižovanie funkčnosti odvodňovacích zariadení (klesajúci trend výdatnosti u dvoch pozorovaných objektov).

Napriek tomu, že lokalita Slanec je celospoločensky významná a priebežné výsledky monitorovania nie sú priaznivé, ďalšie pozorovania na lokalite za súčasného stavu nie sú účelné a ekonomicky odôvodnené. Sieť monitorovacích objektov na lokalite je v zlom stave, pokusy o jej obnovenie a doplnenie boli neúspešné a vykonávanie režimových pozorovaní bez širšieho zhodnotenia a odvodnenia súvislostí s aktivitou svahových pohybov je samoúčelné. Vzhľadom na existujúci stav a nákladnosť revitalizácie monitorovacej siete bolo monitorovanie lokality v roku 1998 ukončené.

5.1.2.8. Lokalita Okoličné

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza na SV okraji mesta Liptovský Mikuláš a je súčasťou rozsiahleho zosuvného územia, ktoré sa vytvorilo v horninovom prostredí centrálnokarpatského paleogénu (charakteru jemno až hrubo rytmického flyša), pokrytého deluviálnymi kvartérnymi sedimentami. K základným podmienkam vzniku svahových pohybov v tomto prostredí patrí vlastná geologická stavba územia (prevažne ílovcové súvrstvie, málo priepustné a s nízkymi charakteristikami šmykovej pevnosti) a komplikované hydrogeologické pomery (prítomnosť tlakových horizontov podzemnej vody, vysoký hydraulický spád, filtračná heterogenita horninového prostredia). Základným faktorom zosúvania bola v minulosti erózna činnosť rieky (podrezávanie svahov) a neskôr nesprávne antropogénne zásahy do stavu prirodzenej rovnováhy svahu (realizácia odrezu v akumuláčnej časti zosuvu pri rozširovaní železničnej

trate v roku 1949, prevádzka na železnici). Bezprostredné oživenie aktivity svahových pohybov súvisí zvyčajne so zrážkovými anomáliami. Pozorovaný zosuv (s rozlohou cca 0,16 km², celkovej dĺžky 750 m) sa vyvíjal v niekoľkých etapách a po rozšírení železničnej trate periodicky už po dobu 50 rokov ohrozuje prevádzku na hlavnej trati Žilina-Košice a na jeho stabilizáciu bola v niekoľkých etapách použitá celá séria sanačných opatrení (Wagner et al., 2000).

Prehľad monitorovacích aktivít

Monitorovanie lokality sa nepravidelne vykonávalo v predchádzajúcich desaťročiach a systematicky sa realizuje od roku 1993, pričom sa aplikujú všetky z prístupných monitorovacích metód. Využívajú sa staršie zachované monitorovacie objekty, ku ktorým v jednotlivých etapách sanácie svahu pribudol rad novších. Za unikátne možno považovať geodetické merania premiestnení pozorovacích bodov, ktoré sa uskutočňujú v pravidelných intervaloch od roku 1971 a na jeseň roku 2000 bola vykonaná už 46. etapa merania. Z hľadiska rozsahu používaných monitorovacích metód, ako aj frekvencie meraní patrí zosuv Okoličné k lokalitám prvoradého významu od začiatku riešenia úlohy. Stručný prehľad monitorovacích aktivít na lokalite je uvedený v tab. 5.1.11.

Tab. 5.1.11: Monitorovacie aktivity na lokalite Okoličné, realizované do 31. 12. 2000

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Geodetické merania	Premeriavanie siete 2 pevných a 25 pozorovacích bodov v intervale 2-krát, resp. 1-krát ročne v období od X. 1971. V rámci riešenia úlohy každoročné (jesenné) premeranie premiestnení bodov pozorovacej siete. 46. etapové meranie uskutočnené v októbri 2000.
Merania povrchových reziduálnych napätí	Počas riešenia úlohy uskutočnených 6 etáp merania, ktoré nadväzujú na meranie z X. 1992. Merania na rozdielnom počte bodov v každej etape realizované v IX. 1995, V. 1996, X. 1997, XI. 1998, XI. 1999 a X. 2000.
Inklinometrické merania	Uskutočňované na vrtoch M-2, M-3 a M-4 od X. 1993 a vo vrte JO-1 od XI. 1998 každoročne.
Merania PEE	Povrchové merania uskutočnené v XII. 1991, V. 1992 a V. 1993. Vrtná modifikácia realizovaná v XI. 1994, VIII. 1995, V. a X. 1996. Vzhľadom na silné technogénne vplyvy je prostredie málo vhodné pre tento druh meraní.
Merania hladiny podzemnej vody	Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na vybraných objektoch a výdatnosti odvodňovacích zariadení sa od roku 1996 vykonávajú cca 1-krát týždenne a od leta 1996 sú vo vrtoch J-2 a JH-29 umiestnené automatické hladinomery.

Zhodnotenie výsledkov geodetických, geotechnických a geofyzikálnych meraní

Geodetické merania za obdobie riešenia úlohy preukázali značnú fluktuáciu deformácií v rozličných častiach zosuvného územia. Zistené premiestnenia po analýze naznačujú, že pohyb bodov je značne ovplyvnený sezónnymi klimatickými zmenami, avšak v striedaní ohnísk najvýraznejšej aktivity (čelná časť zosuvu nad traťou, odlučná časť a podobne) nebolo badať výraznejšie zákonitosti.

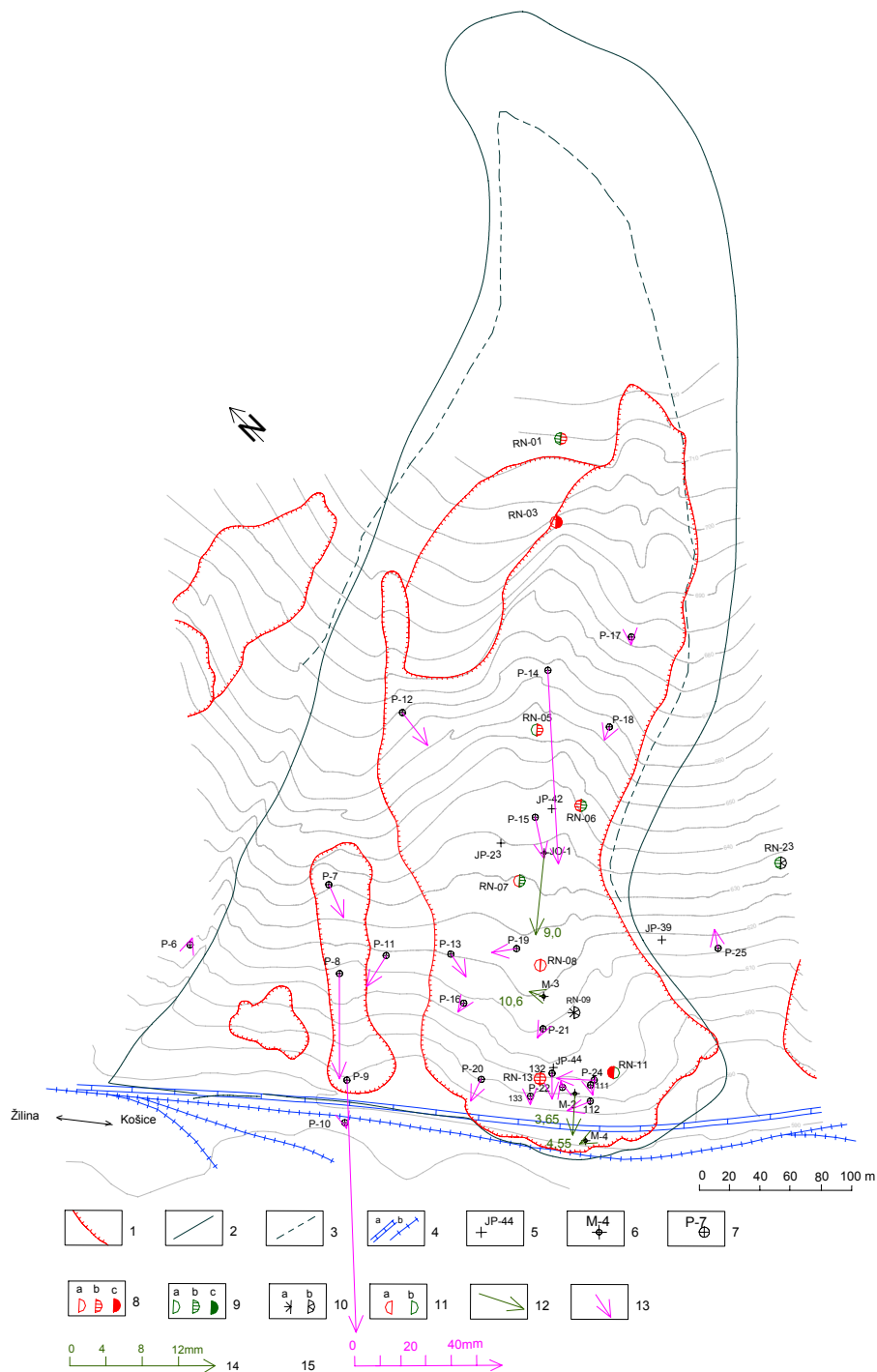
Významná zmena bola zaznamenaná pri meraní v roku 2000 v menšom (západnom) zosuvnom prúde. V období medzi jesenným meraním v roku 1999 a meraním v novembri 2000 bolo u bodu P-9 zaznamenané premiestnenie 98.4 mm, u bodu P-8 premiestnenie 41 mm. Výrazný pohyb bol preukázaný i u bodu P-14 (76,5 mm), čo však môže byť ovplyvnené aj vyklčovaním lesa v okolí bodu. Výsledky tohto merania preukázali, že pohybová aktivita dielčieho zosuvu bola v tomto období veľmi významná (obr. 5.1.24) a vzhľadom na priamy kontakt čela menšieho zosuvu so železničnou traťou sme považovali vzniknutý stav za kritický, o čom boli okamžite informované príslušné orgány.

Merania povrchovej reziduálnej napätosti, vykonávané každoročne potvrdili creepové dotvarovanie a fluktuáciu zón zvýšených napätí vo svahu. Najčastejšie sa zvýšené hodnoty tlakových napätí prejavovali v centrálnej časti odlučnej oblasti zosuvu (RN-3) a v čelnej časti zosuvnej akumulácie (RN-11, RN-13). Niekoľkokrát sa opakovali prejavy ťahových napätí v centrálnej časti zosuvného tela (napr. skúška RN-9), čo naznačovalo nepriaznivú tendenciu odčlenenia časti zosuvu nad traťou od strednej a hornej časti zosuvu. Skúšky uskutočnené na jeseň roku 2000 nepreukázali výraznejšie zmeny v hodnotách povrchových reziduálnych napätí.

Inklinometrické merania boli taktiež vykonávané jedenkrát ročne. Výsledky inklinometrických meraní zaznamenali najväčšiu pohybovú aktivitu vo vrte M-3 a to v značnej hĺbke (cca 13 m). Aktivizáciu pohybu v analogickej hĺbke zaznamenali merania, uskutočnené i vo vrte JO-1 (vrt bol realizovaný až v roku 1997). Počas pozorovaného obdobia boli veľmi premenlivé hodnoty deformácií, zaznamenané vo vrte M-2. Treba upozorniť na skutočnosť, že počet inklinometrických vrtov v reprezentatívnom profile je nízky a zistené deformácie možno extrapolovať iba v obmedzenej miere.

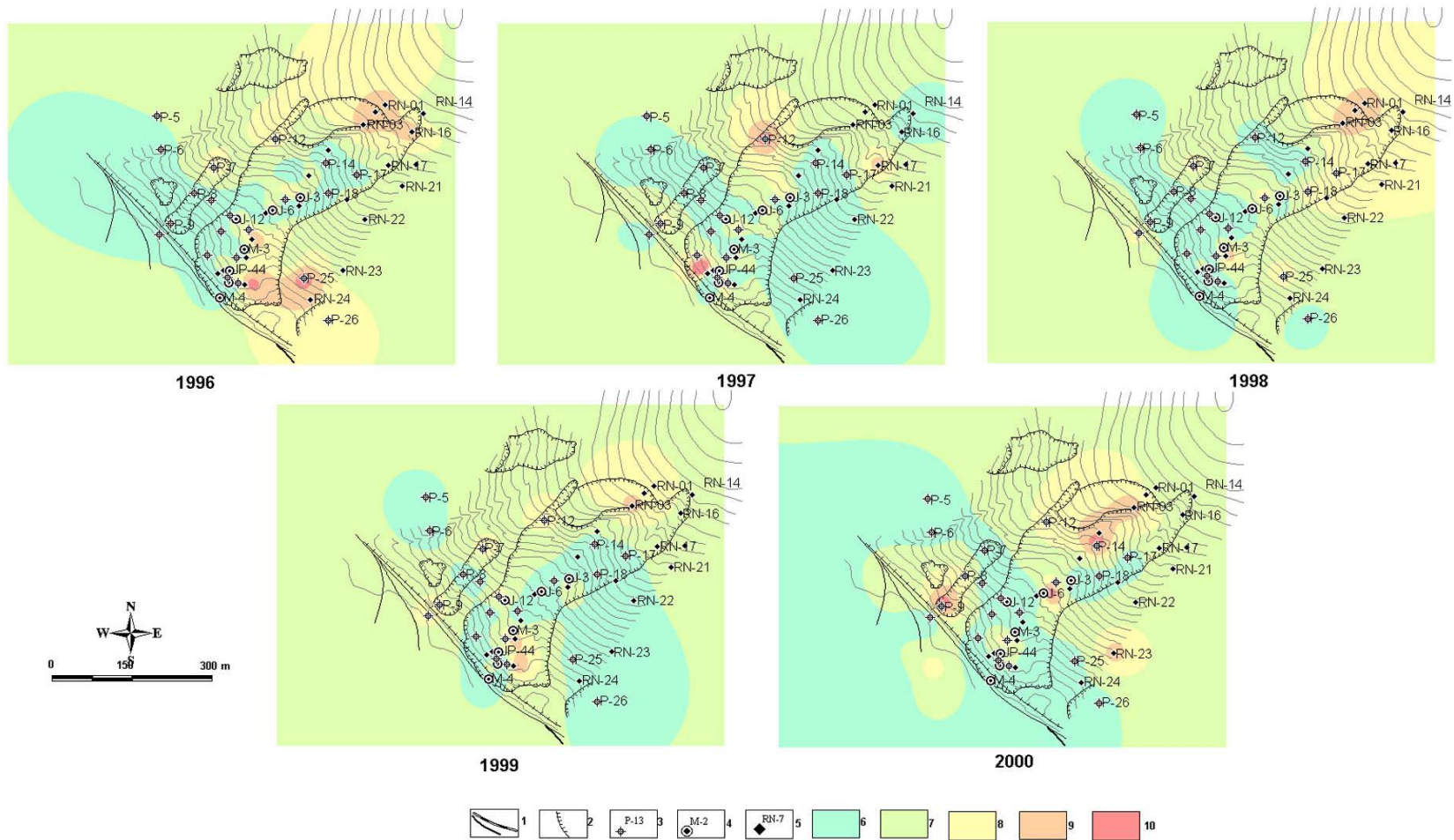
Merania PEE, ako sme už uviedli v tab. 5.1.11, sa v prostredí lokality Okoličné ukázali ako málo vhodné vzhľadom na veľmi silné technogénne vplyvy (priamy kontakt s husto frekventovanou železničnou traťou, niekoľko línii elektrického vedenia v priestore odlučnej oblasti zosuvu). Od roku 1997 boli zo súboru monitorovacích meraní na lokalite vyradené.

Podobne ako na lokalite Veľká Čausa boli výsledky meraní komplexne zhodnotené pomocou bodovania hodnôt nameraných veličín (podľa kritérií, uvedených v tab. 5.1.4 – príl. 1.8) a po interpolačnom spracovaní vyjadrené graficky. Na obr. 5.1.25 je uvedených 5 vývojových etáp stabilného stavu svahu v rokoch 1995 až 2000. Komplexné spracovanie potvrdzuje skutočnosť, že trvalo najaktívnejšími časťami zosuvného územia sú SV okraj odlučnej oblasti hlavného zosuvu (body merania povrchovej reziduálnej napätosti RN-1 až 3) a centrálna časť akumulačnej oblasti v okolí vrtu M-3. Periodicky býva pohybová aktivita zachytená v okolí geodetického bodu P-12 (na S okraji zosuvného telesa). Výrazná pohybová aktivita menšieho zosuvu bola zaznamenaná v roku 2000 v premiestnení geodetických bodov P-9 a P-8.



Obr.5.1.24: Výsledky monitorovacích pozorovaní na lokalite Okoličné v rokoch 1999 až 2000.

1 - morfológické ohraničenie zosuvov, 2 - hydrogeologická rozvodnica, 3 - geomorfologická rozvodnica, 4 - železničná trať: a/ hlavný ťah Žilina - Košice, b/ priemyselná vlečka, 5 - vrty pre špeciálne merania, 6 - inklinometrické vrty, 7 - geodetické pozorovacie body, 8 - povrchové reziduálne napätia (porovnanie s predchádzajúcim meraním): nárast - a. mierny, b. stredný, c. výrazný, 9 - pokles: a. mierny, b. stredný, c. výrazný, 10 - zmena charakteru napätia: a. z ťahu na tlak, b. z tlaku na ťah, 11 - spôsob znázornenia vývoja napätí - porovnanie stavu z XI.99 so stavom z XI.98 (a) a stavu z X.00 so stavom z XI.99 (b), 12 - vektor najväčšej deformácie, zaznamenananej inklinometrickými meraniami za obdobie XI.99 až X.00 (číslo označuje hĺbku deformácie od povrchu terénu v m), 13 - vektory premiestnení geodetických bodov za obdobie X.99 až XI.00, 14 - miera vektorov deformácie, zistených inklinometriou, 15 - miera premiestnenia geodetických bodov



Obr.5.1.25: Vývoj pohybovej aktivity zosuvu Okoličné na základe výsledkov komplexného hodnotenia monitorovacích meraní v rokoch 1996 až 2000. 1 - železničná trať, 2 - morfológické ohraničenie zosuvu, 3 - geodetické body, 4 - prieskumné vrt, 5 - miesta merania povrchových reziduálnych napätí, 6 - neaktívny stav, 7 - náznaky aktivity, 8 - mierne prejavy aktivity, 9 - aktívne časti územia, 10 - veľmi aktívne časti územia

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

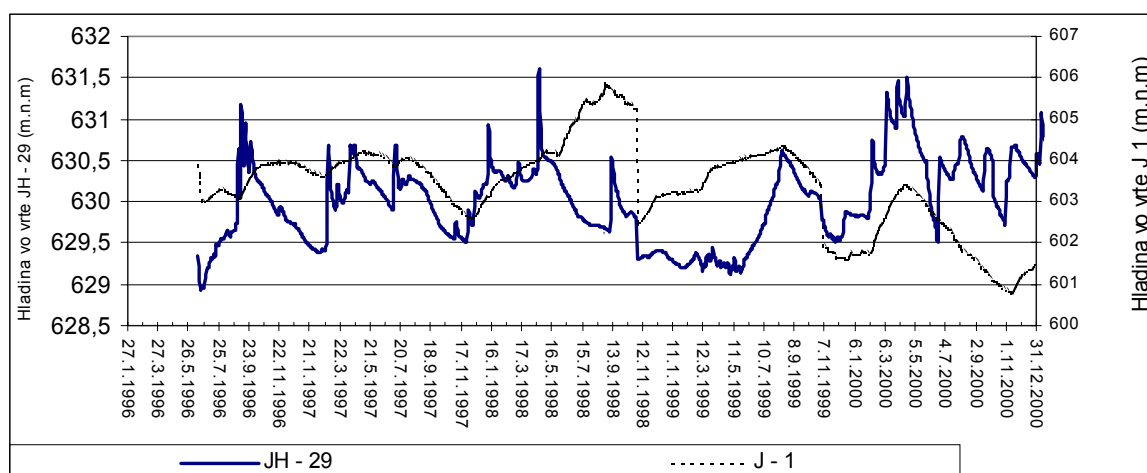
V rámci monitorovania sú na zosuve sledované stavy hladiny podzemnej vody vo vybraných piezometroch, výdatnosti všetkých dostupných drenážnych prvkov v čase a na dvoch vrtoch sú osadené kontinuálne snímače hladiny podzemnej vody. Hladina podzemnej vody a výdatnosť drenážnych prvkov sú sledované od roku 1996 približne 4 - krát počas mesiaca.

Dlhodobý zrážkový priemer na stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš (1950 až 1980) je 688 mm za rok. Počas obdobia monitorovania sa pohybovali ročné zrážkové úhrny v intervale 90 až 110% normálu, čiže bez výrazných extrémov.

Drenážne prvky tohto zosuvu boli dobudované v roku 1975 a súčasný monitoring dokumentuje stav po 20 - ročnej existencii týchto drenáží. V máji 1997 boli vybrané horizontálne vrty prečistené. Drenážne prvky (V-1, V-3 a V5), ktoré boli situované do čela zosuvu, sčasti prekrývajúceho aluviálne sedimenty, majú relatívne nízke priemerné výdatnosti a extrémny sú menej výrazné. Z dôvodu, že prekrytie aluviálnych sedimentov je menšieho rozsahu, je spoločná výdatnosť týchto prvkov vyššia ako na zosuve Velká Čausa, kde čelo zosuvu prekrylo väčšiu plochu aluviálnych sedimentov. Odvodňovacie prvky reagujú na zrážkové pomery s väčším časovým oneskorením a menej výrazne. Ďalšie drenážne prvky, ktoré odvodňujú nenasýtenú zónu a vrchnú časť nasýtenej zóny majú relatívne nízku výdatnosť, ale v období, keď sú akumulované zásoby podzemných vôd väčšie, ich výdatnosť stúpa (vrty V-103 a V-104). Najväčšiu výdatnosť dosahujú drenážne prvky (V-101 a 102, vertikálny vrt JH-14) odvodňujúce zvodnenec v nasýtenej zóne, ktorého hladina dosahuje relatívne najväčšiu piezometrickú výšku. Po prečistení vrtov V-101 a V-102, výdatnosť vrtu V-101 klesla k nule ale jeho drenážnu funkciu plne prebral vrt V-102. Dlhodobá priemerná spoločná výdatnosť vrtov V-101 a V-102 je 17.74 l.s^{-1} (extrémy $54 - 3,9 \text{ l.s}^{-1}$). Dlhodobá priemerná výdatnosť prelivu z vertikálneho vrtu JH-14 je 14.7 l.s^{-1} (extrémy $60 - 2,5 \text{ l.s}^{-1}$). Drenážny prvok JH-14 odvodňuje zvodnenec, ktorý sa nachádza 15 m pod úrovňou terénu a piezometrická výška hladiny podzemnej vody dosiahla maximálny overený tlak 0,18 MPa. Podľa veľkosti dlhodobej výdatnosti drénuje tento prvok väčšiu časť podzemného odtoku z územia nad týmto prvkom. Drenážny prvok V-101, V-102 sústreďuje podzemnú vodu z hlbšieho i plytkejšieho obehu a pravdepodobne pomerne veľkú časť tvorí voda, ktorá sekundárne infiltrovala z výtoku z drénu JH-14. Na základe veľkosti priemernej výdatnosti zo všetkých drenážnych prvkov možno pri zohľadnení veľkosti ročných zrážkových úhrnov konštatovať, že prečistenie vrtov v máji 1997 malo výrazný vplyv na zvýšenie drenážneho účinku.

Na obr. 5.1.26 je uvedený stav hladiny podzemnej vody vo vrte JH-29 a vo vrte J-1, ktoré sú sledované kontinuálne s automatickým záznamom. Prudké zníženie stavu hladiny v novembri 1998 je spôsobené technickou manipuláciou v tomto období, ale aj skutočným poklesom hladiny z dôvodu nízkych zrážok v tomto čase. Z priebehu stavu hladiny podzemnej vody možno konštatovať, že v okolí vrtu JH-29 dlhodobo hladina podzemnej vody mierne stúpa, čo možno pozorovať i vo vrte J-3A. Mierne klesajúci trend má stav hladiny podzemnej vody vo vrte J-1 i napriek relatívne väčším zrážkovým úhrnom v posledných dvoch rokoch. Klesajúci trend má stav hladiny podzemnej vody v blízkosti horizontálnych vrtov V-101 a V-102, ktoré po prečistení v máji 1997 spôsobili znižovanie zásob podzemnej vody vo svojom okolí (merania z vrtov O-1, J-6B). Zaujímavé sú pozorovania v akumuláčnej časti zosuvu, kde hladina podzemnej vody v časti vrtov vykazuje stúpajúci trend a u niektorých vrtov je trend opačný, ale spoločné majú veľký rozsah kolísania hladiny (napr. 16 m vo vrte M-2). Veľké sezónne zmeny hladiny podzemnej vody pôsobia nepriaznivo na fyzikálno - mechanické vlastnosti horninového prostredia.

Na základe pozorovania stavu hladiny podzemnej vody a spoločnej výdatnosti drenážnych prvkov možno konštatovať, že drenážne prvky majú pomerne vysokú výdatnosť a pozitívne vplyvajú na stabilitu zosuvu. Nepriaznivo pôsobí na stabilitu zosuvu nefunkčnosť povrchových a podpovrchových drénov a zvodov, čo spôsobuje, že 50 až 70% zdrénovanej vody sekundárne infiltruje späť do telesa zosuvu. V prípade väčších zrážkových úhrnov a zároveň pri vyššom stave zásob vody v telese zosuvu môže spôsobiť sekundárna bodová infiltrácia výrazne zhoršenie fyzikálno-mechanických vlastností horninového prostredia. Oprava zvodov od horizontálnych vrtov V-101 a 102 a vybudovanie nového zvodu od vrtu JH-14 (ktorý by bol napojený na zvod z vrtov V-101 a 102) by znížili sekundárnu infiltráciu na menej ako 10 % spoločnej výdatnosti drenážnych prvkov.



Obr. 5.1.26: Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrtoch JH - 29 a J - 1

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Monitorovanie zosuvu v Okoličnom potvrdilo predstavy o potenciálne nestabilnom stave svahu, prejavujúcim sa creepovým dotváraním jednotlivých častí zosuvných hmôt, prerozdeľovaním napätí a nevýraznými (resp. neočakávané výraznými – rok 2000) prejavmi deformácií povrchu. Súborom meraní a ich komplexným prehodnotením boli potvrdené kritické miesta zosuvu, v ktorých sa prejavujú najvýraznejšie zmeny napätostno-deformačnej aktivity (odlučná hrana a centrálna časť v širšom okolí vrtu M-3, ako aj menší zosuv na západnom okraji územia). Dlhodobejšie hydrogeologické pozorovania umožnili odvodiť určité zákonitosti vo vývoji režimu podzemných vôd v zosuvnom prostredí. Potvrdilo sa, že z hydrogeologického hľadiska je kritickou zónou oblasť s napätým horizontom podzemných vôd (vrty JH-14 a 17). Na základe súborného zhodnotenia režimových pozorovaní sa s odstupom času veľmi pozitívnym javí prečistenie odvodňovacích vrtov v roku 1997, vďaka ktorému sa výrazne zvýšila schopnosť horizontálnych vrtov pomerne pohotovo odvodniť svah. Súčasne však opakovane treba zdôrazniť pretrvávajúce nebezpečenstvo obnovenia svahového pohybu v dôsledku pokračujúcej sekundárnej infiltrácie vody do zosuvných hmôt. Pomerne jednoduchým a nenákladným spôsobom možno zabezpečiť odvedenie prevažnej časti vytekajúcej vody mimo územie zosuvu a podstatne tak zvýšiť bezpečnosť svahu. O týchto skutočnostiach boli opakovane informované Železnice SR (listy z 30.7.1998, 14.7.1999, 27.10.2000), ako aj OÚ v Liptovskom Mikuláši (záznam z porady, uskutočnenej na OÚ Liptovský Mikuláš dňa 24. mája 2000). Domnievame sa, že vzhľadom na prvoradú dôležitosť ohrozenej hlavnej železničnej trate je nevyhnutné navrhnuté doplňujúce sanačné opatrenie bezodkladne realizovať.

Celospoločenský význam lokality, ako aj bohatá databáza doterajších údajov a získané skúsenosti z monitorovania podmieňujú potrebu pokračovať v komplexnom pozorovaní tejto lokality v rozsahu a frekvencii, adekvátnej predchádzajúcim rokom.

5.1.2.9. Lokalita Liptovská Mara

Stručná charakteristika lokality

Veľkomarský zosuv sa nachádza na pravostrannom zaviazaní zemnej hrádze VD Liptovská Mara (na jej návodnej strane). Zosuv vznikol v území budovanom paleogénnymi horninami Liptovskej kotliny (ílvcovo-pieskovcové súvrstvie) miestami značne porušenými zlomovou tektonikou. Zosuvné územie pozostáva z viacerých dielčích zosuvov prúdových a

plošných rôzneho veku, tvoriacich takmer jeden súvislý, svahovými pohybmi postihnutý celok s charakteristickými deformáciami blokového typu vo vyšších častiach svahu.

Zosuvné územie dosahuje dĺžku 900 m a šírku 550 m. Maximálna hrúbka zosuvutých hmôt v akumuláčnej oblasti presahuje 30 m. Akumulovaný materiál je presunutý cez údolné náplavy Váhu až do vzdialenosti 60 m od pôvodného svahu. Predpokladaná kubatúra zosuvutých materiálov dosahuje až 4,5 mil.m³.

Keď v rokoch 1974-75 došlo k partikulárnym poruchám, na území Veľkomarského zosuvu boli realizované sanačné práce na zabezpečenie jeho stability (protiabrázne prísypy, horizontálne odvodňovacie vrty, povrchové odvodňovacie rigoly a štrkové steny) a začali sa pravidelné monitorovacie pozorovania, zabezpečované obsluhou vodného diela.

Prehľad monitorovacích aktivít

Veľkomarský zosuv je zátopovou čiarou rozdelený na dve časti. Akumulačná (stabilizovaná prísypom) a čiastočne aj transportačná je pod hladinou vodnej nádrže. Nad hladinou sa nachádza transportačná a odlučná oblasť zosuvu, na ktorej boli na rozlohe cca 20 ha rozmiestnené pozorovacie objekty na meranie hladín podzemných vôd (30 piezometrov). Piezometre (vybudované v rokoch 1974 až 75) tvoria sieť so vzájomnou vzdialenosťou objektov 70 až 100 m (obr.5.1.27). Pre pozorovanie pohybov celého zosuvu bola na tejto ploche vybudovaná aj sieť geodetických bodov, pozostávajúca zo 6-tich pevných bodov a 17-tich pozorovaných. Ďalším prvkom, ktorý je na zosuve monitorovaný, sú odvodňovacie horizontálne vrty.

Po 27 rokoch sú už mnohé z monitorovaných objektov zničené, resp. nefunkčné. V príl. 1.9 je uvedený prehľad v súčasnosti funkčných monitorovacích objektov na zosuve a zároveň ich základné charakteristiky.

Hladiny podzemných vôd a aj výdatnosti horizontálnych odvodňovacích vrtov na zosuve sa monitorujú 1-krát za 14 dní pracovníkmi TBD vodného diela. V roku 2000 sa experimentálne v určitom období roka meralo 1-krát za 3 až 5 dní.

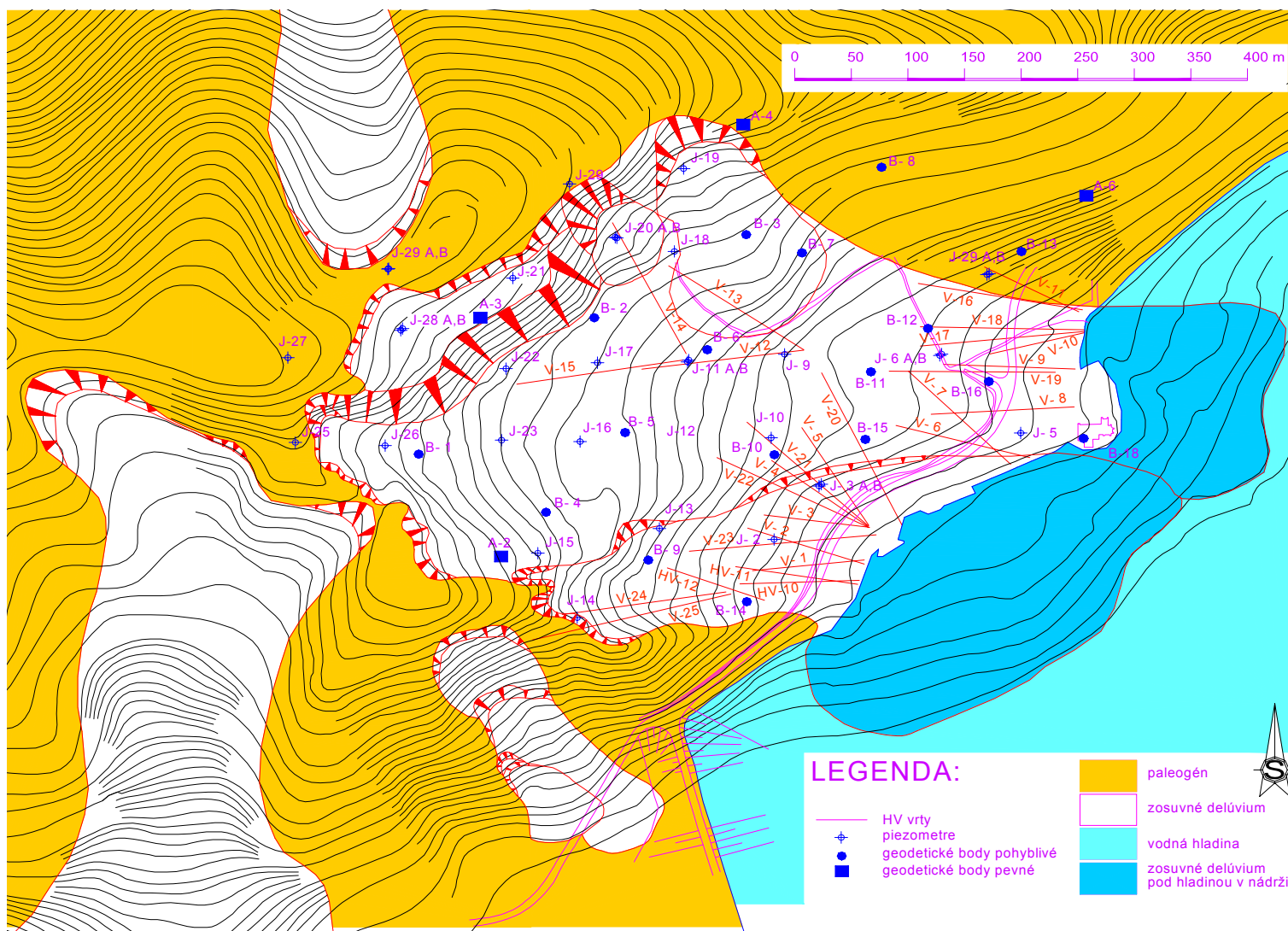
Na geodetickej sieti sa polohové a výškové zmeny pevných a pozorovaných bodov realizujú 1-krát za rok. V súčasnosti sú pozorované 4 zo 6 pevných bodov a 13 zo 17 pozorovacích bodov.

Monitorovanie v rámci riešenia úlohy nadväzuje na priebežné pozorovania, dlhodobo na lokalite vykonávané, spracováva namerané hodnoty a usmerňuje ďalší postup monitorovacích prác.

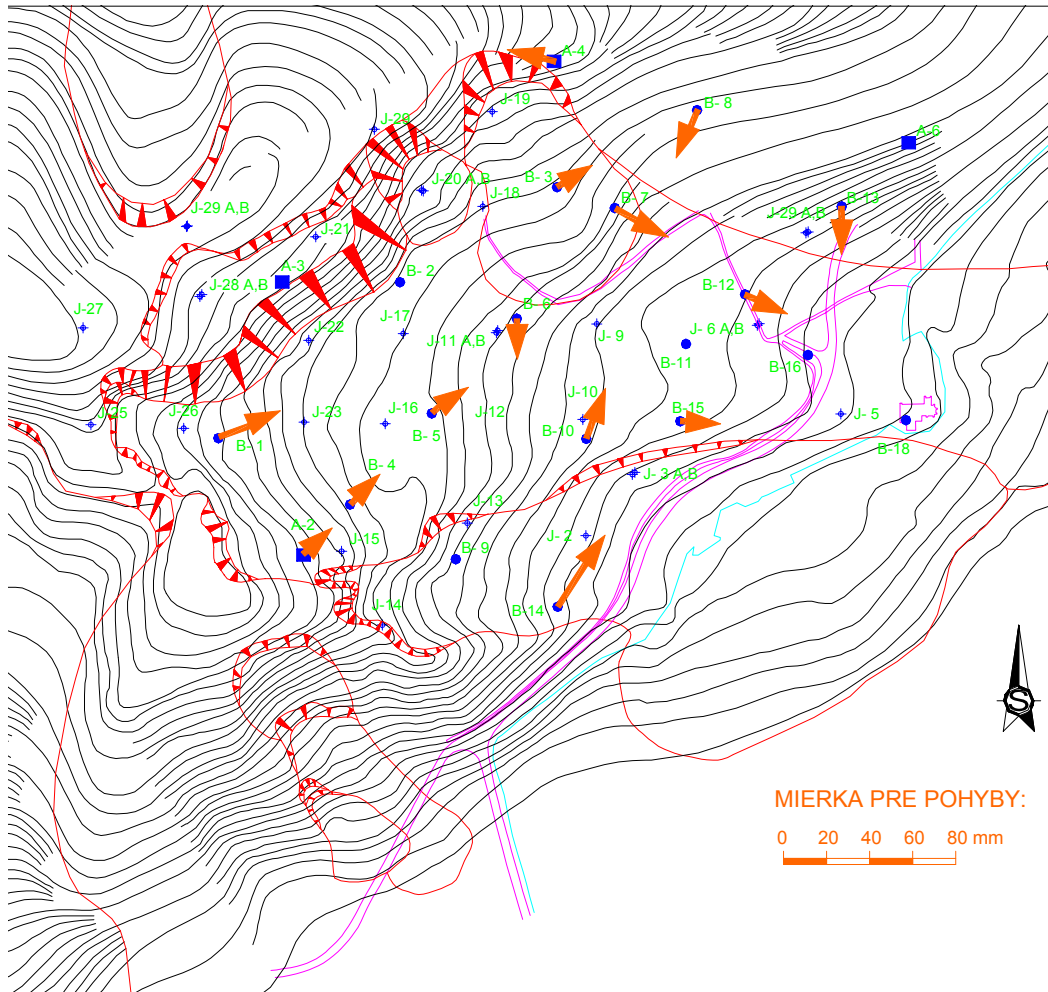
Zhodnotenie výsledkov geodetických a geofyzikálnych meraní

Geodetické merania. Pri hodnotení výškových zmien možno konštatovať, že pevné body A-2, A-4 vykázali za obdobie (VII.1995 až VII.2000) sadanie 5 až 8 mm. Ostatné merané pevné (vzťažné) výškové body zaznamenali zdvih od 0,2 mm do 4 mm. Ako celok vykazuje sieť pevných bodov od základného merania výškové zmeny od -3,7 mm do +2,2 mm. Pozorované body zaznamenali od základného merania výškové zmeny od -15,8 mm do +3,6 mm. Polohové zmeny bodov sú značne ovplyvnené nestabilitou pevných bodov. Pevné body vykázali od základného merania pohyb v smere sklonu svahu od 23,0 do 57 mm. Celkové polohové zmeny pevných a pozorovaných bodov za obdobie VII.1994 až VII.1999 sú znázornené na obr. 5.1.28. Je zrejmé, že pevné body vykazujú pohyby, čo výrazne ovplyvňuje presnosť merania pohybov pozorovaných bodov.

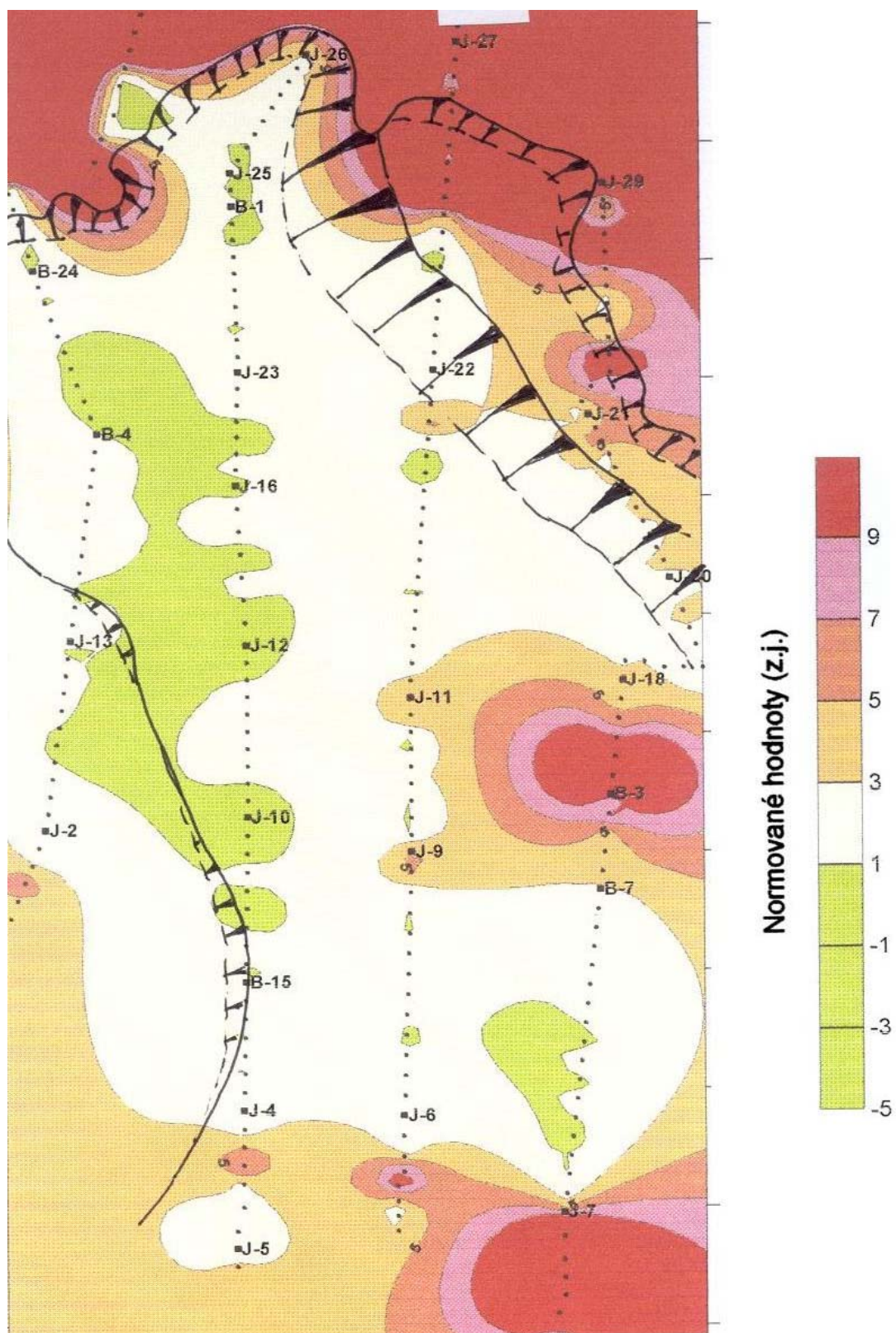
Merania PEE. Merania povrchového variantu metódy pulzných elektromagnetických emisií (PEE), zamerané na posúdenie napätostno-deformačného stavu, boli realizované v máji 1998 a 1999. Premerané boli štyri približne rovnobežné profily (obr. 5.1.29). Na základe spracovaných informácií boli zistené určité zákonitosti rozloženia pulzného elektromagnetického poľa a energií pulzov na zosuve - najväčšia koncentrácia napätí, ako sa dalo očakávať, bola zistená v odtrhovej oblasti a tesne pri odlučnej hrane zosuvu, avšak zosuv sa ako celok nachádzal v relaxovanom stave. Jednotlivé zdroje anomálií PEE preukazovali lokálny proces koncentrácie napätí a ich prítomnosť nezvyšovala stupeň nestability zosuvného masívu.



Obr.5.1.27: Lokalita Liptovská Mara – rozmiestnenie monitorovacích prvkov na zosuve



Obr. 5.1.28: Polohové zmeny pevných a pozorovaných bodov na lokalite Liptovská Mara za obdobie 08. 1994 až 07. 1999



Obr. 5.1.29: Koncentrácia napätí na zosuve zistená povrchoým variantom metódy PEE (podľa výsledkov meraní M.V. Osykina, pracovníka Ukr GIMR, Simferopol')

Zhodnotenie výsledkov režimových pozorovaní

Merania zmien úrovně hladiny podzemných vôd. Z priebehu hladín podzemných vôd môžeme konštatovať, že ich kolísanie je odrazom klimatických pomerov na zosuve a v jeho širšom okolí (vplyv zrážok, topenia snehu, vegetačného obdobia a teploty ovzdušia).

Výpočtom bola zistená tzv. medzná (kritická) hladina podzemnej vody v niektorých piezometroch, ktorá nesmie byť dlhodobo prekročená, aby bola zabezpečená stabilita svahu (príl. 1.9).

Na obr. 5.1.30 sú znázornené priebehy hladín podzemných vôd vo vybraných piezometroch vo vzťahu k medznej hladine.

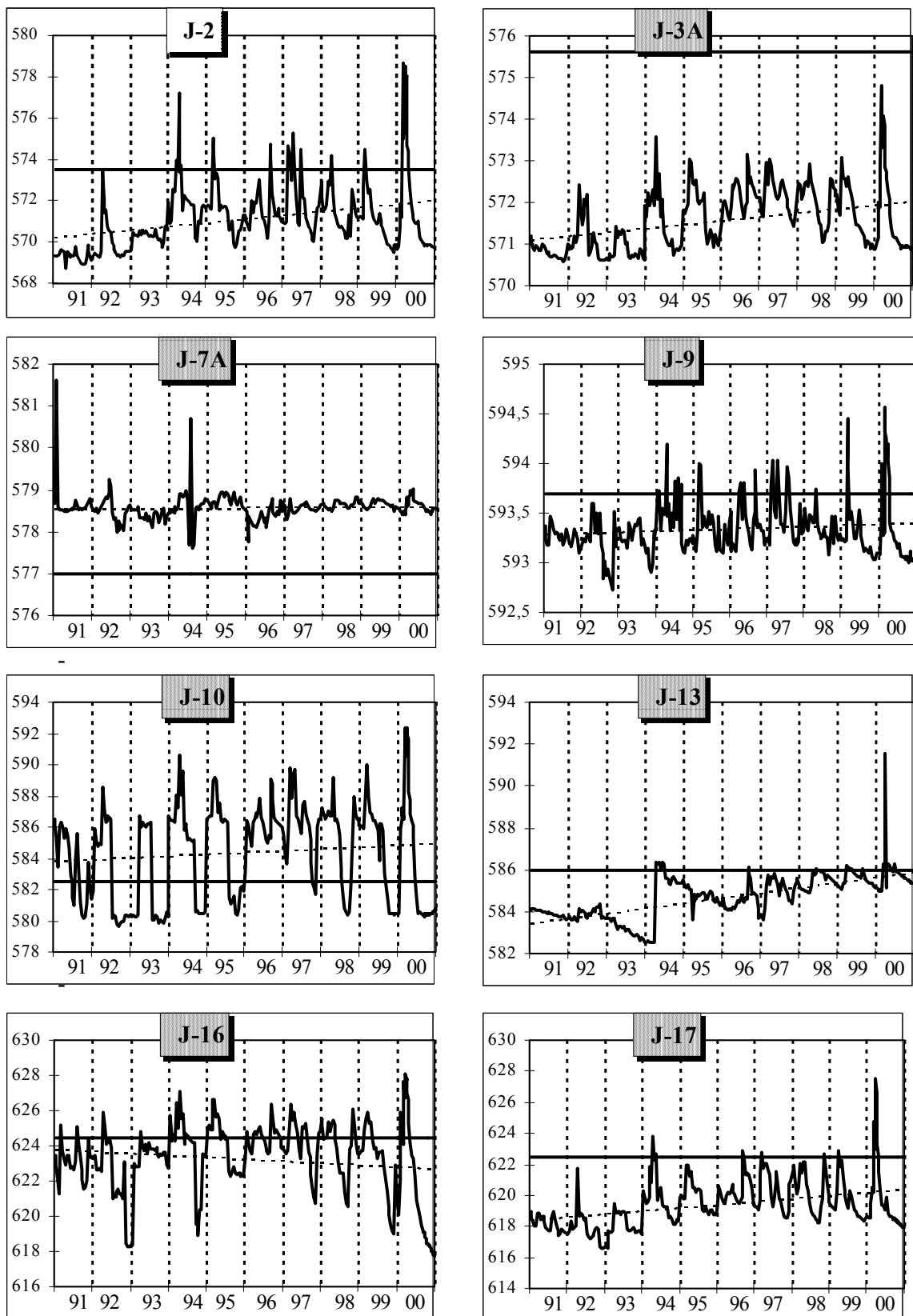
Možno konštatovať, že v období 1991 až 2000 sa hladinu podzemnej vody pod tzv. medznou hladinou nedarí udržať v piezometroch J-7A a J-10. K nim môžeme priradiť aj piezometer J-11A, z ktorého voda vyteká takmer počas celého roka. Hladinu podzemnej vody v blízkosti terénu (do 3 m p.t.) bolo možné pozorovať počas celého obdobia aj v piezometroch J-6B, J-9 a J-11B. Tieto tri piezometre sa nachádzajú v jednej línii zosuvného územia.

Za obdobie 1991 až 2000 boli zistené maximálne hladiny vo väčšine piezometrov v marci až apríli 2000 a priblížili sa k maximálnym stavom za obdobie 1974 až 2000. Dokonca v piezometroch J-17, J-19 a J-29A boli za toto 26-ročné obdobie dosiahnuté maximá.

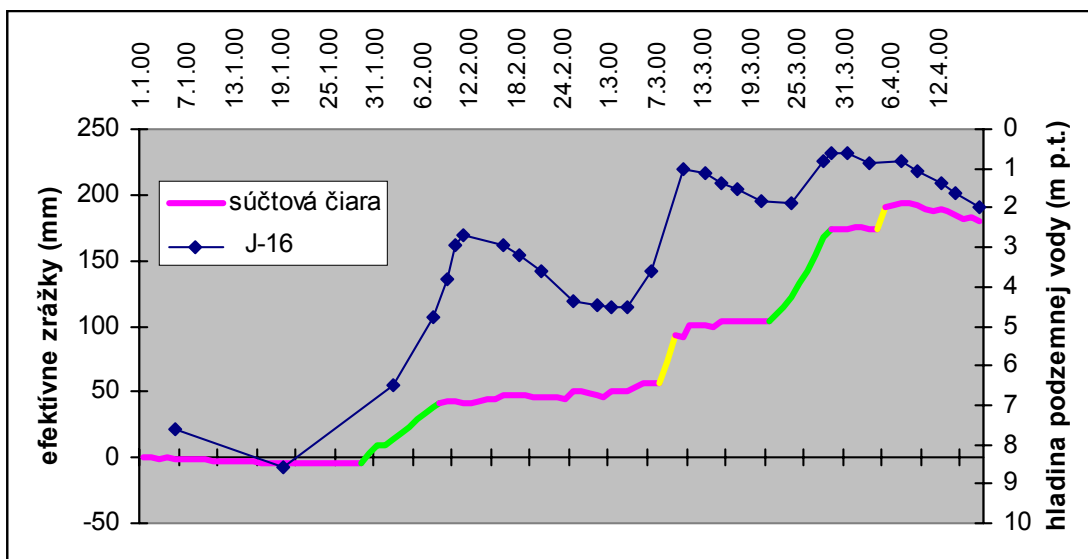
V tomto exponovanom období, po dohode s pracovníkmi TBD, v intervaloch 7.2. až 28.4.2000 a 14.9.2000 až 2.2.2001 boli merania hladín podzemných vôd realizované v 3 až 5-dňových intervaloch. Na základe takto získaných údajov bol zhodnotený vzťah medzi efektívnymi zrážkami (súčtová čiara) a kolísaním hladiny podzemnej vody v jednotlivých piezometroch. Na obr. 5.1.31 je uvedený príklad pre takúto analýzu.

Zelené úseky súčtovej čiary vyjadrujú vplyv topenia snehovej pokrývky a žlté vplyv dažďových zrážok. Ukázalo sa však, že režim prúdenia podzemnej vody na Veľkomarskom zosuve je zložitý a priebeh súčtovej čiary efektívnych zrážok nie vždy zodpovedá kolísaniu hladiny podzemnej vody v jednotlivých piezometroch. Pri pokračujúcich hustejších intervaloch meraní by však bolo možné zostrojiť korelačný diagram pre závislosť vzostupu hladín podzemných vôd od efektívnych zrážok.

Pre podobné analýzy je však nesporná dôležitosť zabezpečenia čo najhustejšieho intervalu meraní, aby bolo možné presnejšie charakterizovať predovšetkým extrémne stavy.

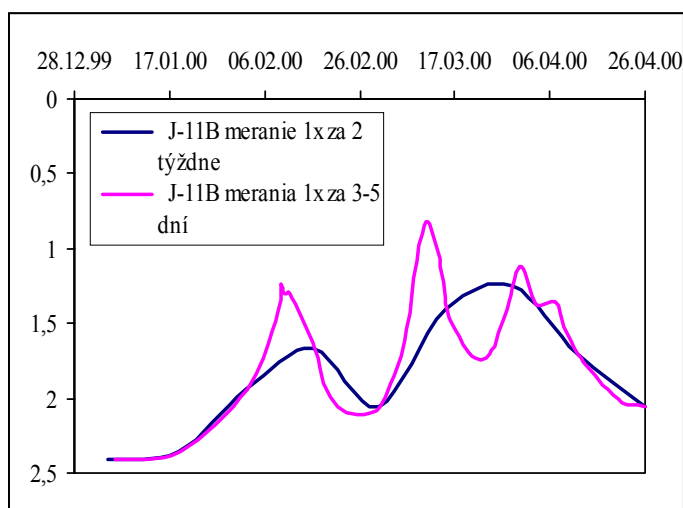


Obr. 5.1.30: Trendy (čiarkovaná čiara) kolísania hladín podzemných vôd v m n.m. (1991 až 2000) a ich vzťah k medznej (limitnej) hodnote (hrubá čiara)



Obr.5.1.31: Závislosť kolísania hladiny podzemnej vody v piezometri J-16 od priebehu súčtovej čiary efektívnych zrážok (1.1. - 17.4. 2000)

Rozdiel v zistených hodnotách hladín podzemných vôd v závislosti od hustoty meraní je na obr. 5.1.32. Na základe údajov o efektívnych zrážkach a hladinách podzemných vôd je možné potom zostaviť korelačný diagram pre závislosť vzostupu hladín podzemných vôd od efektívnych zrážok.



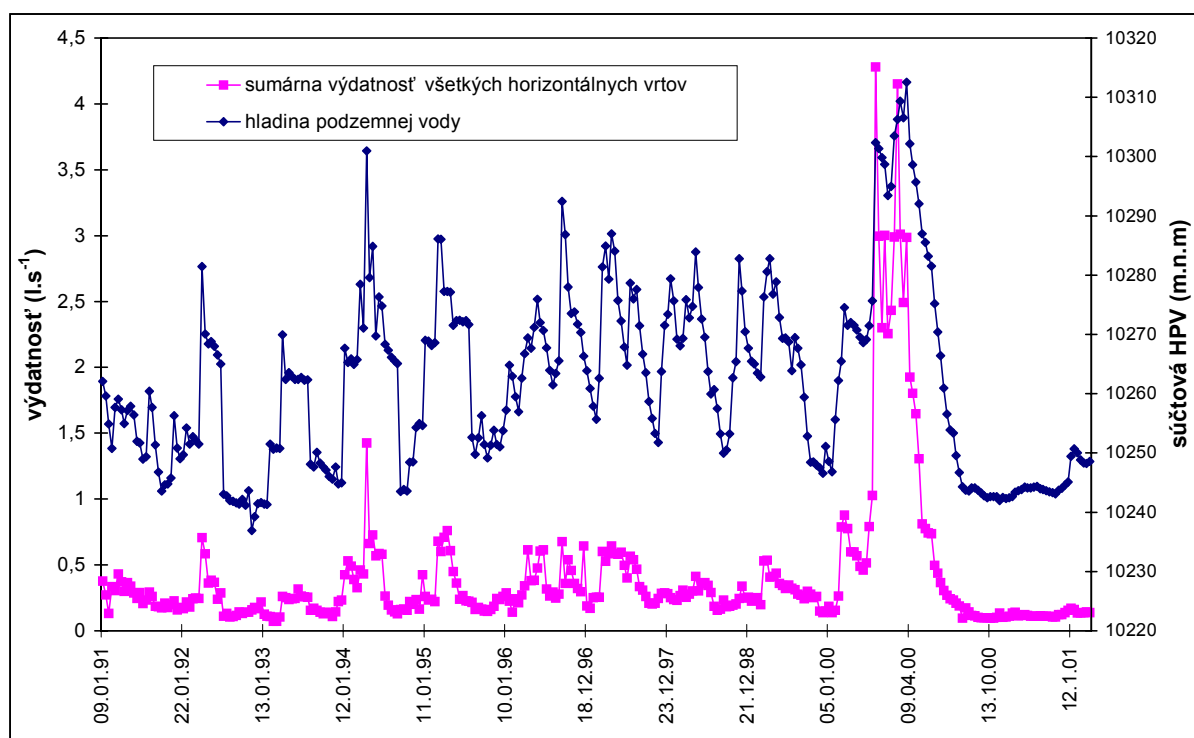
Obr. 5.1.32: Kolísanie hladiny podzemnej vody v piezometri J-11B v závislosti od hustoty meraní

Výdatnosti horizontálnych odvodňovacích vrtov. Vo všeobecnosti sa dá povedať, že výdatnosť odvodňovacích horizontálnych vrtov zodpovedá celkovému stavu hladín podzemných vôd v piezometroch. Na obr. 5.1.33 je znázornené porovnanie súčtovej hladiny podzemnej vody (súčet HPV v piezometroch, ktoré v danom období mali merateľnú HPV) a

sumárnej výdatnosti všetkých horizontálnych vrtov na zosuve. Z obrázku vyplýva, že maximálne stavy hladín podzemných vôd sa v piezometroch udržiavajú dlhšiu dobu, ako u väčšiny horizontálnych vrtov ich maximálne výdatnosti (reagujú oneskorene a krátkodobo).

Najväčšie množstvo vody je horizontálnymi vrtmi zo zosuvu odvádzané krátkodobo v čase maximálnych stavov podzemných vôd, čím si plnia svoju funkciu pre znižovanie vztlačového účinku podzemných vôd. Táto skutočnosť vyplýva z obr. 5.1.33, keď v marci, resp. apríli 2000 sumárna výdatnosť horizontálnych vrtov bola až 4-násobne vyššia ako v iných obdobiach, ale maximálny stav hladín podzemnej vody dosiahol iba 1,5-násobok dovtedy zaznamenaných maxím.

V období od 25.7. do 19.8.1995 bolo na zosuve prečistených 9 horizontálnych vrtov. išlo o vrty, ktoré dlhodobo vykazovali nízku výdatnosť. Výsledky a priebeh prečisťovania vrtov sme zhodnotili v predchádzajúcich správach. Po 5 rokoch sa prečisťovanie ukázalo ako veľmi úspešné pri horizontálnych vrtoch V-7, V-23 a HV-10 a čiastočne aj u vrtov V-7 a HV-11. V ostatných prečisťovaných vrtov nie je možné jednoznačne konštatovať pozitívny vplyv prečisťovania.



Obr. 5.1.33: Závislosť medzi stavom hladín podzemných vôd na zosuve (súčet hladín) a sumárnou výdatnosťou horizontálnych odvodňovacích vrtov

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Zo záverečného zhodnotenia stability lokality vyplýva, že v rokoch 1993 až 2000 nevykazovali merania na monitorovacích zariadeniach žiadne výrazné anomálie, ktoré by naznačovali oživenie svahových pohybov. Zosuv sa aj podľa meraní PEE nachádza v latentnom (ukľudnenom) stave. Isté koncentrácie napätí je badať v odlučných oblastiach a v ľavej spodnej časti zosuvu. Výškové zmeny geodetických bodov boli však minimálne. Prípadne pohyby na zosuve sú pravdepodobne creepového charakteru v hĺbke, bez viditeľných deformácií povrchu územia. Tento fakt potvrdzuje i absencia výrazných morfológických prejavov na povrchu zosuvu (trhliny, zamokrené územia atď.)

Katalyzátorom pre vznik pohybov na zosuve sú predovšetkým zrážky. Podľa priebehu ročných úhrnov zrážok od roku 1975 (t.j. počas trvania monitorovania po výstavbe vodného diela) ani raz nebol dosiahnutý priemer za roky 1901 až 1950 (745 mm). Preto nemožno vylúčiť, že v prípade výraznejších zrážok v budúcnosti by mohlo dôjsť k určitému zrýchleniu pohybu na zosuvnom svahu.

Z uvedených dôvodov odporúčame naďalej pozorovať hladiny podzemnej vody a výdatnosti horizontálnych odvodňovacích vrtov. Pre kvalifikované hodnotenie aktivity pohybov na zosuve je potrebné urobiť zásadné zmeny v systéme meraní pohybov geodetických bodov, t.j. prebudovať systém základných pevných bodov. Kvalitu monitorovacích meraní by významne zvýšila realizácia aspoň 3 inklinometrických vrtov za účelom poznania deformačných zmien v telese zosuvu. Pokračujúcimi meraniami metódou PEE by sa overilo plošné rozdelenie napätostno-deformačného poľa. Merania by bolo vhodné rozšíriť o jeden profil (v línii bodov A-1, J-14, B-14) a premerané profily je potrebné predĺžiť ďalej za odlučné hrany zosuvu.

Vo všeobecnosti je potrebné venovať zvýšenú pozornosť údržbe monitorovacích zariadení. U niektorých horizontálnych vrtov bude potrebné prečistiť ich vyústenie, prípadne zabezpečiť plynulé odvádzanie vytekajúcej vody. Takisto je veľmi potrebné zaoberať sa zanesením piezometrov, pretože mnohé z nich už majú len polovicu svojej pôvodnej hĺbky. Dôležité je to najmä u piezometrov, v ktorých hladina podzemnej vody sa nachádza hlbšie (J-26, J-23).

5.1.2.10. Lokalita Žilina - Dubeň

V súvislosti s výstavbou vodného diela Žilina zabezpečil investor stavby - Vodohospodárska výstavba, Bratislava komplexný monitoring zložiek prírodného prostredia v dosahu realizovaného diela. V rámci monitorovania horninového prostredia sa pozoruje

viacero svahov v zátopnej oblasti, ako aj svah Dubňa, ktorého stabilita môže byť ovplyvnená podrezaním akumulácie aktívnych svahových deformácií v súvislosti s výkopom pre odpadový kanál. Na svahu sa aplikuje komplexné monitorovanie s hustou frekvenciou meraní. Súčasťou monitorovacích prác je pochôdzkovanie vo vymedzených monitorovaných oblastiach, vyhodnocovanie inklinometrických meraní vo vrtoch, vyhodnotenie geodetických polohopisných a výškopisných meraní, ako aj režimových pozorovaní v monitorovacích vrtoch. V snahe doplniť získané informácie ďalšími údajmi a prispieť aj k overeniu vhodnosti využitia rozvíjajúcej sa metódy vrtného variantu PEE pre monitorovanie svahových deformácií vo všeobecnosti, uskutočnilo sa v rokoch 1995 a 1996 meranie PEE na tejto lokalite. Vzhľadom na pestrosť geologickej stavby územia (prevaha flyšoidných hornín bradlového pásma v blízkosti priameho tektonického kontaktu s mezozoickými horninami južného okraja Kysuckých vrchov) a hustotu siete monitorovacích vrtoch ide o veľmi vhodnú lokalitu pre aplikáciu danej metódy.

Na základe výsledkov meraní vrtným variantom PEE bolo možné monitorované územie rozdeliť do blokov s odlišnou úrovňou aktivity svahového pohybu. Blok na okraji obce Budatín predstavuje zónu s vysokými hodnotami napätí, podmienenými prítomnosťou aktívnych tektonických porúch. Druhý blok v strede zosuvného územia pozostáva z aktívnejšej časti v čele zosuvu a zo stabilnejšej časti v jeho transportačnej oblasti. Výsledky meraní a ich komplexná interpretácia prispeli k poznaniu dynamiky pohybu na predmetnom svahu a doplnili priebežne realizované komplexné monitorovanie o nové cenné informácie. Skúsenosti, získané na lokalite Žilina - Dubeň, prispeli k zdokonaleniu aplikácie meraní PEE z metodického hľadiska a využili sa aj pri meraniach na ostatných lokalitách.

Monitorovanie bolo na lokalite ukončené v roku 1997 a o výsledkoch bol informovaný zodpovedný riešiteľ monitorovania – Vodohospodárska výstavba, š.p. Bratislava.

5.1.2.11. Lokalita Oravský Podzámok

Rozsiahly prúdový zosuv severovýchodne od obce Oravský Podzámok je vyvinutý vo veľmi pestrom geologickom prostredí (horniny paleogénneho a mezozoického veku, intenzívne tektonicky porušené). Zosuvné pohyby, aktivizované zvyčajne v obdobiach extrémnych zrážok, dlhodobo ohrozujú štátnu cestu, spájajúcu región hornej Oravy s Poľskom a to i napriek súboru sanačných opatrení, ktoré boli na zosuve v nedávnej minulosti realizované. O tejto skutočnosti svedčí viacero čerstvých príznakov deformovania cestného telesa a nutnosť jeho prakticky každoročných úprav. Z hľadiska dlhodobého monitorovania je veľkou nevýhodou lokality skutočnosť, že väčšina z prieskumných vrtoch bola zlikvidovaná a z monitorovacích objektov zostala iba sieť geodetických bodov a časť

horizontálnych odvodňovacích vrtov. Sieť geodetických bodov je však vo veľmi zlom stave - poškodené sú centračné zariadenia bodov, zničený je pevný bod siete a obmedzená je vizúra medzi zostávajúcimi pevnými bodmi. O týchto skutočnostiach bol informovaný správca ohrozenej cestnej komunikácie – Slovenská správa ciest v Dolnom Kubíne listom z 30. 7. 1998. V liste bola zdôvodnená i potrebnosť opravy a doplnenia monitorovacej siete. Zmyslupnosť takejto investície však závisí od stavu prípravy preložky cesty na druhý breh rieky Oravy. Za súčasného stavu sme v priebehu riešenia úlohy ponechávali monitorovanie iba na udržiavacej úrovni, ktorá spočívala v každoročných obhliadkach lokality a overovaní funkčnosti horizontálnych odvodňovacích vrtov. Súčasne pokračoval zber údajov o zrážkových úhrnoch, nameraných na stanici SHMÚ v Oravskom Podzámku. Vzhľadom na stav a funkčnosť monitorovacej siete ako aj hustotu meraní nemožno však zo získaných meraní vyvodzovať žiadne podložené závery. Jedinou preukázanou skutočnosťou je postupné starnutie odvodňovacích vrtov, spôsobené ich zanášaním a prejavujúce sa postupným znižovaním ich výdatnosti.

Z terénnych obhliadok vyplýva, že zosuvné územie pri Oravskom Podzámku sa nachádza v stave potenciálnej nestability, o čom svedčia zaznamenané aktívne pohyby v okolí pozorovaného zosuvu, opísané v predchádzajúcich správach. Inštrumentálne overenie nestability zosuvu je možné iba po vybudovaní siete monitorovacích bodov a vykonaní súboru meraní. Vzhľadom na prípravu preložky ohrozovanej cesty na druhý breh rieky nemožno považovať takúto náročnú investíciu za efektívnu. Preto reálnym zostáva ponechanie lokality na úrovni udržiavacieho monitorovania. V prípade zvýšenia celospoločenského záujmu o lokalitu, možno na predchádzajúce monitorovacie merania priamo nadväzovať.

5.1.2.12. Lokalita Harvelka

Rozsiahle zosuvné územie na okraji obce Oravská Lesná, nachádzajúce sa v prostredí paleogénnych hornín magurského flyša, je známe predovšetkým v súvislosti so sústavným poškodzovaním štátnej cesty, spájajúcej Oravu s Kysucami. Na lokalite sa v predchádzajúcich rokoch vykonali rozsiahle sanačné práce a aplikovali sa prakticky všetky dostupné monitorovacie metódy s rôznou frekvenciou zberu údajov. Celospoločenský význam lokality však poklesol po výstavbe vodnej nádrže Nová Bystrica a uzavretí štátnej cesty.

Na zosuvnom území existuje pomerne hustá sieť monitorovacích objektov, ktoré však v dôsledku absencie akejkoľvek údržby postupne strácajú svoju funkčnosť. Sieť geodetických bodov sa počas riešenia úlohy nepremeriavala vzhľadom na jej rozsah a

nákladnosť meraní. Vlastné zosuvné územie je stále v stave potenciálnej nestability a výraznejšie pohyby zosuvných hmôt sa aktivizujú periodicky po každej výraznejšej zrážkovej anomálii. Túto skutočnosť ilustruje stav vozovky cestnej komunikácie, ktorý sa každým rokom zhoršuje. Je predpoklad, že pri postupnej strate funkčnosti sanačných opatrení sa svahové pohyby budú v budúcnosti zintenzívňovať.

Vzhľadom na to, že cestná komunikácia je uzavretá, nepredstavujú svahové pohyby bvezprostredné ohrozenie žiadnej ľudskej činnosti v postihnutom území. Z tohto dôvodu, ako aj vzhľadom na stav siete monitorovacích objektov, bol na lokalite realizovaný iba udržiavací charakter monitorovania, ktorý spočíval v každoročných terénnych obhliadkach a kontrole stavu monitorovacích objektov s meraním hĺbky hladiny podzemnej vody vo funkčných vrtoch a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Výsledky meraní boli prezentované v predchádzajúcich správach riešenia úlohy. Frekvencia meraní však neumožňuje odvodzovať žiadne závery o režime podzemných vôd v tak náročnom a rozsiahlom zosuvnom území. Za celé obdobie riešenia úlohy pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice Oravská Lesná.

Reálna pozícia lokality z celospoločenského hľadiska odôvodňuje iba pokračovanie monitorovacích aktivít na udržiavacej úrovni. Množstvo údajov, ktoré sa na lokalite získali a značná časť ktorých je uložená v databáze umožňuje však stav zosuvného územia spätne analyzovať a odvodiť cenné teoretické závery pre poznanie zákonitostí vývoja svahových deformácií v danom type geologického prostredia.

5.1.2.13. Lokalita Klieštiná

Zosuvné územie pri obci Klieštiná bolo identifikované pri registrácii svahových deformácií v prostredí kontaktu bradlového pásma a flyšových paleogénnych hornín. Možnosť zaznamenať vývoj svahovej deformácie prakticky od jej vzniku podmienila vytvorenie monitorovacej siete geodetických bodov a realizáciu niekoľkých etáp merania (v rokoch 1985 až 1987). Pokračujúce monitorovanie spočívalo predovšetkým v pochôdzkovaní s hodnotením stabilného stavu svahu na základe povrchových prejavov aktivity a začiatkom deväťdesiatych rokov bolo doplnené meraniami povrchovým variantom metódy PEE. Významným nedostatkom monitorovacej siete na lokalite je však absencia objektov, umožňujúcich vykonávať režimové pozorovania a na základe výsledkov ich dlhodobého pozorovania sa vyjadriť k zákonitostiam hydrogeologického režimu zosuvného územia.

Vzhľadom na to, že ide o svahový pohyb, ktorý neohrozuje žiadne významné objekty a nachádza sa v dostatočnej vzdialenosti od obce, frekvencia meraní i obhliadok zosuvnej deformácie sa postupne znižovala. Počas riešenia úlohy sa okrem terénnej obhliadky a

zberu údajov o zrážkových úhrnoch (stanica SHMÚ Horná Maríková) žiadne iné monitorovacie merania neuskutočnili. Domnievame sa totiž, že nákladnosť geodetických pozorovaní je v prípade hodnotenej lokality neodôvodnená a samotné geodetické meranie je iba čiastkovým hodnotením stabilitného stavu predmetného svahu.

V súčasnosti sa zosuv pri obci Klieštiná nachádza v relatívne stabilizovanom stave (územie zosuvu husto zarástlo, miestami je ťažko prístupné a prejavy aktivizácie svahového pohybu sú badateľné iba lokálne). Z celospoločenského hľadiska nepovažujeme za potrebné na lokalite vykonávať ďalšie monitorovacie merania. Všetky existujúce údaje z predchádzajúcich etáp monitorovania sú uložené v databáze riešiteľa a pri potrebe obnovenia monitorovacích meraní je možné na ne priamo nadväzovať.

5.1.2.14. Lokalita Hlohovec - Posádka

Stručná charakteristika lokality

Rozsiahle frontálne zosuvy medzi Hlohovcom a Sereďou sa vytvorili v prostredí neogénnych sedimentov v dôsledku abrázie rieky Váhu. Celková šírka zosuvného územia je až 18 km, dĺžka zosuvov nepresahuje 700 až 800 m. Zosuvné územie je pomerne známe a bolo prehodnotené viacerými etapami inžinierskogeologického prieskumu.

V súvislosti s projektom vodného diela Sereď - Hlohovec boli obnovené monitorovacie aktivity v tej časti územia, ktorá sa môže dostať do priameho kontaktu s projektovaným dielom. Ide o zosuvný svah severovýchodne od obce Posádka, na ktorom neboli v minulosti realizované žiadne sanačné opatrenia.

Pre vytvorenie monitorovacej bázy boli využité pôvodné funkčné objekty z predchádzajúcich prieskumov. Okrem siete geodetických pozorovacích bodov sa zachovalo viacero funkčných a pomerne hlbokých vrtov, ktoré svojim vystrojením umožnili na lokalite aplikovať merania podpovrchovým variantom metódy PEE. Výsledky obnovených monitorovacích meraní poskytli vstupné údaje pre aktualizovaný stabilitný výpočet v reprezentatívnom profile zosuvného svahu.

Prehľad monitorovacích aktivít

Hlavnou metódou monitorovania na tejto lokalite je aplikácia vrtného variantu metódy PEE (od roku 1997). Súčasťou merania podľa PEE je aj odčítanie hĺbky hladiny podzemnej vody v premeriavaných vrtoch (tieto údaje samostatne neanalyzujeme pre ich iba orientačnú presnosť a nízku frekvenciu meraní). Ďalšou metódou, ktorá sa realizovala počas riešenia úlohy, bolo geodetické premeranie premiestnení vybraných bodov geodetickej siete (celkove

11 bodov v hodnotenom úseku). Etapové merania sa uskutočnili v rokoch 1997 a 2000. Počas riešenia úlohy sa zhromažďovali údaje o zrážkach zo stanice SHMÚ v Siladiciach a ukladali sa do databázy riešiteľa úlohy.

Vzhľadom na zaujímavý vývoj poľa PEE v niektorých vrtoch bola na tejto lokalite metóda aplikovaná so zvýšenou frekvenciou meraní. V roku 1997 sa uskutočnilo 9 cyklov merania (v období od 5.5. do 21.9.), v roku 1998 7 cyklov merania (v období od 30.4. do 24.9.), v roku 1999 sa realizovali 4 cykly merania (v období od 2.4. do 12.11.) a v roku 2000 2 cykly merania (24.5 a 29.8.). Počet premeriavaných vrtoch nebol vo všetkých etapách rovnaký, maximálne však išlo o súbor 13 vrtoch.

Zhodnotenie výsledkov geodetických a geofyzikálnych meraní

Geodetické merania. Premeranie polohových a výškových zmien 11 vybraných bodov geodetickej siete sa uskutočnilo v októbri 1997 a v októbri 2000. Pri meraní v roku 1997 sa odvodzovali premiestnenia oproti meraniu, uskutočnenému v marci 1991. Premiestnenia bodov sa hodnotili v rámci chyby, ktorá pre priestorové zmeny predstavovala hodnotu do 30 mm a pri výškových zmenách hodnotu do 20 mm.

Vektory posunov jednotlivých bodov sú znázornené na obr. 5.1.34. Súborne sú výsledky geodetického merania zhrnuté a zhodnotené v príl. 1.10.

Ak porovnáme výsledky obidvoch etáp merania (prepočítané na hodnoty rýchlosti pohybu v mm za rok) dochádzame k záveru, že aktivita pohybu sa v etape od roku 1997 po rok 2000 zvýšila (príl. 1.10). Kým v prvej hodnotenej etape bol najvýraznejší pohyb zaznamenaný u bodu PB-144 (polohová zmena necelých 9 mm za rok), v druhej etape boli premiestnenia bodov podstatne výraznejšie (polohové zmeny bodov PB-144 a PB-145 boli 25,6 mm, resp. 24,3 mm za rok). Výrazné boli i niektoré výškové zmeny bodov (napr. bod PB-138, PB-146). V miestach uvedených geodetických bodov je zaznamenaná teda najväčšia aktivita v rámci pozorovanej časti zosuvného územia.

Z vektorov pohybu vyplýva, že smer polohových zmien zameriavaných bodov, ktorých lokalizácia je v blízkosti odtrhových hrán, bol v prvej etape merania približne totožný so smerom predpokladaného vývoja zosuvných procesov. Významná zmena smeru pohybu v druhej etape merania nie je pri súčasnej úrovni poznatkov dostatočne vysvetliteľná; môže však naznačovať neotektonickú aktivitu územia, ktorá sa prejavuje usmerným pohybom jeho jednotlivých častí. Podobnú skutočnosť naznačili aj výsledky meraní metódou PEE.

Merania PEE poskytli na tejto lokalite najväčší súbor údajov. Z ich podrobnej analýzy vyplýva viacero skutočností. Pole PEE je v rámci pozorovaného územia veľmi nehomogénne a jeho úroveň nie je stabilná (Vybíral, 2000). Vo vertikálnom smere sa vyčleňujú tri hĺbkové úrovne - povrchová do hĺbky cca 10 až 20 m s charakteristickými prejavmi povrchového

plazenia, stredná, v ktorej sú najvýraznejšie prejavy poľa PEE, charakterizujúce stav trvalého namáhania hornín a aktivizácie hlbokých zosuvných procesov a spodná pod priebehom šmykových plôch, vo väčšine vrtoch nachádzajúca sa v stabilnom, neaktívnom stave. Na základe opakovaných meraní možno podľa charakteru kriviek poľa PEE vyčleniť v zosuvnom území niekoľko samostatných častí s rovnakým charakterom správania. Najvýraznejšie anomálne prejavy boli zaznamenané v okolí vrtoch HSJ-25, HSJ-26, HSJ-32 a HSJ-33. Charakter anomálií, ich časový vývoj a rozloženie v zosuvnom území naznačujú, že sa v tomto priestore môže aktivizovať zosuv väčšieho rozsahu. Vývoj poľa PEE v niektorých vybraných vrtoch je znázornený na obr. 5.1.35.

Stabilitný výpočet, realizovaný na základe aktualizovaných údajov z monitorovania územia preukázal potenciálnu možnosť aktivizácie svahového pohybu, ktorá sa môže významne zvýšiť v prípade realizácie vodného diela a s tým súvisiaceho zvýšenia hladiny vody v zátopnej oblasti. Vzhľadom na to, že v súčasnosti zosuv okrem devastácie a zmenšovania plochy poľnohospodárskej pôdy neohrozuje žiadne objekty technosféry, nie je jeho sanácia akútne potrebná. V prípade výstavby vodného diela bude však zosuvný svah predstavovať vážne nebezpečenstvo a v projekte diela je nevyhnutné rátať s jeho sanáciou technickými opatreniami.

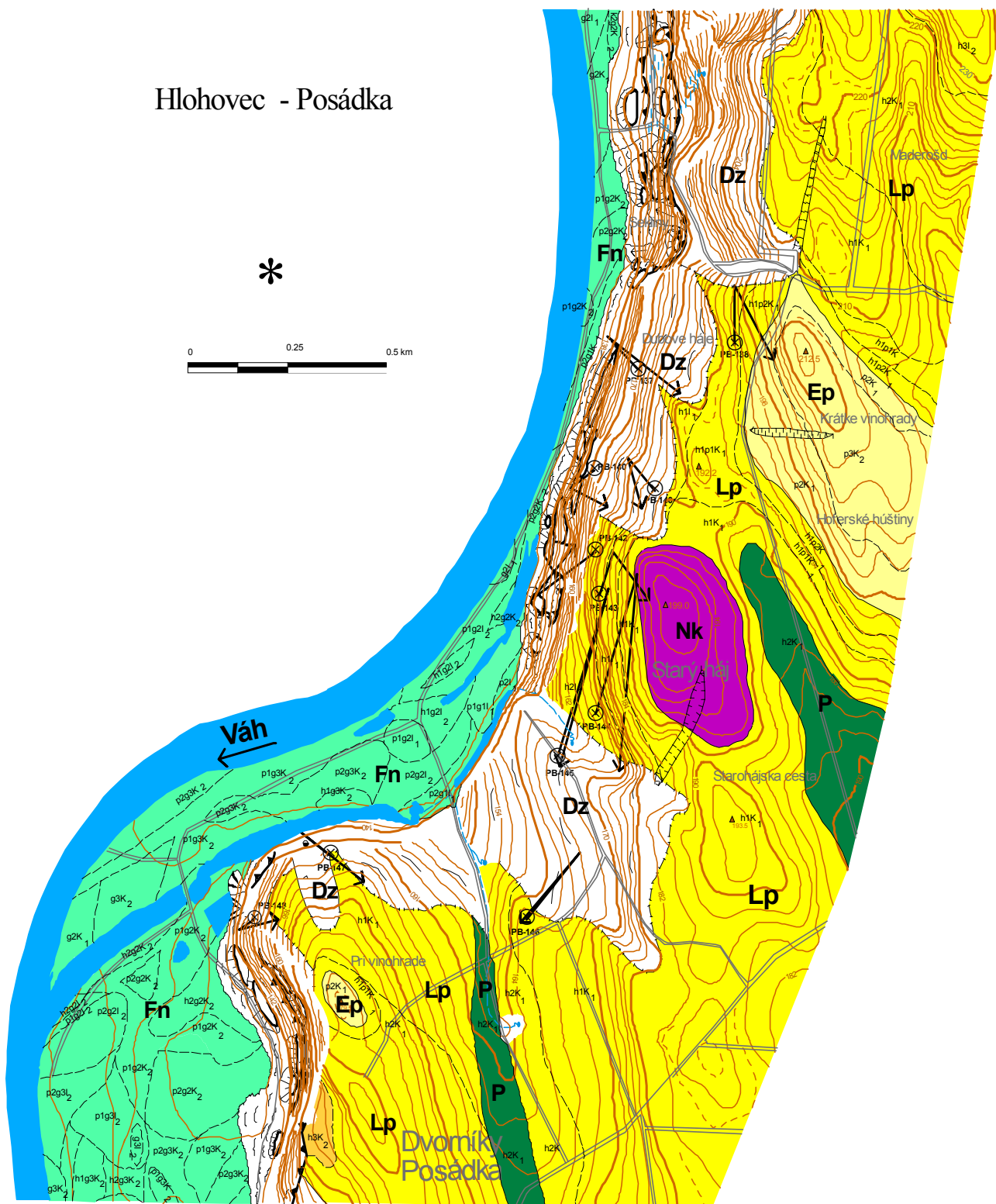
Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Hlavnou metódou monitorovania na lokalite Hlohovec - Posádka bola aplikácia vrtného variantu PEE. Rozsiahla databáza údajov z týchto meraní umožnila vytvoriť obraz o napätostno-deformačnom stave v rôznych priestorových častiach územia a naznačila i určité zákonitosti vývoja tohto stavu. Okrem informácií o pohybovej aktivite zosuvných hmôt merania poľa PEE naznačili i možnosť neotektonickej aktivity niektorých častí územia.

Výsledky meraní metódou PEE i výsledky geodetických meraní nepreukazujú významnú aktivitu územia z hľadiska vývoja svahových pohybov (i keď geodetické merania naznačili miernu aktivizáciu pohybu a merania PEE aktivizáciu určitej časti územia). Kým v hodnotenom území nedôjde k realizácii projektovaného vodného diela, nie sú potrebné žiadne sanačné opatrenia a charakter i frekvencia monitoringu môže zostať na doterajšej úrovni.

V prípade pokračujúcej prípravy vodného diela je však existujúca úroveň monitoringu nedostačujúca. Jeho rozšírenie však spadá do kompetencií realizátora diela a môže priamo nadviazať na doterajšie výsledky monitorovacích pozorovaní.

Hlohovec - Posádka



Vysvetlivky

1. Horninové prostredie

Rajón	Podrajón	Stručná charakteristika
Nk		Striedanie ílovitých a piesčitých neogénnych sedimentov.
P	h2K ₁	Proluviálne hliny (h), v podloží striedanie neogénnych ílovitých a piesčitých sedim. (K).
Ep	p2K ₁ , p3K ₂	Eolické piesky (p), v podloží striedanie neogénnych ílovitých a piesčitých sedimentov.
Lp	h1 ₁ , h2 ₁ , h3 ₂	Sprašové hliny, v podloží neogénne íly (l).
	h1K ₁ , h2K ₁ , h1p1K ₁ , h1p2K ₁	Sprašové hliny a piesky, v podloží striedanie neogénnych ílovitých a piesčitých sedim.
Fn	h1g2 ₂ , h2g2 ₂ , g2 ₁ , p1g1 ₁ , p1g2 ₁ , p1g2 ₂ , p2 ₁ , p2g1 ₁ , p2g2 ₂	Náplavové hliny, piesky a štrky (g), v podloží neogénne íly.
	h1g3K ₂ , h2g2K ₂ , g2K ₁ , k2g2K ₂ , p1g3K ₂ , p2g1K ₁ , p1g2K ₂ , g3K ₂ , p2g2K ₂ , p2g3K ₂	Náplavové hliny, piesky a štrky, v podloží striedanie neogénnych ílovitých a piesčitých sedimentov.
Dz		Kvartérne i neogénne sedimenty postihnuté rôznymi typmi svahových pohybov.

2. Geodynamické javy

I. Eróznio - akumulčné formy

	Hĺbková erózia - staršia
	Hĺbková erózia - aktívna
	Náplavové kužele
	Výrazná plošná erózia

II. Formy svahových pohybov

Plazenie

	Povrchové plazenie
--	--------------------

Zosúvanie

	Plošné zosuvy
	Prúdové zosuvy
	Zosuvy pozdĺž zloženej šmykovej plochy - potenciálne, ukľudnené
	Zosuvy pozdĺž zloženej šmykovej plochy - aktívne
	Odlučné steny starších zosuvov
	Odlučné steny aktívnych zosuvov

3. Hydrogeologické údaje

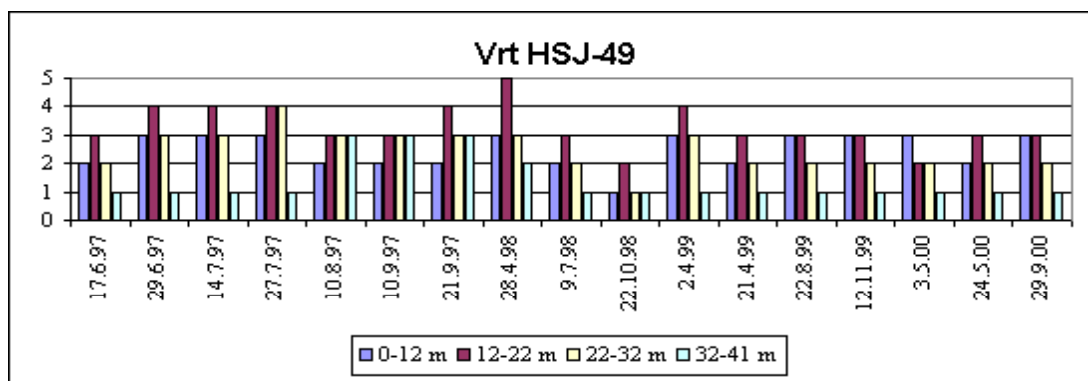
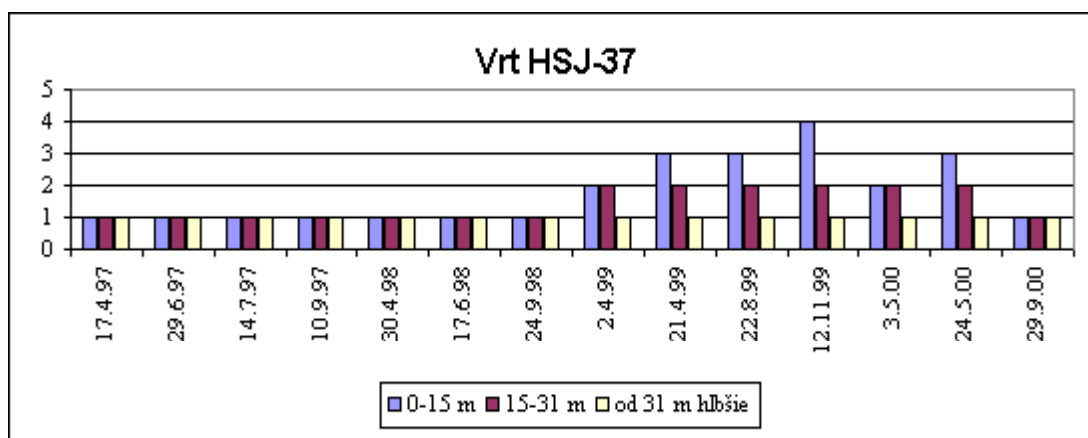
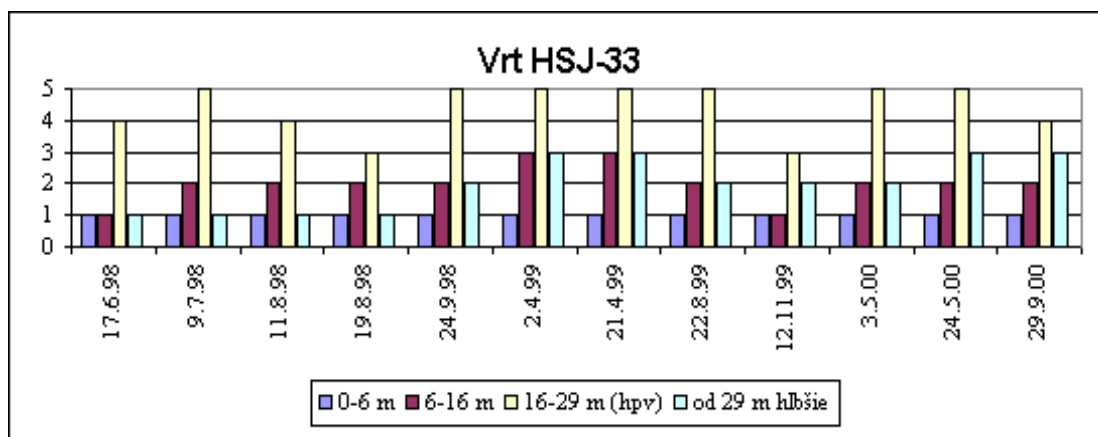
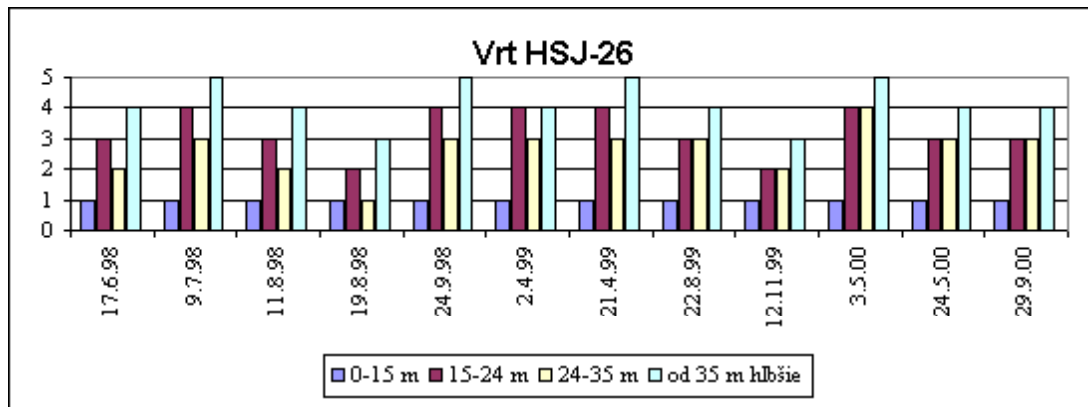
	Zamokrené územia
	Občasné pramene
	Občasné vodné toky

4. Ostatné značky

	Prieskumné vrty
	Vrty zničené, nenájdene alebo poškodené
	Geodetické body
	Miesta odberu vzoriek
	Línia geologického rezu

40 20 0 Vektory premiestnenia pozorovacích bodov za obdobie III.1991 - X.1997 - X.2000
mm

Obr.5.1.34 : Výsledky monitorovacích meraní na lokalite Hlohovec - Posádka



Obr. 5.1.35: Lokalita Hlohovec-Posádka - semikvantitatívne hodnotenie výsledkov meraní PEE

5.1.2.15. Lokalita Vištuk

Stručná charakteristika lokality

Frontálny zosuv v intraviláne obce Vištuk sa vyvinul v neogénnych íloch a prachovcoch, pokrytých polohami pieskov a štrkov. Zosuv sa periodicky aktivizuje v závislosti od zrážkových anomálií a ohrozuje malú vodnú nádrž, cestu a niektoré obytné domy v obci. V nadväznosti na prejavy aktivizácie sa vykonalo v území niekoľko etáp inžinierskogeologického prieskumu, najrozsiahlejšia koncom osemdesiatych rokov. Časť z vrtov, realizovaných počas tohto prieskumu, sa zachovala a tvorí základ monitorovacej siete.

Vzhľadom na špecifiku geologického prostredia a skutočnosť, že zosuv je v priamom kontakte s významnými objektami technosféry, bola lokalita zaradená do súboru monitorovaných zosuvov.

Prehľad monitorovacích aktivít

Monitorovanie na lokalite pozostáva, okrem pravidelných obhliadok terénu, prakticky iba z aplikácie vrtného variantu metódy PEE, pri ktorom sa súčasne zaznamenáva hĺbka hladiny podzemnej vody. V rámci riešenia úlohy sa na lokalite aplikovala metóda PEE v rokoch 1995 (3.8.), 1996 (4.5.), 1999 (6.8. a 22.10.) a 2000 (8.2. a 10.10.). Počas celého riešenia úlohy prebiehal i zber údajov o zrážkach z najbližšej stanice SHMÚ v Modre.

Zhodnotenie výsledkov geofyzikálnych meraní

Merania PEE v rokoch 1995 a 1996 preukázali, že v suchom (letnom) období sa takmer celé teleso zosuvu nachádza v stave ukludnenia, bez vonkajších prejavov napätostno-deformačnej aktivity. V jarnom období sú však hodnoty pomernej aktivity podstatne vyššie a rozdielne v rôznych častiach zosuvného územia. Východná časť zosuvnej štruktúry vykazuje vyšší stupeň aktivity a vyššiu citlivosť na klimatické zmeny. K nestabilite pravdepodobne prispieva tiež erózna aktivita Vištuckého potoka.

Pri meraniach v auguste 1999 boli takmer vo všetkých vrtoch namerané zvýšené hodnoty poľa PEE, čo signalizovalo, že priestor zosuvu bol v čase merania v stave vyššej napätostno-deformačnej aktivity. Prevažujúcim typom deformácie bolo podľa tvaru kriviek poľa PEE povrchové plazenie, s postupným poklesom aktivity do hĺbky. Jesenné meranie v tom istom roku však preukázalo podstatnú zmenu charakteru poľa PEE, ktorého intenzita sa výrazne znížila.

Meranie vo februári 2000 preukázalo opätovné zvýšenie aktivity poľa. Najvýraznejší nárast bol zaznamenaný vo vrtoch, nachádzajúcich sa v strednej časti zosuvného územia. Pretože extrapolácia anomálnych javov do plochy zosuvu vytvára zónu, prebiehajúcu šikmo

cez zosuvný svah, nemožno vylúčiť skutočnosť, že ide o dôsledok aktivity významného tektonického zlomu. Jesenné meranie v tom istom roku preukázalo úplné ukľudnenie poľa PEE vo všetkých vrtoch.

Z výsledkov meraní podpovrchovým variantom metódy PEE vyplýva výrazná premenlivosť poľa, spôsobená pravdepodobne nielen sezónnymi zmenami napätostno-deformačnej aktivity zosuvných hmôt, ale aj ďalšími faktormi regionálneho charakteru. Vývoj poľa PEE v niektorých vrtoch je vyjadrený na obr. 5.1.36.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Ak zhrnieme výsledky uskutočnených meraní na lokalite Vištuk môžeme konštatovať, že meraniami PEE sa preukazuje zvyčajne výrazný rozdiel medzi stabilným stavom na jar (vo väčšine vrtov býva zaznamenaný vysoký stupeň aktivity) a v jeseni (keď po dlhom období sucha je pole PEE ukľudnené). Výrazné prejavy aktivity v niektorých vrtoch naznačujú, že merania zachytávajú aktivitu pozdĺž významného regionálneho zlomu.

Stav zosuvného územia hodnotíme ako relatívne stabilný i keď v určitých častiach dochádza k ožiovaniu dielčich pohybov (prejavy pokračujúcich deformácií na niektorých obytných domoch a na ceste). Pohybová aktivita parciálnych zosuvov je najvýraznejšia v jarnom období a po výrazných zrážkových anomáliach.

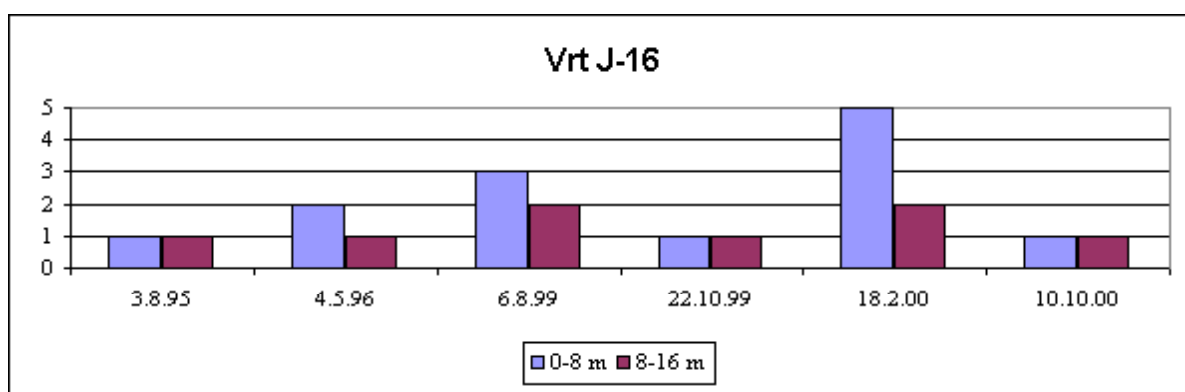
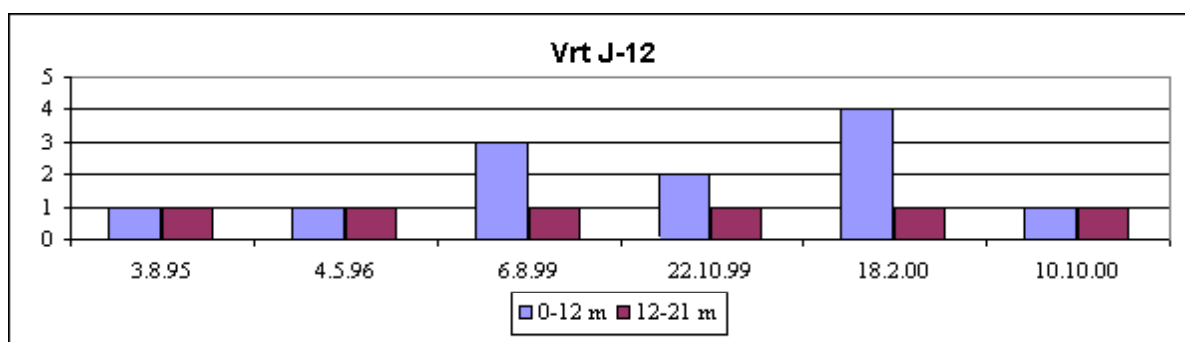
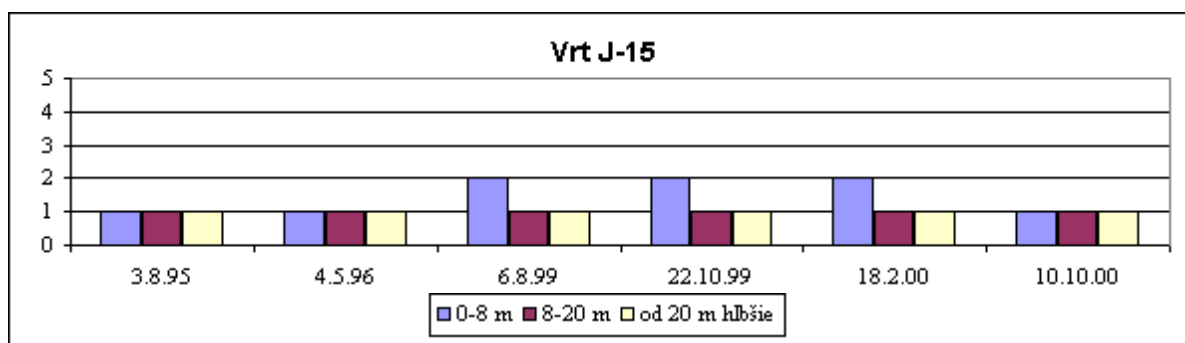
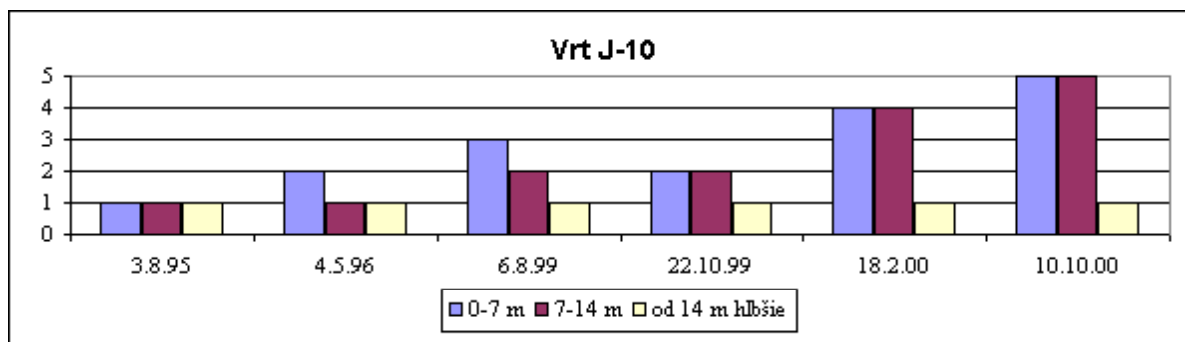
Vzhľadom na overený stav svahovej deformácie sa domnievame, že doplňujúce sanačné opatrenia nie sú v súčasnosti na lokalite potrebné.

Napriek tomu blízkosť vodnej nádrže, ako aj ohrozenie časti domov v obci vyvoláva potrebu priebežného pozorovania a hodnotenia lokality. Domnievame sa, že doterajší rozsah (merania PEE s obhliadkou zosuvného územia) a frekvencia (cca raz ročne, v prípade overovania klimatických vplyvov dvakrát ročne v jarnom i jesennom cykle) je dostačujúci.

5.1.2.16. Lokalita Veľká Izra

Stručná charakteristika lokality a prehľad monitorovacích aktivít za obdobie 1993 až 2000

Lokalita je situovaná na okraji stratovulkánu Veľký Milič (južná časť Slanských vrchov) na J od obce Slanská Huta. Do dvoch paralelných trhlín medzi okrajovými blokmi tvorenými striedajúcimi sa andezitmi a brekciami lávových prúdov s autochtónnymi pyroklastikami ležiacimi na plastických ílovitých sedimentoch, boli v lete roku 1992 situované dva dilatometre (VI-1 a VI-2). Horná trhlina (VI-1) reprezentuje styk bloku s kvázi neporušeným masívom, dolná trhlina (VI-2) styk okrajového bloku s predchádzajúcim.



Obr. 5.1.36: Lokalita Vištuk – semikvantitatívne hodnotenie výsledkov meraní PEE

Zhodnotenie výsledkov meraní posunu blokov

Z obr. 5.1.37 vyplýva, že v obidvoch prípadoch došlo k otváraniu trhlín. Dolná trhlina (VI-2) sa od roku 1992 skoro plynule rozširovala o cca 0,8 mm ročne (posun v smere osi x). Jej celkové otvorenie dosiahlo viac než 6 mm. Posuv nastal aj v smere osi y, čo predstavuje horizontálny posuv v smere trhliny cca 1,8 mm. Plynulý posuv sa prejavuje od polovice roku 1995. Nepatrný zvrät v posuve v roku 2000 nevybočuje z rámca plynulého rozširovania trhliny. Zdvih bloku o cca 1,7 mm možno vysvetliť vyklonením jeho hornej časti smerom dolu svahom, čo korešponduje s umiestnením dilatometra dostatočne nízko voči ťažisku.

Rozširovanie trhliny medzi horným blokom a masívom (VI-1) prebiehalo podstatne pomalšie. Po počiatočnom rozširovaní trhliny v období 1992 až 1996 na hodnotu 1,6 mm nastal obrät. Ku koncu roka 2000 dosiahlo celkové rozšírenie trhliny hodnotu cca 1 mm. Pohyb v smere osi y (pozdĺž trhliny) nadobudol vzostupný trend koncom roka 1996 a dosiahol hodnotu 1,5 mm. Zaujímavý je priebeh vertikálneho pohybu bloku voči masívu. Po počiatočnej stagnácii (1992 až 1996) došlo najprv k jeho malému poklesu (0,5 mm), potom k „prudkému“ zdvihu o 1,8 mm (prelom rokov 1998 a 1999) a ustáleniu celkového zdvihu na úrovni 1,5 mm. Vertikálny pohyb bloku korešponduje s malým odklonením jeho hornej časti od svahu a tiež pohybom vedľajšieho, nižšie položeného okrajového bloku.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania

Získané výsledky pohybu blokov na tejto lokalite veľmi dobre zodpovedajú bežnému správaniu okrajových pevných blokov, pohybujúcich sa po plastickom ílovitom podloží. Pohyb je vcelku plynulý a spočívá v poklesávaní obidvoch blokov, pričom okrajový blok poklesáva viditeľne rýchlejšie. Pohyb blokov narúšajú malé epizodické zmeny.

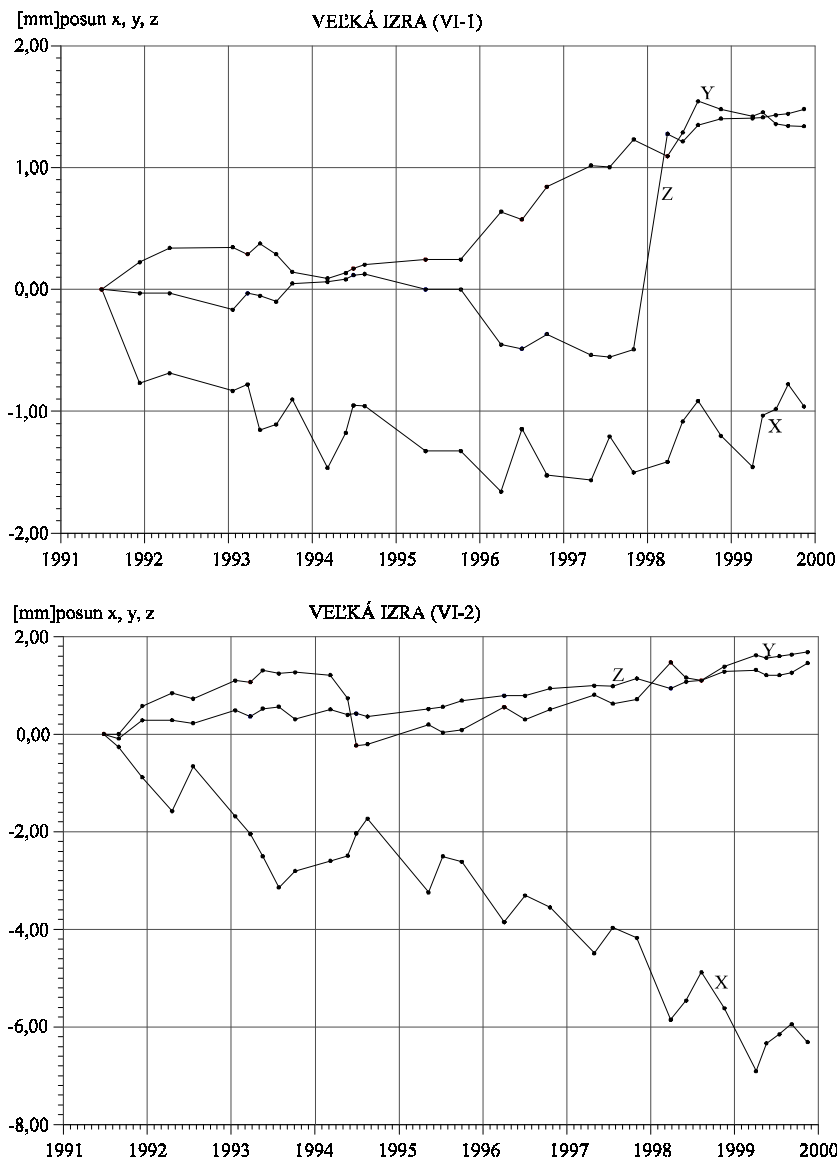
Podobne, ako i v prípade prechádzajúcich lokalít odporúčame pokračovať v meraniach pohybu blokov a to pravidelnejšie a podľa možnosti aj častejšie. Hlavným cieľom meraní, okrem prehĺbenia poznatkov o dynamike pohybu blokov, je prognózovanie možných náhlych pohybov, naznačujúcich deštrukciu niektorého z blokov, ktoré tvoria súčasť prírodnej pamiatky Miličská skala.

5.1.2.17. Lokalita Sokol

Stručná charakteristika lokality a prehľad monitorovacích aktivít za obdobie 1993 až 2000

Na lokalite Sokol, ktorá sa nachádza na okraji centrálnej vulkanickej zóny stratovulkánu Strechový vrch v doline Bačkovského potoka (východný okraj Slanských

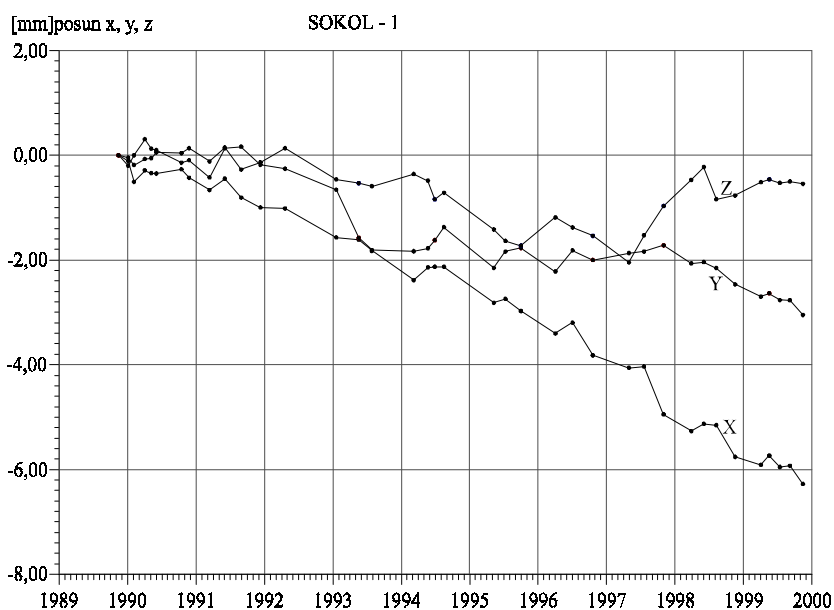
vrchov na S od obce Dargov) boli koncom roka 1990 inštalované dva dilatometre TM-71 (S-1 a S-2). Prístroje boli osadené v trhlinách medzi okrajovými blokmi (bloková rozpadlina) budovanými andezitmi lávového prúdu, striedajúcimi sa s autochtónnymi pyroklastikami. Podložie uvedených hornín tvoria propylitizované a silno brekciovité andezity.



Obr. 5.1.37: Výsledky merania pohybu blokov na lokalite Veľká Izra (VI-1 a VI-2) v období rokov 1993 až 2000

Zhodnotenie výsledkov meraní posunu blokov

Vzhľadom na plytké založenie blokov a minimálne zistené posuny bol prístroj S-2 začiatkom roka 1994 demontovaný a merania zastavené. Naproti tomu dilatometer S-1 zaznamenal pohyb prakticky vo všetkých troch osiach x, y, z (obr. 5.1.38). Najvýraznejší je pohyb v smere osi x, ktorý znamená vcelku plynulé roztváranie trhliny priemernou rýchlosťou 0,63 m za rok. Celkový posun za 10 rokov je teda 6,3 mm. Horizontálny posun v smere osi y bol nerovnomerný a dosiahol 3 mm. Posun 2 mm vznikol v rokoch 1992 až 1994, nasledoval útlm a opätovný posun 1 mm v rokoch 1999 až 2000. Jeho priemerná rýchlosť za 1 rok je 0,3 mm. Pokles okrajového bloku voči masívu (v smere osi z) v rokoch 1993 až 1998 dosiahol 2 mm, potom nastal jeho zdvih na pôvodnú úroveň z roku 1993.



Obr. 5.1.38: Výsledky merania pohybu blokov na lokalite Sokol v období rokov 1993 až 2000.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania

Výsledky zistené meraniami jednoznačne zodpovedajú svahovému pohybu, pri ktorom sa okrajový blok vzdďaľuje od masívu (rozširovanie trhliny) a poklesáva. Poklesový trend sa však v posledných troch rokoch zmenil. Vzhľadom na celkovú pozíciu trhliny v masíve možno predpokladať opätovný pokles bloku. Odporúčame pokračovať v meraniach s väčšou pravidelnosťou a frekvenciou i v ďalšom období v záujme predpovedania možného zrútenia bloku v rámci danej lokality, ktorá je súčasťou národnej prírodnej rezervácie Bačkovská dolina.

5.1.2.18. Lokalita Košický Klečenov

Stručná charakteristika lokality a prehľad monitorovacích aktivít za obdobie 1993 až 2000

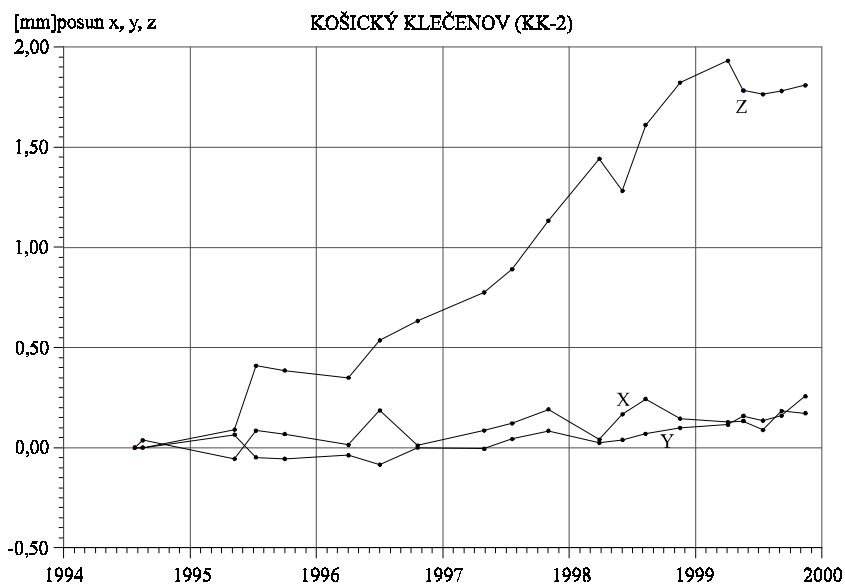
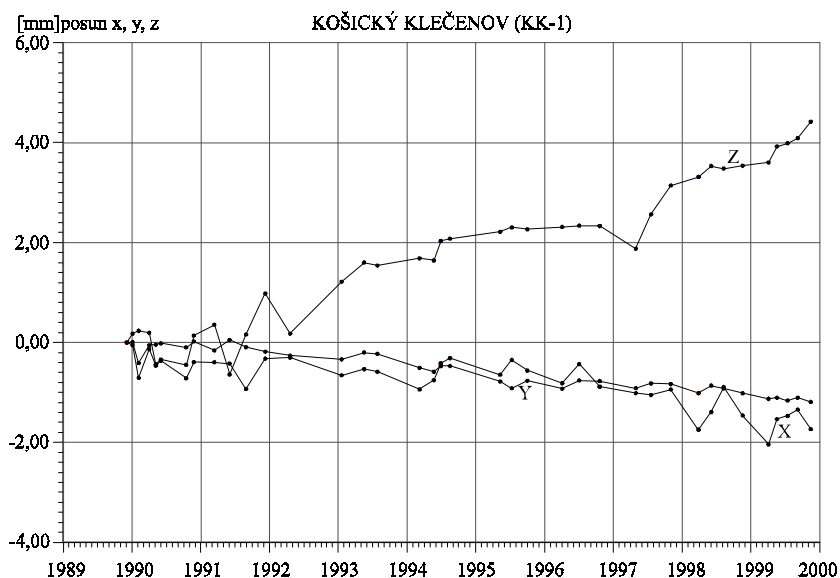
Na lokalite Košický Klečenov, ktorá sa nachádza v okrajovej časti stratovulkánu Strechový vrch (západný okraj Slanských vrchov na S od obce Košický Klečenov), boli v roku 1990 a 1995 inštalované dva dilatometre TM-71. Prvý z nich bol označený KK-1, druhý KK-2. Prístroje sú situované v hlbokých trhlinách na okraji andezitového lávového prúdu, presnejšie v hornej časti rozsiahlej svahovej deformácie, ktorá má charakter blokovej rozpadliny.

Zhodnotenie výsledkov meraní posunu blokov

Z výsledkov meraní oboma dilatometrami je zrejmé (obr. 5.1.39a, b), že vzájomný pohyb blokov je výrazný a má charakter zvislého šmyku smerom hore. Celkový zdvih (pohyb v smere osi z) spodného bloku potvrdený prístrojom KK-1 je 4,45 mm za 10 rokov, horného bloku 1,85 mm za 5,5 roka (KK-2). Priemerný posun teda dosahuje v prvom prípade 0,45 mm za rok, v druhom 0,34 mm za rok. Z obr. 5.1.37a vyplýva, že u KK-1 došlo k zvýšeniu rýchlosti zdvihu od roku 1998. U KK-2 sa trend zdvihu v apríli 2000 zvrátil, avšak od mája opäť narastá. Pohyby v smere osí x a y sú najmä v prípade KK-2 minimálne. U KK-1 je náznak uzatvárania trhliny. Rotácie blokov sú minimálne.

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania

Zistené zvislé posuny okrajových blokov v rámci danej lokality za obdobie 1993 až 2000 nenaznačujú pomalé plazivé zosúvanie okrajových blokov po plastickom podloží v dôsledku pôsobenia gravitácie. Keďže ide o relatívny pohyb v trhlinách, ide o skutočný zdvih blokov vo svahu oproti neporušenému masívu, alebo o pokles masívu. Vysvetlenie, že zaznamenaný pohyb je dôsledkom pôsobenia horizontálneho tlaku z vnútra masívu, resp. aktivity neotektonickej poruchy prebiehajúcej v tesnej blízkosti oboch dilatometrov je viac než pravdepodobné (Petro et al., 1999). Merania v nasledujúcom období môžu prispieť spolu s ďalšími poznatkami získanými štúdiom neotektonickej aktivity širšieho okolia lokality a niektorými geodetickými metódami (rádiodialkomery a GPS) k objasneniu recentného vývoja územia a dotvárania jeho reliéfu. Navrhujeme preto pokračovať v doterajších meraniach a to podľa možnosti s väčšou pravidelnosťou a hustotou. Väčší počet meraní v priebehu roka umožní presnejšiu interpretáciu údajov.



Obr. 5.1.39: Výsledky merania pohybu blokov na lokalite Košický Klečenov (KK-1, KK-2) v období rokov 1993 až 2000

5.1.2.19. Lokalita Havran

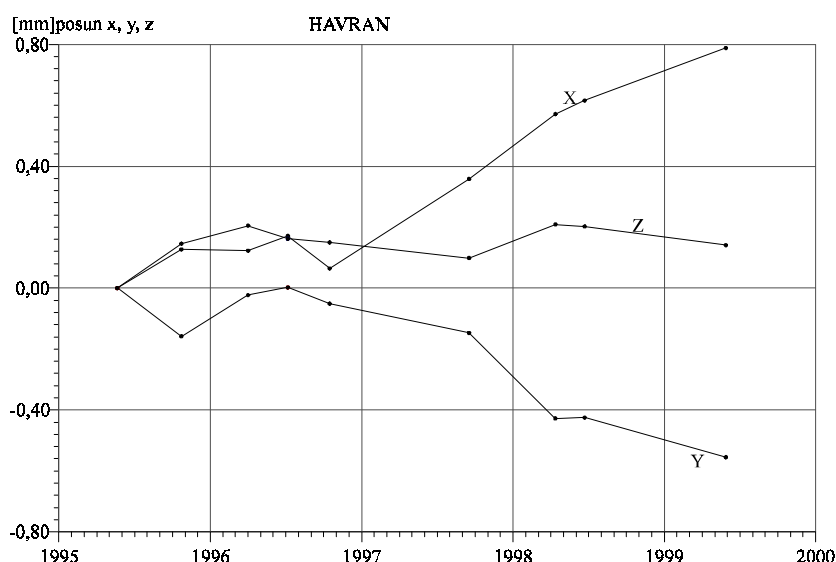
Stručná charakteristika lokality a prehľad monitorovacích aktivít za obdobie 1993 až 2000

Lokalita sa nachádza v severnej časti Veľkej Fatry, presnejšie SV od obce Ľubochňa. V máji roku 1996 bol na horskom hrebeni zvanom Havran osadený jeden dilatometer. Je situovaný v neveľkej trhlíne vo vrcholovej časti svahu, upadajúceho na JV do doliny Švošovského potoka. Okolie trhlíny budujú ramsauské dolomity triasového veku (anis), ktoré

sa zaraďujú ku chočskému príkrovu. Dolomity sú v okolí trhliny silno rozpukané a porušené niekoľkými systémami puklín. Výber lokality bol spojený s projektom jednej z uvažovaných trás diaľnice D1 (tunel pod Havranom).

Zhodnotenie výsledkov meraní posunu blokov

Vzhľadom na pomerne zlú dostupnosť lokality (silne exponovaný terén) boli merania realizované s nižšou frekvenciou (1 až 3 krát ročne), než na predchádzajúcich lokalitách (obr. 5.1.40). Z nameraných hodnôt možno konštatovať nasledujúce skutočnosti - pohyb v smere osi x (zužovanie trhliny) možno interpretovať ako náznak stúpajúceho trendu. Celkový posun však dosiahol iba 0,8 mm za 4 roky. Tento výsledok sa však opiera iba o jedno meranie v roku. Istý pohyb bol zaznamenaný aj pozdĺž trhliny; jeho veľkosť za 4 roky dosiahla 0,5 mm. Vertikálny posun bloku je zanedbateľný. Výsledky potvrdili určitú nestabilitu bloku, ktorá súvisí skôr s jeho malými rozmermi (objem cca 2 až 3 m³), malou hĺbkou založenia v masíve (plytká trhlina), resp. klimatickými (teplotnými) osciláciami.



Obr. 5.1.40: Výsledky merania pohybu blokov na lokalite Havran v období rokov 1993 až 2000

Súborné zhodnotenie výsledkov monitorovania

Nízky počet meraní, nevýrazné pohyby, zistené meraniami, odrážajúce rozmery bloku a jeho plytké zakotvenie v masíve, ako aj nedostupnosť lokality boli hlavnými dôvodmi návrhu na demontovanie dilatometra v najbližšom období a na jeho premiestnenie na vhodnejšie miesto v rámci danej lokality, resp. na inú, vhodnejšiu lokalitu. K tomuto návrhu prispela i skutočnosť, že projektovaná trasa tunela Havran bola preložená do severnejšej časti masívu.

5.1.2.20. Lokalita Banská Štiavnica

Stručná charakteristika lokality

Horninové prostredie neogénnych vulkanitov reprezentuje obojstranný zárez o dĺžke cca 80 m a výške do 8 m na komunikačnom obchvate Banskej Štiavnice smerom na Štiavnické Bane. Vybudovaný je v pyroxenickom andezitovom porfýre na jednej strane (V), a v silne hydrotermálne a tektonicky porušenom argilitizovanom andezite až argilite na strane druhej (Z). Horninový masív v záreze bol počas budovania zdanlivo celistvý, po odkrytí stavebným zásahom sa progresívne dezintegruje. Z deformácií masívu prevažuje gravitačné uvoľňovanie blokov a úlomkov rôznych rozmerov.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1995 až 2000

Monitorovanie na lokalite začalo v roku 1995. V tomto roku bola vykonaná podrobná inžinierskogeologická dokumentácia skalnej steny zárezu. Identifikované boli kvázihomogénne celky so špecifickou štruktúrou a inžinierskogeologickými vlastnosťami skalného masívu. Monitorovanie lokality pomocou pozemnej fotogrametrie bolo zamerané na každoročne opakované merania metódou časovej základnice. Z opakovaného zamerania skalného zárezu z jedného fixného bodu metódou pozemnej fotogrametrie sa opakované (v rokoch 1995 a 2000) vypracovalo 8 vytýčených vertikálnych profilov zárezu. Stereofotogrametrická metóda perspektívnych vrstevníc realizovaná v roku 1996 nepodávala interpretovateľné výsledky a preto v nasledujúcich rokoch už nebola opakovaná. V roku 2000 boli inštalované meracie skoby pre merač posunov horninových blokov (4 merania na 3 stanovištiach) a meracie body pre dilatometer (2 merania na 1 stanovisku). Opakovanie monitorovacích aktivít je v prehľadnej forme zaznamenané v tab. 5.1.12.

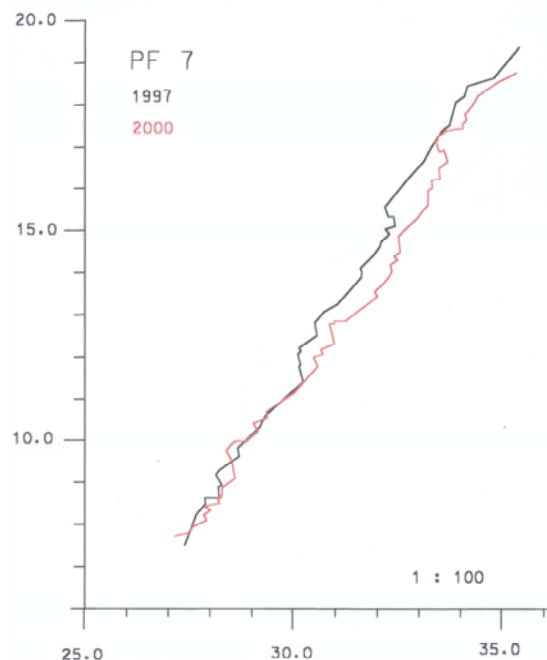
Tab. 5.1.12: Monitorovacie aktivity na lokalite Banská Štiavnica, realizované do 31. 12. 2000

Metódy Monitorovania	Frekvencia meraní
Inžinierskogeologické terénne meranie	Základné zhodnotenie štruktúry masívu (1995) a inštalácia meradla posuvov a dilatometra (2000).
Geodetické meranie	Základné meranie uskutočnené v lete roku 2000
Metóda časovej základnice	Základné meranie v roku 1995, opakované merania uskutočňované s ročnou frekvenciou (5 etáp)
Stereofotogrametrické meranie – vertikálne profily	Uskutočnené v rokoch 1996 a 2000

Zhodnotenie výsledkov meraní, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Monitorovanie merania preukázali degradáciu pravej časti zárezu v zóne rozvoľnených lavíc, kde došlo k vypadnutiu blokov o objeme asi 16 m³. Zmena morfológie steny zárezu v týchto miestach je čiastočne zachytená opakovaným fotogrametrickým

zameraním vertikálneho profilu č. 6 až 8 (obr. 5.1.41), kde je dokumentovaný úbytok horninového materiálu do hĺbky až 1 m. Pohyb nastal v smere k päte svahu pozdĺž priesečnice dvoch systémov diskontinuit 270°/45° a 360°/60°. V roku 1999 bol pozorovaný posun horninových blokov (označených číslami 11 až 15) v rozsahu 3 až 40 mm. Merania zmien polohy horninových blokov metódou časovej základnice naznačujú proces rozvoľňovania masívu v bezprostrednom okolí vypadnutej lavice, ako dôsledok straty opory spodných blokov a zníženia stability svahu horninového masívu nad oblasťou zosuvu (na monitorovaných bodoch č. 6 až 10 posun od 10 do 40 mm). Na pozorovanie dynamiky uvoľňovania horninových blokov v masíve od iniciálneho štádia až po završenie degradácie rúťivým pohybom boli zabudované meracie body (3 stanoviská pre meranie dilatometrom a 2 stanoviská pre merač posunov). Zabudované body sú zamerané tiež geodeticky so zámerom porovnania účinnosti jednotlivých metód na pozorovanie uvoľňovania horninových blokov.



Obr.5.1.41. Ukážka vertikálneho profilu situovaného v južnej časti odkryvu na lokalite Banská Štiavnica, na ktorej je vyhodnotená zmena morfológie skalného zárezu v dôsledku posunov a vypadnutia blokov.

5.1.2.21. Lokalita Demjata

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný obojstranný zárez preložky štátnej cesty II - 545, severne od obce Demjata, je situovaný v paleogénnom tektonicky silne porušenom flyšovom súvrství masívnych pieskocov, ktoré prevládajú nad polohami vápnených ílovcov až prachovcov. Dĺžka zárezu je cca 300 m s priemernou výškou 10 až 15 m. Stabilita stien je porušená

rozvoľňovaním v dôsledku nepriaznivej orientácie vrstiev a puklinovitosti pieskovcov vzhľadom k orientácii zárezu. Oddelené bloky pieskovcov rôzneho objemu sa zosúvajú po sústave predisponovaných šmykových plôch. Ílovcové polohy súvrstvia selektívnym vyvetrávaním podporujú uvoľňovanie skalných blokov, čím nadložné vrstvy pieskovcov strácajú oporu.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1995 až 2000

Monitorovanie zárezu cestnej komunikácie sa začalo v roku 1995. V tomto roku boli na základe terénnej dokumentácie spracované základné inžinierskogeologické údaje o lokalite (charakter diskontinuit, blokovitosť a rozvoľnenosť masívu). Súčasne bolo vykonané prvé základné zameranie lokality pozemnou fotogrametriou, ktoré slúžilo ako porovnávací model pre ďalšie pozorovania. Hlavnou monitorovacou metódou použitou na lokalite bola fotogrametrická metóda časovej základnice, ktorá každoročne umožňuje pozorovať zmeny morfológie zárezu. V rokoch 1996, 1998 a 2000 bola doplnená o 5 vertikálnych profilov steny zárezu, zameraných stereofotogrametrickou metódou. V roku 2000 boli na skalnej stene inštalované meracie skoby pre merač posunov horninových blokov (5 meraní na 3 stanoviskách) a meracie body pre dilatometer (2 merania na 1 stanovisku). Prehľad monitorovacích aktivít je zhrnutý v tab. 5.1.13.

Tab. 5.1.13: Monitorovacie aktivity na lokalite Demjata, realizované do 31. 12. 2000

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Inžinierskogeologické terénne meranie	Základné zhodnotenie štruktúry masívu (1995) a inštalácia meradla posuvov a dilatometra (2000).
Geodetické meranie	Základné meranie uskutočnené v lete roku 2000
Metóda časovej základnice	Základné meranie v roku 1995, opakované merania uskutočňované s ročnou frekvenciou (5 etáp)
Stereofotogrametrické meranie – vertikálne profily	Uskutočnené v rokoch 1996, 1998 a 2000
Stereofotogrametrické meranie – perspektívne vrstevnice	Uskutočnené v roku 1995

Zhodnotenie výsledkov meraní, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Podľa výsledkov meraní v roku 2000 metódou pozemnej fotogrametrie, v rámci rozvoľňovania pieskovcových blokov veľkých rozmerov neboli preukázané významné posuny. Zmeny morfológie povrchu steny nastali vo výrazne tektonicky porušenej zóne (priemerne v rozsahu 14 mm). V roku 2000 nebolo pozorované zrútenie jednotlivých blokov. V zóne selektívneho vyvetrávania posuny rigidných blokov dosahovali 1 až 3 mm, viditeľný je však odnos jemnozrnného horninového materiálu, postihnutého zvetrávaním. Zmena

morfológie steny je zrejmá zo súťažce vertikálnych profilov – spôsobená je vypadnutím niekoľkých blokov s objemom do 1 m³ (obr. 5.1.42). V roku 2000 inštalované značky pre dilatometrické merania a pre terénne merače posunu blokov, ako aj ich základné geodetické zameranie, umožnia v nasledujúcom období rozšíriť monitorovacie pozorovania a porovnať výsledky jednotlivých metód spolu s posúdením ich presnosti a finančnej náročnosti.

5.1.2.22. Lokalita Huty

Stručná charakteristika lokality

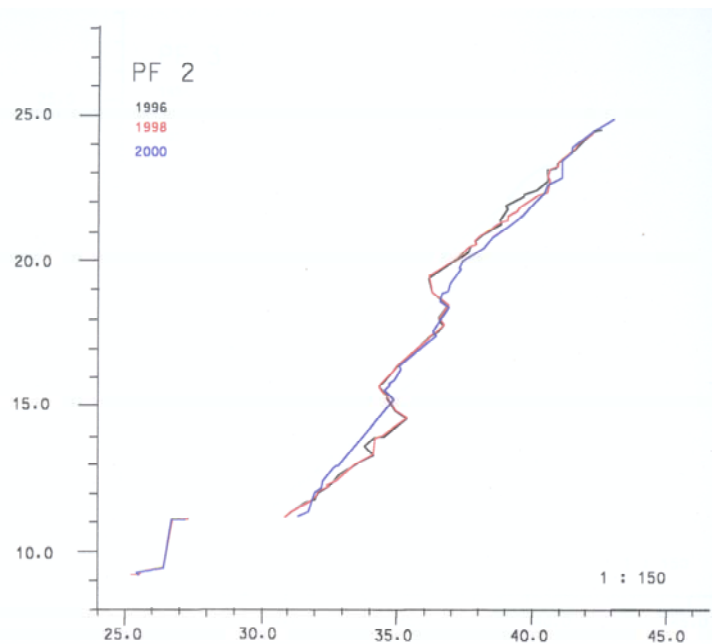
Lokalita Huty – Veľké Borové predstavuje odrez cestnej komunikácie dĺžky 100 m a výšky 20 m. Ide o cestu, ktorá zabezpečuje spojenie Oravy a Liptova. Odrez je vybudovaný v hrubolavicovom masíve vápнитých drobnozrnných zlepcov s numulitmi až numulitických vápencov, ktoré sú zaradované do bazálneho eocénu. Doskovitá až hranolovitá blokovitost' masívu sa uplatňuje predovšetkým v stredných a nižších polohách. Vrchná časť zárezu je masívneho charakteru a predstavuje odtrhovú hranu uvoľneného bloku horniny, ktorého úlomky sa nahromadili pri päte zárezu. Porušenie stability skalného odrezu gravitačným rozvoľňovaním pokračovalo vznikom ťahovej trhliny vo vyšších častiach svahu, v masíve nad odtrhovou hranou.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1995 až 1997

Monitorovanie zárezu cestnej komunikácie č. II/583 sa začalo v roku 1995. Monitorovacie aktivity spočívali v realizácii inžinierskogeologických metód hodnotenia štruktúry skalných zárezov, v stabilitnej analýze a v meraniach metódami pozemnej fotogrametrie. Zhrnutie uskutočnených monitorovacích meraní sa nachádza v tab. 5.1.14.

Tab. 5.1.14: Monitorovacie aktivity na lokalite Huty, realizované do roku 1997

Metódy monitorovania	Frekvencia meraní
Inžinierskogeologické terénne meranie	Základné zhodnotenie štruktúry masívu (1995). Po upozornení na nestabilný stav masívu realizácia podrobného inžinierskogeologického prieskumu a uskutočnenie sanačných opatrení v roku 1997
Metóda časovej základnice	Základné meranie uskutočnené v roku 1996
Stereofotogrametrické meranie – vertikálne profily	Uskutočnené v roku 1996
Stereofotogrametrické meranie – perspektívne vrstevnice	Uskutočnené v roku 1996



Obr.42. Ukážka súťažce vertikálneho profilu č.2. na lokalite Demjata, skonštruovaného fotogrametrickou metódou v rokoch 1996, 1998 a 2000. Profil je lokalizovaný v strednej časti monitorovaného zárezu v zóne selektívneho zvetrávania

Zhodnotenie výsledkov meraní, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Na základe podrobného inžinierskogeologického hodnotenia masívu bola konštatovaná mimoriadne nepriaznivá orientácia systémov diskontinuit k orientácii odrezu. Vo vrchnej časti bol lokalizovaný uvoľnený horninový blok o objeme niekoľko m³, ktorý svojou nestabilitou ohrozoval cestnú premávku. Sanácia havarijného stavu, ktorá bola iniciovaná na základe výsledkov monitorovania, významne zasiahla do morfológie zárezu odstránením nestabilných blokov odstreľom, alebo ich ukotvením a výstavbou ochranného múru z ekokošov. Z tohto dôvodu boli monitorovacie práce v roku 1997 ukončené.

5.1.2.23. Lokalita Harmanec

Stručná charakteristika lokality

Odrez cestnej komunikácie Horná Štubňa – Harmanec dĺžky 80 m a výšky cca 20 m je vybudovaný v horninovom prostredí dolomitického komplexu mezozoika. Horninový masív je zdanlivo celistvý, ale po odkrytí stavebným zásahom sa správa ako výrazne drobná a rozpadavá hmota. Vrstevnatosť masívu, ako významný prvok sedimentárnych komplexov, nie je možné presne definovať (v náznakoch sa prejavuje v subhorizontálnych, priebežných diskontinuitách). Masív je výrazne tektonicky porušený priebežnými dislokáciami a poruchovými zónami, so širokými zónami drvenia. Tieto zóny oslabenia sú priestorovo orientované vertikálne, priečne na svah. Masív je prestúpený aj nesystematicky

usporiadanými, nepriebežnými puklinami rôznej orientácie. Dominantným prejavom degradácie odrezu je celoplošné osýpanie drobnou úlomkovitým materiálom dolomitov, uvoľnených pôsobením zvetrávania, erózie a vyplavovaním medzipuklinovej výplne.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1995 až 2000

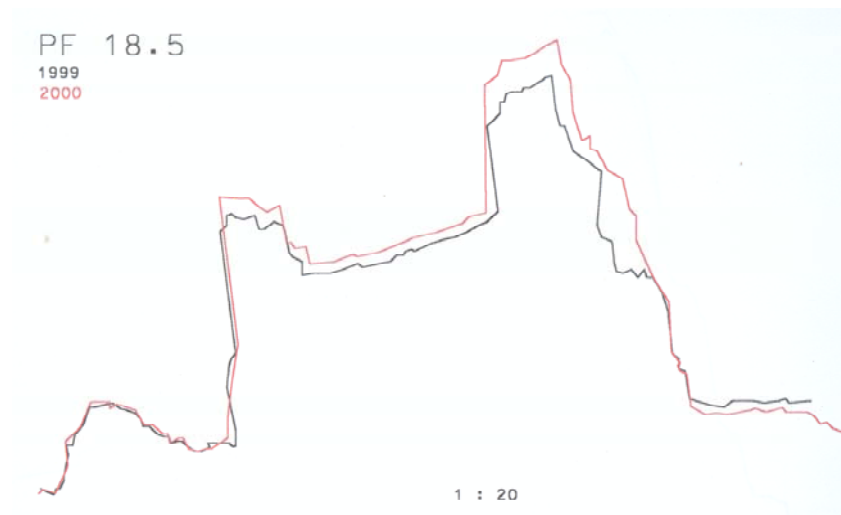
Monitorovanie odrezu cestnej komunikácie sa začalo v roku 1995, keď skalná stena bola podrobne inžinierskogeologicky zdokumentovaná (súbor údajov o charaktere diskontinuit, blokovitosti a rozvoľnenosti masívu). Súčasne bolo realizované prvé základné zameranie lokality pozemnou fotogrametriou, ktorým sa vytvoril porovnávací model pre ďalšie pozorovania. Ako hlavná metóda monitorovania bola vybraná metóda konštrukcie perspektívnych vrstevníc, realizovaná pozemnou fotogrametriou. Súbor monitorovacích aktivít je v prehľadnej forme zhrnutý v tab. 5.1.15.

Zhodnotenie výsledkov meraní, návrh opatrení a ďalšieho postupu monitorovania

Na odreze pre cestné teleso v Harmanci sa pre perspektívny zakres vrstevníc pozornosť sústredila predovšetkým na centrálnu, tektonicky najviac postihnutú časť, kde sa od r. 1995 vykonávali merania zmien povrchu skalnej steny v 17-tich výškových profiloch v úseku dlhom približne 4,5 m. Z priebežného vyhodnotenia meraní na profiloch vyplýva, že k úbytku hmoty dochádza predovšetkým v horných častiach centrálnej eróznej ryhy. Deformácia je spôsobená postupným vypadávaním drobných úlomkov, ojedinele aj blokov pozdĺž tektonickej poruchy vertikálneho smeru s orientáciou $308^{\circ}/85^{\circ}$, ktorá vymedzuje uvedenú výraznú eróznou ryhu. Opakované horizontálne profily poukazujú na pád menších blokov alebo úlomkov. Najvýznamnejší úbytok horninového materiálu je pozorovaný na profiloch vo výške 18,5 až 19,5 m, kde v polohách najhlbšieho zárezu dosahuje až 10 cm (obr. 5.1.43). Vzhľadom na to, že na zmenu morfológie eróznej ryhy vplyvajú predovšetkým procesy zvetrávania a erózie, navrhujeme pozorovať stabilitu skalného odrezu pomocou dilatometra na monitorovacích bodoch, inštalovaných v roku 2000, ktoré môžu zachytiť prípadný pohyb pozdĺž diskontinuity s polohou $59^{\circ}/20^{\circ}$, nepriaznivo orientovanej voči orientácii zárezu.

Tab. 5.1.15: Monitorovacie aktivity na lokalite Harmanec, realizované do 31. 12. 2000

Metódy Monitorovania	Frekvencia meraní
Inžinierskogeologické terénne meranie	Základné zhodnotenie štruktúry masívu (1995) a inštalácia meradla posuvov a dilatometra (2000).
Geodetické meranie	Základné meranie uskutočnené v lete roku 2000
Stereofotogrametrické meranie – perspektívne vrstevnice	Uskutočňované každoročne od roku 1995 (5 etáp)



Obr. 5.1.43: Znárodnenie úbytku horninového materiálu počas ročného intervalu monitorovania lokality Harmanec. Konštrukcia horizontálneho profilu morfológie skalnej steny vo výške 18.5 m v lokálnom súradnicovom systéme je vypracovaná pomocou metódy fotogrametrického modelu stereosnímk

5.1.3. Závorečné zhrnutie

Základné výsledky monitorovania za celé obdobie riešenia úlohy (od 1.8.1993 do 31.12. 2000) sumarizujeme v prehľadnej tabuľke (tab. 5.1.16). V tabuľke uvádzame i stupeň dôležitosti monitorovania jednotlivých lokalít (III. - celospoločensky i odborne najvýznamnejšie lokality, monitorované zvyčajne komplexne, t.j. aplikáciou všetkých, alebo väčšiny monitorovacích metód, II.- významné lokality, monitorované zvyčajne čiastočne, t.j. aplikáciou iba niektorých metód monitorovania, I. - málo významné lokality, monitorované na úrovni udržiavacej, t.j. zvyčajne iba pochôdzkami s kontrolou stavu siete monitorovacích objektov a konečne 0 – lokality, ktorých monitorovanie z celospoločenského a odborného hľadiska stratilo svoje opodstatnenie, alebo jeho technická realizácia je problematická). Súčasne je v tabuľke uvedený i návrh ďalšieho postupu monitorovania.

Tab. 5.1.16: Prehľad výsledkov monitorovania za celé obdobie riešenia úlohy

Lokalita (úroveň jej významnosti)	Hlavné výsledky monitorovania	Návrh ďalšieho postupu
1. Veľká Čausa (III.)	Dlhodobým monitorovaním preukázaná rozdielnosť v správaní jednotlivých častí zosuvného územia. Jeho V časť po úspešnom odvodnení je stabilná, vyriešiť treba odvodnenie hornej Z časti svahu. Ľubovoľné aktivity v území si vyžadujú odborné posúdenie.	Celospoločenský i odborný význam lokality podmieňuje pokračovanie monitorovania na rovnakej úrovni
2A. Malá Čausa (II.)	Výsledky monitorovania preukázali neúplnosť sanácie zosuvného svahu. Podzemná voda stále vystupuje nad povrch terénu v JV časti väčšieho zosuvu. Menší zosuv sa dotvára, čo sa prejavuje deformáciami predovšetkým v povrchovej vrstve.	Pokračujúce monitorovanie umožní zhodnotiť stupeň zhoršenia aktuálnych stabilitných pomerov.
2B. Bojnice (II.)	Monitorovaním preukázaný v súčasnosti ukludnený stav svahovej deformácie. Zo spracovania režimových pozorovaní vyplýva pomalý priebeh odvodnenia svahu, čo podmieňuje málo priaznivú stabilitnú prognózu.	Vzhľadom na nepriaznivú prognózu stabilitného vývoja ponechať pozorovania na doterajšej úrovni.
2C. Diviaky n.Nitricou (0. – I.)	Spracovaním režimových pozorovaní preukázaná schopnosť sanačných opatrení zabezpečiť rýchle odvodnenie svahu. Z uvedených dôvodov priaznivá stabilitná prognóza.	Vzhľadom na priaznivú prognózu stabilitného vývoja možno monitorovacie aktivity na lokalite ukončiť
3. Handlová (II.)	Preukázaný celkovo stabilný stav svahu v reprezentatívnom profile s prejavmi koncentrácie napätí v odlučnej oblasti zosuvu.	Pokračovanie monitorovacích meraní so zvýšením frekvencie režimových pozorovaní.
4. Dolná Mičiná (II.)	Preukázaný celkovo stabilný stav sanovaného svahu s prejavmi dotvárania materiálu zosuvu, predovšetkým na jeho južnom okraji.	Výsledky niektorých meraní podmieňujú potrebu monitorovania na doterajšej úrovni.
5. Ľubietová (II.)	Na základe výsledkov monitorovania a stabilitného výpočtu preukázaná potenciálna nestabilita zosuvu, predovšetkým jeho S okraja. Potreba sfunkčnenia odvodňovacích zariadení.	Z nepriaznivej stabilitnej prognózy vyplýva potreba monitorovania na doterajšej úrovni.
6. Fintice (III.)	Pozorovania preukázali výrazný aktívny pohyb spodnej, akumulačnej časti zosuvu, ktorý spôsobil i vážne škody (porušenie plynovodu).	Pokračovanie pozorovaní v rovnakom rozsahu. Kompletizácia siete monit. objektov.
7. Slanec (0.)	Zhodnotenie režimových pozorovaní preukázalo mierne stúpajúci trend úrovne hladiny podzemnej vody a klesajúcu výdatnosť odvodňovacích vrtov.	Pozorovania na lokalite boli ukončené v roku 1998 (nefunkčnosť siete monit. objektov).
8. Okoličné (III.)	Súborom meraní preukázaná potenciálna nestabilita svahu s vyčlenením jeho kritických oblastí a s návrhom doplňujúcich sanačných opatrení (na zamedzenie sekundárnej infiltrácie vôd do telesa zosuvu). Geodetické merania z jesene 2000 preukázali kritický stav menšieho prúdového zosuvu v západnej časti územia, ktorý môže bezprostredne ohroziť železničnú trať.	Celospoločenský význam lokality, bohatá databáza údajov a získané skúsenosti podmieňujú potrebu pokračovať v monitorovaní lokality v rovnakom rozsahu.
9. Liptovská Mara (II.)	Na základe zhodnotenia výsledkov meraní konštatovaný stabilný stav zosuvu. Objektívnosť ďalších pozorovaní závisí v značnej miere od skompletizovania siete geodetických bodov.	Pokračovanie pozorovaní v rovnakom rozsahu, prípadne rozšírenie siete.
10. Žilina – Dubeň (0.)	Na základe výsledkov meraní vrtným variantom metódy PEE rozčlenenie zosuvného územia na bloky s rôznou aktivitou pohybu.	Monitorovanie metódou PEE ukončené k 31.12.1997.
11. Oravský Podzámok (I. – 0.)	Na základe pochôdzkovania konštatovaná potenciálna nestabilita svahu. Na overenie tejto skutočnosti potreba obnovenia monitorovacej siete.	Monitorovanie na udržiavacej úrovni, alebo úplné ukončenie monitorovacích prác.

Lokalita (úroveň jej významnosti)	Hlavné výsledky monitorovania	Návrh ďalšieho postupu
12. Harvelka (0.)	Na základe pochôdzkovania a meraní hydrogeologických parametrov konštatovaná nestabilita častí svahu. Z celospoločenského hľadiska nie je pozorovanie lokality odôvodnené.	Vzhľadom na stratu dôležitosti lokality ukončenie jej monitorovania.
13. Klieštiná (0.)	Na základe pochôdzkovania konštatovaná potenciálna nestabilita niektorých častí svahu. Z celospoločenského hľadiska nie je pozorovanie lokality odôvodnené	Ukončenie monitorovania lokality.
14. Hlohovec – Posádka (II.)	Okrem náznakov potenciálnej nestability svahu preukázaný i vplyv ďalších faktorov na celkový stabilný stav masívu. Upresnenie niektorých predstáv o stavbe zosuvných svahov v danom prostredí.	Ponechanie monitorovacích meraní na predchádzajúcej úrovni. V prípade realizácie VD ich výrazné rozšírenie.
15. Višňuk (I.)	Meraniami preukázané sezónne zmeny napätostného stavu a lokálna aktivizácia dielčích zosuvných pohybov, prejavujúca sa aj na objektoch technosféry.	Ponechanie monitorovacích meraní na predchádzajúcej úrovni.
16. Veľká Izra (II.)	Meraniami preukázané otváranie trhlín a odvalovanie spodného bloku od masívu, ktoré môže v budúcnosti viesť až k jeho zrúteniu.	Ponechanie monitorovacích meraní na predchádzajúcej úrovni.
17. Sokol (II.)	Preukázaný bol typický gravitačný pohyb (pokles) bloku na okraji rozsiahlej svahovej deformácie, odklápanie a čiastočne pootočenie bloku.	Ponechanie monitorovacích meraní na predchádzajúcej úrovni.
18. Košícký Klečenov (II.)	Zhodnotenie výsledkov meraní potvrdilo výrazný trend pohybu blokov vo vertikálnom smere, spôsobený pravdepodobne tektonickými pohybmi.	Ponechanie monitorovacích meraní na predchádzajúcej úrovni, prípadne s hustejšou frekvenciou.
19. Ľubochňa – Havran (0.)	V pozorovanej trhline sa prejavovali predovšetkým vplyvy klimatických cyklov. Zachytený bol náznak zužovania trhliny.	Ukončenie monitorovania a demontáž prístroja.
20. Banská Štiavnica (II.)	Preukázanie degradácie východnej časti zárezu s pomerne rozsiahlym vypadávaním skalných blokov. Meraniami zachytené posuny blokov a zmeny morfológie skalných stien.	Doplnenie aplikovaných metód monitorovania ďalšími s možnosťou vzájomného porovnávania výsledkov
21. Demjata (II. – III.)	Monitorovacie merania preukázali zmeny v stabilnom stave skalnej steny. Zmena morfológie steny je zrejme zo sútláče vertikálnych profilov, ktorá identifikuje vypadnutie niekoľkých blokov s objemom do 1m ³ .	Doplnenie aplikovaných metód monitorovania ďalšími s možnosťou vzájomného porovnávania výsledkov
22. Huty (III.)	Na základe výsledkov monitorovania bol na lokalite konštatovaný havarijný stav a po podrobnom prieskume bola uskutočnená sanácia skalnej steny.	Pretože sanačné opatrenia významne zmenili morfológiu steny, bolo monitorovanie v roku 1997 ukončené
23. Harmanec (II.)	Vzhľadom na extrémnu drobivosť a rozpadavosť dolomitov sú zmeny morfológie skalnej steny spôsobené predovšetkým zvetrávaním a eróziou.	Rozsiahlejšie porušenie stability monitorovať dilatometrom lokálne na diskontinuite, nepriaznivo uklonenej voči polohe skalnej steny.

5.2. ERÓZNE A ABRÁZNE PROCESY

Súčasťou monitorovania geologických faktorov životného prostredia je aj monitorovanie erózných procesov. Pri zostavovaní projektu geologickej úlohy a pri jej riešení sme sa zamerali hlavne na geologickú a inžinierskogeologickú stránku. Z tejto filozofie vyhádzala aj zvolená metodika a výber lokalít. Nakoľko v priebehu riešenia projektu vyvstala potreba monitoringu aj erózných procesov na poľnohospodárskej pôde ako takej, nadviazali sme spoluprácu s prof. Ing. J. Antalom, DrSc., ktorý vypracoval štúdiu venovanú možnostiam monitoringu pôd. V priebehu riešenia úlohy bola navrhnutá, pripravená a odskúšaná metodika na lokalite Turá Lúka.

5.2.1. Metodika práce

Metodicky sa úloha opiera o existenciu podrobných topografických máp v mierke 1:10 000, leteckých snímok robených v rokoch 1945-49 a v rokoch 1987-94 v mierke cca 1:12 000 až 1:30 000, o geologické a inžinierskogeologické mapy a o archívne dáta uložené v archívoch Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra a o digitálne modelovanie a spracovanie dát. Za ukazovateľ stupňa erodovateľnosti sa považuje existencia výmoľov. Stupeň erodovateľnosti územia sa posudzuje podľa dĺžky a plochy výmoľov pripadajúcich na jednotku plochy. Časovou zložkou monitoringu je rekonštrukcia stavu výmoľovej erózie v roku 1949 (na základe leteckých fotografií z roku 1949) a jeho porovnanie so súčasnosťou (s dobou posledného leteckého fotografovania územia, t.j. v rokoch 1987-94). Podrobné metodické postupy riešenia monitoringu erózných procesov sú uvedené v zodpovedajúcej časti predchádzajúcich čiastkových záverečných správ (Klukanová et al., 1998, 2000).

Monitorované lokality sú v tabuľke 5.2.1.

Tab. 5.2.1. Prehľadná tabuľka monitorovaných lokalít

Lokalita	Geomorfologický celok	Štruktúrno-tektonická oblasť	Plocha [km ²]	Monitorované obdobie [rok]	Dĺžka er. rýh [km.km ⁻²]
1. Brezová pod Bradlom	Myjavská pahorkatina	Bradlové pásmo	11,58	43	2,00
2. Nováky	Hornonitrianská otlina	Vnútrokarpatské panvy a kotliny	26,60	43	2,74
3. Dudince	Krupinská planina	Neovulkanity	42,98	42	2,04
4. Klenovec	Stolické vrchy	Veporské pásmo	30,53	42	0,17
5. Plaveč	Spišsko – Šarišské medzihorie	Vonkajšie flyšové pásmo	14,42	43	1,49
6. Varhaňovce	Prešovská kotlina	Vnútrokarpatské panvy a kotliny	12,65	46	1,10
7. Osrblie	Veporské vrchy	Veporské pásmo	00,06		

Odlišné postavenie má monitoring na lokalite Osrblic. Táto lokalita bola do podsystému monitorovania erózných procesov zaradená dodatočne na základe potreby riešiť následky prírodnej kalamity z roku 1996, kedy na území lokality došlo k rozsiahlemu polomu a jeho následnému ohrozeniu akcelerovanou eróziou. Podstatou riešenia je pravidelné terénne mapovanie a o vyhodnocovanie pozemných fotografií a pozorovanie zmeny zrnitosti zemín odoberaných z lokality v časových odstupoch.

5.2.2. Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu

Metódy monitorovania, používané pri riešení tejto časti úlohy, sú podrobne opísané v predchádzajúcich čiastkových záverečných správach (Klukanová et al., 1998, 2000). Monitorované prvky a frekvencia ich zberu je prispôbená zvolenej metodike. Dáta sa zbierajú z jednotlivých lokalít postupne, pre každú lokalitu sú vyhodnocované dve sady LMS, topografický podklad a digitálne modely. Dáta sa na monitorovaných lokalitách vďaka retroaktívnemu zberu dát zbierajú v časovom odstupe cca 40 rokov len dva krát, t.j. monitorovacie intervaly sú v rozmedzí 38 - 42 rokov. Na monitorovanej lokalite sa meria v prvom rade počet, dĺžka a plocha erózných rýh.

Na lokalite Osrblic sa vyhodnocuje postup erózie v porovnaní k stavu rok po prírodnej kalamite, teda k roku 1997. Ďalej sa vyhodnocuje zmeny zrnitosti svahových zemín.

5.2.3. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Z technických dôvodov a z dôvodov zmeny projektu geologickej úlohy sa práce na monitoringu erózných procesov začali naplno realizovať až od roku 1997. Zvolená metodika je časovo náročná na získavanie dát, ako i následné spracovanie dát. Doterajšie práce na úlohe sú spojené predovšetkým so získavaním dát. Výsledky o vývoji erózie preto zatiaľ môžeme predložiť len na niektorých monitorovaných lokalitách.

Podrobná charakteristika jednotlivých lokalít a doteraz získaných výsledkov je uvedená v predošlých čiastkových správach predkladaných v rokoch 1998 a 2000.

5.2.3.1. Lokalita Brezová pod Bradlom na Myjavskej pahorkatine

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Brezová pod Bradlom leží na južnom okraji Myjavskej pahorkatiny pri obci Brezová pod Bradlom. Lokalita je vo vegetačne odkrytej poľnohospodársky aktívnej oblasti, len malá, severná časť územia je zarastená. Tá časť územia, ktorá je zalesnená, je prakticky bez prejavov výmoľovej erózie, nakoľko ju budujú prevažne vápencové horniny bradlového

pásma. Početné výmole sú viazané na mäkké flyšoidné horniny – slieňovce a na nich ležiace pokryvné útvary.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1993 až 2000

Na lokalite Brezová pod Bradlom boli vykonané práce predchádzajúce hodnoteniu vývoja erózie a to digitalizácia výškopisu územia (vrstevníc), zhotovenie digitálneho modelu reliéfu územia (3D model), zhotovenie modelov krivosti terénu po vrstevnici, krivosti terénu po spádnici, dĺžky svahov, špecifických prispievajúcich plôch, orientácie svahov a sklonitosti svahov. Ďalej boli pripravené sady starých a nových leteckých snímok na digitálne spracovanie (ortorektifikácia) s rozlíšením 1 m na pixel. Na lokalite boli ďalej odobraté vzorky zemín na laboratórne stanovenie ich zrnitosti ako i ďalších fyzikálnych vlastností, ktorých výsledky sú prezentované v čiastkovej záverečnej správe z roku 1998.

Zhodnotenie výsledkov meraní

Výsledky prác na lokalite Brezová pod Bradlom urobené za prezentované obdobie riešenia úlohy zatiaľ nepriniesli priame výsledky vývoja erózie za monitorovacie obdobie 43 rokov. Budú prezentované v neskorších správach.

5.2.3.2. Lokalita Nováky v Hornonitrianskej kotline

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Nováky leží v juhozápadnej časti Hornonitrianskej kotliny. Lokalita je budovaná nespevnenými alebo slabo spevnenými neogénnymi molasovými sedimentami (štrky, piesky a íly, ílovce, prachovce) a kvartérnym pokryvom. Tieto horniny tvoria na území Slovenska komplexy, ktoré sú najintenzívnejšie postihované výmoľovou eróziou a svahovými deformáciami. Územie leží v priemyselne, poľnohospodársky a hlavne ekologicky exponovanom prostredí.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1993 až 2000

V sledovanom území bola zostavená mapa inžinierskogeologická mapa – obr. 5.2.1, mapa využitia územia lokality Nováky v roku 1949 je na obr. 5.2.2 a pre porovnanie na obr. 5.2.3 je mapa využitia toho istého územia v roku 1992. V rámci monitorovacích prác vývoja erózie na lokalite Nováky bol zhotovený digitálny model reliéfu územia (3D model), na základe ktorého bola spravená ortorektifikácia leteckých snímok s rozlíšením 1 m na pixel. Na obr. 5.2.4 je ortorektifikovaná fotografia lokality Nováky z roku 1992. Ďalej bol zhotovený model nadmorských výšok - obr. 5.2.5, model orientácie svahov, model sklonitosti územia - obr. 5.2.6, model orientácie svahov - obr. 5.2.7, model krivosti terénu po vrstevnici, krivosti

terénu po spádnici, model priemerného zakrivenia reliéfu - obr. 5.2.8, model dĺžky svahov - obr. 5.2.9, mapa špecifických prispievajúcich plôch - obr. 5.2.10. Na lokalite boli odobraté vzorky zemín na laboratórne stanovenie fyzikálnych vlastností, ktorých výsledky sú prezentované v správe z roku 1998. Na základe získaných výsledkov bol vyhodnotený vývoj erózie na lokalite.

Zhodnotenie výsledkov meraní

Lokalita Nováky je podrobne spracovaná v správe z roku 1999. Preto v tejto správe uvádzame len stručnú rekapituláciu výsledkov.

Pri vyhodnocovaní erózných rýh na LMS je neriešiteľným problémom lesný porast, v ktorom sa erózna ryha nachádza. V takom prípade sa ryha nedá identifikovať a vyhodnocovanie rýh sa v takom prípade opiera len o mapové podklady a terénne mapovanie. Takéto práce však hodnotia len súčasný stav, spätná rekonštrukcia erózných rýh v roku 1949 je v takom prípade nemožná. Tento problém je na lokalite Nováky, kde sa lesný porast nachádza na väčšej ploche než sme pôvodne predpokladali. Z tohto dôvodu sa získané výsledky vzťahujú len na identifikované erózne ryhy (23% z celkového počtu rýh) a nie na všetky ryhy vyskytujúce sa na monitorovanom území.

Na území lokality Nováky sa výmoľová erózia prejavuje množstvom plytkých a hlbokých erózných rýh, ktoré tvoria významný morfológický prvok územia. Na monitorovanom území pripadá 2,32 km erózných rýh na kilometer štvorcový.

Plocha, ktorú identifikované erózne ryhy zaberali v roku 1949 bola na základe analýzy ortorektifikovaných leteckých meračských snímok (LMS) stanovená na 0,521 km² a ich celková dĺžka na 13,427 km (tab. 5.2.2). Pri hodnotení identifikovaných erózných rýh na LMS z roku 1949 boli tieto rozdelené do troch skupín. Prvú skupinu tvoria ryhy kontinuálne, existujú aj na LMS z roku 1992. Druhou skupinou sú ryhy pohltené, v priebehu 43 rokov boli pohltené inými ryhami, spravidla tými, z ktorej sa vetvili. Takýchto rýh bolo identifikovaných 12 a ich plocha a dĺžka je uvedená v tabuľke 5.2.2. Posledná, tretia skupina erózných rýh sú ryhy, ktoré v priebehu monitorovacích 43 rokov zanikli. Príčinou ich zániku bola vo všetkých prípadoch činnosť človeka. Zaniknutých rýh bolo dovedna identifikovaných 19 (tab. 5.2.2).

Tab.5.2.2. Plocha a dĺžka erózných rýh identifikovateľných na LMS z roku 1949 a 1992

Erózne ryhy	1949			1992		
	Počet N	Plocha [km ²]	Dĺžka [km]	Počet n	Plocha [km ²]	Dĺžka [km]
kontinuálne ryhy	41	0,463	11,267	41	0,594	10,415
pohltené ryhy	12	0,021	0,238			
zaniknuté ryhy	19	0,037	1,922			
nové erózne ryhy				9	0,021	0,915
spolu	72	0,521	13,427	50	0,616	11,331

Na základe analýzy robenej na ortorektifikovaných LMS z roku 1992 bola celková plocha identifikovaných erózných rýh na monitorovanom území Nováky stanovená na 0,616 km² a ich dĺžka na 11,331 km (tab. 5.2.2). Erózne ryhy hodnotené na LMS zo súčasnosti sme rozdelili len do dvoch skupín. Prvú skupinu tvoria ryhy kontinuálne, existovali aj pred 43 rokmi. Sú to tie isté ryhy, ktoré boli identifikované aj na LMS z roku 1949, t.j. je ich 41 (tab. 5.2.2). Druhou skupinou rýh sú ryhy nové, t.j. tie, ktoré vznikli v priebehu 43 monitorovacích rokov. Dovedna sme identifikovali 9 nových erózných rýh.

Z hore uvedeného je zrejmé, že za obdobie 43 rokov sa na monitorovanom území Nováky celková dĺžka identifikovaných erózných rýh skrátila o 1,852 km a celková plocha erózných rýh sa zväčšila o 0,095 km². Ak sa východiskový stav z roku 1949 zoberie ako jednotkový základ, tak za obdobie 43 rokov sa erózne ryhy na monitorovanom územia skrátili o 13% z pôvodnej dĺžky a ich plocha sa zväčšila o 18% vzhľadom na pôvodnú plochu. Prírastok plochy kontinuálnych a pohltených rýh spolu (spolu preto, lebo všetky pohltené ryhy boli pohltené kontinuálnymi ryhami) predstavuje 0,111 km², čo je 21% prírastok. Skrátene dĺžky kontinuálnych rýh je 0,852 km, čo predstavuje 6% z dĺžky identifikovaných rýh v roku 1949. Porovnanie dĺžky a plochy zaniknutých a nových erózných rýh ukazuje, že za 43 rokov zaniklo viacej erózných rýh, ako ich vzniklo (tab. 5.2.3). Rozdiel medzi plochou nových a zaniknutých erózných rýh je -0,016 km² (-3% vzhľadom k ploche rýh v roku 1949) a rozdiel medzi dĺžkami nových a zaniknutých rýh je -1,006 km (-7% vzhľadom k dĺžke rýh v roku 1949).

Tab. 5.2.3. Prírastok plochy a dĺžky erózných rýh za obdobie 43 rokov, medzi rokmi 1949 a 1992 stanovený na základe LMS

Prírastok erózných rýh	Plocha		Dĺžka	
	[km ²]	[%]	[km]	[%]
prírastok na kontinuálnych ryhách	0,111	21%	- 0,852	- 6%
nové – zaniknuté	- 0,016	- 3%	- 1,006	- 7%
prírastok celkovo	0,095	18%	- 1,852	- 13%

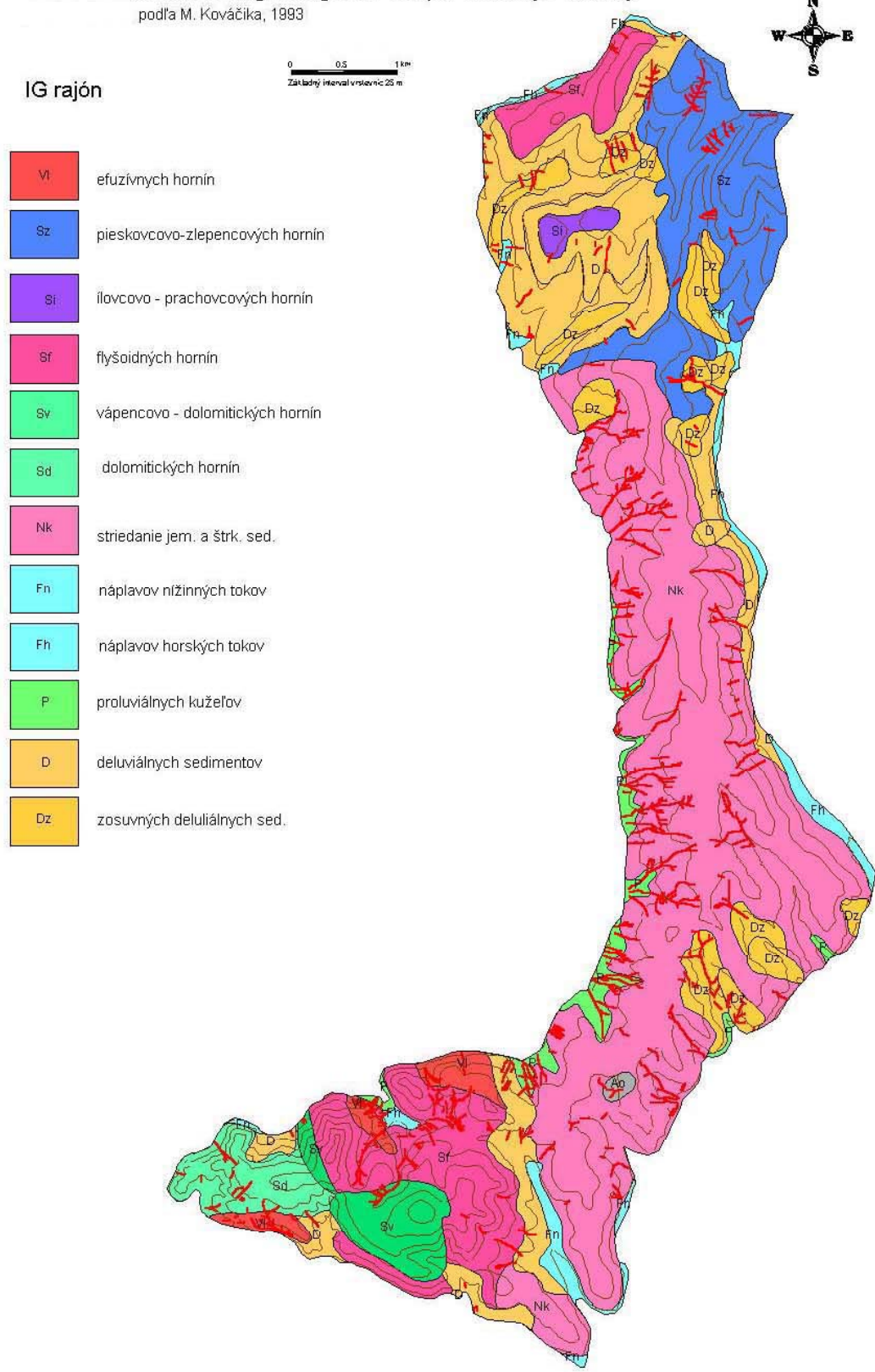
Percentá sa vzťahujú na celkovú plochu a dĺžku rýh v roku 1949

Z nameraných výsledkov vidno, že nárast plochy erózných rýh ďaleko prevyšuje nárast ich dĺžok, respektíve, že celková dĺžka erózných rýh zaregistrovaných na LMS sa skrátila, a to až o 13% oproti pôvodnej dĺžke. Tento rozdielny nárast (strata) plochy a dĺžky rýh možno vysvetliť viacerými faktormi. Prvým je častý výskyt drobných zosuvov svahových sedimentov na okrajoch erózných rýh. Tieto drobné zosuvy viacej prispievajú k nárastu plochy ryhy ako jej dĺžky. Ďalším faktorom je pohlcovanie krátkych bočných rýh hlavnou ryhou, čo má za následok, že sa celá dĺžka pohltenej ryhy "stratí", nakoľko jej dĺžka nie je prirátaná k celkovej dĺžke hlavnej ryhy, ale sa stáva jej súčasťou, čím zväčšuje jej plochu. Tretím faktorom je činnosť človeka, ktorý svojim aktívnymi zásahmi do prostredia vyrovnáva terénne nerovnosti, vrátane erózných rýh.

Obr. 5.2.1

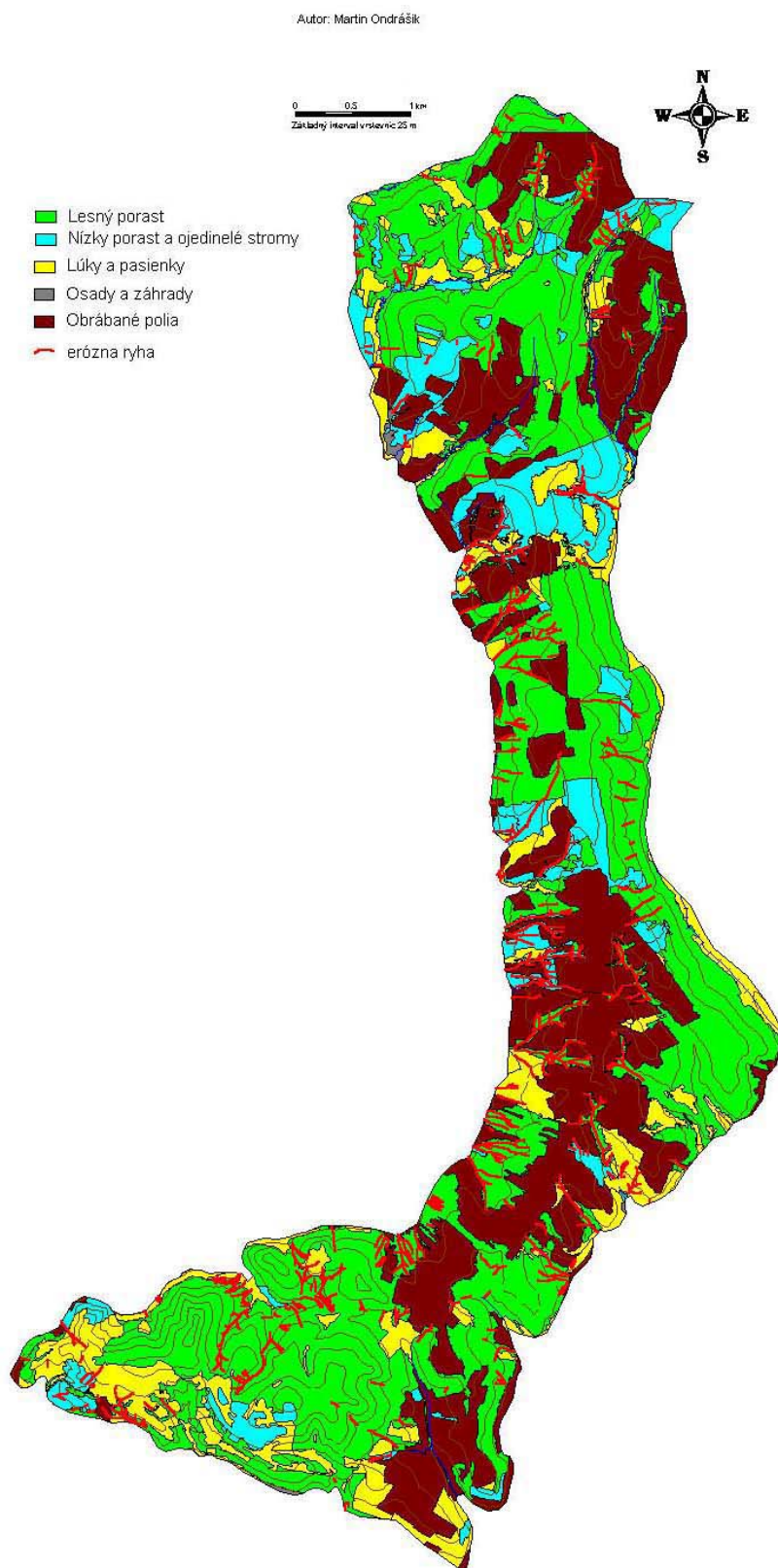
Inžinierskogeologická mapa lokality Nováky

podľa M. Kováčika, 1993



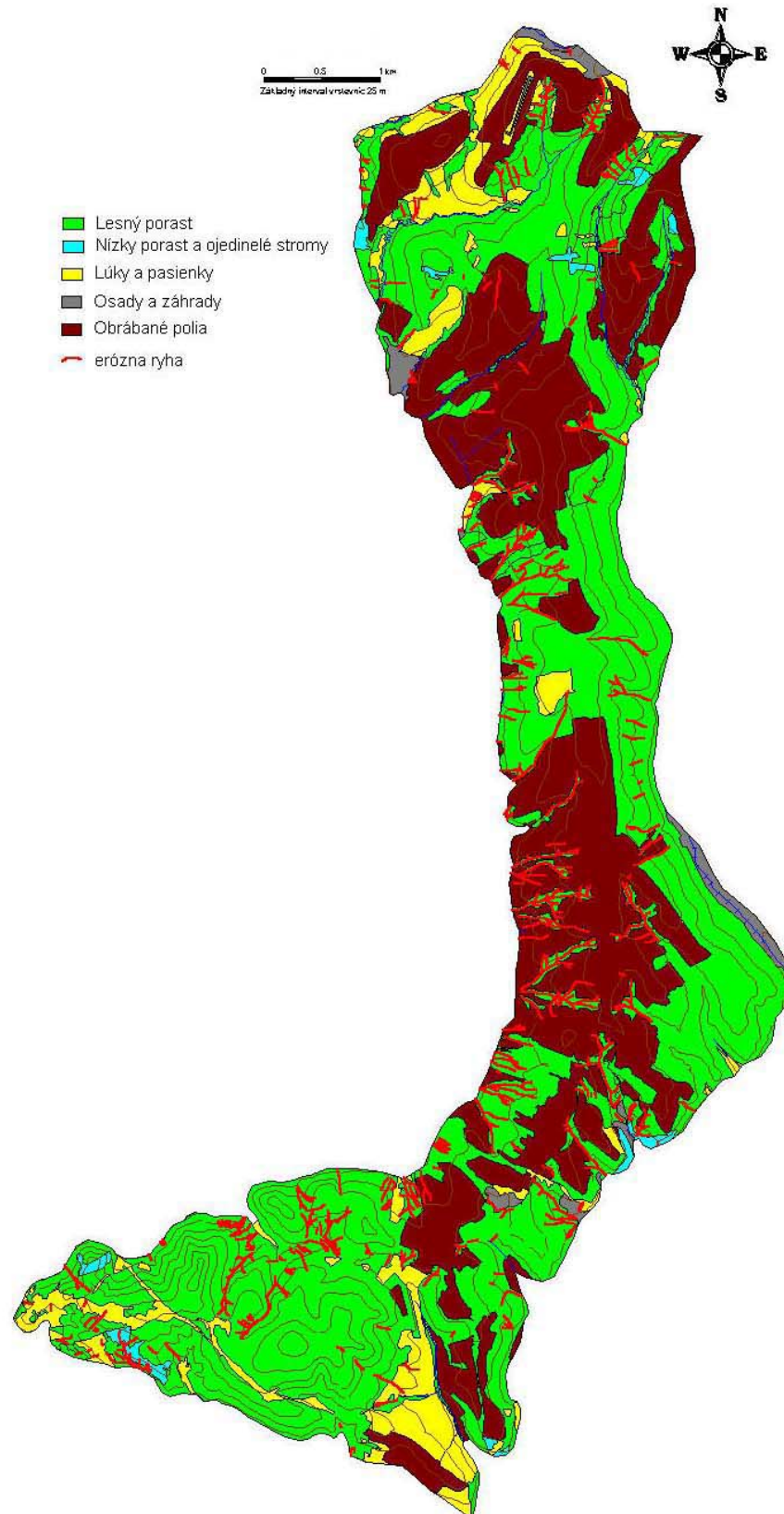
Obr.5.2.2

Mapa využitia územia lokality Nováky v roku 1949



Mapa využitia územia lokality Nováky v roku 1992

Autor: Martin Ondrášik



Obr. 5.2.4

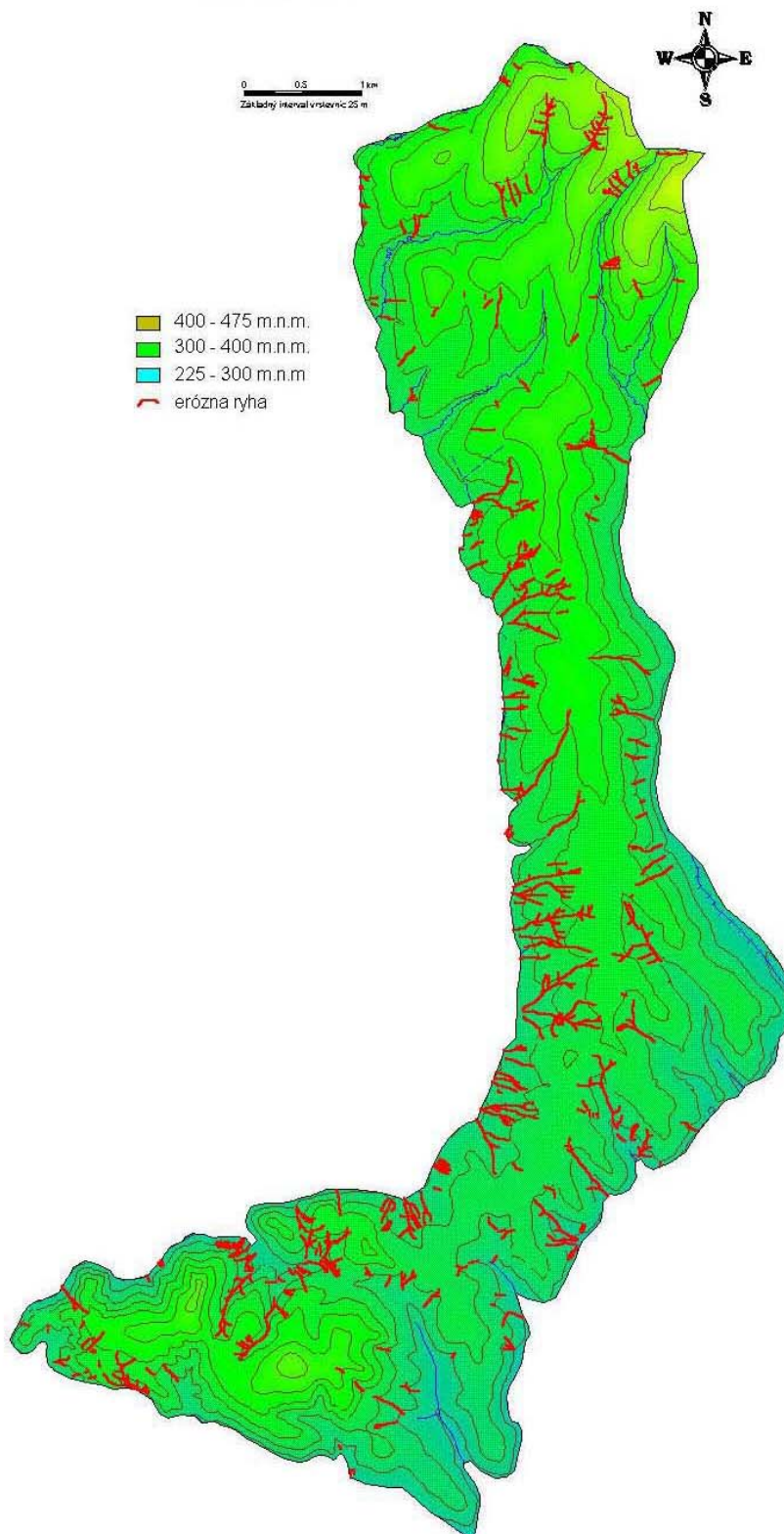
Ortorektifikovaná fotografia lokality Nováky z roku 1992

Ortorektifikácia: M. Ondrášik



Model nadmorských výšek lokality Nováky

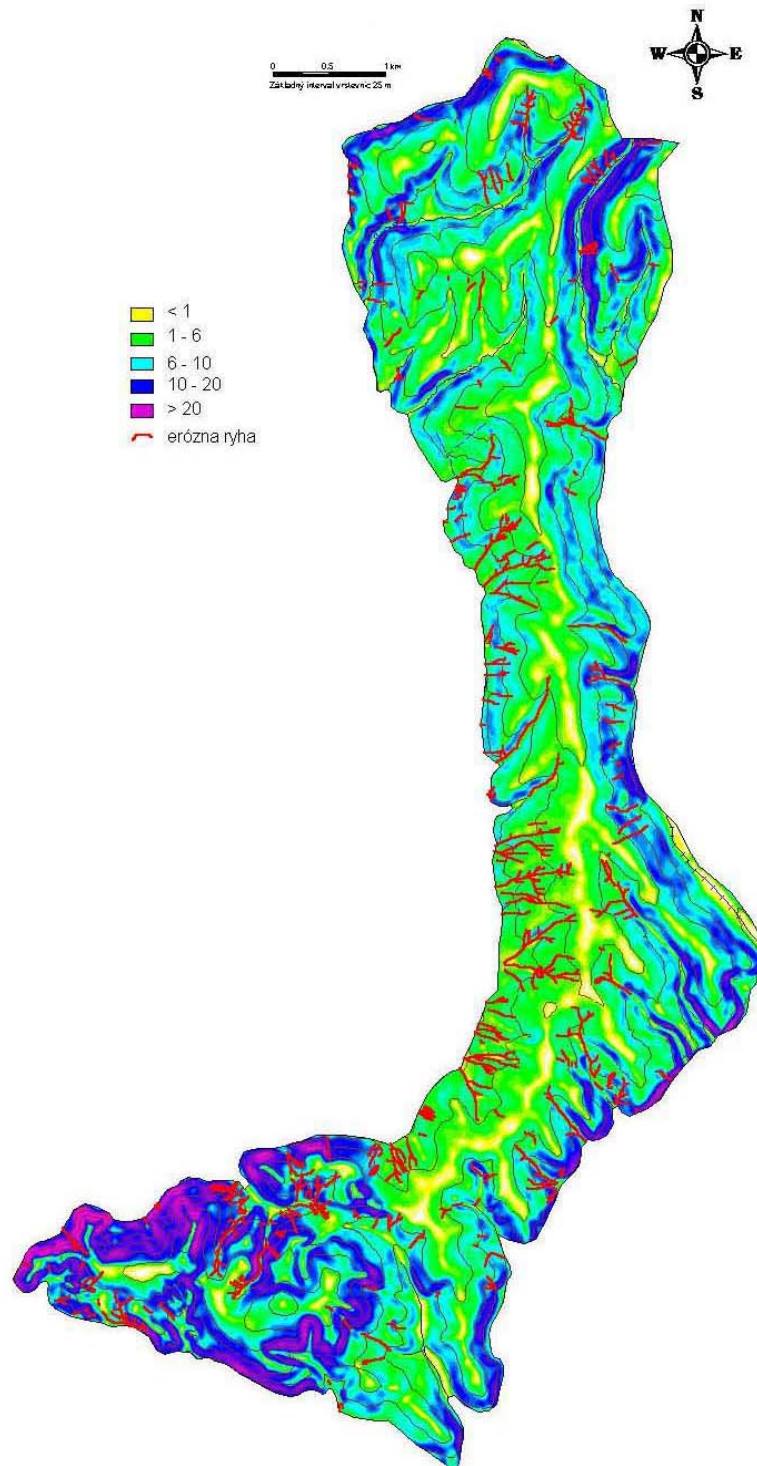
Autor: Martin Ondrášik



Obr.5.2.6

Model sklonitosti územia lokality Nováky

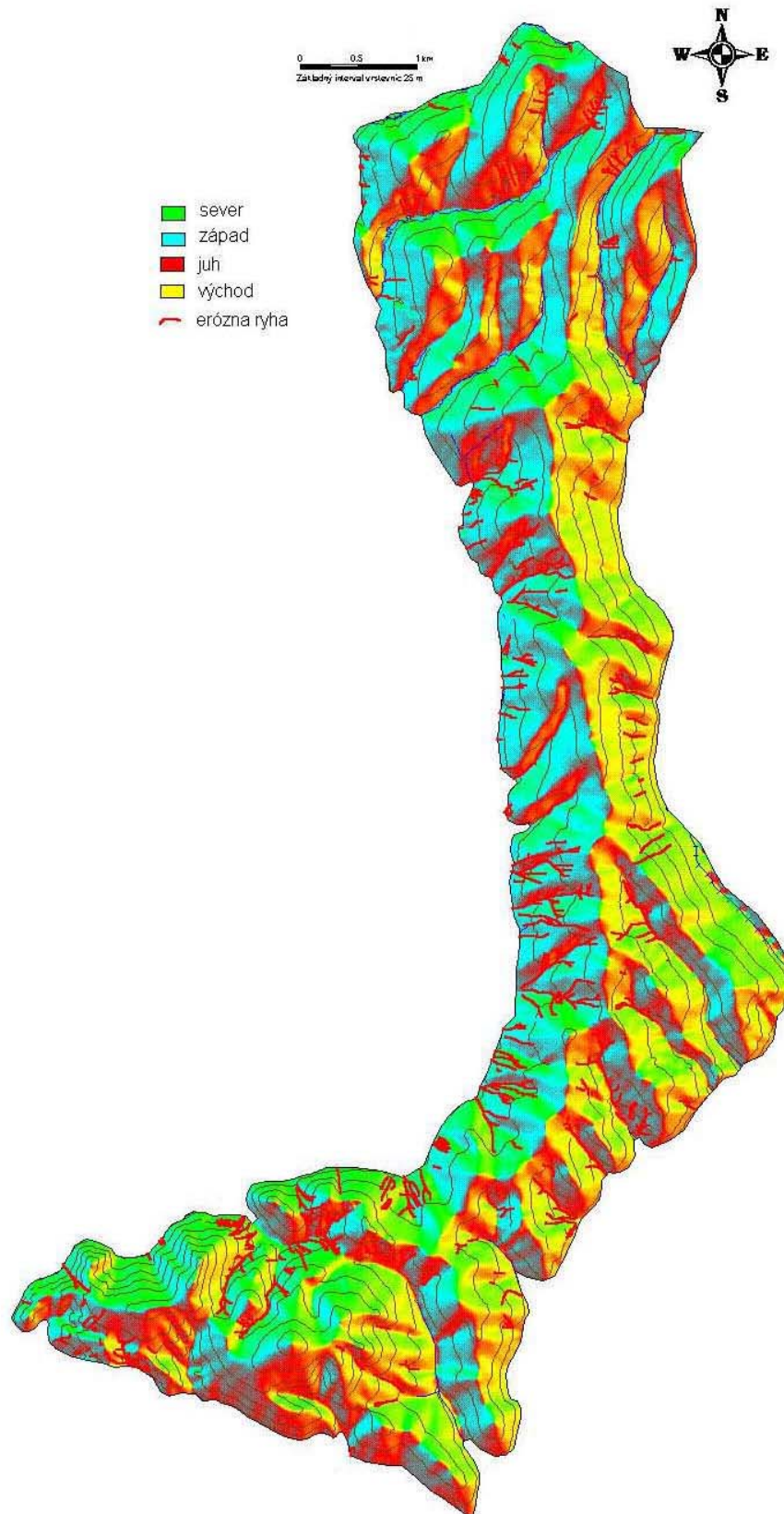
Autor: Martin Ondrášik



Obr. 5.2.7

Model orientácie svahov lokality Nováky

Autor: Martin Ondrášik



Obr.5.2.8.

Model priemerného zakrivenia reliéfu lokality Nováky

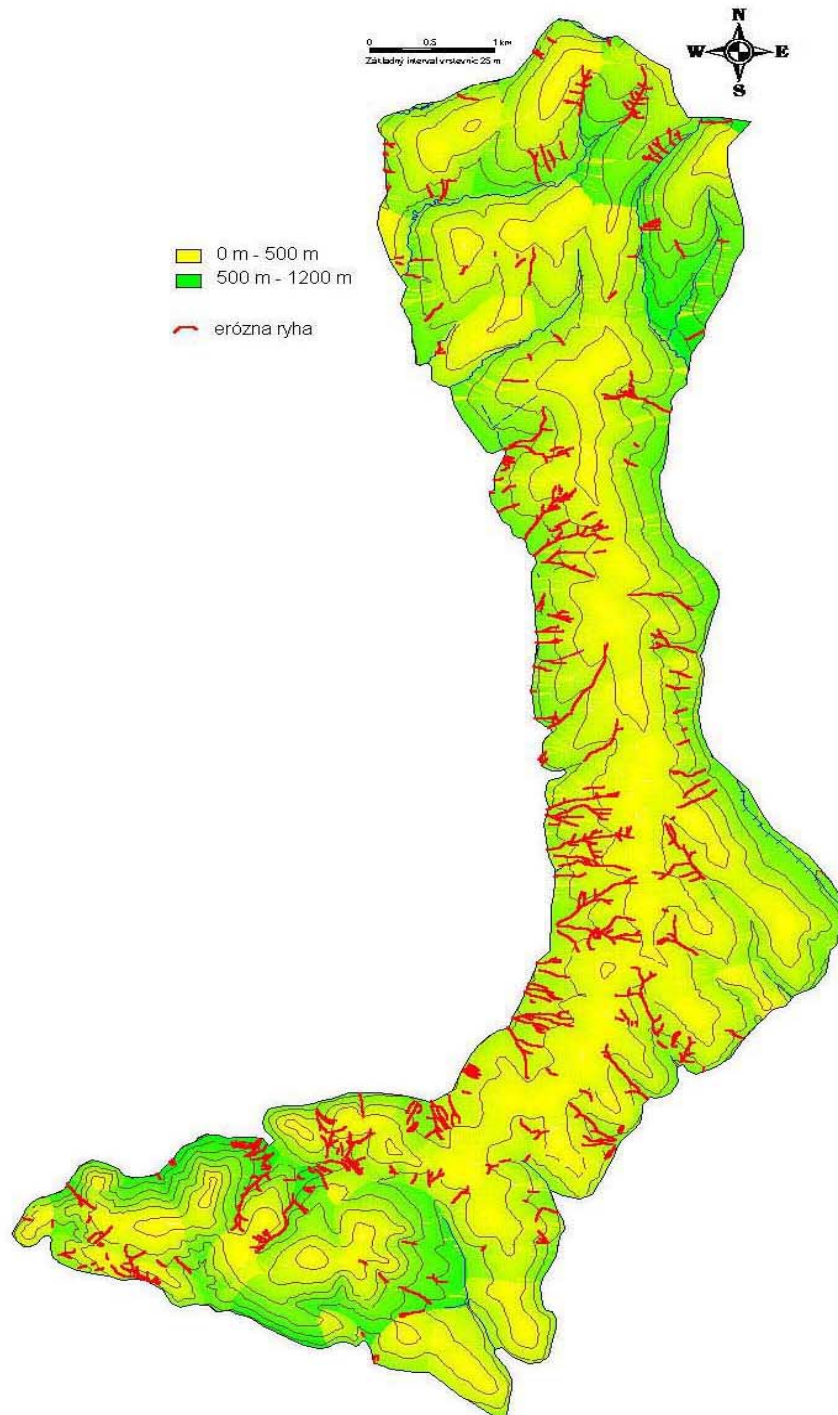
Autor: Martin Ondrášik



Obr.5.2.9

Model dĺžky svahov lokality Nováky

Autor: Martin Ondrášik



Obr.5.2.10

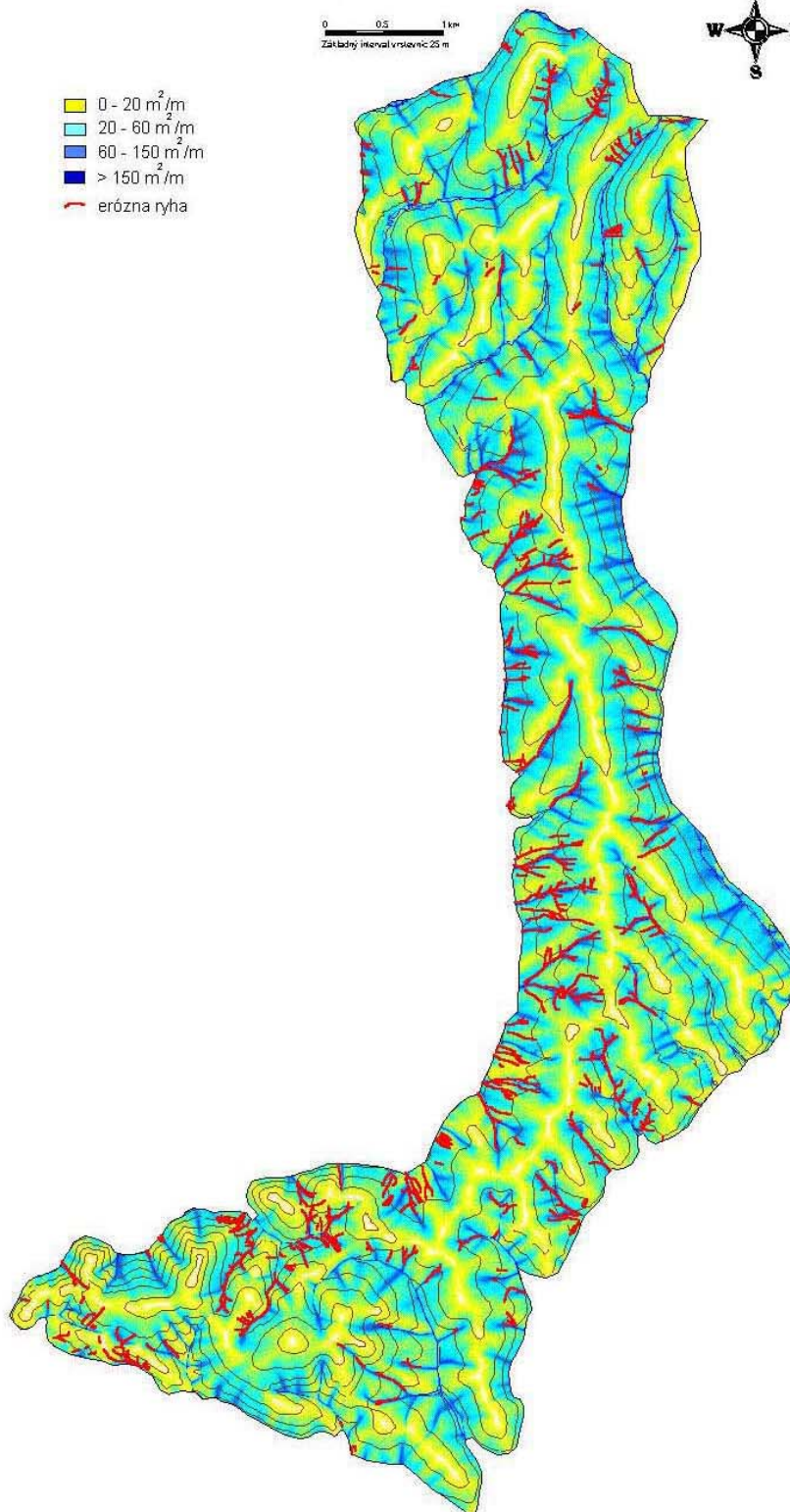
Mapa špecifických prispievajúcich plôch lokality Nováky

Autor: Martin Ondrášik

0 0,5 1 km
Základný interval vrstevnic 25 m



- 0 - 20 m²/m
- 20 - 60 m²/m
- 60 - 150 m²/m
- > 150 m²/m
- erózna ryha



5.2.3.3. Lokalita Dudince - Krupinskej planine

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Dudince sa nachádza na Krupinskej planine na území medzi obcami Dudince a Plášťovce. Územie lokality je budované vulkanosedimentárnymi komplexmi (tufy a tufity s pieskovcovými vložkami), ktoré ako slabo litifikované a rýchlo zvetrávajúce horniny sú náchylné na výmoľovú eróziu. Vybrané územie predstavuje na južnom okraji stredoslovenských neovulkanitov oblasť s najväčším rozvojom výmoľovej erózie na Slovensku. Leží v poľnohospodársky aktívne využívanom území. Podstatná časť územia je nezalesnená, využívaná na pestovanie poľnohospodárskych plodín, pre pasienkarstvo a vinohradníctvo.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1993 a 2000

Na lokalite Dudince bola urobená digitalizácia výškopisu celého monitorovaného územia, ktorá predchádza zhotoveniu digitálneho modelu reliéfu územia potrebného na ortorektifikáciu leteckých snímok. Ďalej boli pripravené sady starých a nových leteckých snímok na digitálne spracovanie (ortorektifikácia) s rozlíšením 1 m na pixel. Odoberaté boli vzorky kvartérnych zemín na laboratórne stanovenie ich fyzikálnych vlastností a zrnitosti, výsledky týchto skúšok sú prezentované v správe z roku 1998.

Zhodnotenie výsledkov meraní

Výsledky prác na lokalite Dudince vykonané za prezentované obdobie prác na úlohe zatiaľ nepriniesli priame výsledky vývoja erózie za monitorovacie obdobie 42 rokov, ktoré možno prezentovať v požadovanej podobe. Tieto výsledky budú prezentované v správe za nasledujúce obdobie.

5.2.3.4. Lokalita Klenovec v Stolických vrchoch Slovenského rudohoria

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Klenovec leží v Kohútskej zóne Veporského pásma medzi obcami Klenovec a Hnúšťa. Výber lokality Klenovec, predstavujúce štruktúrno-tektonickú jednotku budovanú kryštalickými horninami, ovplyvnil intenzívny výzdvih územia v kvartéri a s tým spojený vznik mohutných kvartérnych sedimentov. Výmoľová erózia územia lokality je viazaná na tieto kvartérne pokryvy (hlinito kamenité hlíny). Celé územie je v súčasnosti intenzívne využívané človekom, ktorý tu vykonáva stavebnú, poľnohospodársku a lesnícku činnosť.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1993 a 2000

Na lokalite Klenovec boli odobraté vzorky zemín na laboratórne stanovenie ich fyzikálnych vlastností najmä zrnitosti, výsledky týchto skúšok sú uvedené v správe z roku 1998. Ďalej boli pripravené obe sady starých a nových leteckých snímok na ortorektifikáciu.

Zhodnotenie výsledkov meraní

Výsledky prác na lokalite Klenovec vykonané za prezentované obdobie prác na úlohe zatiaľ nepriniesli priame výsledky vývoja erózie za monitorovacie obdobie 42 rokov, ktoré možno prezentovať v požadovanej podobe. Tieto výsledky budú prezentované v správe za nasledujúce obdobie.

5.2.3.5. Lokalita Plaveč v Spišsko – Šarišskom medzihorí

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Plaveč leží v Spišsko – Šarišskom medzihorí medzi Plavnicou a Orlovom. Územie je budované flyšovými súvrstviami paleogénu, prevažne ílovcami a pieskovecami vonkajšieho flyšového pásma s kvartérnymi pokryvnými útvarmi. Tvorí vhodné geologické predpoklady pre vznik erózie o čom svedčí i skutočnosť, že územie patrí medzi oblasti s najviac vyvinutou výmoloňovou eróziou. V oblasti sa často vyskytujú svahové deformácie, s ktorými sú erózne procesy úzko späté. Vybrané územie leží v oblasti využívanej poľnohospodársky a pasienkarsky.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1993 a 2000

V rámci monitorovacích prác vývoja erózie na lokalite Plaveč bol zhotovený digitálny model reliéfu územia (3D model), na základe ktorého bola spravená ortorektifikácia leteckých snímok s rozlíšením 1 m na pixel. Ďalej bol zhotovený model sklonitosti územia lokality obr. 5.2.11, model krivosti terénu po vrstevnici a po spádnici (model krivosti terénu - obr. 5.2.12), dĺžky svahov, špecifických prispievajúcich plôch (obr. 5.2.13), orientácie svahov a sklonitosti svahov. Taktiež bola zostavená schematická mapa inžinierskogeologickej rajonizácie lokality Plaveč - obr. 5.2.14.

Na lokalite boli odobraté vzorky zemín na laboratórne stanovenie ich zrnitosti a ďalších fyzikálnych vlastností, ktorých výsledky sú prezentované v správe z roku 1998. Na základe získaných výsledkov bol vyhodnotený vývoj erózie na lokalite.

Zhodnotenie výsledkov meraní

Lokalita Plaveč bola podrobne hodnotená v predchádzajúcich čiastkových správ za rok 1998 a 2000. Pre rekapituláciu uvádzame len prehľadné údaje.

Hodnoty výskytu erózných rýh na lokalite Plaveč získaných na základe analýz ortorektifikovaných leteckých meračských snímok z rokov 1949 a 1987 sú uvedené v tab. 5.2.4. Na obr. 5.2.15 je výrez ortorektifikovanej leteckej fotografie severozápadnej časti lokality Plaveč so stavom krajiny v roku 1949 a na obr. 5.2.16 je výrez ortorektifikovanej leteckej fotografie toho istého územia so stavom krajiny v roku 1987. Z hodnôt v tab.5.2.4. vyplýva, že za obdobie 38 rokov na monitorovanom území Plaveč budovanom flyšovými súvrstviami pribudlo celkovo 2,3 km erózných rýh s celkovou plochou 0,2461 km². Ak sa východiskový stav z roku 1949 zoberie ako jednotkový základ, tak za obdobie 38 rokov sa erózne ryhy na monitorovanom území, hodnotené pomocou LMS, predĺžili o 12% a ich plocha sa zväčšila o 59%. (tab. 5.2.5).

Tab. 5.2.4 Totálna dĺžka a plocha erózných rýh na lokalite Plaveč rekonštruovaná na základe LMS z rokov 1949 1987

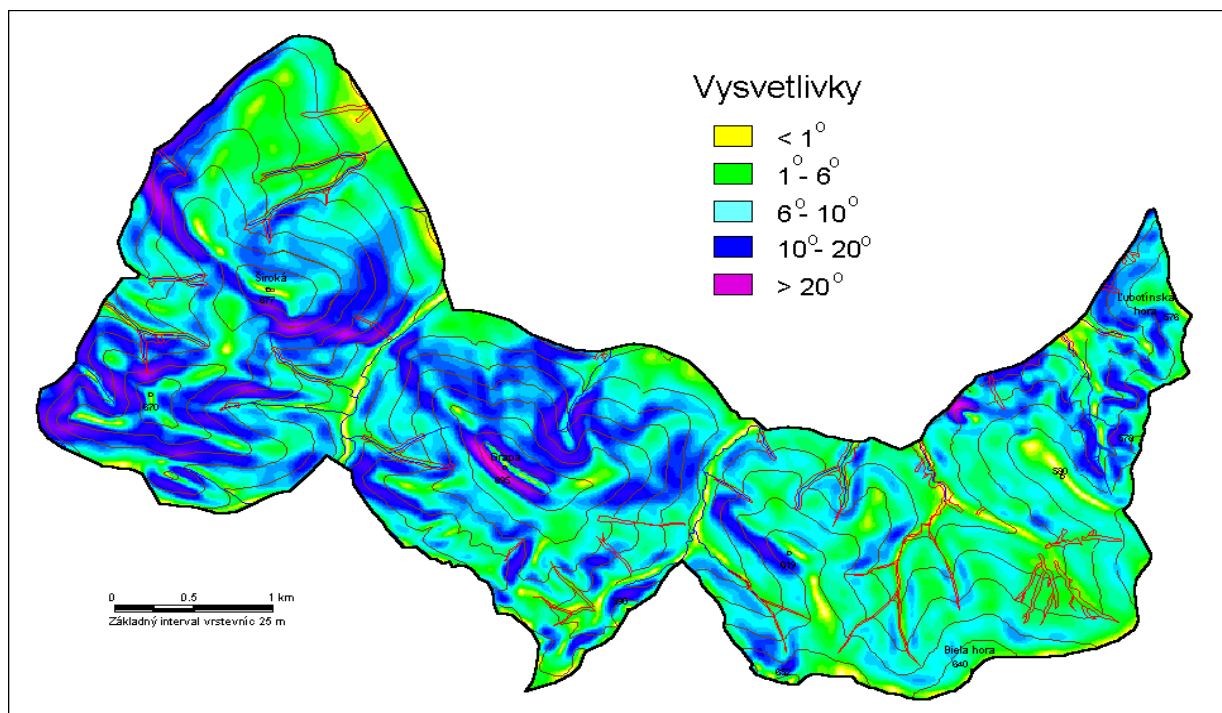
	1949				1987			
	Dĺžka		Plocha		dĺžka		Plocha	
	km	km.km ⁻²	km ²	km ² .km ⁻²	km	km.km ⁻²	km ²	km ² .km ⁻²
Erózne ryhy Spolu	19,184	1,33	0,4227	0,029	21,441	1,49	0,669	0,046

Tab. 5.2.5 Prírastok plochy a dĺžky erózných rýh za obdobie 38 rokov, medzi rokmi 1949 a 1987 stanovený na základe LMS

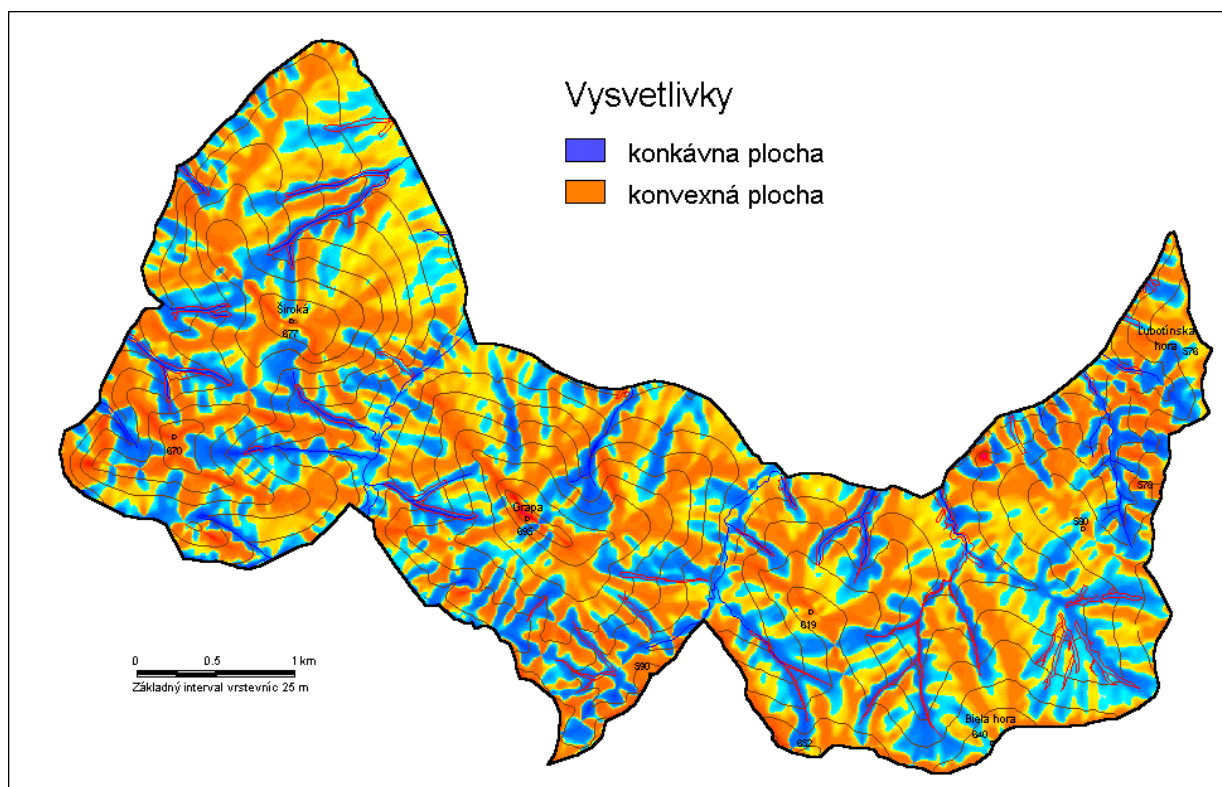
Prírastok erózných rýh	Plocha		Dĺžka	
	km ²	%	km	%
Celkový prírastok	0,2461	59	2,3	12

Percentá sa vzťahujú na celkovú plochu a dĺžku rýh v roku 1949

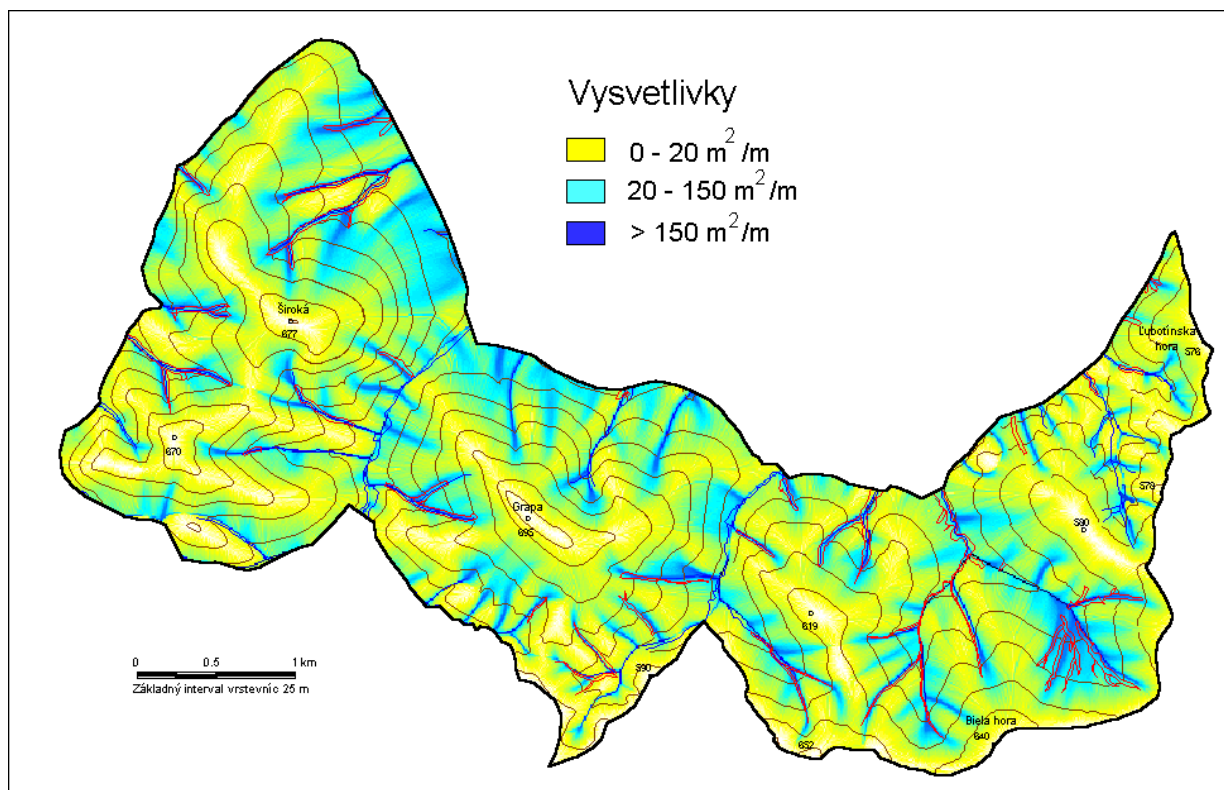
Z nameraných hodnôt vyplýva, že najviac erózných rýh sa nachádza na miestach s výskytom deluviálnych sedimentov, až 77% celkovej dĺžky a 74% celkovej plochy erózných rýh. Na území budovanom len flyšoidnými horninami sa nachádza 19,7% z celkovej dĺžky a 22,5% z celkovej plochy všetkých erózných rýh.



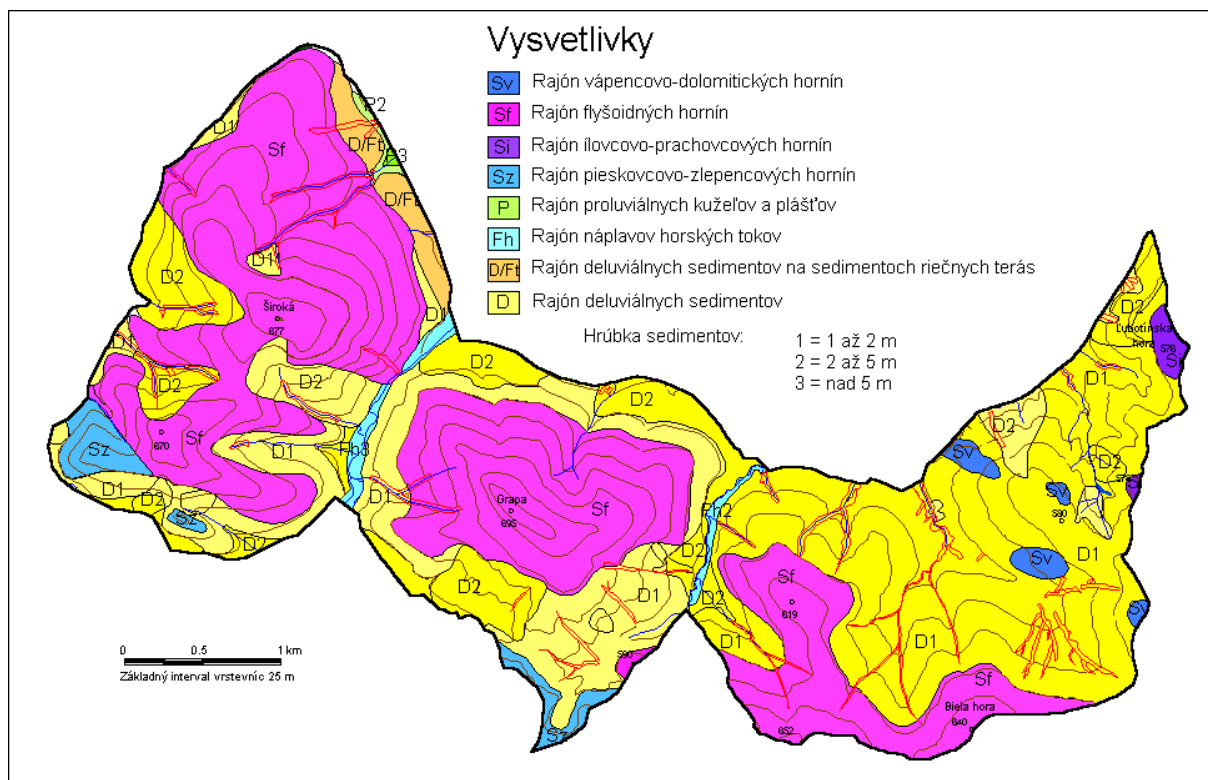
Obr. 5.2.11: Model sklonitosti územia lokality Plaveč



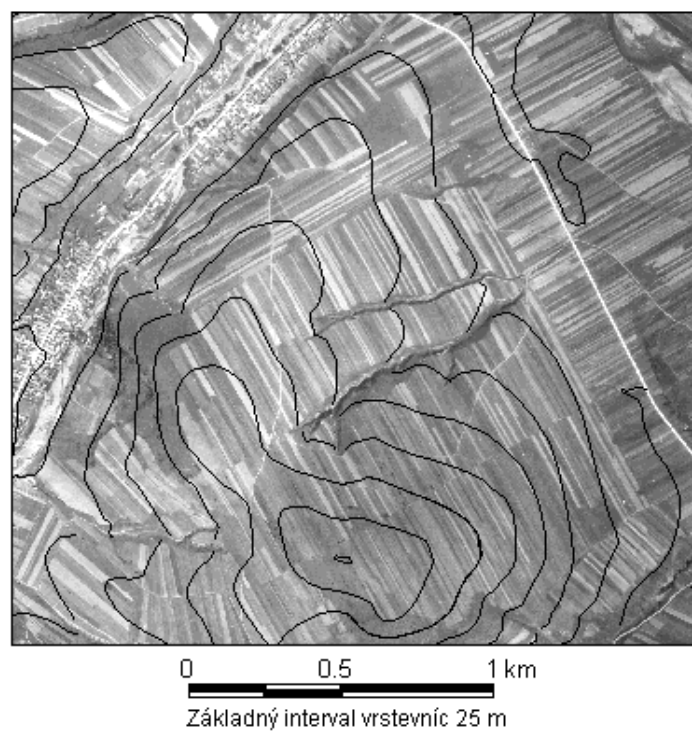
Obr. 5.2.12 Model krivosti terénu lokality Plaveč (v smere vrstevníc)



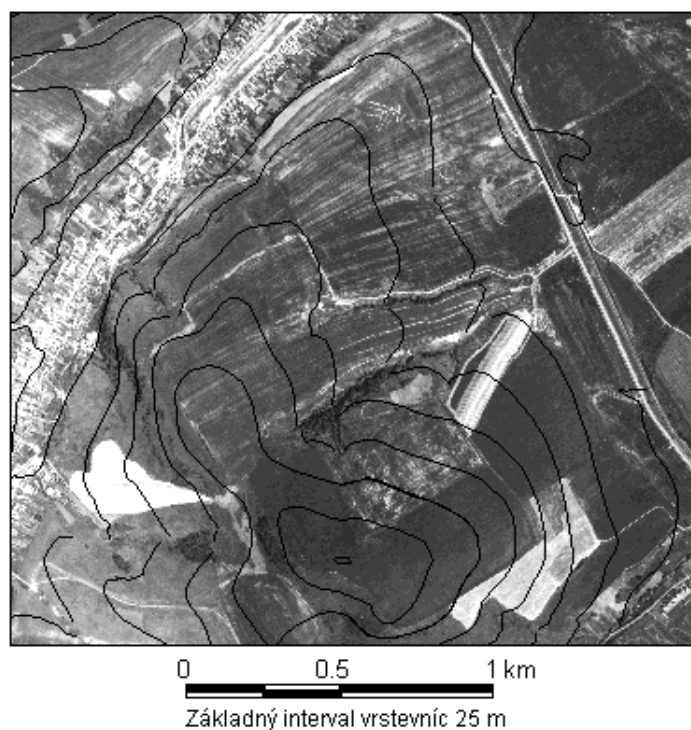
Obr. 5.2.13 Model špecifických prispievajúcich plôch



Obr. 5.2.14 Schematická mapa inžinierskogeologickej rajonizácie lokality Plaveč



Obr. 5.2.15 Výrez ortorektifikovanej leteckej fotografie severozápadnej časti lokality Plaveč. Na fotografii je stav krajiny v roku 1949.



Obr. 5.2.16 Výrez ortorektifikovanej leteckej fotografie severozápadnej časti lokality Plaveč. Na fotografii je stav krajiny v roku 1987.

5.2.3.6. Lokalita Varhaňovce v Prešovskej kotline

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Varhaňovce leží v Prešovskej kotline na území SV od Košíc medzi Varhaňovcami a Rozhanovcami. Lokalita je tvorená nespevnenými a slabo spevnenými neogénnymi molasovými sedimentami (štrky, piesky a íly, ílovce, prachovce) výplne vnútrokarpatskej kotliny. Na území lokality možno pozorovať celý rad aktívnych erózných rýh, ktoré sú viazané hlavne na nespevnené piesčité štrky. Celé územie lokality je v súčasnosti intenzívne využívané človekom, ktorý tu vykonáva stavebnú a poľnohospodársku činnosť.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1993 a 2000

Na lokalite Varhaňovce boli odobraté vzorky zemín na laboratórne stanovenie ich fyzikálnych vlastností a zrnitosti, výsledky týchto skúšok sú uvedené v správe z roku 1998. Ďalej boli pripravené obe sady starých a nových leteckých snímok na ortorektifikáciu.

Zhodnotenie výsledkov meraní

Výsledky prác na lokalite Varhaňovce vykonané v období 1993 - 2000 na úlohe zatiaľ neprinesli priame výsledky vývoja erózie za monitorovacie obdobie 46 rokov, ktoré možno prezentovať v požadovanej podobe. Tieto výsledky budú prezentované v správe za nasledujúce obdobie.

5.2.3.7. Lokalita Osrblie vo Veporských vrchoch

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Osrblie sa nachádza v severozápadnej časti Veporských vrchoch Slovenského rudohoria. Lokalita bola do úlohy zaradená na základe potreby monitorovať následky prírodnej kalamity z augusta 1996, kedy víchrice doprevádzaná ľadovcom svojou intenzitou a rozsahom spôsobila vývraty a polomy väčšej časti doliny hornej časti potoka Osrblianka. Vývratmi došlo k porušeniu a aj k odstráneniu najúčinnnejšej protieróznej ochrany, akou je vegetácia so svojim koreňovým systémom (obr. 5.2.17 až obr. 5.2.22). Následkom tohto stavu bolo územie ohrozené vznikom akcelerovanej erózie.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 1997 a 2000

Na lokalite Osrblie bol realizovaný rad inžinierskogeologických mapovacích a dokumentačných prác vrátane opakovaného odberu vzoriek svahových zemín za účelom zistenia zmeny krivky zrnitosti svahových zemín v dôsledku zvýšeného odnosu jej jemnej



Obr. 5.2.3 Zosúvanie sa trávových drnov po svahových štrkových sedimentoch je najčastejším prejavom spätnej erózie v záreze lesnej cesty nad obcou Osrbliu. Prejavuje sa aj dva roky po rozšírení cesty.



Obr. 5.2.4 Strmé svahy s vegetáciou odstránenou zo svahových štrkových sedimentov sa len veľmi pomaly pokrývajú novou vegetáciou. Na fotografii je obnažený svah odfotený tri mesiace po zosunutí trávových drnov.



Obr. 5.2.5 Na fotografii je odfotené rovnaké miesto ako je na obr. 5.2.4, ale s 1,5 ročným odstupom po zosunutí trávových drnov. Z fotografie je zrejmé, ako pomaly sa zatravnňujú pôvodne zatravnené strmé svahy pokryté štrkovitými svahovými sedimentmi.



Obr. 5.2.6 Proces prirodzeného zatravnňovania na miernych svahoch budovaných svahovými štrkovými sedimentmi je rýchlejší ako na strmých svahoch. Na fotografii je zachytená nová tráva rastúca na mieste z ktorého bola odstránená vývratom rok pred fotografovaním.



Obr. 5.2.7 Na veľmi strmých svahoch budovaných štrkopieskovými svahovými sedimentmi sa vegetácia nezachytala ani po vyše troch rokoch.



Obr. 5.2.8 Výraznejšia erózia na monitorovaných svahoch sa vďaka ich krátkej dĺžke neprejavovala ani na mieste kde bolo sťahované kalamitné drevo po spádnici.

frakcie akcelerovanou eróziou. Ďalej bola realizovaná a vyhodnotená pravidelná fotografická dokumentácia lokality. Boli vypracované aj digitálne modely lokality zahrňujúce digitálny model reliéfu územia, model krivosti terénu po vrstevnici, krivosti terénu po spádnici, dĺžky svahov, špecifických prispievajúcich plôch, orientácie svahov a sklonitosti svahov.

Zhodnotenie výsledkov

Na lokalite Osrblie sú predmetom monitoringu dva svahy ležiace východne nad obcou Osrblie. Ich celková plocha je 0,064 km².

Obavy z významnejších procesov erózie na monitorovaných svahov sa nepotvrdili, nakoľko k tomu nie sú priaznivé geologické a ani morfometrické pomery. Na monitorovaných svahoch sa na skalnom podklade nachádza tenká vrstva (maximálne 1 m) neopracovaných svahových štrkov a hrubopiesčitých zemín s veľmi nízkou prímiesou jemnozrnej frakcie. Z analýzy zrnitosti svahových zemín je zrejme, že pokryvné zeminy obsahujú viacej ako 40% - 50% zrn (neopracovaných) väčších ako 2 mm a zároveň neobsahujú jemnej (najľahšie erodovateľnej frakcie) viacej ako 7% - 20%. Takýto materiál je veľmi odolný voči eróznym činiteľom. Významné faktory ovplyvňujúce eróziu sú morfometrické parametre reliéfu terénu - svahu (dĺžka, sklon, tvar horizontálnej a vertikálnej krivky). Dĺžka prúdnic (svahu) nepresahuje ani v jednom prípade 225 m, čo je podľa Pattona (1975) kritická dĺžka pre vznik erózie svahov.

Faktorom priaznivým pre vznik erózie je veľký sklon monitorovaných svahov, hlavne severnejšieho svahu. Na základe modelu sklonitosti svahov sme priemerný sklon tohto svahu stanovili na 34°, v centrálnej časti až 42° (pozri správu z roku 2000). Práve na tejto časti svahu sa stopy po vývrate hoja najpomalšie, respektíve nie je pozorovaný žiaden progres v zaceľovaní stôp po vývrate. Hodnoty sklonitosti južnejšieho svahu sa pohybujú v rozmedzí 20° až 35°. Aj na tomto svahu sú najzjavnejšie stopy po erózii práve v jeho strmších partiách, t.j. na jeho južnom okraji.

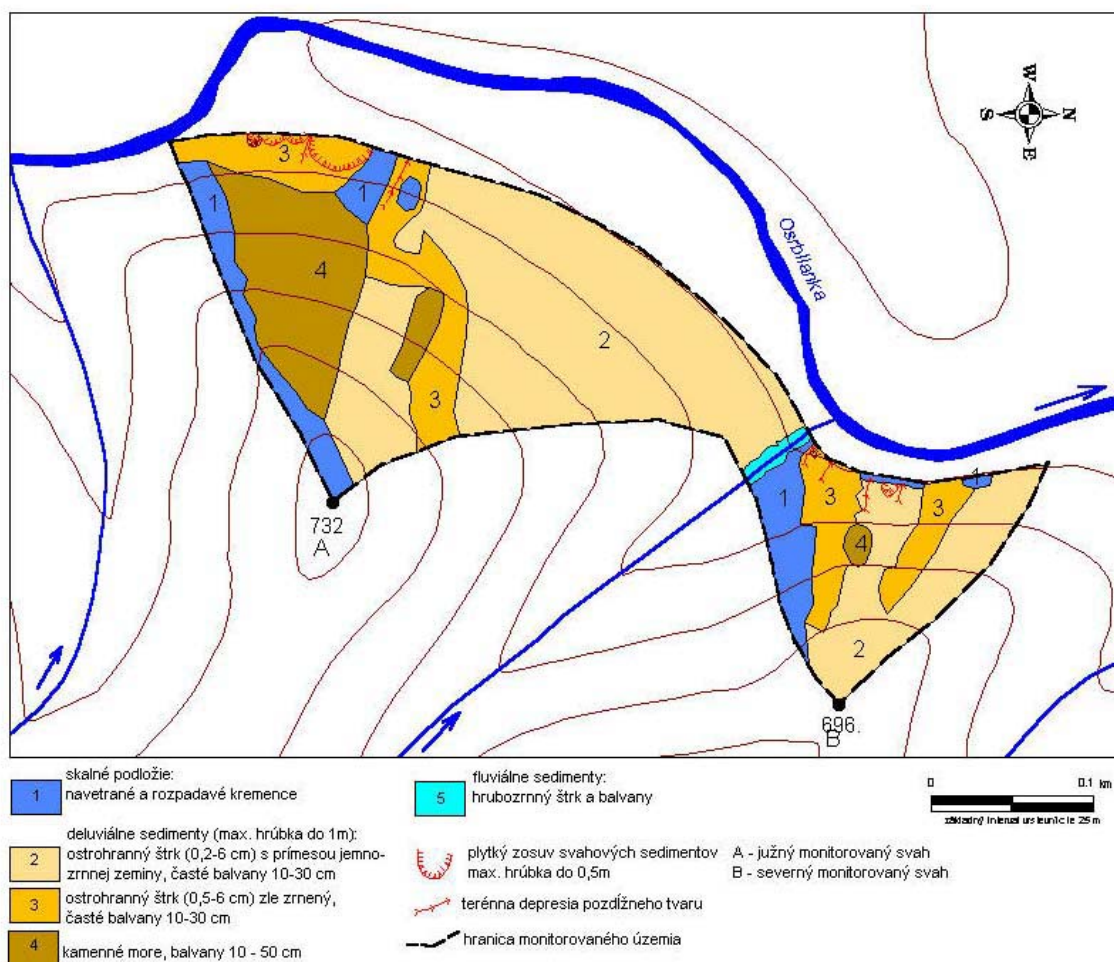
K najvýraznejšiemu prejavu erózie, respektíve pohybu svahových sedimentov, dochádza na čerstvom záreze lesnej cesty vedenej po vrstevnici v spodnej časti monitorovaných svahov. Tu sa zosúva materiál z okraja a nad okrajom zárezu. Pozorované boli tri prípady malých plošných zosuvov humusových hĺn s trávovými drnmi po štrkovitých sedimentoch. Ďalšie významnejšie prejavy erózie sú len lokálne, prejavujú sa v podobe sutenia materiálu po svahu s veľkým sklonom (viac ako 30°), kde vývraty obnažili štrkovitý materiál na väčšej ploche. Pohyb štrkového materiálu dolu svahom je natoľko intenzívny, že zachytenie trávy a inej vegetácie na takýchto miestach je len veľmi pomalé. Úseky svahu s rovnakými svahovými sedimentami, ale s miernejšími sklonmi (menej ako 30°) sa hoja, respektíve zatrávňujú podstatne rýchlejšie

Z hľadiska vývoja erózie na monitorovaných svahoch plynuli vážne obavy z ťažby kalamitného dreva, počas ktorej mohlo dojsť k dodatočnému porušeniu vegetačného porastu a k vzniku erózie na miestach, kde kolesová technika a kmene sťahovaných stromov zanechali po sebe stopy. Tieto obavy sa našťastie nepotvrdili.

Porovnanie opakovaných meraní zrnitosti svahových hĺn na lokalite (odobratých v roku 1997 a 1999) nepotvrdili úbytok jemnozrnej frakcie. Výsledky týchto meraní sú uvedené v správe z roku 2000.

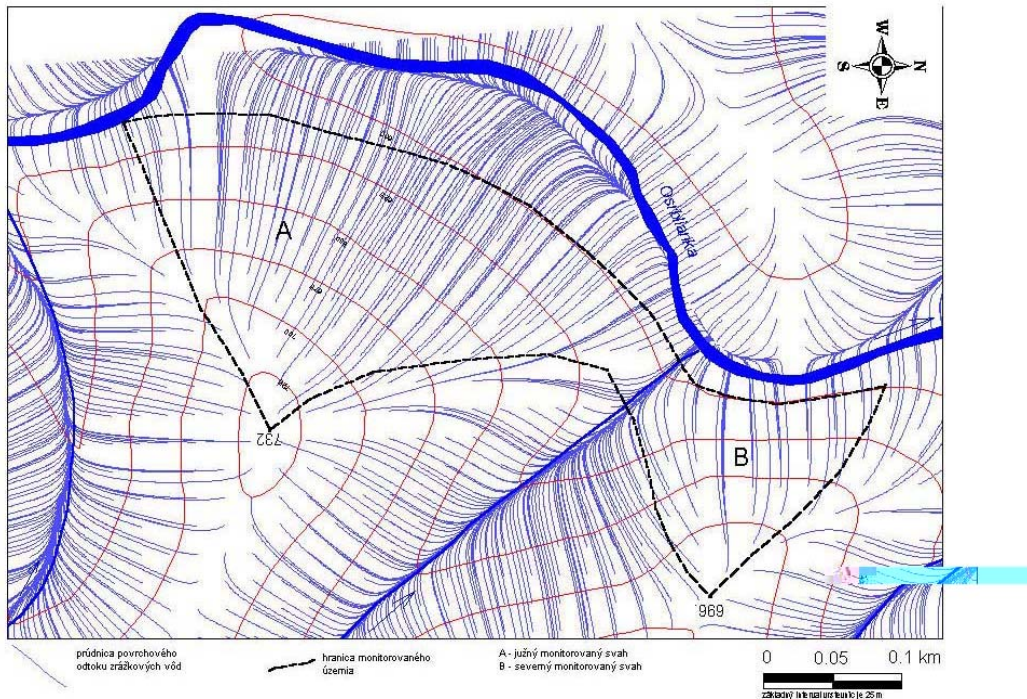
Celkove možno hodnotiť, že aj na základe pozorovaní v roku 2000 robených po extrémnych letných zrážkach sa erózia na väčšine územia lokality nerozširuje, naopak, je na ústupe. Príčinou tohto stavu sú nepriaznivé geologické a morfometrické pomery na vznik erózie. Významnejšie prejavy erózie sú len lokálne, prejavujú sa v podobe sutenia materiálu na častiach svahu s veľkým sklonom, kde vývraty obnažili svahové štrky na väčšej ploche.

Schématická mapa IG rajónovania lokality Osrblika



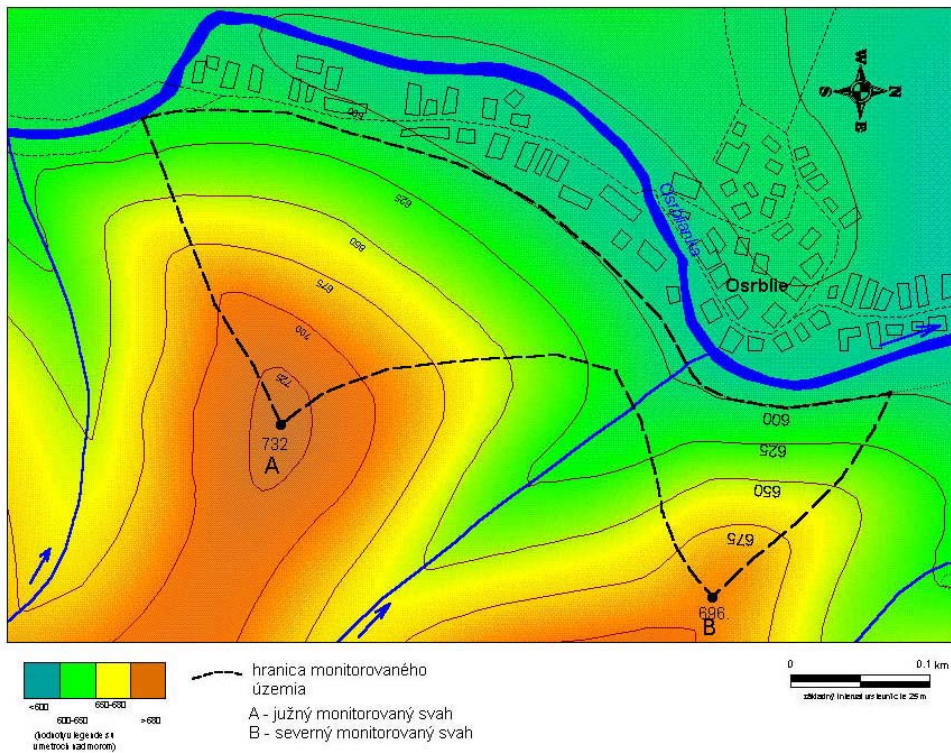
Obr. 5.2.23

Model hustoty a smeru prúdnic povrchového odtoku zrážkových vôd z územia lokality Osrblie



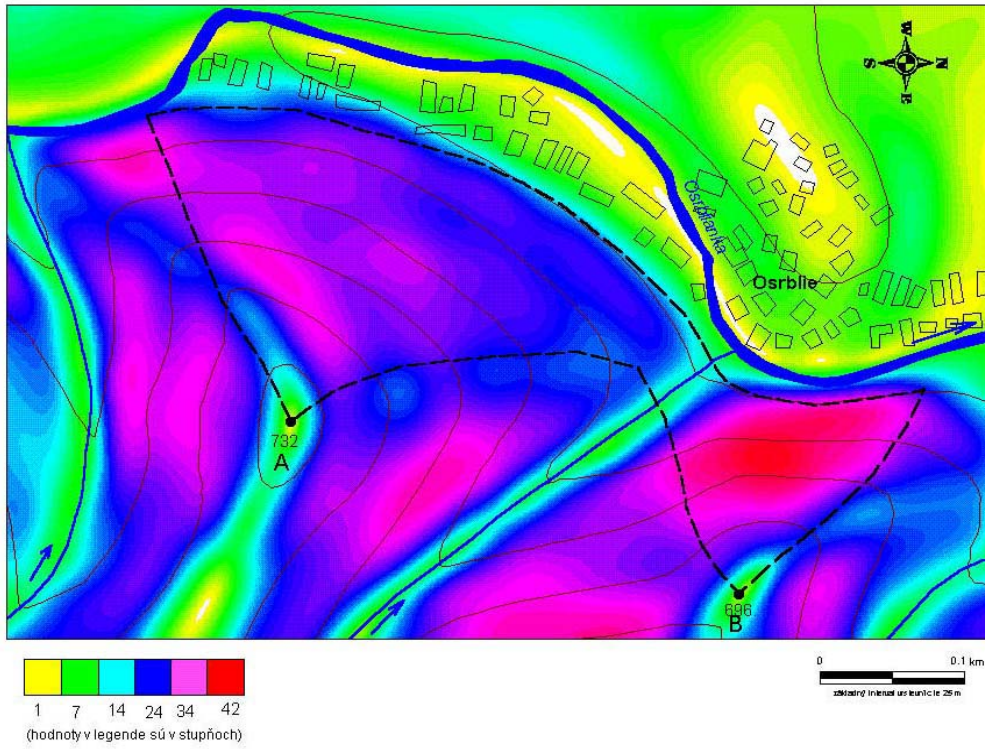
Obr. 5.2.24

Výškový model územia lokality Osrblie



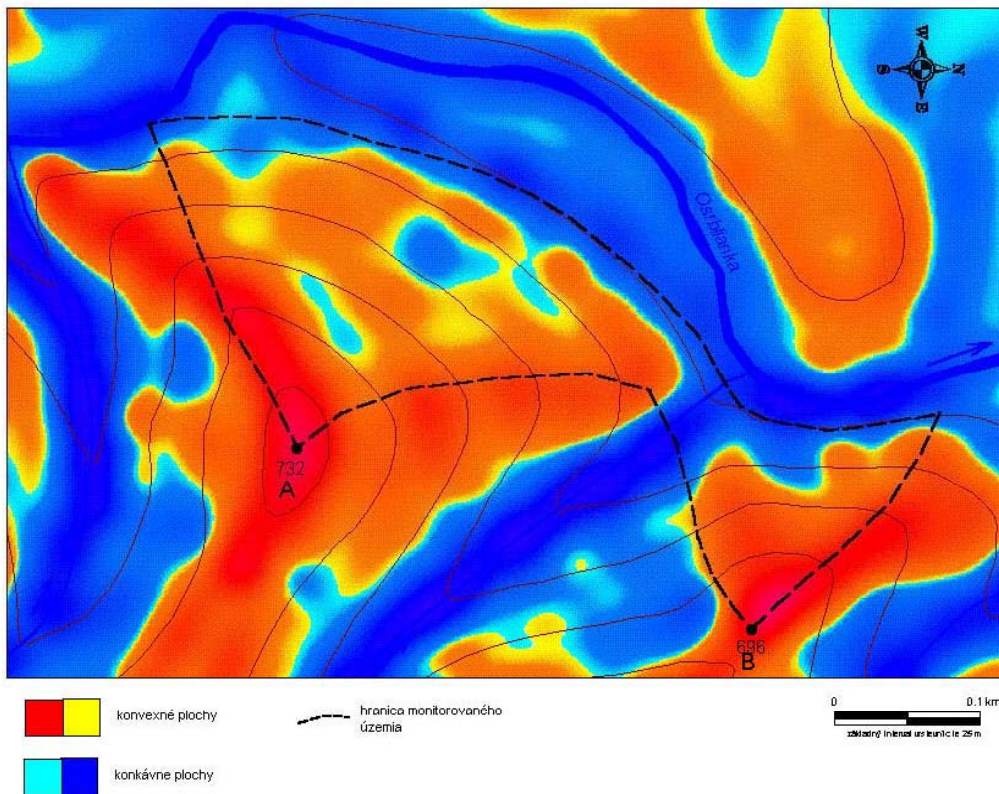
Obr. 5.2.25

Model sklonitosti územia lokality Osrblie



Obr.5.2.26

Model priemerného zakrivenia reliéfu územia lokality Osrblie



Obr. 5.2.27

5.2.3.8. Monitoring erózie poľnohospodárskej pôdy

Možnosti monitoringu poľnohospodárskej pôdy vypracoval prof. Ing. J. Antal, DrSc. z Katedry biometeorológie a hydrológie z Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva na Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre. Výsledkom jeho práce bol návrh a oživenie monitorovacích zariadení na lokalite Turá Lúka (povodie prvého ľavostranného bezmenného prítoku Svacenického potoka s celkovou plochou 75 ha. Lokalita bola už v minulosti využívaná za účelom monitorovania erózie na poľnohospodárskej pôde. Vodomerňa stanica bola vybudovaná v roku 1997 a prevádzkovaná bola do konca roka 1999 pre potreby riešenia výskumnej úlohy 03.04 „Vplyv erózných procesov v poľnohospodársky využívanej krajine na kvalitu vody v tokoch“ riešenej v rámci vedecko-technického projektu riešeného na Výskumnom ústave vodného hospodárstva v Bratislave. V decembri 1997 bola osadená Parshalovym žľabom, erodomerné plochy a ombrograf boli nainštalované koncom apríla 1998. Merania zrážok neprebíhali od začiatku roku, ale podarilo sa zachytiť hlavné jarne a letné zrážkové obdobie. Merania zrážok, odtoku a zmyvu pokračovali do konca roku 1999, kedy bola odstavená. Vodomerňa stanica bola dokonpletizovaná a odskúšaná tak, že je plne funkčná sledovať a zaznamenávať všetky údaje potrebné pre monitoring vodnej erózie v záujmovom území hydrologickou metódou dovtedy, kým teploty vzduchu neklesnú pod 0°C.

Za účelom riešenia tejto geologickej úlohy bola opäť oživená. Oživovacie práce pozostávali z týchto hlavných činností:

- rokovanie s predstaviteľmi Roľníckeho družstva v Turej Lúke zamerané na zabezpečenie spolupráce t.j. zabezpečenie podkladov o hospodárení v modelovom území a dozoru nad merným zariadením
- kompletizácia a sprevádzkovanie vodomernej stanice v najspodnejšej časti elementárneho povodia na občasnom vodnom toku odvodňujúcom elementárne povodie:
 - montáž a nastavenie merného zariadenia (elektronického hladinomeru) na Parshalovom žľabe
 - zabudovanie zariadenia na kontinuálny odber vzoriek vody
 - osadenie ombrografu
- vyhodnotenie doterajšieho monitoringu vodnej erózie na záujmovom území
- vyhodnotenie doterajších výpočtov intenzity vodnej erózie na záujmovom území.

5.2.5. Závěry a odporúčania

Na základe doteraz získaných výsledkov z monitorovaných lokalít možno konštatovať, že výmoľová erózia je stále prítomný fenomén podieľajúci sa na formovaní krajiny. Za obdobie posledných 43 rokov sa na monitorovanom území Nováky v porovnaní s východným stavom v roku 1949 skrátila celková dĺžka erózných rýh o 13% a ich plocha sa zväčšila o 18%. Podobné výsledky boli získané aj na lokalite Plaveč, iba s tým rozdielom, že na tejto lokalite sa zväčšila nielen plocha (o 59%), ale sa predĺžila aj celková dĺžka rýh (o 12%). Tento rozdiel v zmene plochy a dĺžky erózných rýh na oboch lokalitách je zapríčinený rozdielnou geológiou, využitím územia a geomorfologickými pomermi. Príčiny týchto rozdielov budú bližšie študované až po spracovaní a vyhodnotení ďalších monitorovacích lokalít.

O vývoji erózie na lokalite Osrblie, kde prebieha monitoring erózných javov od roku 1997, možno konštatovať, že táto nenadobúda nebezpečný rozsah, z akého pôvodne boli obavy. Za monitorované obdobie možno konštatovať, že erózia sa plošne nerozširuje, respektíve je na ústupe. Na druhej strane treba uviesť, že miesta kde sa nachádzajú štrkovopiesčité svahové sedimenty na strmých úsekoch svahov sa pravdepodobne bez ľudského zásahu nový vegetačný porast zakorení len veľmi pomaly.

5.3. PROCESY ZVETRÁVANIA

Všetky horniny na zemskom povrchu podliehajú prirodzeným procesom zvetrávania, vplyvom ktorých sa postupne rozpadajú a rozkladajú. Pri nevhodnom antropogénnom zásahu do hornín s nízkou odolnosťou voči zvetrávaniu môžu byť procesy rozpadu a rozkladu pomerne rýchle a vtedy predstavujú závažný problém predovšetkým z ekonomického hľadiska. Priame a nepriame škody spôsobené nežiadúcimi procesmi zvetrávania v niektorých oblastiach Slovenska stavajú problém do stredu záujmu pri výskume a hodnotení geologických faktorov životného prostredia.

Realizácia monitorovania procesov zvetrávania, predovšetkým na lokalitách ovplyvnených antropogénnou činnosťou, umožní v širokom rozsahu:

- prehĺbiť poznatky o podmienkach vzniku a zákonitostiach vývoja tohto fenoménu
- aplikovať získané poznatky pri prognózovaní zmien, ktoré môžu v geologickom prostredí nastať v dôsledku technických zásahov
- racionálne využívať životné prostredie a chrániť ho pred nežiadúcimi dôsledkami výstavby, prípadne ťažby.

Údaje získané systematickým monitorovaním procesov zvetrávania, predovšetkým na lokalitách, kde sú odkryté horniny s nízkou odolnosťou voči zvetrávaniu, umožnia orientovať plánované antropogénne zásahy do prírodného prostredia takým spôsobom, aby dochádzalo k čo najmenšej degradácii odkrytých horninových komplexov a následne k ohrozeniu stability svahov a tiež projektovaných technických diel. Získané údaje je možné použiť tiež pri hodnotení ťažiteľnosti hornín, resp. ich potenciálu ako lokálnych materiálových zdrojov.

5.3.1. Metodika práce

Monitoring procesov zvetrávania v období rokov 1993 až 2000 je možné rozdeliť na nasledovné etapy:

- práce prípravné
- práce terénne
- práce laboratórne
- práce finálne.

Prípravné práce predstavovali prvú etapu riešenia danej problematiky. Započali teoretickou prípravou pozostávajúcou zo zhromažďovania a štúdia domácej a zahraničnej literatúry za účelom získania informácií, o dosiahnutých výsledkoch a používaných metódach. Prehľad použitých metód monitoringu procesov zvetrávania uvádzame v tab. 5.3.1.

Metódy - <i>Methods</i>	Terénne - <i>Field</i>	Laboratórne - <i>Laboratory</i>
1. metódy zamerané na určovanie stupňa zvetrávania hornín a vymedzovanie zón zvetrávania	Semikvantitatívne hodnotenie horninového materiálu a horninového masívu Kvantitatívne hodnotenie horninového masívu Schmidtovo odrazové kladívko Kvantitatívne hodnotenie horninového materiálu Point Load Test Ultrazvuk Hodnotenie porušenosti horninového masívu diskontinuitami Priceho bodovací systém	Stanovenie fyzikálno-mechanických vlastností hornín a produktov ich zvetrávania Petrografické analýzy Chemické analýzy
2. Metódy slúžiace na sledovanie rýchlosti zvetrávacích procesov	Meranie mikronivelačných zmien povrchu terénu Metódy morfolometrické Metódy volumetrické Metódy vizuálne Metóda farebnej steny Metódy pozemnej fotogrametrie Metódy geodetické	Expozícia vzoriek v prírodnom laboratóriu Sledovanie zmien mikro-morfológie povrchu vzoriek Sledovanie zmien fyzikálno-mechanických vlastností Sledovanie zmien chemického zloženia
3. Metódy slúžiace na zisťovanie odolnosti hornín voči zvetrávaniu		Zrýchlené laboratórne testy Cyklické zmrazovanie a rozmrazovanie vzoriek Nasycovanie a vysušanie Odolnosť voči chemickým účinkom Rozpadavosť hornín Rozmokavosť hornín Slake durability test Indikátor trvanlivosti hornín (výpočet RDI)

Tab. 5.1.2: Prehľad použitých metód na stanovenie charakteristík horninového masívu (materiálu)

Č.	Lokalita	Fyz.-mech. vlastnosti		Výbrusy	SEM	RTG	DTA	Chem. rozbor		Expozícia	Mikromorfológia	SOR
		hornina	zvetralina					hornina	zvetralina			
1	Málinec	x	x	x	x	x				x	x	x
2	Ducové	x		x	x	x				x	x	x
3	Podbiel	x lab		x	x	x				x	x	x
4	Liptovský Hrádok			x	x	x				x	x	x
5	Podtureň	lab	lab	x	x	x			nová		x	x
6	Banská Štiavnica	x	x	x	x	x				x	x	x
7	Liptovské Matiašovce	x	x							x	x	x
8	Huty 1			x	x	x						
9	Nová Bystrica	x lab		x	x	x				x	x	x
10	Harmanec	x lab	lab	x	x	x				x	x	x
11	Lipovník	lab	x lab	x						x	x	x
12	Starina	x lab		x	x	x				x	x	x
13	Demjata	lab	x lab	x	x	x				x	x	x
14	Jakub	lab	lab	x	x	x			nová		x	x
15	Železná Studnička											
16	Huty 2	lab	lab		x	x			nová		x	x
17	Pezinská Baba								x			
18	Handlová			x	x	x						

SOR - skúška odolnosti voči rozpadu (Slake Durability Test)

Tab. 5.3.3. Prehľad použitých metód na stanovenie charakteristík horninového masívu (materiálu)

Č.	Lokalita	SHHmas	KHHmas	KHHmat		Diskontinuity	Morfometria	Farebná stena	Fotogrametria	Geodézia
			Schmidt	PLT	Ultrazvuk					
1	Málinec	x	x			x	x			
2	Ducové	x	x	x			x	x	x	x
3	Podbiel	x	x	x		x				
4	Liptovský Hrádok	x	x	x			x			
5	Podtureň	x	x	x		x	x			
6	Banská Štiavnica	x	x	x	x	x	x		x	
7	Liptovské Matiašovce	x				x	x			x
8	Huty 1	x		x		x			x	
9	Nová Bystrica	x	x	x	x	x	x			
10	Harmanec	x	x	x		x	x		x	
11	Lipovník	x	x	x						
12	Starina	x	x	x		x	x			
13	Demjata	x	x	x		x	x		x	
14	Jakub	x	x	x						x
15	Železná Studnička		x							x
16	Huty 2		x	x						
17	Pezinská Baba		x							
18	Handlová			x						

SHHmas - semikvantitatívne hodnotenie horninového masívu

KHHmas - kvantitatívne hodnotenie horninového masívu (Schmidtovo odrazové kladivko)

KHHmat - kvantitatívne hodnotenie horninového materiálu

MMZ - meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny

Pozornosť bola venovaná predovšetkým výberu metód terénneho a laboratórneho výskumu a ich vzájomnej kompatibilitate.

Etapa prípravných prác obsahovala tiež štúdium archívnych materiálov v archíve odboru informatiky ŠGÚDŠ. Bolo zamerané na zhromaždenie údajov o jednotlivých monitorovacích lokalitách a monitorovaných horninách. V etape prípravných prác bol navrhnutý výber monitorovacích lokalít a navrhnuté konkrétne metódy ich monitorovania. Bol navrhnutý a skonštruovaný prototyp meracieho zariadenia na sledovanie mikronivelačných zmien povrchu terénu. Zo skladu hmotnej dokumentácie ŠGÚDŠ bolo vybratých 28 vzoriek rôznych poloskalných hornín z celého územia Slovenska za účelom použitia experimentálnych metód pre charakterizovanie zvetrávacích procesov.

Terénne práce. Monitorovanie procesov zvetrávania v prirodzených podmienkach bol založený na metóde opakovaných meraní prostredníctvom merača mikronivelačných zmien povrchu terénu. Voľba lokalít bola uskutočnená s cieľom charakterizovania najvýznamnejších litologických typov hornín slovenskej časti Západných Karpát. Súčasne sme podriadili výber lokality jej aktuálnosti, t.j. merania sme sústredili na miesta bezprostredného ohrozenia objektov – zárezy komunikácií, priehradné profily, archeologické lokality.

Monitorované lokality:

- *Ducové* – opustená stena lomu v dolomitoch
- *Podbiel* - železničný odrez v horninách bradlového pásma - *lokalita v roku 2000 zničená zrútením*
- *Banská Štiavnica* – zárez cesty v alterovaných andezitoch
- *Harmanec* – odrez cesty v tektonicky porušených dolomitoch
- *Nová Bystrica* – pravostranné zaviazanie hrádze vodnej nádrže vo flyšových horninách – *lokalita v roku 2000 zničená zrútením bloku v ľavej časti profilu*
- *Málinec* – odrez cesty v mylonitizovaných granitoidoch - *profil 1 v roku 1998 zničený skalným zrútením*
- *Liptovské Matiašovce* - odkryv v lunzských vrstvách - *lokalita zničená skalným zrútením v zime 1995/1996, následne sanovaná zmiernením sklonu zárezu a ocelovým pletivom*
- *Podtureň* – odkryv v lunzských vrstvách v lome popri železnici - *profil 1 v roku 1999 zničený vandalmi*
- *Starina* – zárez cesty vo flyšových horninách
- *Demjata* – odrez cesty vo flyšových horninách. *Lokalita v roku 1999 poškodená*
- *Lipovník* – odrez cesty v slienitých bridliciach silicika

- *Banská Bystrica – Jakub* – železničný odrez v slienitých vápencoch križňanského príkrovu
- *Bratislava – Železná Studnička* – železničný zárez v granitoidoch bratislavského masívu
- *Huty* – zuberecké súvrstvie
- *Handlová* – odkryv v pyroklastikách nad baňou
- *Pezinská Baba* – odkryv v rulách popri štátnej ceste - v roku 2000 sme uskutočnili odber vzoriek pre petrografické posúdenie.

Na uvedených lokalitách sa s presnosťou na stotinu milimetra zisťovali zmeny povrchu odkrytých hornín spôsobené procesmi zvetrávania a následným odnosom.

Súbežne s meraním mikronivelačných zmien povrchu terénu boli na jednotlivých lokalitách vykonané práce, ktoré uvádzame v prehľadnej tabuľke 5.3.2 a 5.2.3:

Geodetické metódy:

- detailná *dokumentácia rozvoľnenosti horninového masívu*, meranie hlavných puklinových systémov, blokovitosti a vyčlenenie kvazihomogénnych horninových celkov
- *merania volumetrické a morfometrické* boli realizované za účelom zistenia množstva oderodovaného a naakumulovaného materiálu v dôsledku zvetrávania; opakované meranie rozmerov suťových kužeľov a výpočet kubatúry naakumulovaného materiálu boli uskutočnené na lokalitách Málinec, Harmanec, Starina a Nová Bystrica
- *pozemná fotogrametria* – použitie metód pozemnej fotogrametrie sa ukázalo byť veľmi efektívne hlavne na lokalite Harmanec, ďalej v spolupráci so subsystémom zosuvy a iné svahové deformácie boli uskutočnené merania na lokalitách Demjata a Banská Štiavnica.

Laboratórne práce Základné metodické princípy riešenia monitoringu procesov zvetrávania v laboratórnych podmienkach sú podrobne opísané v zodpovedajúcej časti predchádzajúcej správy (Klukanová et al., 1999).

Expozícia 40 vzoriek v prírodnom laboratóriu a pozorovanie zmien ich charakteristík prebiehala v období od roku 1996 a pokračuje až doteraz. Súbor vzoriek sme odobrali z najčastejšie sa vyskytujúcich poloskalných a skalných litologických typov hornín (v zmysle STN 73 1001) paleozoického až neogénneho veku z celého územia Slovenska. Veľký dôraz sme kládli najmä na odber čo najzdravších hornín, čím sme minimalizovali vplyv predchádzajúcich alterácií v dôsledku zvetrávania. V testovanom súbore sa najčastejšie vyskytujú ílovce, pieskovce, tufy, fylity, ruly a dolomity, ako aj tektonicky alterované granity a

propylitizované andezity. V laboratóriu sme zisťovali objemovú a mernú hmotnosť, stupeň nasýtenia, pórovitosť, absorpčnú kapacitu, atď. Pevnostné charakteristiky (pevnosť v jednoosovom tlaku) sme odvodili zo skúšky bodovej pevnosti, resp. z odrazovej tvrdosti horniny (skúška Schmidtovym kladivom typu L). Súčasne boli urobené mineralogicko-petrografické analýzy, DTA a RTG analýzy a štúdiu minerálnych fáz v elektrónovom mikroskope.

Pred samotnou expozíciou bolo približne 10 úlomkov z každej horniny o celkovej hmotnosti približne 500 g omytých a zbavených prachu a rôznych nečistôt, vysušených do ustálenej hmotnosti a odvážených. Potom boli umiestnené na plastické sitá a vystavené poveternostným vplyvom v priestoroch ŠGÚDŠ Bratislava. Doba expozície bola 5 rokov, pričom každoročne sme v Laboratóriu inžinierskej geológie ŠGÚDŠ sledovali straty na hmotnosti, spôsob a rýchlosť procesov rozpadu. Skúšku rozpadavosti hornín (Slake durability test) sme použili na hodnotenie "trvanlivosti" predovšetkým poloskalných hornín. Príprava vzorky bola totožná s prípravou na expozíciu v prírodnom laboratóriu. Po dve vzorky tej istej horniny sme umiestnili do oceľových bubnov s otvormi priemeru 2 mm. Bubny sme nechali otáčať rýchlosťou 20 otáčok za min. počas dvoch minút, t.j. celkovo 40 otáčok. Potom sme vzorky z bubna vybrali a v sušičke sa nechali vysušiť do ustálenej hmotnosti. Celý proces sme opakovali trikrát. Týmto spôsobom sme získali index odolnosti horniny voči rozpadu.

$$\text{index odolnosti voči rozpadu } (I_d) = \frac{\text{pôvodná hmotnosť} - \text{hmotnosť po } n \text{ cykloch}}{\text{pôvodná hmotnosť}} \cdot 100(\%)$$

Finálne práce zahŕňajú najmä interpretáciu výsledkov, ktorú uvádzame v kapitole 5.3.3. Vzhľadom na dlhodobý charakter monitorovania predpokladáme finalizáciu všetkých meraní formou integrovanej interpretácie získaných údajov po ukončení súčasnej etapy prác.

5.3.2. Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu

Metódy monitorovania procesov zvetrávania, používané pri riešení úlohy, sú podrobne opísané v predchádzajúcej správe (Klukanová et al., 2000). Pre úplnosť opakujeme ich prehľad formou tabuľky 5.3.4.

Frekvencia zberu dát je podriadená výberu metódy sledovania zvetrávacích procesov takým spôsobom, aby:

- zachytila merateľné zmeny zvolených charakteristík
- zachytila sezónne vplyvy (napr. účinky mrazového zvetrávania).

Tab. 5.3.4. Prehľad frekvencie zberu dát vybraných metód monitoringu procesov zvetrávania

mikronivelačné zmeny	spravidla 2 x ročne
fotogrametria	spravidla 1x až 2x za dva roky
prírodné laboratórium	1 x ročne

5.3.3. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

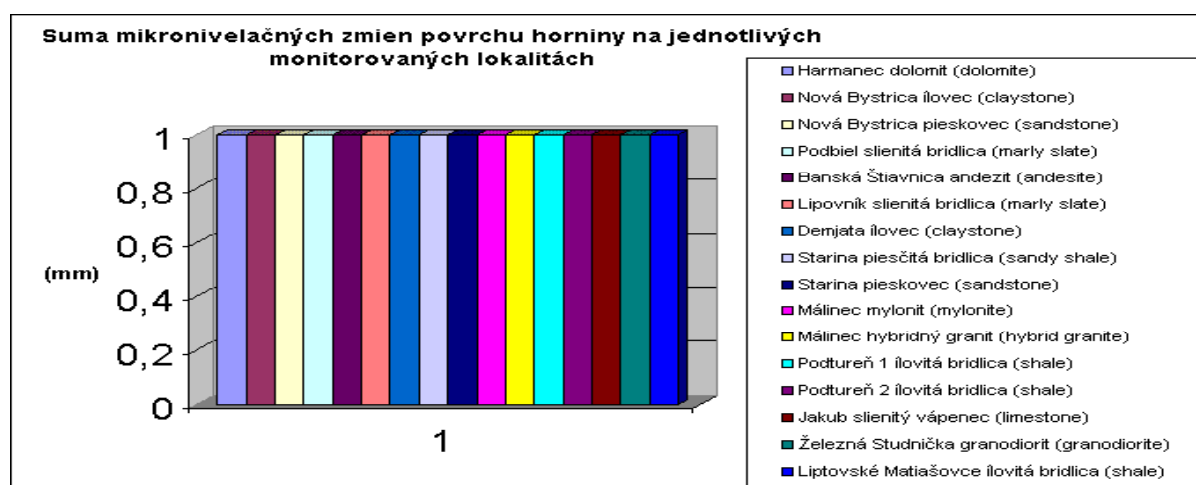
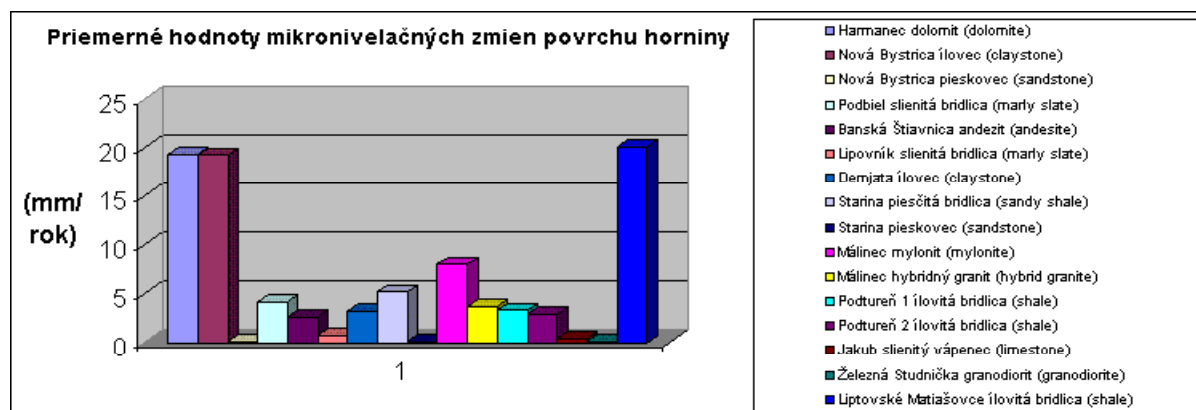
Na začiatku riešenia úlohy bola veľká pozornosť venovaná teoretickej príprave, ktorá pozostávala zo zhromažďovania a štúdia domácej a zahraničnej literatúry za účelom získania informácií o stave riešenej problematiky, dosiahnutých výsledkoch a používaných metódach. Navrhnutý a skonštruovaný bol prototyp meracieho zariadenia na sledovanie mikronivelačných zmien povrchu terénu. Prístroj bol doposiaľ zabudovaný na 12 monitorovacích lokalitách a výsledky meraní sú veľmi uspokojivé. S presnosťou na stotinu milimetra boli zistené zmeny povrchu odkrytých hornín spôsobené procesmi zvetrávania a následným odnosom. Rádovo najväčšie hodnoty znižovania povrchu horninového masívu boli namerané vo flyšových ílovcoch (až 55,1 mm ročne) na lokalite Nová Bystrica a v bridliciach lunzských vrstiev (49 mm ročne) na lokalite Liptovské Matiašovce. Vysoké hodnoty boli tiež namerané na lokalite Harmanec v dolomitoch (66 mm ročne), no tu sa v strednom úseku meraného profilu podieľala na znižovaní povrchu horninového masívu aj erózia. Porovnateľné hodnoty boli namerané v granodioritoch a mylonitoch na lokalite Málinec (granodiority - 0,2 – 24 mm ročne, mylonity - 0,42 - 18,06 mm ročne). Pri porovnávaní hodnôt nameraných v slienitých bridliciach na lokalitách Podbiel a Lipovník boli zistené vyššie hodnoty na lokalite Podbiel (1 – 26 mm ročne). Najnižšie hodnoty boli podľa očakávania namerané v pieskovcoch (Nová Bystrica - 0,24 - 0,74 mm ročne, Starina - 0,8 – 3 mm ročne). Súhrnný graf pozorovaných mikronivelačných zmien v rokoch 1995 až 2000 uvádzame na obr. 5.3.1.

Na lokalitách Demjata a Podbiel boli okrem znižovania povrchu horninového masívu zaznamenané aj zmeny opačného charakteru, t.j. nie zníženie, ale zvýšenie povrchu horniny v meranom profile. Predbežným vysvetlením tejto anomálie by mohli byť zmeny vlhkosti horninového masívu, t.j. pri nasiaknutí vodou masív „nabobtnal“. Túto domnienku bude treba preveriť prostredníctvom údajov o zrážkach z období, keď boli realizované merania.

Metóda expozície vzoriek v prírodnom laboratóriu nie je síce nová, pretože ju používajú skúšobne stavebných materiálov, no na monitoring procesov zvetrávania hornín doposiaľ použitá u nás nebola. Výhodou metódy je jej ekonomická nenáročnosť a spoľahlivosť výsledkov. Spomedzi 49 testovaných vzoriek hornín boli najvyššie a najrýchlejšie straty hmotnosti pozorované u neogénnych ílov a šlírov a u paleogénnych ílovcov (úplne sa rozpadli za rok). Slabú odolnosť voči zvetrávaniu vykazovali aj tufy a

Obr.5.3.1: Výsledky mikronivelačných zmien povrchu terénu z monitorovaných lokalít za roky 1995-2000

Lokalita	Hornina	Strat. j.	Obdobie	Počet meraní	Ročný priemer (mm)
Harmanec	dolomit (<i>dolomite</i>)	T	1994-99	11	19,243
Nová Bystrica	ílovec (<i>claystone</i>)	Pg	1994-99	9	19,21
Nová Bystrica	pieskovec (<i>sandstone</i>)	Pg	1994-99	9	0,16
Podbiel	slienitá bridlica (<i>marly slate</i>)	K	1994-99	9	4,124
Banská Štiavnica	andezit (<i>andesite</i>)	Ng	96-2000	9	2,6
Lipovník	slienitá bridlica (<i>marly slate</i>)	T	95-2000	11	0,76
Demjata	ílovec (<i>claystone</i>)	Pg	1995-98	8	3,19
Starina	piesčitá bridlica (<i>sandy shale</i>)	Pg	95-2000	9	5,17
Starina	pieskovec (<i>sandstone</i>)	Pg	95-2000	11	0,06
Málinec	mylonit (<i>mylonite</i>)	Pz	1996-97	3	7,98
Málinec	hybridný granit (<i>hybrid granite</i>)	Pz	96-2000	8	3,7
Podtureň 1	ílovitá bridlica (<i>shale</i>)	T	1996-98	5	3,302
Podtureň 2	ílovitá bridlica (<i>shale</i>)	T	96-2000	9	2,85
Jakub	slienitý vápeneц (<i>limestone</i>)	K	97-2000	7	0,435
Železná Studnička	granodiorit (<i>granodiorite</i>)	Pz	97-2000	8	0,135
Liptovské Matiašovce	ílovitá bridlica (<i>shale</i>)	T	1994-95	3	20,13



slienovce (strata hmotnosti cca 50% počas 1. roka expozície). Vysokú odolnosť vykazujú zdravé pieskovce, dolomity, fylity a andezity.

Za veľký prínos považujeme sledovanie zmien fyzikálno-mechanických vlastností hornín a ich petrografického zloženia v dôsledku zvetrávania. V tomto smere sme sa v uplynulom období na sledovanie zvetrávania horninového materiálu v podmienkach „prírodného laboratória“. Táto metóda sa ukázala byť vhodnou pre rýchlo zvetrávajúce horniny, keďže v pomerne krátkom časovom úseku vykazuje merateľné zmeny. Porovnanie výsledkov zrýchlených laboratórnych testov (najmä skúšky odolnosti hornín voči rozpadu) s údajmi zo skúšok z „prírodného laboratória“ identifikovalo určité disproporcie v rýchlosti rozpadu a rozkladu vzoriek. Výsledky skúšky odolnosti voči rozpadu ukázali že väčšina testovaných vzoriek (62,5%) vykazuje nižšie straty hmotnosti ako 10%. Najväčšie straty (30 až 50%) sme pozorovali na neogénnych ílovitých bridliciach a tufitoch. Zo 40 vzoriek testovaných v prírodnom laboratóriu sa po roku expozície úplne rozpadlo 13 vzoriek, ďalšie štyri vzorky vykazovali straty viac ako 50%. Celkove môžeme konštatovať, že:

- skupina hornín vykazuje podobné výsledky pri skúške odolnosti voči rozpadu a expozícii v prírodnom laboratóriu - sem patria paleogénne pieskovce, neogénne tufy a andezity, slienité bridlice, dolomity, zdravé granitoidy a fylity
- skupina hornín vykazuje nízke straty v procese skúšky odolnosti hornín voči rozpadu (do 10%), avšak relatívne veľké straty pri expozícii – sem zaraďujeme vápnené neogénne ílovce, lunzské vrstvy vrchného triasu
- skupina hornín vykazuje vysoké straty pri skúške odolnosti hornín voči rozpadu a nízke straty počas expozície – sem zaraďujeme paleogénne ílovce a neogénne tufity
- skupina hornín vykazuje podobné straty pri skúške odolnosti hornín voči rozpadu, ale podstatne sa odlišujú počas expozície.

Napriek tomu, že testovanie vzoriek stále pokračuje, doterajšie výsledky umožňujú vysloviť nasledovné závery:

- expozícia vzoriek hornín v prírodnom laboratóriu je síce metóda časovo náročná, no dáva reálnejší obraz o správaní sa poloskalných hornín ako zrýchlené laboratórne testy
- skúška odolnosti hornín voči rozpadu má obmedzené použitie, pretože nedáva vierohodné prognózne charakteristiky pre všetky typy poloskalných hornín
- skúška odolnosti hornín voči rozpadu je vhodný test pre horniny, ktoré podliehajú rýchlym zmenám v styku s vodou
- u niektorých typov hornín nemajú fyzikálne vlastnosti, ako napr. pórovitosť a nasiakavosť, vplyv na výsledky skúšky odolnosti hornín voči rozpadu, ale majú vplyv na dlhodobú odolnosť hornín voči zvetrávaniu.

Na lokalite Harmanec v intenzívne tektonicky porušených dolomitoch stredného triasu bola mechanickým zvetrávaním porušená časť zárezu cestnej komunikácie. Využitím metód pozemnej fotogrametrie a meraní mikronivelačných zmien povrchu masívu sme monitorovali najporušenejšiu časť - strednú časť cestného zárezu vo vzťahu k okolitému menej porušenému masívu. Za posledné tri roky vzrástla hĺbka ryhy o 9 – 40 cm a jej šírka o 6 – 18 cm. Opakované merania boli realizované v septembri 1999.

Na lokalitách Banská Štiavnica a Demjata sú výsledky skreslené deštrukciou zárezu najmä v dôsledku opadávania úlomkov až vypadávania celých blokov.

Lokalita Ducové sa ukázala ako najvhodnejšia lokalita pre aplikáciu metód pozemnej fotogrametrie pre stanovenie rýchlosti nárastu suťových kužeľov.

Morfometrické merania použité na sledovanie rýchlosti rastu suťových kužeľov odhalili potrebu porovnania týchto meraní s ročným chodom zrážok. Bolo zistené, že na lokalitách s akumuláciami jemného materiálu je tento nielen postupne navršovaný v podobe suťových kužeľov a osypov, ale občas aj splavovaný prívalovými vodami pri abnormálnych zrážkach. Vtedy sú rozmery akumulácií redukované a interpretácia ich vývoja teda nie je vždy jednoduchá a jednoznačná. Maximálne rýchlosti rastu suťových kužeľov boli namerané na lokalitách Ducové a Liptovské Matiašovce (až 10 cm ročne). Na lokalite Ducové dochádza k postupnému ústupu hrany smerom na sever, pričom je ohrozená významná archeologická lokalita Kostelec-Ducové. V suťovom materiáli sme identifikovali úlomky keramiky.

Za prínos monitoringu procesov zvetrávania možno tiež považovať sanáciu lokalít Liptovské Matiašovce a Hutý, kde sme na zlý stav stability svahu upozornili príslušné inštitúcie (Okresná správa ciest v Liptovskom Mikuláši). Sanáciou lokalít bol síce znemožnený ich ďalší monitoring, no na druhej strane bola tým potvrdená opodstatnenosť ich výberu.

Všetky doposiaľ dosiahnuté výsledky boli podrobené detailnej analýze, čo umožnilo vysloviť určité predbežné závery týkajúce sa teórie procesov zvetrávania hornín a tiež klasifikácie hornín z hľadiska ich odolnosti voči zvetrávaniu. Nové poznatky získané priamym a nepriamym meraním rýchlosti zvetrávacích procesov budú po ich ukončení využité na špecifikáciu doporučení pre prax a pre ďalší výskum. Otvárajú sa tiež možnosti využitia získaných poznatkov pre prognózovanie a modelovanie uvedených procesov.

5.4. OBJEMOVO NESTÁLE ZEMINY

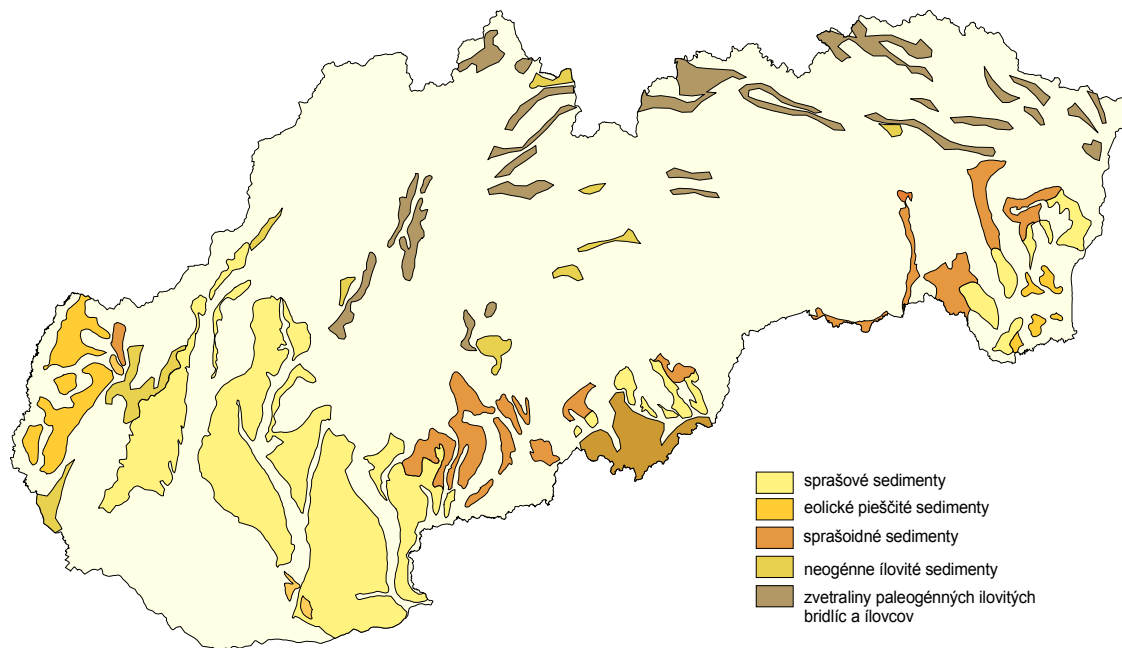
Zeminy, ktorých vlastnosti sa pred porušením vnútornej štruktúry a po jej porušení výrazne líšia, alebo počas zmeny štruktúry dochádza k výrazným objemovým zmenám označujeme ako metastabilné, časť z nich, u ktorých je rozhodujúca objemová stabilita, označujeme ako zeminy objemovo nestále. Objemová nestabilita sa prejavuje buď znížením objemu, označovaným ako presadanie, alebo zväčšením objemu, označovaným ako napúčanie.

Termín metastabilná štruktúra použil ako prvý Terzaghi v roku 1955 (Terzaghi, Peck, 1967) ako názov štruktúry, náchylnej ku kolapsu. Feda rozlišuje lokálnu a totálnu metastabilitu štruktúry, pri ktorej malá zmena zaťaženia alebo zmena stavu vyvolá značné posuny pevných častíc (Feda, 1977). Reprezentantmi metastabilných zemín sú spraše a senzitívne íly, v ktorých sa kolaps štruktúry vyvolá zmenou zaťaženia. Ďalšími reprezentantmi sú disperzné zeminy, kypré zvodnené piesky a silne prekonsolidované íly (s nízkou vlhkosťou, ktoré sú navyše náchylné na napúčanie).

Objemovo nestále zeminy na Slovensku tvoria presadavé zeminy (kvartérne eolické sedimenty), napúčavé íly (neogénne alebo kvartérne íly) a silne prekonsolidované ílovité zeminy charakteru ílových bridlíc, ílovcov a pod. Na obr. 5.4.1 sú schematicky znázornené územia s pravdepodobným výskytom objemovo nestálych zemín na Slovensku. Podkladom na zostavenie tejto schémy boli mapa genetických typov kvartérnych sedimentov (Klukanová in Bodiš et al., 1999) a schéma Jemnozrnné sedimenty na Slovensku (Letko, Hrašna in STN 83 8106).

5.4.1. Charakteristika objemovo nestálych sedimentov

Inžinierskogeologické vlastnosti zemín sa stanovujú na porušených a neporušených vzorkách zemín a hornín odoberaných z vrtov, kopaných šachtíc, alebo prirodzených odkryvov v blízkosti porušených objektov. Laboratórne práce sú vykonávané v laboratóriu inžinierskej geológie ŠGÚDŠ Bratislava. Ide predovšetkým o stanovenie fyzikálnych vlastností. Okrem toho je sledované minerálne a chemické zloženie a vnútorná stavba, najmä jej zmeny spôsobené presadavosťou, napúčaním a zmrašťovaním pomocou SCAN-u. Monitorovaný je aj proces presadania, napúčania a zmrašťovania zemín v laboratórnych podmienkach (oedometrické a iné skúšky).



Obr. 5.4.1. Schématické znázornenie výskytu objemovo nestálych sedimentov

5.4.2. Presadavé zeminy

Presadavé zeminy rozdeľujeme do dvoch skupín (Klukanová, Frankovská, 1995): veľmi presadavé zeminy a presadavé zeminy.

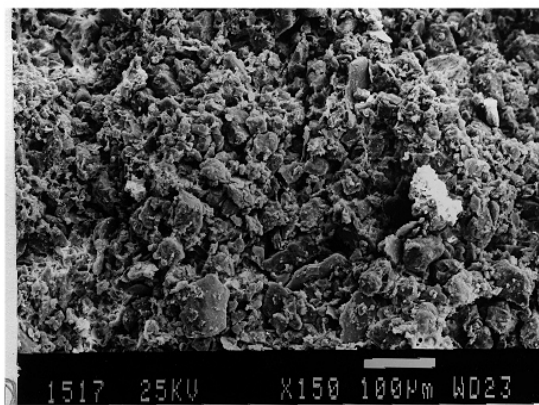
Medzi veľmi presadavé zeminy zaraďujeme typické a piesčité spraše. *Typické spraše* sú charakteristické tým, že sú nevrstevnaté, primárne vápnité, majú kapilárnu pórovitosť, vcelku sú suché, žltej až tmavožltej farby s viditeľne prevládajúcim zrnitostným zložením pohybujúcim sa v medziach 20–63 μm . Typ mikroštruktúry je skeletálny (obr.5.4.2a). Fyzikálne vlastnosti sú v tab. 5.4.1. *Piesčité spraše* sú najčastejšie nevrstevnaté alebo sa v nich vyskytuje jemné zvrstvenie. Zvyčajne sú slabo vápnité, menej pórovité ako typické spraše, pričom farbu majú podobnú. Tento typ spraší je charakteristický zmesou zrn veľkosti 20-60 μm a 200-500 μm . Zemina taktiež vznikla eolickým transportom, ale znosovou oblasťou boli územia s iným horninovým zložením ako typické spraše. Typ mikroštruktúry je skeletálny (obr.5.4.2b). Fyzikálne vlastnosti sú v tab. 5.4.1. Na obr. 5.4.3 je priebeh presadania veľmi presadavých sedimentov, stanovený laboratórnou skúškou v oedometri.

Medzi presadavé zeminy zaraďujeme eolické piesky, ílovité spraše a sprašoidné sedimenty, ktoré majú prevládajúcu zrnitostnú frakciu prachovitú. *Eolické piesky* sú strednozrnité, typické veľmi dobrým vytriedením a opracovaním kremenných zrn, niekedy i karbonátov. Typ mikroštruktúry je tiež skeletálny (obr.5.4.2c). Fyzikálne vlastnosti sú v tab. 5.4.1. *Ílovité spraše* sú nevrstevnaté, málo pórovité, obsah uhličitanov a farba je podobná

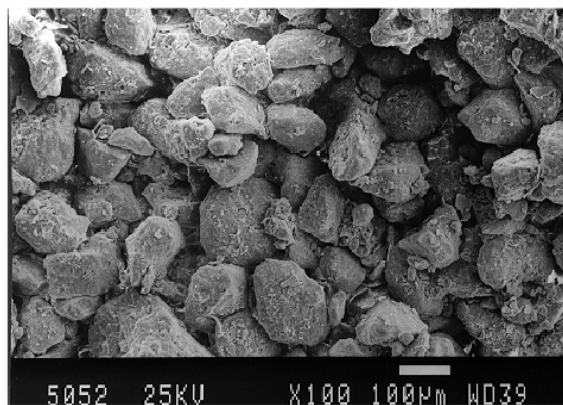
typickým sprašiam. Najväčšie percentuálne zastúpenie majú častice zrnitostného zloženia 20-60 µm z čoho 25-30% má zrnitosť menšiu ako 2 µm. Ílovité spraše majú matricovú, skeletálno-matricovú až matricovo-laminárnu mikroštruktúru. Presadavé sú však iba tie, ktoré majú skeletálno-matricový typ mikroštruktúry (obr. 5.4.2d) (Klukanová, 1995). Fyzikálne vlastnosti týchto zemín sú v tab. 5.4.1. Na obr. 5.4.4 je priebeh presadania, stanovený laboratórnou skúškou v oedometri. Koeficient presadavosti dosiahol hodnotu 1,94%. *Sprašoidné sedimenty* sú reprezentované veľkou skupinou zemín s rozličným minerálnym a zrnitostným zložením. Niektoré fyzikálne vlastnosti sú v tab. 5.4.1. Ide o eolický materiál, ktorý bol resedimentovaný počas rôznych sekundárnych procesov (alochtónne sprašoidné sedimenty) alebo bol pozmenený in situ (autochtónne sprašoidné sedimenty), resp. neeolický materiál, v ktorom prebehol proces zosprašovatenia. Často namiesto zosprašovatenia prebiehal na nich proces zahlinenia, alebo oglejenia. Najdôležitejšie sekundárne procesy, ktoré pôsobili pri resedimentácii sú: deluviálne, fluviálne, proluviálne, eluviálne procesy, rôzne pedogenetické procesy, ako i zmeny spôsobené kryoturbáciou. Sprašoidné sedimenty sa mohli vytvoriť buď z typických, piesčitých alebo ílovitých spraší. Ich pórovitosť je menšia ako u pôvodného materiálu. Je badateľná veľká zmena, čo sa týka obsahu uhličitanov. Niektoré neobsahujú uhličitan. Líšia sa i farebne. Náchylné na presadanie sú však iba tie, ktoré majú skeletálny a skeletálno-matricový typ mikroštruktúry - obr.5.4.2e,f (Klukanová, 1995).

Tab. č. 1 Priemerné hodnoty niektorých fyzikálnych vlastností reprezentantov objemovo nestálych zemín

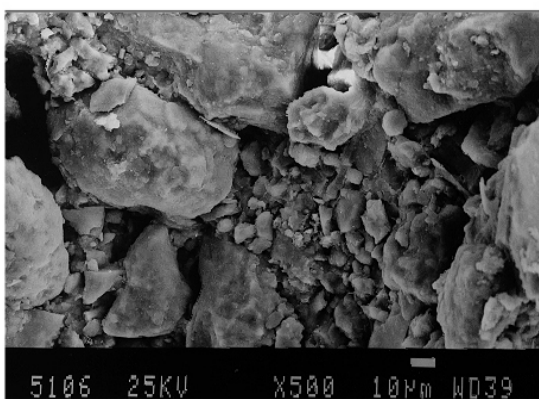
Vlastnosť zeminy	Rozmer	Typické spraše	Pieščitě spraše	Eolické piesky	Ílovité spraše	Sprašoidné sedimenty	Ílové sedimenty - Devínska Nová Ves	Ílové sedimenty Lastovce
Vlhkosť zeminy	%	9,955	4,404	8,078	11,81	9,02	27,77	36
Zrnitostná frakcia < 0,002 mm	%	10,72	6,453	4,91	28,14	16,01	42,75	61,25
Zrnitostná frakcia 0,002÷0,06 mm	%	68,226	37,73	26,01	50,485	61,75	53,09	30,8
Objemová hmotnosť prirodzená	kgm ⁻³	1456,4	1680	1807	1939	1945	1867	2476
Objemová hmotnosť suchá	kgm ⁻³	1378,8	1615	1627	1734	1765	1450	1821
Zdanlivá hustota pevných častíc	kgm ⁻³	2695,6	2729,5	2692,5	2741	2645	2758	2760
Medza plasticity	%	24,044	21,032	19,9	22,66	17,1	26,79	42,5
Medza tekutosti	%	30,833	24,196	24,7	42,541	27,988	68,52	81,8
Pórovitosť	%	46,9	37,7	39,573	35,899	31,3	44,33	34,04
Stupeň nasýtenia	%	24,039	17,80	33,21	55,72	54,9	89,12	92,56
Obsah uhličitanov	%	13,828	9,081	4	1		15	



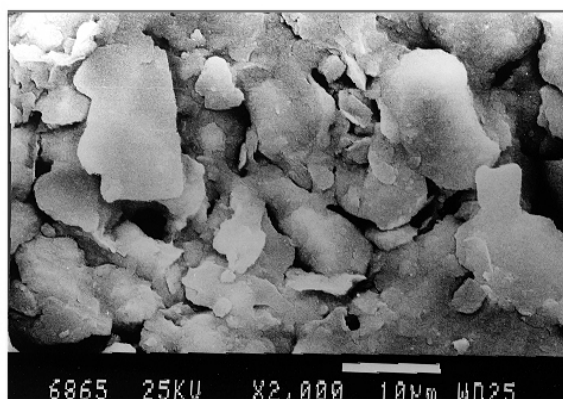
a



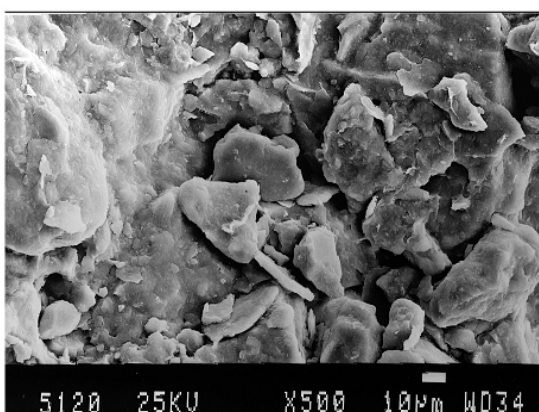
b



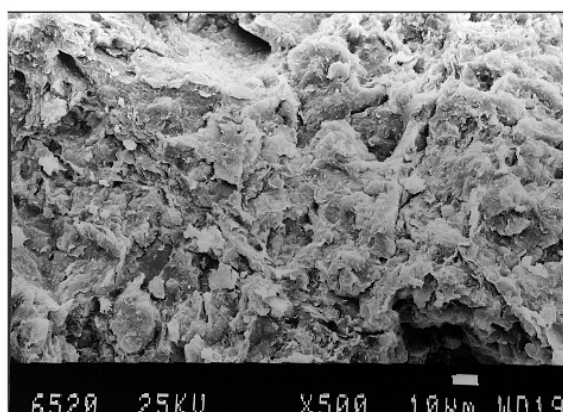
c



d

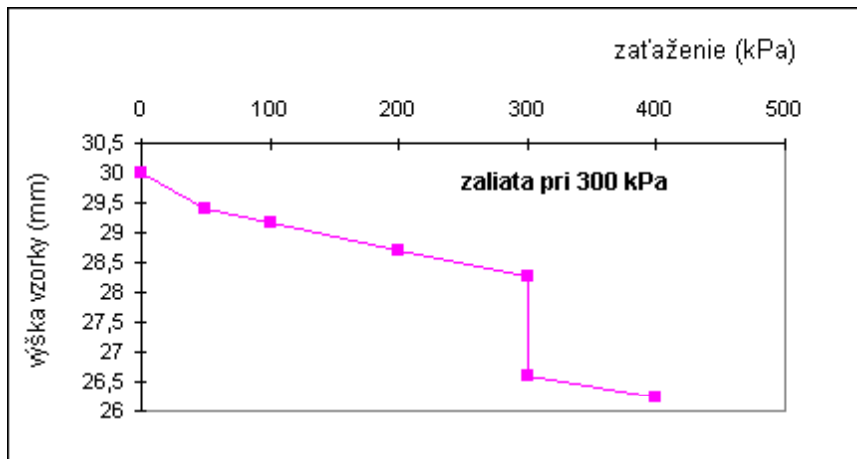


e

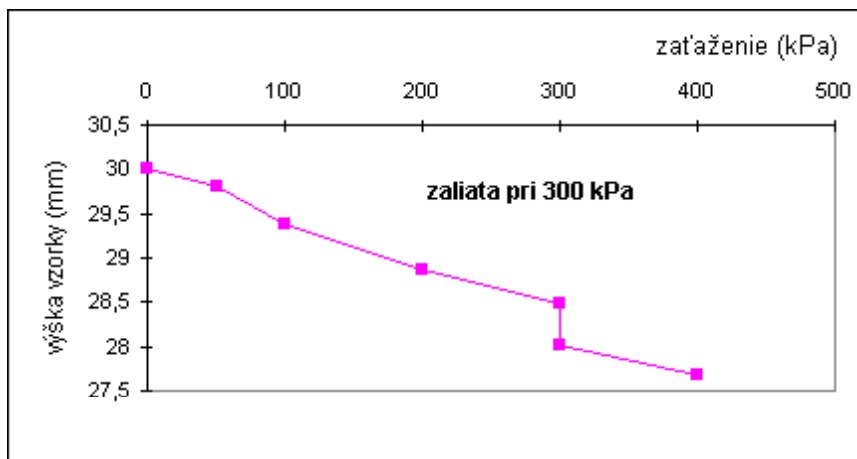


f

Obr.2. Mikrografy vnútornej stavby veľmi presadavých a presadavých sedimentov



Obr. č.5.4.3 Priebiech presadania reprezentatívnej vzorky veľmi presadavých spraší, stanovený laboratórnou skúškou v oedometri.

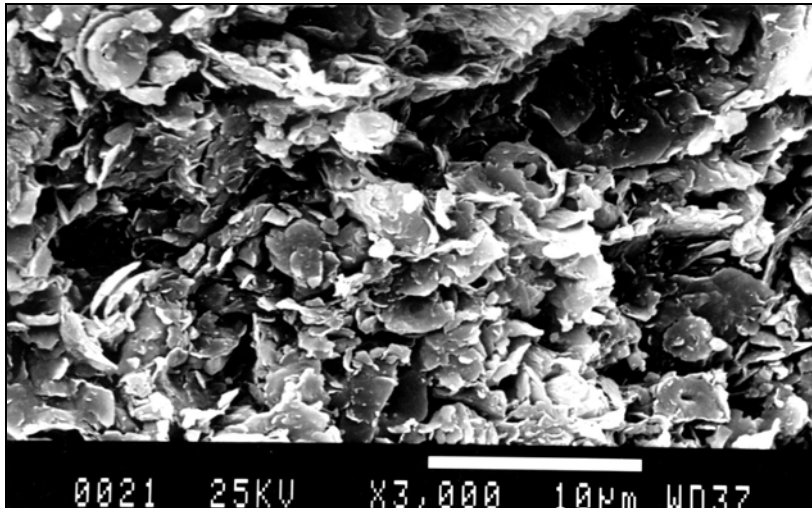


Obr. č.5.4.4 Priebiech presadania reprezentatívnej vzorky presadavých spraší, stanovený laboratórnou skúškou v oedometri.

5.4.3. Objemovo nestále íly a ílované zeminy

Podľa normy STN 72 1001 sa ako íl označujú jemnozrnné zeminy, v ktorých podstatnú časť tvorí tzv. ílovaná frakcia s veľkosťou zrn menšou ako $2 \mu\text{m}$. Íly a ich spevnením vzniknuté ílovce sú tvorené hlavne ílovými minerálmi (kaolinit, halloysit, dompassit, antigorit, illit, mastenec, saponit, stevensit, vermikulit, montmorillonit, beidellit, palygorskite, alofán) a prímiesmi (kremeň, živce, sludy, rutil, turmalín, amfibol, kalcit, opál, pyrit, oxidy Fe a Mn, organické zvyšky, atď.). Napučívanie a plasticita sú vlastnosti ílových minerálov, ktoré závisia od typu väzby a typu medzivrstevného katiónu. Najvýraznejšie napučajú montmorillonitické íly s voštinovou mikroštruktúrou (obr.5.4.5) (Klukanová et.al, 1992), kde vymeniteľné katióny držia spolu základné vrstvy len elektrostatickými silami. Ióny

sa v medzivrstvách hydratujú, v dôsledku čoho íl napučíava. Najväčšiu plasticitu majú montmorillonitové íly aktivované iónmi Na, ďalej kaolínové, beidellitové a hydrosľudové íly. Plasticitu zvyšujú aj humínové látky. Z hľadiska objemovej nestálosti najproblematickejšie sú bentonity a smektity. Ako príklad uvádzame ílové sedimenty Devínskej Novej Vsi a Lastoviec.

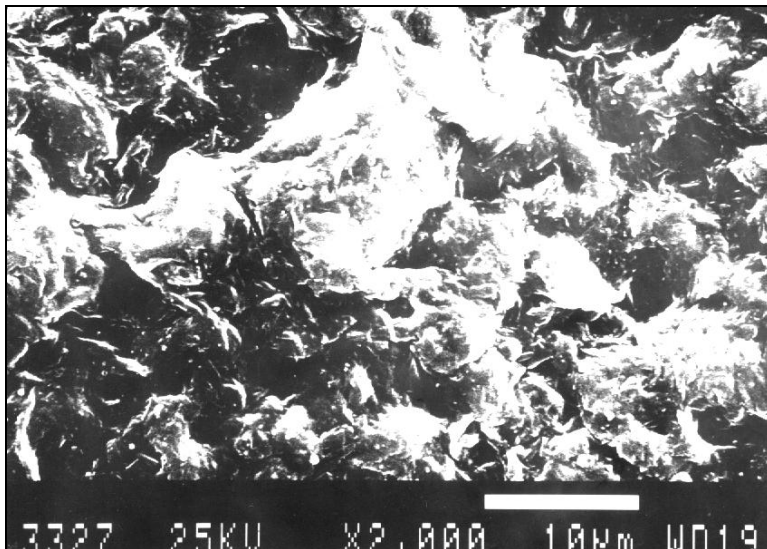


Obr.5.4.5 Mikrograf montmorillonitického ílu s voštinovou mikroštruktúrou

Laboratórnym stanovením napúčania získame indexovú hodnotu, ktorá nám umožní porovnávať jednotlivé zeminy z hľadiska ich schopnosti napúčať, touto skúškou v podstate modelujeme proces prevlhčenia odkrytej horniny. Zvlášť pri odkrytí silne prekonsolidovaných ílovitých zemín (charakteru ílovitých bridíc, ílovcov) dochádza k intenzívnemu nasávaniu vzdušnej vlhkosti. Dochádza ku vzniku napúčacích tlakov, ktoré dosahujú hodnoty 150 kPa aj viac. Táto jednoduchá skúška nám nepriamo podáva informáciu o obsahu ílovitých minerálov v skúšanej hornine a veľmi orientačne i o povahe týchto minerálov. Napúčanie sa stupňuje v rade kaolinity – illity – montmorillonity. Podobne modelujeme aj procesy vysychania odkrytých zemín. Zmrašťovanie zemín ako jav, ktorý často spôsobuje poruchy stavieb, modelujeme laboratórnou skúškou zmrašťovania na neporušených vzorkách. Hodnotia sa pritom ich zmeny v čase čo do množstva a veľkosti. Zmrašťovanie je dané nielen spôsobom konsolidácie, ale i počiatočným stupňom nasýtenia. Na obr. 5.4.6 je mikrograf zobrazujúci vnútornú stavbu zmraštenej zeminy.

Na základe zrnitostných analýz môžeme povedať, že íly Devínskej Novej Vsi sa vyznačujú vysokým obsahom ílovitej (43–50%) a prachovitej frakcie (54-62%), nízkym obsahom piesčitej frakcie (4-10%). Pre tento druh zemín je typická pomerne vysoká prirodzená vlhkosť. Pohybuje sa od 26 do 30,8 %. Schopnosť viazať vodu je závislá od obsahu ílových častíc, ktoré vďaka svojej povahe a veľkosti špecifického povrchu viažu

prevažnú časť fyzikálne viazanej vody v zemine. Medza tekutosti ako citlivý ukazovateľ obsahu ílových minerálov je tiež vysoká (63,7 až 72%). Podľa hodnoty medze tekutosti tieto zeminy klasifikujeme ako veľmi vysoko plastické, tuhej konzistencie. Fyzikálne vlastnosti sú v tab. 5.4.1. RTG a DTA analýzami bolo stanovené minerálne zloženie: illit, montmorillonit, kaolinit, kremeň, kalcit, málo dolomitu a živcov ako i organické látky. Na obr. 5.4.7 je graf časového priebehu napúčania vzorky. Časový priebeh zmrašťovania je na obr. 5.4.8. Prevládajúcim typom mikroštruktúry je matricová (obr. 5.4.9) až voštinová mikroštruktúra (obr. 5.4.10).

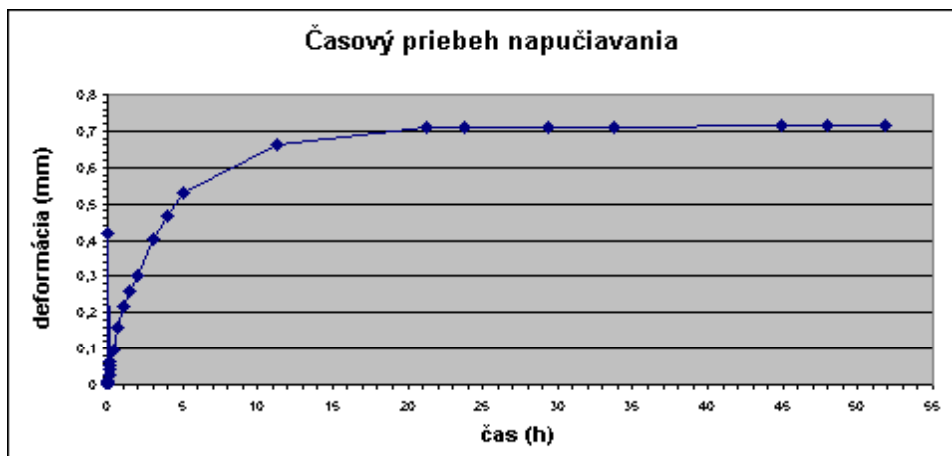


Obr. 5.4.6: Mikrograf zobrazujúci vnútornú stavbu zmraštenej zeminy.

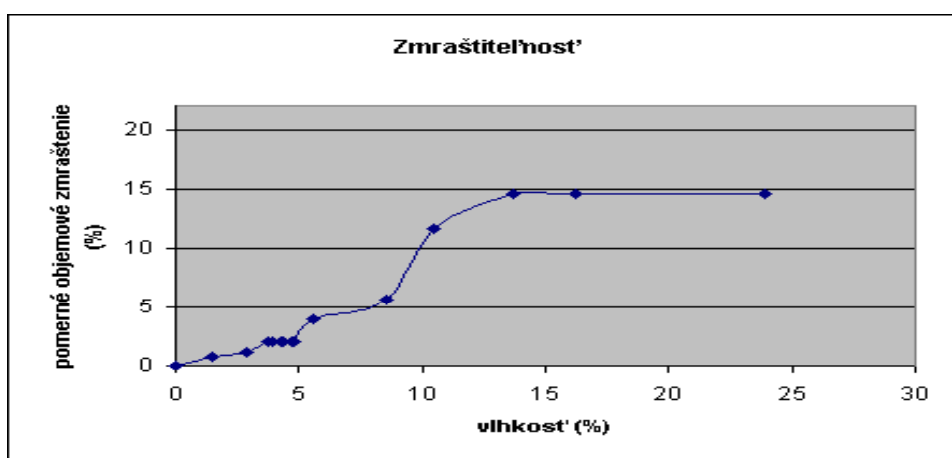
Montmorillonitový íl z lokality Lastovce je reprezentantom štruktúrne najnestálejších ílovitých zemín. Podľa zrnitostných analýz sa vyznačuje vysokým obsahom ílovitej frakcie (58-65%), obsah prachovitej frakcie je v rozmedzí 27 až 32 % a piesčitej 7-10%. Prírodná vlhkosť sa pohybuje od 35 do 48 %, čo zodpovedá stupňu nasýtenia (S_r) 78-95%. Medza tekutosti je vysoká a dosahuje priemernú hodnotu 85,02%. Hodnota medze plasticity je 42,5%. Niektoré fyzikálne vlastnosti sú v tab. 5.4.1. Prevládajúcim typom mikroštruktúry je voštinová mikroštruktúra (obr. 5.4.5).

5.4.4. Registrácia porušených objektov a príčiny porúch na objektoch

Pri registrovaní porušených objektov na území Východoslovenskej nížiny sa zistilo, že poruchy na objektoch nie sú zapríčinené len presadavosťou základových pôd, ale aj ich napúčaním a zmrašťovaním. Preto sme podsystem monitorovanie presadavých sedimentov v roku 1999 rozšírili na podsystem objemovo nestálych sedimentov.



Obr. č. 7 Graf časového priebehu napučovania vzorky vzorky ílu z Devínskej Novej Vsi



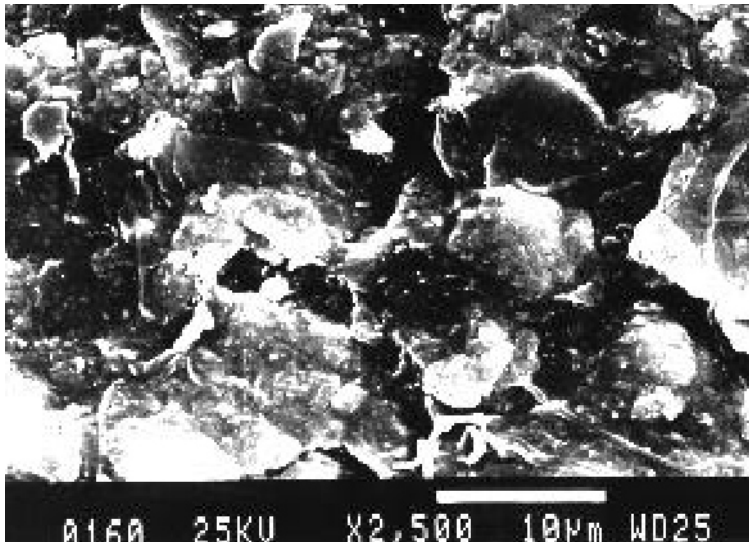
Obr. č. 8 Časový priebeh zmršťovania vzorky ílu z Devínskej Novej Vsi

Registrácia sa vykonávala na území Podunajskej a Východoslovenskej nížiny do špeciálneho registračného listu. Na území Podunajskej nížiny boli registrované porušené objekty v 72 obciach, na území Východoslovenskej nížiny v 54 obciach. V ďalšom období predpokladáme štvrtú etapu registrácie v sledovaných obciach a novú registráciu v obci Kuzmice.

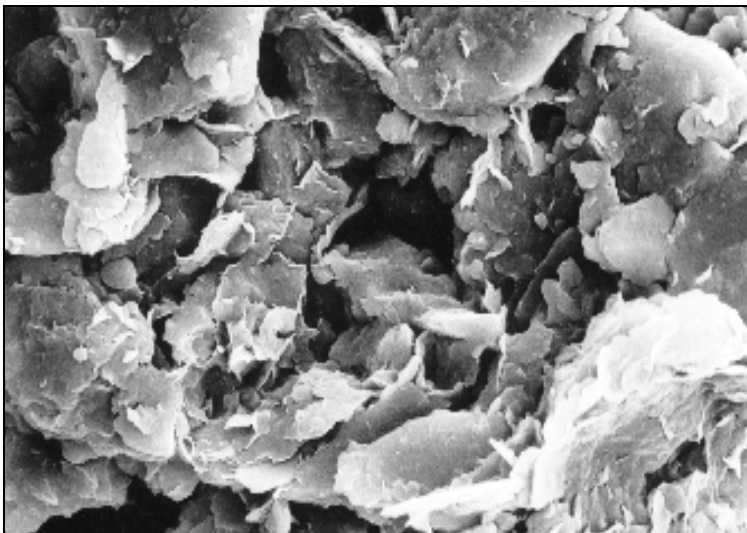
5.4.5. Príčiny porúch na objektoch

Deštrukcia podzákladia a deformácie objektov môžu nastať hlavne:

- presadavosťou, ktorá vznikla prevlhčením podzákladia, v dôsledku čoho zemina stráca pevnosť a vznikajú nadmerné a nerovnomerné sadania; rozhodujúci podiel v tomto prípade má prevlhčenie vodou
- rôznou veľkosťou a hmotnosťou plošných základových konštrukcií; napätie pod väčšími konštrukciami sa prenáša do väčších hĺbok a zasahuje aj staršie súvrstvia



Obr. 5.4.9: Mikrograf s matricovou mikroštruktúrou



Obr. 5.4.10: Mikrograf s voštinovou mikroštruktúrou

- dodatočným sadaním, kedy vznikajú zmeny zaťaženia základovej pôdy; deje sa to obyčajne pri prístavbe, či postavením nového objektu v blízkosti staršieho
- namrzavosťou sedimentov a tým aj zmenou ich mechanických vlastností
- zmrašťovaním a napúčaním objemovo nestálych zemín, hlavne vysokoplastických ílov.

To sú hlavné príčiny deformácií. Pri bližšom pohľade však zistujeme, že popri týchto prioritných príčinách sú dôležité aj niektoré ďalšie, ktoré sú buď spolupôsobiacim alebo rozhodujúcim činiteľom. Veľkú časť deštrukcií na presadavých zeminách spôsobujú neodborné či nevedomé ľudské zásahy, napr. hĺbenie základov, neodborné odvedenie vody z odkvapových rúr netesná podzemná kanalizácia či vodovodné potrubie. Hladký povrch

kanálových rúr navyše slúži ako "privilegované" cesty prúdiacej vody, ktorá na ich obvode môže vytvoriť aj podzemné priestory a kaverny, v dôsledku čoho môže dôjsť k prepadnutiu územia. V menšej miere spôsobujú deštrukcie aj neodborne prevedené vrty, sondy a pod.

Hlavné príčiny presadavosti sú vyvolané:

- zvýšením vlhkosti
- zvýšením zaťaženia - statického, či dynamického
- zvýšením vlhkosti aj zaťaženia.

Zvýšenie vlhkosti

Voda môže vnikáť do základovej pôdy rôznymi spôsobmi:

- pri budovaní novej cesty
- prasknutím či neinštalovaním odkvapovej rúry
- zrážkovou vodou z vyššie položených svahov
- haváriou vodovodného alebo kanalizačného potrubia
- vybudovaním zavlažovacieho kanála v blízkosti stavebných diel
- vyhlbením základovej jamy v susedstve budov.

Zvýšenie zaťaženia

Statické zaťaženie:

- prístavba objektu
- koncentrácia zaťaženia preneseného z príľahlého objektu.

Dynamické zaťaženie:

- otrasy zo zvýšenej intenzity premávky.

Zmrašťovanie objemovo nestálych zemín je najčastejšou príčinou vzniku trhlín na nízkopodlažných stavbách. Povrch terénu sa intenzívne vysušuje pôsobením slnka a v prípade nepodpivničených budov dochádza ku zmrašťovaniu a deformáciám základov a následne k nerovnomerným sadaniam a poruchám stavieb. Ku vysušovaniu zemín môže dochádzať aj v dôsledku odsávania vlhkosti zeminy koreňmi stromov. U bentonitov pri strate vody dochádza k postupnému zblížovaniu štruktúrnych vrstiev – k zmrašťovaniu, pričom vznikajú povrchové napätia. Tieto majú za následok „potrhanie povrchu“, ak ťahové napätia sú väčšie ako sily súdržnosti zeminy. Na povrchu územia vznikajú zmrašťovacie trhliny hexagonálneho (voštinovitého) tvaru, ktorý najviac zodpovedá minimálnej práci pri pretváraní povrchu. Na obr. 5.4.11 je zmrašťovanie ílových zemín v prírodných podmienkach. Rozmery a čiastočne aj tvar zmrašťovacích puklín v zemine závisí od mnohých faktorov, najmä však závisí na minerálnom zložení bentonitu a na klimatických podmienkach (teplota, zrážky, atď).

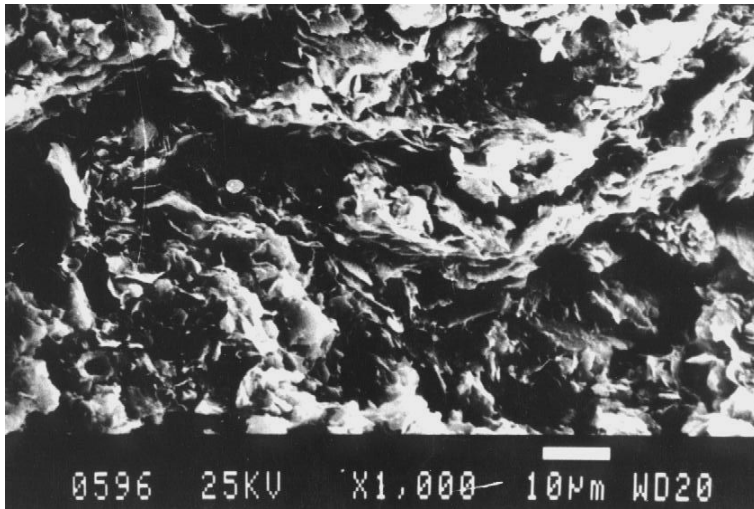


Obr. 5.4.11: Zmrašťovanie ílových zemín v prírodných podmienkach

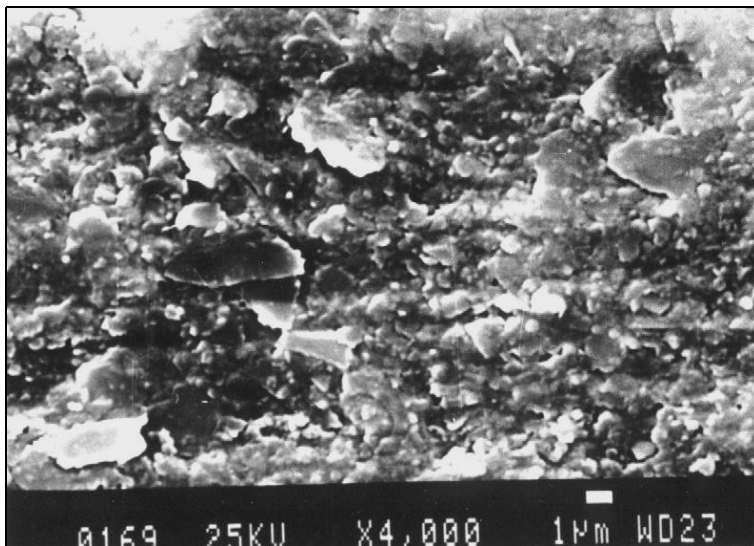
Akékoľvek zmeny hneď spôsobujú zmenu vnútornej stavby, často aj zmenu typu mikroštruktúry. Pretvárne vlastnosti bentonitových ílov sú teda zložitými funkciami nielen napätia, veľkosti deformácie, rýchlosti pretvárania, ale aj vlhkosti, stupňa nasýtenia vodou, pórových tlakov a mnohých ďalších faktorov, najmä však času pôsobenia týchto faktorov na zeminu. Pri napúčaní bentonitov je povrch montmorillonitov výrazne hydratovaný, ich väzba je slabá a málo stabilná, a teda aj ich šmyková pevnosť je malá. Stačí malá zmena napätí a môže prísť k porušeniu štruktúry týchto zemín. Častosť výskytu takýchto porušení je zrejmá z registrácie porušených objektov, ktorá je realizovaná v rámci monitoringu objemovonestálych zemín (Klukanová et al, 2000). Na obr. 5.4.12 sú mikrografy zeminy a) v prirodzenom uložení a b) deformovanej po šmykovej skúške.

Trhliny na budovách majú rôznu šírku, ktorá je závislá na deformačných podmienkach. Šírka sa pohybovala od 5mm do 200 mm. Vyčlenili sme 6 stupňov deštrukcií:

- pukliny do 5 mm, neaktívne
- trhliny 5 – 10 mm, neaktívne
- trhliny 10 – 30 mm, aktívne, oprava je žiadúca
- trhliny 30 – 70 mm, aktívne, oprava je nutná
- trhliny 70 – 150 mm, aktívne, hrozí deštrukcia
- trhliny väčšie ako 150 mm, aktívne, nutná sanácia objektu, hrozí deštrukcia.



Obr.5.4.12a - Mikrograf zeminy v prirodzenom uložení



Obr. 5.4.12b - Mikrograf zeminy deformovanej po šmykovej skúške.

Najviac postihnuté boli okenné otvory, rohy obvodových stien, vstupné brány a portále.

Z uvedeného vyplýva, že hlavnými príčinami porúch na objektoch je infiltrácia vody do podzákladia objektov a s ňou súvisiace zhoršovanie vlastností ako i zníženie únosnosti základovej pôdy, nárast nerovnomerného sadania základov po preťažení podložia, možnosť presadnutia zeminy od zvislého napätia v prípade, keď zemina je nasýtená vodou na kritickú vlhkosť presadnutia w_{pr} . Preťaženie podložia vyvoláva vznik trhlín na budovách od lokálneho výskytu nadmerných šmykových napätí spôsobených v základoch i v nosných horných častiach budov, môže byť zapríčinené malou šírkou plošných základov vlastnej budovy, prípadne koncentráciou zaťaženia preneseného z príslušného objektu napríklad so statickými

účinkami z výškovej budovy alebo s dynamickými účinkami z cesty alebo železnice, po ktorej je intenzita dopravy častá, prípadne občasná ťažkotonážnymi vozidlami.

Rozsah deformácií je ovplyvňovaný fyzikálno-mechanickými vlastnosťami zeminy a konštrukčných materiálov, hodnotou a smerom pôsobenia statickej a dynamickej hodnoty zaťaženia. Prvé trhliny základových a nosných konštrukcií vrchnej stavby budovy vznikajú v mieste, kde pôsobí maximálne šmykové napätie, pričom trhliny sú orientované v smere plochy pôsobenia tohto napätia a roztvárajú sa v smere kolmom na smer ich pôsobenia.

Pri určovaní vzniku trhlín sa pri návrhu a posúdení prierezov konštrukčných prvkov uplatňuje teória medzného stavu únosnosti a medzného stavu deformácie (pretvorenia), ako i teória pružnosti a teória plasticity, čiže prechod najviac namáhaných prierezov konštrukcie z pružného do plastického správania sa materiálu. Popri uvedených faktoroch pôsobiacich na veľkosť deformácií a šírenie porúch rozhoduje tiež časový faktor, v ktorom sa zaťažovací proces uskutočňuje. Je teda nutné zohľadniť reologické správanie sa konštrukčných materiálov i podložia, hľadať určujúce vzájomné vzťahy medzi časovo závislými veličinami a časovým faktorom, vyjadriť zákonitosti interakcie konštrukcií, základov a podložia v priebehu životnosti stavby.

5.4.6. Zhrnutie

Objemovo nestále zeminy tvoriace základovú pôdu, sú z inžinierskogeologického hľadiska nebezpečné, v mnohých prípadoch vyvolávajú porušenie podzákladia a havárie základových konštrukcií alebo objektov na nich postavených. Preto objemovo nestále zeminy zaraďujeme k nespoľahlivým základovým pôdam. Presadanie, zmrašťovanie a napúčanie sú vlastnosti zemín, spôsobujúce objemovú nestabilitu, vedúcu k nežiadúcim zmenám základovej pôdy.

Návrh nevhodných metód zakladania v objemovo nestálych zeminách je často ovplyvnený nedostatočnou znalosťou fyzikálnych a mechanických vlastností zemín tvoriacich podzákladie alebo nedostatočnou znalosťou procesov a zmien v prírodnom prostredí.

5.5. VPLYV ŤAŽBY NERASTOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Slovensko je krajinou, v ktorej banské aktivity sa tradujú už od stredoveku. Nadmerná exploatacia ložísk nerastných surovín, ich úprava a spracovanie, majú za následok výrazné zásahy do prírodného prostredia. Najmä zvyšovanie ťažby a nekvalitné spôsoby úpravy sa výrazne pričínili o neadekvátne zhoršenie životného prostredia. V posledných rokoch útlm baníctva, predovšetkým rudného, zdanlivo zamedzil ďalším negatívnym dopadom na životné prostredie. Nie je to však celkom pravda, nakoľko pozostatky týchto činností budú ovplyvňovať naše životné prostredie ešte mnohé desaťročia. Nebezpečenstvo predstavujú aj oblasti s ukončenou, či prerušenou ťažbou. Medzi najvýraznejšie zmeny patria zmeny reliéfu, zmeny hydrogeologického režimu podzemných vôd, zmeny chemického zloženia pôd a vôd, degradácia pôd, vznik výsypiek, odvalov, odkalísk, prašný spád na rozsiahlych plochách v okolí ložísk a úpravárenských zariadení.

Medzi najväznejšie dôsledky ťažby patrí vytvorenie veľkých vydobytých priestorov v podzemí aj na povrchu. S tým sú spojené prejavy podrúbania - sadanie a prepadávanie územia, vytváranie bezodtokových depresí, aktivácia geodynamických javov, predovšetkým svahových deformácií. Ďalšími nepriaznivými dopadmi na životné prostredie sú: odvodňovanie horninových komplexov, zníženie výdatnosti využívaných zdrojov, vytvorenie veľkých vyrúbaných priestorov či už na povrchu alebo v podzemí, nahromadenie veľkého množstva zostatkových materiálov s obsahom kontaminantov na haldách a odkaliskách. S tým súvisí kontaminácia povrchových a podzemných vôd. Do povrchových tokov sa z týchto zdrojov dostávajú nebezpečné látky, jednak v rozpustnom aj pevnom stave. Usadzujú sa v korytách potokov, postupne sa uvoľňujú, čo spôsobuje dlhodobé zvýšenie obsahu nežiadúcich látok. Značné nebezpečenstvo spôsobuje najmä zvetrávanie sulfidov, kedy dochádza k acidifikácii pôd a vôd. Tieto prejavy možno pozorovať aj vo väčších vzdialenostiach od ložiskovej oblasti v alúviálnych náplavoch riek a potokov. Uvedené zmeny prebiehajú nepravidelne, v rôznych časových úsekoch po skončení ťažobnej činnosti a ich negatívne dopady sa môžu prejaviť náhle a katastroficky. Možno ich preto označiť ako chemické časované bomby. Banskou činnosťou dochádza tiež k premiestňovaniu hornín z podzemia, mnohokrát s vyššou prírodnou rádioaktivitou. Vytekajúce banské vody môžu mať zvýšenú rádioaktivitu, čo tiež má vplyv na životné prostredie.

Negatívne dopady na životné prostredie spojené s ťažobnou a úpravárenskou činnosťou sú teda najmä:

- zmeny konfigurácie zemského povrchu, v dôsledku vyťaženia a premiestnenia značného množstva horninového materiálu, spojené sú so vznikom puklín, trhlín, lievikov, poklesových a bezodtokových depresí, nerovnomerným sadaním,

prepadaním, narušením stability horninových masívov a aktiváciou geodynamických javov

- zmeny hydrogeologického režimu vôd v podrúbanom území a jeho širšom okolí
- zmeny chemizmu vôd a pôd v okolí banských a úpravarenských prevádzok
- kontaminácia povrchových a podzemných vôd a pôd z výluhov hald, odkalísk, výsypiek a odvalov, výtokov zo štôlní
- narušenie stability hrádzí odkalísk
- vznik prejavov hĺbkovej a plošnej erózie spojených s narušením vegetačného krytu na haldách a odkaliskách ako i pri povrchovej ťažbe nerastných surovín
- poruchy na stavebných objektoch.

5.5.1. Metodika práce

Na základe poznania uvedených skutočností boli vybrané lokality na sledovanie. Vytypovali sa predovšetkým ložiská a ich širšie oblasti, kde vznikajú nebezpečné až havarijné situácie, spôsobujúce veľké škody na majetku a zdraví obyvateľstva. Zamerali sme sa na zistenie východiskového stavu životného prostredia územia ovplyvneného ťažobnou činnosťou ako i porovnania parametrov pozadia a postihnutých oblastí. Sledovanie vplyvu banskej činnosti pozostávalo z nasledovných krokov:

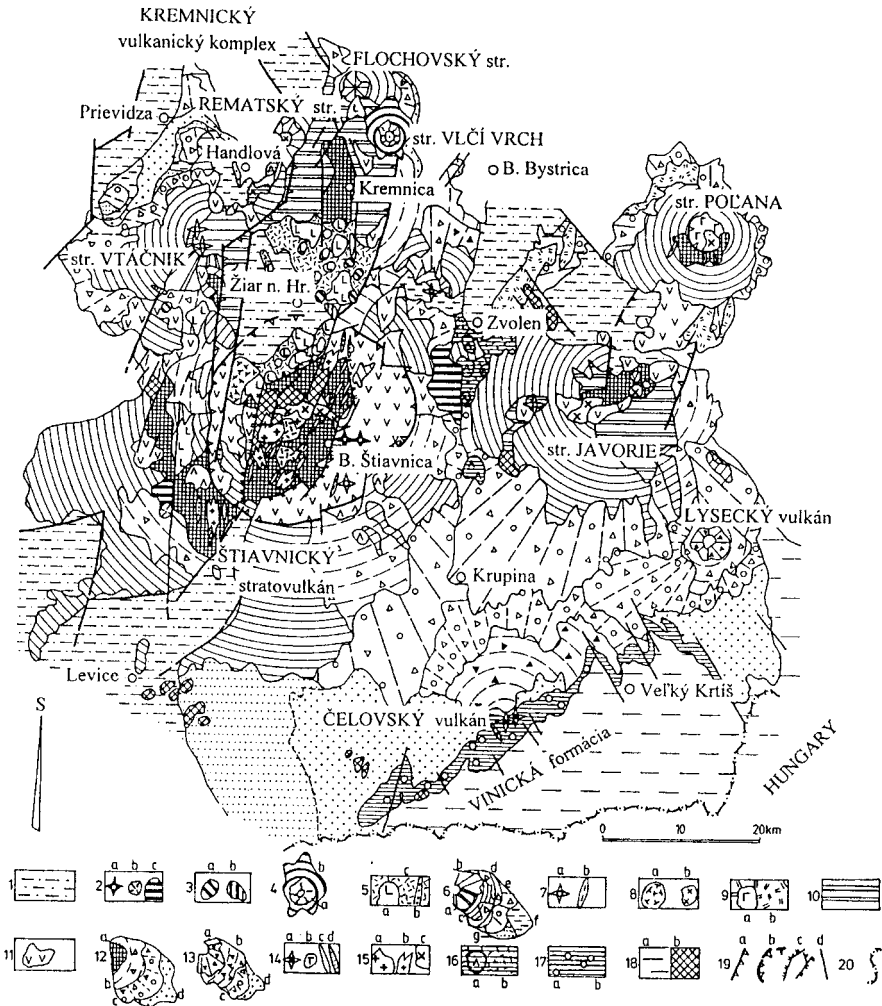
- zmeny kvality podzemných a povrchových vôd (kontaminácie banskými vodami a výluhmi z hald a odkalísk)
- zmeny kvality aktívnych riečnych sedimentov
- terénne zmeny vzniknuté podrúbaním a to:
 - vertikálne - poklesy, prepادلiská, javy majúce za následok vznik močiarov, poruchy na stavbách
 - horizontálne - rôzne druhy povrchových deformácií.

V predloženej kapitole hodnotíme vplyv ťažby na príklade oblasti Štiavnicko-Hodruškého rudného obvodu a Handlovsko-Cígeľského hnedouhoľného revíru.

5.5.2. Štiavnicko – Hodrušký rudný obvod

Štiavnicko – Hodrušký rudný obvod predstavuje jednu z najrozsiahlejších a najviac rozfáraných rudných oblastí na Slovensku. Situovaný je v centrálnej zóne veľkého andezitového stratovulkánu, ktorý zahrňuje kalderu s mladším výzdvihom hráste a

rozsiahlym subvulkanickým komplexom (obr.5.5.1). Rudnému obvodu dominuje rozsiahly systém drahokových a polymetalických epitermálnych rudných žíl, skarno-porfýrové Cu ± Au, Mo mineralizácie, magnetitové skarny a bezrudné telesá sekundárnych kvarcítov sprevádzané rozsiahlou pyritizáciou (Onačila et al., 1995).



Obr. 5.5.1. Štruktúrna schéma stredoslovenských neovulkanitov (panón až kvartér) podľa Konečný, V., et al., 2001.

1 – sedimenty intravulkanických depresíí, 2 – produkty vulkanizmu alkalických bazaltov, a) neky, b) troskový kužeľ, c) lávové prúdy a pokryvy; panón: 3 – lávové prúdy a silly afanitických bazaltov až bazaltických andezitov (a) a pyroxenických andezitov (b), 4 – stratovulkán porfýrických bazaltov až bazaltických andezitov, a) pyroklastický kužeľ, b) komplex lávových prúdov; stredný až vrchný sarmat: 5 – ryolitové vulkanity jastrabskej formácie, a) extruzívne dómy a prúdy, b) dajky, c) vulkanoklastiká (najmä tufy); spodný až stredný sarmat: 6 – andezitové vulkanity, a) efuzívne kužele, b) stratovulkanické kužele, c) stratovulkanické komplexy proximálnej zóny, d) epiklastické vulkanické brekcie proximálnej zóny, e) epiklastické vulkanické brekcie a konglomeráty proximálnej až distálnej zóny, f) epiklastické pieskovce a konglomeráty distálnej zóny, g) tufitické sedimenty, 7 – andezitové neky (a) a dajky (b), 8 – extrúzie andezitov (a) a intrúzie dioritových porfýrov (b), 9 – ryodacitové vulkanity strelnickej formácie, a) extruzívne dómy a prúdy, b) vulkanoklastiká (najmä tufy); vrchný bádén: 10 – andezitové efuzívne komplexy s hyaloklastitmi a freatickými pyroklastikami vo výplni grabenov, 11 – komplexy extruzívnych dómov a prúdov diferencovaných andezitov vo výplni grabenov; spodný až vrchný bádén: 12 – andezitové stratovulkány, a) propylitizované komplexy andezitov a andezitových porfýrov, b) stratovulkanické komplexy proximálnej zóny, c) epiklastické vulkanické brekcie a konglomeráty proximálnej až distálnej zóny, d) epiklastické pieskovce a konglomeráty distálnej zóny, 13 – andezitové pyroklastické vulkány, a) pyroklastický kužeľ, b) pyroklastické komplexy proximálnej zóny, c) epiklastické brekcie a konglomeráty proximálnej až distálnej zóny, d) epiklastické vulkanické pieskovce a konglomeráty distálnej zóny, 14 – andezitové neky (a), silly krematodioritových porfýrov (b), dajky krematodioritových porfýrov (c), dajky andezitov (d), 15 – subvulkanické intrúzie, a) granodioritu, b) granodioritových porfýrov, c) dioritu a dioritových porfýrov; spodný bádén: 16 – komplexy andezitov s granátom v kontinentálnom prostredí, a) extruzívne dómy, b) sprievodné brekcie, 17 –

andezitové extruzívne dómy (a) a vulkanoklastiká (b) vinickej formácie; podložie vulkanitov: 18 – a) sedimenty spodného miocénu, b) horniny mezozoika a kryštalinika; zlomy: 19 – a) okrajové zlomy vulkanotektonických grabenov, b) kalderové zlomy, c) okrajové zlomy vulkanotektonických hrastov, d) ostatné zlomy, 20 – štátna hranica s Maďarskom

Prvé písomné zmienky o banskej činnosti v tejto oblasti sú známe z roku 1217, kedy ročná ťažba striebra dosiahla 600 kg. Maximálna produkcia drahých kovov z tejto oblasti bola dokumentovaná v roku 1740, kedy predstavovala 680 kg zlata a 25 830 kg striebra. Ťažba zlato-strieborných rúd pokračovala až do roku 1947. Odhaduje sa, že celková produkcia drahých kovov na základe archivovaných údajov predstavuje 80 ton zlata a 4 000 t striebra. Ťažba polymetalických rúd rapídne vzrástla v 19. storočí, pri otvorení hlbších častí rudných žíl a dominovala v 20. storočí. Celková produkcia polymetalov predstavovala približne 70 000 t zinku 55 000 t olova a 8 000 t medi.

Takmer tisíc ročná banská činnosť je v súčasnosti prakticky ukončená. Ťažba polymetalických rúd bola ukončená v roku 1992 a v posledných rokoch sú banské aktivity v tomto obvode zamerané smerom k ťažbe zlata. Stáročia pretrvávajúca rozsiahla banská činnosť viedla nielen smerom k rozvoju – vedeckému, technickému a kultúrnemu, ale zanechala za sebou veľké množstvo hald, štôlní, odkalísk, porušených zón, prepادلísk a znečistené vody a pôdy. Došlo k výrazným zmenám v kvalite životného prostredia, medzi najpodstatnejšie patria zmeny hydrogeologických pomerov, kontaminácia prírodných vôd a sedimentov a zmeny povrchu územia spôsobené podrúbaním, či už priamo alebo nepriamo.

Vzhľadom na veľký historický význam daného územia bol v dňoch 27 – 29.6.2001 v Banskej Štiavnici usporiadaný zjazd Slovenskej geologickej spoločnosti. K tejto príležitosti bolo vydané špeciálne číslo *Mineralia Slovaca* (editori: Šimon, Konečný, Lexa, 2001).

Vplyv banskej činnosti na prírodné vody

Vplyvom rozsiahleho rozfárana celého revíru (viac než sto štôlní) došlo k výrazným zmenám prírodného režimu podzemných a povrchových vôd - k jeho značnému odvodneniu, k poklesom hladín podzemných vôd, zániku prírodných prameňov, potokov a k výraznému poklesu prietochných množstiev vo vodách povrchových tokov. Prakticky celý rudný revír je odvodňovaný Voznickou Dedičnou štôľňou (VDŠ), ktorá drénuje prírodné vody oblasti do miestnej eróznej bázy – rieky Hron. Priemerné množstvá banských vôd drénované VDŠ sú okolo 250 l.s⁻¹. Výdatnosť ostatných štôlní, s výnimkou Novej odvodňovacej štôľne (NOŠ), len zriedkavo presahujú 10 l.s⁻¹. Časť z nich je vodohospodársky využívaná. Ich využitie je však často obmedzené zvýšenými obsahmi kovov, hlavne Fe, Mn, Al, Cd a iných.

Vplyv banskej činnosti na vodnú zložku prírodného prostredia, hlavne jeho kontaminácia chemickými látkami prostredníctvom vystupujúcich banských vôd a banských

sedimentov bol sledovaný v troch štôľňach – VDŠ, NOŠ (obr. 5.5.2) a štôľňa Zlatý stôl a v súčasnosti jedinom aktívnom odkalisku v Hodruši (obr. 5.5.3).



Obr. 5.5.2 Výtok z Novej odvodňovacej štôľne



Obr. 5.5.3. Výtok z odkaliska v Hodruši

Keď to prírodné pomery jednotlivých lokalít umožnili, boli odoberané vzorky vôd a aktívnych riečnych sedimentov v potoku nad a pod štôľňou či odkaliskom. Takto navrhnuté monitorovanie vôd umožnilo okrem charakterizovania banských vôd a sedimentov posúdiť vplyv a dosah znečistenia vynášaného vodami zo štôľní, resp. z odkaliska na prírodné prostredie. Požadované hodnoty pre celú oblasť predstavuje Hodrušký potok nad štôľňou Zlatý stôl. Vzorky vôd a sedimentov boli odoberané 3x ročne. Chemické analýzy vôd a sedimentov boli analyzované štandardnými analytickými metódami v laboratóriu ŠGÚDŠ Bratislava.

Ako prírodne podmienené chemické zloženie vôd a sedimentov možno považovať Hodrušký potok nad štôľňou Zlatý stôl. Ide tu o povrchovú vodu nízko mineralizovanú $A_2-S_2(SO_4)$ prechodného až $S_2(SO_4)$ nevýrazného typu s mineralizáciou okolo 200 mg.l^{-1} . Podzemná voda zo štôľne Zlatý stôl vytekajúca do Hodruškého potoka sa vyznačuje mineralizáciou v priemere 4x vyššou (nad 800 mg.l^{-1}). Nárast je spôsobený hlavne síranmi a hydrogénuhličitanmi alkálií a alkalických kovov. Z kovových prvkov pozorujeme približne o rád zvýšené obsahy Fe, Mn a Al a približne 2–5x sú zvýšené obsahy zinku. Ostatné toxické kovy sú relatívne nízke a nepozorujeme v nich výraznejšie nárasty. V Hodrušskom potoku pod štôľňou môžeme pozorovať vplyv vody zo štôľní, ktorý je úmerný pomeru miešania vôd (výdatnosť zo štôľní $5\text{--}10 \text{ l.s}^{-1}$, prietok potoka $30\text{--}100 \text{ l.s}^{-1}$). Vidno to hlavne v hodnote celkovej mineralizácie a síranov, kde pozorujeme ich nárast približne o 30%. Z výsledkov chemických analýz sedimentov hlavné rozdiely, t.j. nárast pozorujeme v obsahoch Mn približne 20x, Fe približne 5–8x a menej aj v obsahoch As, Hg a Co približne 2–3x.

Vplyv odkaliska z Hodruše na vody v Hodrušskom potoku bol sledovaný pod odkaliskom a nad odkaliskom. Celkovo s výnimkou zvýšených obsahov K (10x) pozorujeme z kovových prvkov len zvýšené obsahy Fe a Mn (2–5 násobne). Obdobne aj v prípade sedimentov pozorujeme v sedimentoch odkaliska mierny, nie však pravidelný nárast v obsahoch Fe, Mn, K, Zn, Pb, Cu a Cr.

Najvyšší výnos chemických prvkov, makro i mikrokomponentov, bol pozorovaný vo vode z výtoku z VDŠ. Hodnoty celkovej mineralizácie sú v priemere 6x vyššie v porovnaní s prírodným fónom oblasti a z makrokomponentov je najmarkantnejší nárast v prípade síranov (8x). Viac než 100 násobné sú obsahy Fe a Mn a najvyšší nárast, viac než 1 000 násobný bol pozorovaný v prípade Zn. Obsahy Zn sa pohybovali od $2,7\text{--}9,69 \text{ mg.l}^{-1}$. Priemerný ročný výnos Zn vodami VDŠ je v súčasnosti okolo 75 ton. Približne o rád sú zvýšené obsahy prakticky všetkých sledovaných prvkov Cu, As, Cd, Pb, Hg, Co, Ni, avšak ich obsahy sa rádovo pohybujú v stotínach až tisícinách mg.l^{-1} . Obdobne aj v prípade sedimentov najvyššie obsahy sledovaných kovových prvkov boli zaznamenané v sedimentoch VDŠ. Z makrokomponentov v nich najväčší podiel predstavuje Fe, viac než

20%. Zo stopových toxických kovov najvýraznejšie tu bol akumulovaný Zn približne 200x (obsahy do 9%), ďalej Cd (100x) a 5 až 10x vyššie než fónové obsahy boli ďalej pozorované v prípade As, Sb, Co, Cu a Pb.

Približne trojnásobné hodnoty celkovej mineralizácie a obsahov síranov v porovnaní s prírodným fónom pozorujeme vo vode z NOŠ a to aj pri jej vyústení a taktiež pri jej výtoku do Hrona. Zo stopových prvkov pozorujeme najvyššie nárasty obdobne ako u VDŠ v prípade Zn. Keďže voda z NOŠ tečie v regulovanom koryte bez výraznejšieho vplyvu okolitých vôd možno tu pozorovať pokles obsahov stopových prvkov, vplyvom zmenených fyzikálno-chemických podmienok. Aj keď rozdiely medzi jednotlivými porovnaniami nie sú vždy pravidelné, na dĺžke cca 1 000 m pozorujeme zníženie obsahov prakticky všetkých sledovaných toxických kovov približne o polovicu, hoci v základnom chemickom zložení vôd (makrokomponentoch) nepozorujeme prakticky žiadne rozdiely. O skutočnosti veľmi rýchleho vypadávaní kovov z kvapalnej fázy svedčia relatívne vysoké rozdiely v sedimentoch pri ústí NOŠ a v mieste zaústenie do Hrona, kde bol pozorovaný najväčší pokles v prípade Mn (cca 100x), Zn, Sb, Cd a Co (10x) a Cu, Pb a Fe približne 2x (Rapant in Klukanová et al, 1988).

Z dosiahnutých výsledkov možno skonštatovať, že banskými vodami lokality sú vynášané chemické prvky v koncentráciách väčšinou mnohonásobne prevyšujúce ich prírodne podmienené obsahy. Z hľadiska makro, ale aj mikrokomponentov je geochemický režim počas sledovania relatívne stabilný.

Vplyv banskej činnosti na povrch územia

O prejavoch podrúbania na povrchu územia, resp. jeho účinkoch na povrchové objekty nie je veľa dokladov. Chýbajú najmä historické údaje. Z ústneho podania obyvateľstva, je známych viacero prípadov porušenia budov v minulosti. Boli registrované poruchy na objektoch (najmä v oblasti Štiavnických Baní, Banskej Belej a v Banskej Štiavnici). Avšak pri mnohých priamou príčinou nie je len podrúbanie, ale kombinácia prírodných a antropogénnych faktorov, pričom faktor podrúbania je len jeden z nich. Sú vymedzené tri kategórie územných celkov podľa hĺbky podrúbania (I. kat. 70 – 120 m, II. kat. 40 – 70 m, III. kat. 0 – 40 m). (Vereš, Bayer in Vlčko, 1992). Z hľadiska inžinierskeho využitia územia i z hľadiska stability povrchových objektov je najdôležitejšia III. kat. "oblasť pre povrchové objekty veľmi nebezpečná". Je zaregistrovaných 80 porušených objektov. Niektoré objekty sú zbúrané, niektoré sú opravené. Nie je však možné preukázať jednoznačný vplyv banskej činnosti.

Významné sú aktívne prejavy subsidencie povrchu územia, napr na žile Terézia, kde vplyvom zrútenia stropov banského diela vedeného v blízkosti povrchu územia, pri Terézia šachte došlo k tragickej udalosti. Podobný jav bol pozorovaný aj tristo metrov JV od rybníka Ottergrund, ako aj na komunikácii vedúcej od rybníka Červená studňa smerom k rybníku

Ottergrund. V týchto miestach dochádza k permanentným poklesom, ktoré sú dôsledkom banskej činnosti v plytkých horizontoch podrúbania. Na obr. 5.5.4 je prepادلisko po starej šachte pod Weiden štôľňou. Na obr. 5.5.5 je terénna trhlina nad Terézia žilou pod Tanádom.

Vážnym problémom sú antropogénne sedimenty, ktoré vytvárajú nesúvislé až nevýrazné akumulčné formy starých banských hald a výsypiek dosahujúcich niekoľko desiatok metrov (obr.5.5.6). Materiál hald je značne rôznorodý, prevažujú ostrohranné úlomky vulkanických hornín rôzneho petrografického zloženia. Úlomky na haldách sú značne navetrané. Uľahnutosť hald je rozmanitá.



Obr. 5.5.4 Prepادلisko po starej šachte pod Weiden štôľňou.



Obr. 5.5.5: Terénna trhlina nad Terézia žilou pod Tanádom



Obr. 5.5.6a: Banské haldy



Obr. 5.5.6b: Banské haldy

Významné geodynamické javy oblasti

V súvislosti s možnými prejavmi banskej činnosti a jej identifikáciou je potrebné poznať i rozvoj geodynamických javov v širšom okolí. Ide predovšetkým o svahové pohyby, eróziu, procesy alterácie hornín a s ňou súvisiace objemové zmeny ako aj zmeny vlastností.

V Štiavnicko-hodrušskej oblasti sú zosuvy charakteristické pre oblasti intenzívnych hydrotermálnych premien, kde došlo ku vzniku argilitizovaných zón (Pivovarská dolina, svahy nad Dolným a Horným Hodrušským rybníkom, S svah pod Kalváriou pri Banskej Štiavnici). Pri Banskej Štiavnici sú v podloží komplexu efuzívnych hornín vyvinuté vulkanosedimentárne

komplexy (tzv. červenostudnianske súvrstvie) a v rámci efuzív sú vyvinuté (vertikálne i laterálne) rozsiahle pásma degradovaných hornín typu argilitov. Oba typy geologickej štruktúry sú predpokladom pre vývoj svahových deformácií blokového typu. Vyskytujú sa v blízkosti Cukmantla, na úpätí Paradajzu a na západných svahoch Šobova. Z typologického hľadiska vývoja svahových deformácií blokového typu môžeme hovoriť o iníciaľnom štádiu vývoja blokových polí, keď tieto sú reprezentované morfológicky výraznými separovanými blokmi vulkanických hornín. Veľkosť blokov je 100-150 m, hrúbka asi 12 m. V predpolí separovaných blokov sú vyvinuté zosuvy, v ktorých "plávu" bloky vulkanických hornín prekryté 2-4 m hrúbkou ílovitých hlien. Najväčší plošný a jediný aktívny zosuv je S od Kalvárie s dĺžkou takmer 1 km a šírkou 400 m. Ďalší výrazný - plošný, dočasne ukludnený zosuv je na západných svahoch Šobova. Jeho šírka je takmer 800 m, dĺžka 400 m, hrúbka zosuvutých más je asi 15-20 m, pričom šmykové plochy sú veľmi nezreteľné. Podobný charakter má i zosuv na východných svahoch Cukmantla. Na styku oboch vyššie opísaných zosuvov je vyvinuté pásmo povrchového plazenia svahových (deluviálnych) hlien, keď hrúbka gravitačne posunutých más je asi 2-4 m. Podobný charakter má i nevýrazné pásmo popoliezania svahovín (typ "plazenie") nad kótou Špitálske 300 m Z od sídliska Drieňová. Bezprostrednou príčinou vzniku zosuvných procesov, najmä iníciaľneho štádia vývoja blokových polí, je tak neotektonický režim, spojený s rozvojom riečnej siete a sformovaním dolín, ako aj silná degradácia podložných vulkanických hornín.

Najvhodnejšie podmienky pre rozvoj výmoľovej a plošnej erózie tejto oblasti sú v tých častiach územia, kde sú svahy tvorené málo priepustnými horninami s nízkou odolnosťou proti rozmývaniu tečúcou vodou. Sú to predovšetkým zeminy eluviálno-deluviálneho charakteru, silne degradované amfibolicko-biotitické andezity a pásma s vývojom argilitov, prípadne vulkanosedimentárnych hornín. Sústredený povrchový odtok ako prvoradý faktor vzniku výmoľovej erózie je v záujmovom území podmienený zčásti tektonicky, sčasti v dôsledku činnosti človeka.

Pri výdatných zrážkach v centrálnej mestskej zóne Banskej Štiavnice je intenzívny plošný splach z príľahlých svahov. Materiál sa kumuluje v najnižšie položených častiach územia a po dehydratácii spôsobuje prašnosť. Vznik plošnej erózie je v dôsledku nesprávne orientovanej a nedostatočne funkčnej kanalizačnej siete, v dôsledku nesprávneho trasovania (smerove i sklonove) komunikácií. Svoju úlohu zohráva i intenzívne asfaltovanie komunikácií, bez kanalizačnej siete, v morfológicky exponovanej časti územia, čo podmieňuje zvýšenú rýchlosť povrchovej vody a iniciuje rozvoj plošnej erózie.

Pod pojmom alterácia hornín rozumieme všetky typy regresívnych zmien hornín (okrem metamorfózy). Postihuje takmer všetky neovulkanické horninové komplexy. Najrozšírenejším typom hydrotermálnej premeny je propylitizácia, ďalej argilitizácia, karbonatizácia a pod. Alterácia vulkanických hornín spôsobuje zníženie kvality základovej pôdy

a kvalitný stavebný materiál nadobúda z hľadiska použiteľnosti odlišné vlastnosti. Silne alterované typy hornín charakteru argilitov styku z vodov nadobúdajú charakter vysokoplastických hlien. Uvedené horniny po odkrytí veľmi rýchlo zvetrávajú, pri styku s vodou bobtnajú, rozbiedajú sa, strácajú pevnosť. Pevnosť sa pohybuje od 150 MPa (zdravý andezit) po 1,5 MPa (argilit). Po vysušení sa zmrašťujú a na ich povrchu vznikajú hlboké praskliny. Tie uľahčujú prístup vodu a vzduchu hlbšie do masívu. Na obr 5.5.7 sú mikrografy vnútornej stavby zdravého andezitu (a), navetraného (b) a argilitizovaného (c).

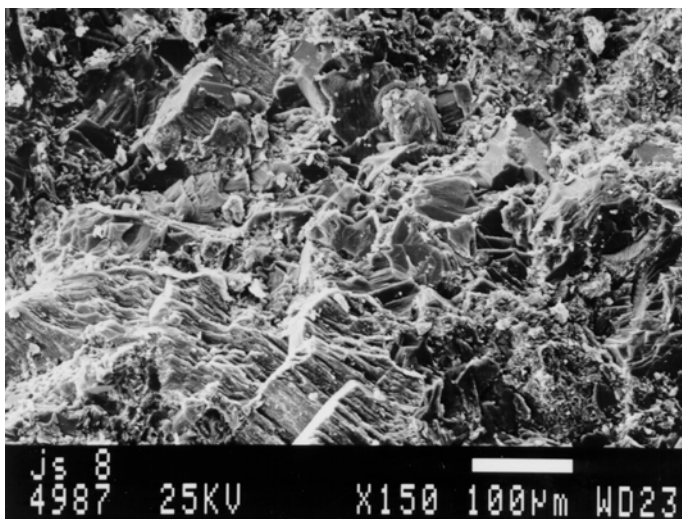
5.5.3. Handlovsko – Cígeľský hnedouhoľný revír

V malom množstve začali na handlovskom ložisku ťažiť kvalitné hnedé uhlie už koncom 18. storočia, ale až v r. 1900 bojnický gróf Pálffy dal urobiť podrobnejší geologický prieskum. V roku 1909 vznikla Západoeurópska kamenouhoľná banská účastinná spoločnosť, ktorá sa rozhodla v Handlovej postaviť ťažobný závod s projektovanou kapacitou 600 tisíc ton uhlia za rok. Projektu sa ťažba priblížila v r. 1935. Maximálna ťažba bola v r. 1977 – 1 672 131 ton a v r. 1995 - 1997 dosahovala hodnoty 886 000 – 891 000 ton.

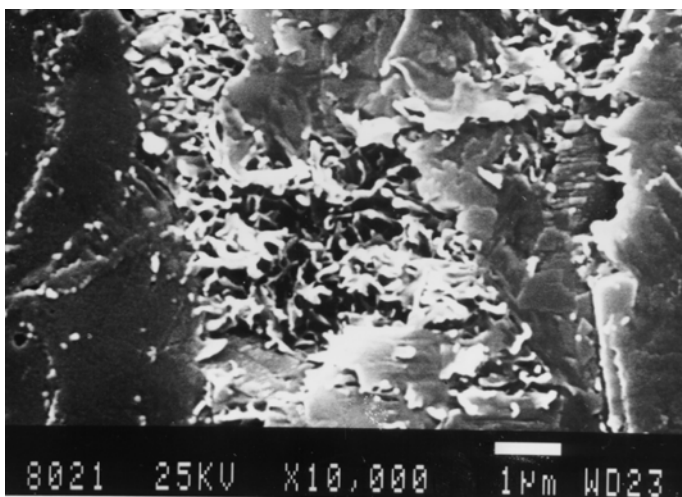
Baňa Cígeľ je najmladšia, začala sa budovať v r. 1957, s cieľom exploatacie uhoľných zásob časti handlovského ložiska v katastri obce Cígeľ, z potreby zvyšovania ťažby uhlia na Slovensku. Prvé tony sa vyťažili v r. 1962, maximum v r. 1979 – 2 095 000 t a ťažba za roky 1995 -1997 sa pohybovala v rozmedzí 866 000 – 922 000 ton.

Ťažobný priestor patrí do oblasti Slovenského stredohoria a tvoria ho dve navzájom odlišné morfológické jednotky: vulkanické pohorie Vtáčnik a Hornonitrianska kotlina (Mazúr, Lukniš, 1980). Vulkanity Vtáčnika reprezentujú relikty sarmatského vtáčnického stratovulkánu, ktorý je v nadloží rozptýlených vulkanitov a vulkanicko-sedimentárnych súvrství bádenu až spodného sarmatu, nadväzujúcich na výplň Hornonitrianskej kotliny. Súčasťou kotliny je Handlovská kotlina a bojnický paleogén. Paleogén predstavuje podložie molasovej výplne kotliny. Súčasťou výplne sú handlovské a novácke uhľonosné vrstvy. Geologická stavba územia je pomerne komplikovaná v dôsledku zlomovej tektoniky a je charakterizovaná neogénnou hrasťovo-prepadlinovou stavbou. Zlomy s veľkou vertikálnou amplitúdou rozčleňujú región na hlavné bloky, zvyčajne naklonené (rotované), ktoré sú zlomami s menšou vertikálnou amplitúdou ďalej rozčlenené na segmenty (Šimon et al., 1997).

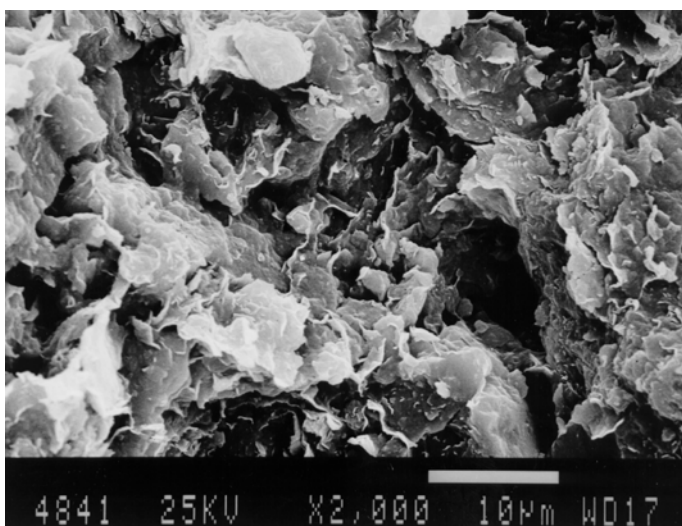
Banskou činnosťou bol výrazne ovplyvnený prírodný hydrogeologický režim oblasti. Na jednej strane boli zaznamenané prejavy odvodňovania a na druhej strane sa nepriaznovo na životnom prostredí prejavuje aj produkcia banských vôd.



Vnútorná stavba zdravého andezitu



Vnútorná stavba navetraného andezitu



Vnútorná stavba zvetraného andezitu – rozpad až na argilit

Obr. 5.5.7 Mikrografy zdravého až argilitizovaného amfibolu

Z hľadiska bezpečnosti ťažby uhlia je nevyhnutné bane odvodňovať. Úroveň odvodňovania na základe priemerných prítokov v roku 1997 dosiahla v bani Cígeľ $159,6 \text{ l.s}^{-1}$ a v bani Handlová $141,8 \text{ l.s}^{-1}$. V roku 1962 táto úroveň bola len $11,2 \text{ l.s}^{-1}$ (baňa Cígeľ), resp. 43 l.s^{-1} (baňa Handlová) Lauková et al (1998). Vplyvom odvodňovania došlo k výraznému poklesu hladín podzemných vôd a to o 50–150 m a tiež k zníženiu prítokov povrchových tokov. Týka sa to hlavne potoka Moštenica, Krivého potoka, potoka Ťakov a Ciglianka, pričom Krivý potok a Ciglianka sú v súčasnosti dlhšiu časť roka suché a do Ciglianky, Moštenice a Krivého potoka sa vypúšťajú banské vody. V prípade Krivého potoka sa nahrádza banskou vodou strata vody v potoku spôsobená banskou činnosťou. Časť banských vôd sa využíva pri mokrej úprave uhlia. Ide o banskú vodu, ktorá vyteká z podzemia Hlavnou štôľňou (v roku 1997 to bolo $237\,017 \text{ m}^3$) a vypúšťané sú cez odkalisko pod závodom bane Cígeľ.

Vplyv banskej činnosti na prírodné vody

Vplyv banskej činnosti na kvalitu prírodných vôd bol sledovaný v štyroch ústiach banských štôľní a to prostredníctvom vzoriek vôd a sedimentov. Tieto boli odoberané 3x ročne rovnakou metódou ako v Štiavnicko-Hodrušskom rudnom obvode. Vzorky boli odoberané z výtokov zo štôľní a z povrchových vôd nad (cca 1 km) a pod (cca 1 km) vyústením štôľní.

Na území bane Cígeľ bola sledovaná Hlavná štôľňa, ktorá ústí pri závode Cígeľ. Podľa meraní bane Cígeľ jej priemerná výdatnosť v roku 1997 bola $80,21 \text{ l.s}^{-1}$ a potoka nad Hlavnou štôľňou cca $0,5\text{--}5 \text{ l.s}^{-1}$. Ďalej bola sledovaná odvodňovacia štôľňa 921-0, ktorá ústí v Malej Lehote, s priemernou výdatnosťou v roku 1997 $65,44 \text{ l.s}^{-1}$ a potok cca 1 000 m pod ústím štôľne s priemernou výdatnosťou $80\text{--}150 \text{ l.s}^{-1}$. Na území bane Handlová bola sledovaná štôľňa, ktorá ústí v Handlovej pri Rybe (obr. 5.5.8) (priemerná výdatnosť za rok 1997 15 l.s^{-1}) a rieka Handlovka nad štôľňou a cca 2 500 pod štôľňou. Ďalej bola sledovaná štôľňa v Hlbokej doline (obr. 5.5.9) (výdatnosť $2\text{--}3 \text{ l.s}^{-1}$) a potok Hlboké cca 1 000 m pod vyústením štôľne, kde tiekla prakticky len voda z vyústenia štôľne. Ako prírodný fón oblasti, neovplyvnený banskou činnosťou, slúži monitorovací bod v potoku nad Hlavnou štôľňou.

Chemické analýzy vôd a sedimentov boli analyzované štandardnými analytickými metódami v laboratóriu ŠGÚDŠ Bratislava. Na základe chemických analýz vôd a sedimentov možno konštatovať, že v prípade Hlavnej štôľne pod závodom Cígeľ v porovnaní s povrchovou vodou v potoku nad štôľňou pozorujeme nárast hodnôt celkovej mineralizácie v priemere o $150\text{--}200 \text{ mg.l}^{-1}$, ktorý je spôsobený hlavne nárastom obsahov síranov.



Obr. 5.5.8: Výtok banskej štôlne v Handlovej



Obr. 5.5.9 Výtok zo štôľňa Bane Cigeľ v Hlbokej doline

Tento trend je čiastočne pozorovaný aj v potoku pod štôľňou, kde však už prestupujú aj vody z odkaliska. Najvyšší nárast vidno v obsahoch železa (z desiatín až stotín mg.l^{-1} až na mg.l^{-1}). Podobne je to i v prípade obsahov mangánu. Z toxických kovov sú vo vodách zo

štôlne približne 10-násobné obsahy As (rádovo stotiny mg.l^{-1}) a kadmia (rádovo tisíciny mg.l^{-1}). Ostatné toxické kovy sú zvýšené len mierne. V obsahoch toxických prvkov v sedimentoch sú zodpovedajúco najvýraznejšie zvýšené v banských sedimentoch obsahy síry a arzenu (do 10x), ďalej Fe a Ni (3x) a približne dvojnásobné zvýšené sú obsahy Zn, Cu, Cd a Cr v porovnaní s požadovými hodnotami. Voda v štôlni v Malej Lehote mala 3–4 krát vyššiu hodnotu celkovej mineralizácie - nad $2\,000\text{ mg.l}^{-1}$, čo bolo zapríčinené hlavne nárastom síranov (5–10x) s maximálnou hodnotou 893 mg.l^{-1} a im zodpovedajúcimi nárastmi alkálií (3–4x) a alkalických kovov (2x). Hodnoty pH tejto vody sú kyslej oblasti. V bode cca 1 km pod štôľňou je vidno čiastočnú neutralizáciu týchto vôd (pH väčšinou nad 7), avšak síranový typ vôd pretrváva. Pre tieto vody sú charakteristické zvýšené obsahy chloridov a dusičnanov, to však môže mať súvis so skládkou TKO nachádzajúcou sa v danej oblasti. Z obsahov toxických kovov vidno len mierny pokles prakticky všetkých sledovaných prvkov. Podobný trend, približne polovičný pokles (hlavne v prípade Mn, Ni, Co, As a síry) je zrejmy aj v sedimentoch. V systéme štôlní ústiacej pri Rybe tiež boli zaznamenané najvyššie hodnoty celkovej mineralizácie vo vodách zo štôlne, v porovnaní s vodami rieky Handlovky. Keďže však rieka Handlovka je antropogénne kontaminovaná, je ťažko určiť podiel kontaminácie spôsobený banskou činnosťou. Vody vytekajúce zo štôlne sa opäť vyznačujú zvýšenými obsahmi síranov, NH_4 , Fe, Mn, Al a zo stopových prvkov hlavne arzenu. V obsahoch kovových prvkov v sedimentoch boli zdokumentované približne 2–3 násobne vyššie obsahy Fe, Pb, Zn, Cu, As a síry v sedimentoch zo štôlne v porovnaní s obsahmi v rieke Handlovke.

V systéme štôlne ústiacej v Malej Lehote a potoku pod štôľňou v Hlbokej doline sú výsledky chemickej analýzy vody zo štôlní a z povrchového toku podobné. Priemerná hodnota mineralizácie týchto vôd $600\text{--}700\text{ mg.l}^{-1}$ je približne o tretinu vyššia a síranov ($200\text{--}300\text{ mg.l}^{-1}$) viac než dvojnásobná, než by sa dali očakávať prírodne podmienené hodnoty. Z kovových prvkov sú zvýšené hodnoty Fe, Mn a zo stopových prvkov hlavne As. V obsahoch prvkov v sedimentoch bol opäť zaznamenaný pokles prakticky všetkých sledovaných toxických kovov približne polovičný, hlavne v prípade Fe, Mn, Co, Pb, Zn, V, As a síry v sedimentoch z potoka v porovnaní s banskými sedimentami.

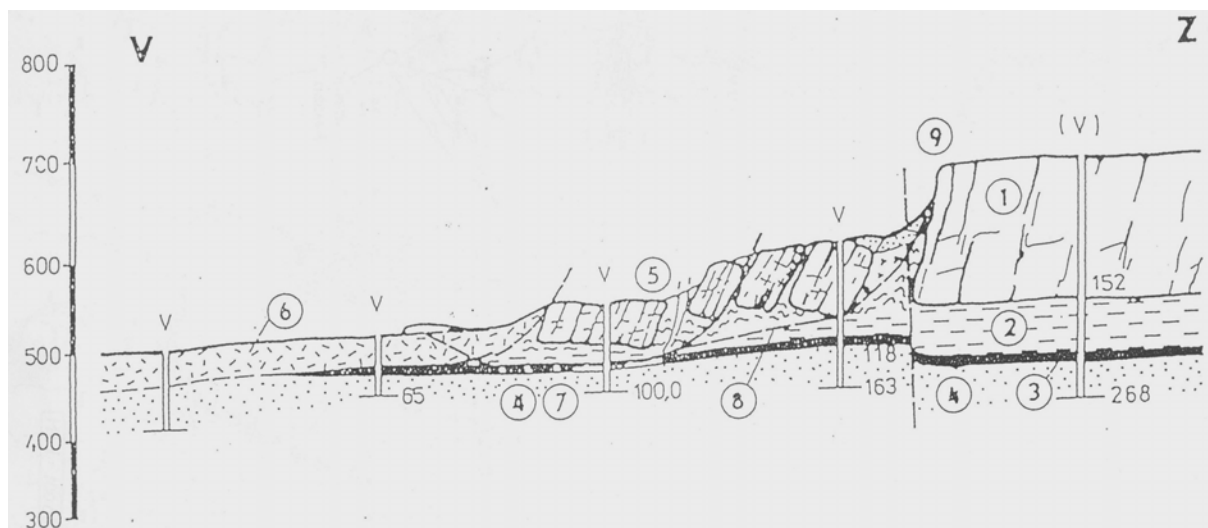
Z hľadiska chemického zloženia podzemných vôd z Cigeľsko - Handlovského banského revíru môžeme skonštatovať, že vody vytekajúce z baní sa vyznačujú výrazným nárastom hodnôt celkovej mineralizácie často až niekoľkonásobným v porovnaní s prírodne podmienenými obsahmi, ktorý je spôsobený hlavne nárastom podielu síranov. Z kovových prvkov sú markantne zvýšené hlavne obsahy Fe, Mn a Al, v priemere o 1 rád a z toxických prvkov sú zvýšené hlavne obsahy As (Rapant in Klukanová et al., 1998).

Vplyv banskej činnosti na povrch územia

Územie handlovske – cígel'ského hnedouhoľného revíru je porušené sústavou poklesov založených na poruchách gravitačno-tektonického pôvodu. V dôsledku priaznivej geologickej stavby, fyzikálno-mechanických vlastností hornín a vhodných hydrogeologických pomerov vznikla na svahoch Vtáčnika typická gravitačná deformačná štruktúra, v ktorej ležia relatívne tvrdé rigidné vulkanické horniny na relatívne plastických ílovitých a slienitých sedimentárnych a vulkanicko-sedimentárnych horninách paleogénneho až neogénneho veku (obr. 5.5.10). Na túto štruktúru sú viazané svahové gravitačné pohyby rôzneho charakteru, veku, vývojového štádia a rôznej aktivity. Vznik a vývoj svahových deformácií je výrazne ovplyvnený aj podzemnou ťažbou uhlia. Medzi gravitačnými deformáciami svahov a ťažbou uhlia vzniká komplikovaná vzájomná väzba, na jednej strane gravitačné poruchy vplyvajú na ťažbu uhlia, na druhej strane ťažba aktivuje už existujúce svahové deformácie.

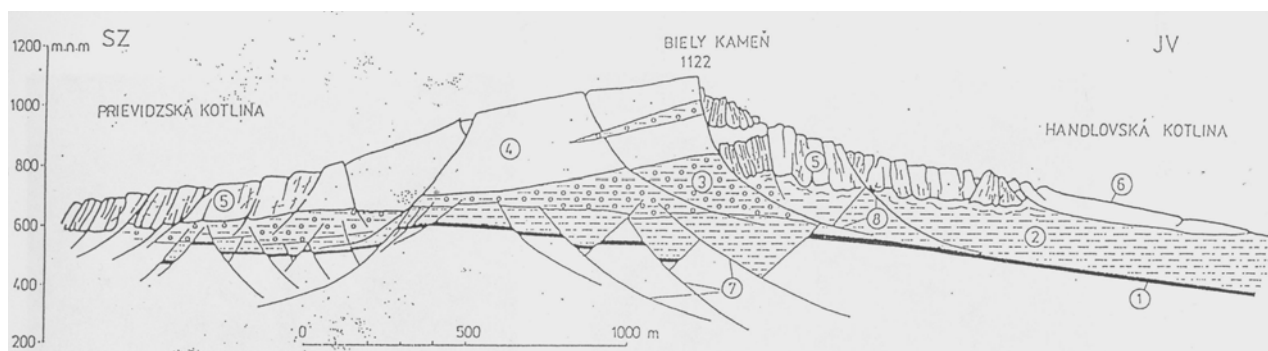
Uhoľné sloje dosahujú hrúbku 2-12 m a po vyťažení priestoru dochádza k jeho pozvoľnému zavalovaniu. Sprievodným javom tohto procesu sú deformácie na povrchu územia. Závalové procesy nemajú pravidelný priebeh. Na starých šmykových plochách sa objavujú nadmerné koncentrácie napätí, ktoré často vyvolávajú havárie nielen na stenových poruboch, ale i na základných horizontálnych banských dielach. Extrémne tlaky vo vyťažovaných priestoroch zodpovedajú extrémnym rozmerom vyvolaných svahových pohybov. Zníženie tlakových prejavov je preto možné len vhodne voleným postupom ťažby. Možno očakávať, že v prípade postupu ťažby z centra Vtáčnika smerom k jeho okraju sa budú podmienky ťažby na nižšie položených kryhách zlepšovať. Poklesom nadložia na vyššie položených svahoch dôjde k redukcii horizontálnych napätí, a tým i k celkovému zmierneniu tlakov do vyťažovaných priestorov na nižšie položených kryhách (Malgot, Baliak, 1991).

Aktivácia pohybov gravitačných porúch vyvolaná vplyvom ťažby závisí aj od priestorového usporiadania medzi postupom ťažby uhlia a sklonom svahov. Ak je podrúbaná päta svahu, nastáva najintenzívnejšie a najrozsiahlejšie porušenie povrchu (Malgot et al., 1973). Svahové pohyby vyvolané podrúbaním sa odlišujú od prirodzených zosuvov. Pohyb je pomerne rýchlo spomalený odporom zosadnutej časti, ktorá sa postupne mobilizuje ako pasívna časť zosuvu. Výslednému zosuvu zvyčajne chýba akumulácia. Takýto zosuv zničil v r. 1978 časť obce Podhradie. Pri ťažbe v horných častiach svahov je rozsah vyvolaných pohybov na povrchu podstatne menší.



Obr. 10 a. Profil zosuvom vyvolaným ťažbou uhlia S od obce Podhradie (podľa Fussgänger et al, 1985)

1 – andezity, 2 – nadložné tufické íly, 3 – uhoľný sloj (1-3 – sarmat), 4 – podložné tufity (báden), 5 – aktivizovaný zosuv, 6 – teleso potenciálneho zosuvu, 7 – prieskumné vrty, 8 – šmykové plochy, 9 – odlučná stena zosuvu



Obr. 10 b. Profil hrebeňom Vysokého Vtáčnika (upravené podľa Šimečka, in Nemčok, 1982):

1 – uhoľný sloj, 2 – íly, prachovce (1-2 – tortón), 3 – štrky, piesky, íly, tufity, 4 – andezity, aglomeratické tufy (3-4 – sarmat), 5 – blokové rozpadliny, blokové polia, 6 – zosuvy, 7 – šmykové plochy v podloží vulkanitov, 8 – šmykové plochy pretínajúce hlboké podložie i vulkanický príkrov

Pri podrúbaní miernych svahov dochádza takmer k plastickému prehnutiu povrchových vrstiev a k vzniku väčších, plochých, nedokonale drénovaných depresí. Iba ojedinele sa na povrchu prejavujú výraznejšie trhliny (obr. 5.5.11)



Obr. 5.5.11 Trhliny na povrchu nad podrúbaným územím

Z hľadiska ďalšieho rozvoja svahových pohybov sú nebezpečné sekundárne vplyvy podrúbania, ako napr. postupná degradácia vlastností zemín tvoriacich teleso zosuvu. Zeminy sa pohybom nakyria, sú porušené trhlinami a sú namáhané dlhodobo pôsobiacimi ťahovými napätiami. Nakyprenie zvyšuje ich infiltračnú schopnosť, čo má za následok zmenu konzistencie a zníženie šmykovej pevnosti. Na svahu sa tak podstatne zhoršujú odtokové pomery, vznikajú bezodtokové depresie (napr. územie severovýchodne od Novák) a dochádza celkove k výraznej zmene hydrogeologických pomerov. Na celom území dochádza k znehodnoteniu poľnohospodárskej pôdy v dôsledku zmeny vodného režimu. Pozemky sú trvale podmáčané, mení sa pH pôdy a tým aj jej fyzikálno-mechanické vlastnosti.

Ťažba hnedého uhlia v sledovanom území sa prejavuje rôznymi formami porušenia povrchu v závislosti od geologickej stavby nadložia. Prejavy ťažby na povrchu sú zreteľné. Možno ich rozdeliť na nasledovné typy:

- vertikálne prejavy ťažby na povrchu možno sledovať hlavne v kotlinovej časti územia, (ploché svahy, malá hrúbka nadložia). Vznikajú bezodtokové depresie, zvláštnym prípadom sú kruhové lievikovité prepahliská spravidla vyplnené zrážkovou vodou (napr. severovýchodne od Novák, vznik separačných poklesových trhlín v júni 1978 v počiatočnej fáze na Podhradí).
- ťahové deformácie povrchu možno sledovať vo vyšších častiach svahov nad vyťaženými priestormi, v miestach maximálnych horizontálnych napätí. Prejavujú sa vznikom širokých rozvetvených trhlín rôznej šírky, od niekoľko desiatok centimetrov až

niekoľko metrov. Väčšinou zodpovedajú systému diskontinuit a v podstate sú rovnobežné so svahom. Napr. hlavná trhlina západne od Englišovho lomu, severovýchodne od Cígľa, dosahuje dĺžku až 100 m, šírku 2-10 m a hĺbku 5-15 m (obr. 5.5.12).

- tlakové deformácie povrchu možno sledovať v podobe hrubých povrchových valov v dnách poklesových depresií. Vznikajú vtedy, ak je zosuvuté väčšie množstvo horniny než je objem vyťaženého priestoru. Sú vyvinuté ďaleko pod vyťaženými priestormi pri obci Podhradie, južne a východne od obce Cigľ.



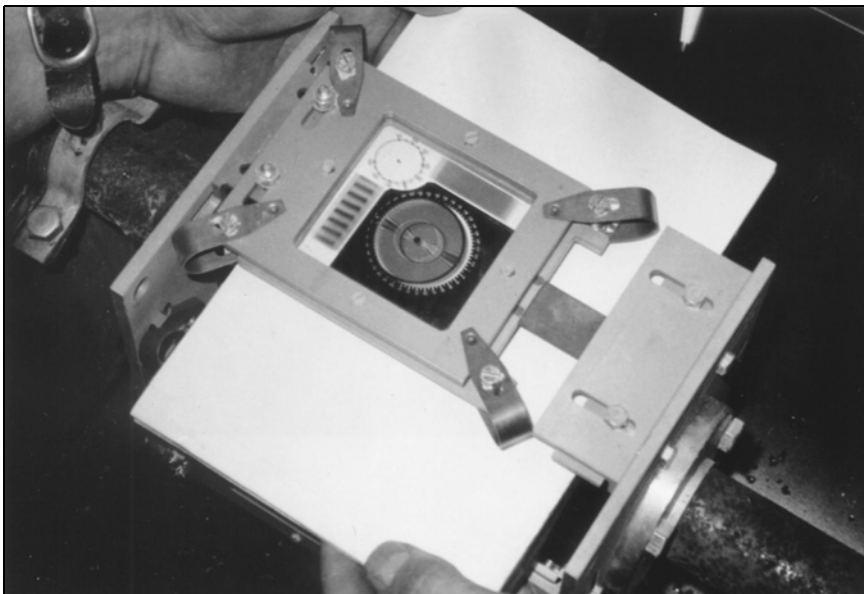
Obr. 5.5.12 Ťahové deformácie povrchu - hlavná trhlina západne od Englišovho lomu, severovýchodne od Cígľa

Veľkosť plazivých pohybov horninových blokov sa zaznamenáva terčovým meradlom TM-71 (obr. 5.5.13) s presnosťou 0,1 mm za rok, pričom odčítanie hodnôt sa vykonáva 3 x ročne. V Englišovom lome neďaleko Cígľa mieste, kde ťažba skončila takmer pred 10 rokmi bol do trhliny osadený takýto prístroj. Vzájomný pohyb dvoch skalných blokov vykazuje pohyb 3 až 6,2 mm v horizontálnej rovine za obdobie medzi dvoma meraniami, t. j. 2 cm za rok, čo hodnotíme ako rýchly pohyb. Posun skalných blokov je spôsobený jednak

podrúbaním, ale i vhodnými geologickými, geomorfologickými i hydrogeologickými podmienkami.



Obr. 5.5.13a: Zabudované terčové meradlo TM-71



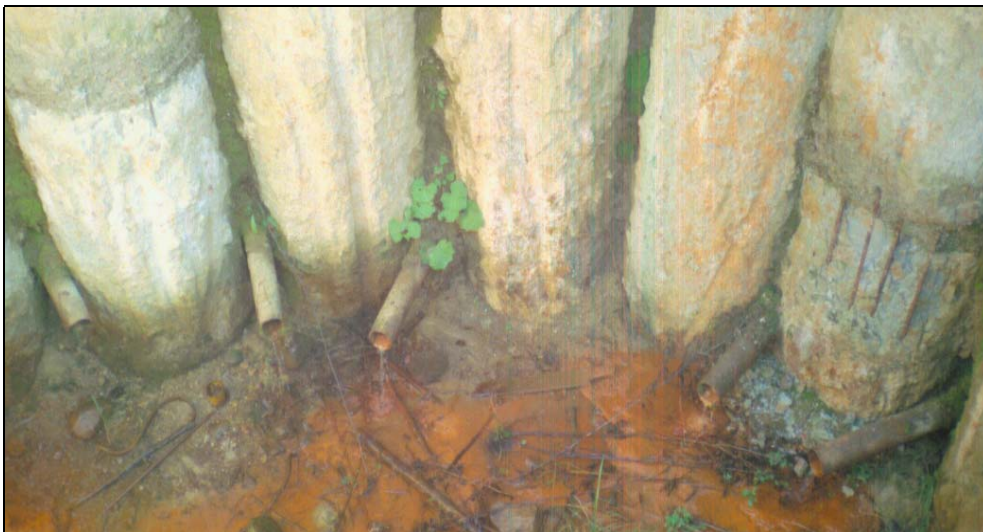
Obr. 5.5.13b: Terčové meradlo TM-71 - detail

Na vzdialenejšom mieste, kde sa ťažba práve začína, sa zmeny povrchu merajú ako pohyb pozorovacích bodov bodového poľa geodetickými metódami. Merania boli robené 4x. Namerané pohyby sú minimálne.

Voda sa do zosuvov dostáva jednak infiltráciou zrážok, jednak výdatnými bariérovými prameňmi, ktoré vyvierajú väčšinou pod blokovými poľami - v odlučnej časti budúcich zosuvov. Voda má na stabilitu svahov veľmi nepriaznivé dôsledky: pôsobí vztlakom, vlastnou

hmotnosťou. Potom stačí malý impulz (nadmerné zrážky, seizmické otrasy, necitlivý zásah človeka) a vzniká zosuv.

Nepriaznivým faktorom je výstavba nových komunikácií a obytných štvrtí v nestabilných územiach. Nesprávne trasované komunikácie a kanalizácie veľmi nepriaznivo vplyvajú na stabilitu potenciálnych zosuvov. Výstavba nových objektov na zosuvoch môže podstatne zhoršiť ustálené pomery na viacerých miestach (Handlová - Morovniansky oblúk, Kunešovská cesta a pod.). Na obr. 5.5.14 vidno vyústenie horizontálnych odvodňovacích vrtov do studne v Handlovej.



Obr. 5.5.14: Vyústenie horizontálnych odvodňovacích vrtov do studne v Handlovej.

Na porušených svahoch, ktoré sa vyznačujú značnou citlivosťou už na minimálne zásahy do stabilného režimu leží Malá a Veľká Lehôtka, Cigeľ a Podhradie. Ľudská činnosť v okolí obcí vplyva na vývoj zosuvov. Nebezpečné situácie nastávajú v prípade podrezania alebo priťaženia zosuvných svahov.

Pri ťažbe hnedého uhlia vznikajú haldy so skrývkovým materiálom, hlušinou a výsypkami. Hrúbka týchto akumulácií dosahuje v okolí Handlovej až niekoľko desiatok metrov. Materiál je veľmi rôznorodý, rôzneho granulometrického zloženia. Z hald je vetrom a vodou transportovaný do širokého okolia.

Pri prevádzke elektrárne v Handlovej vzniká problém ukladania odvalového materiálu a popolčeka. Ukladajú sa na telesá potenciálnych zosuvov, ktoré sú postupným priťažovaním znova aktivované.

5.5.4. Zhodnotenie

V rámci Čiastkového monitorovacieho systému geologickej faktory, podsystemu 05 Vplyv banskej činnosti na životné prostredie bol na príklade dvoch rozdielnych oblastí, štiavnicko-hodrušského rudného obvodu a handlovsko-cigeľského hnedouhoľného revíru, preukázaný pomerne veľký vplyv banskej činnosti na kvalitu prírodných vôd a sedimentov, ako i na jej povrchové prejavy. V oblasti štiavnicko-hodrušského rudného obvodu prevládajú vplyvy na prírodné vody a sedimenty značnom kontamináciou a v handlovsko-cigeľskom hnedouhoľnom revíre prevládajú zas vplyvy na povrch terénu.

Štiavnicko - hodrušský rudný obvod predstavuje región s dlhodobou ťažbou drahokovových a polymetalických rúd. Ťažba bola realizovaná zväčša podzemným spôsobom, jej výsledkom sú desiatky chodieb a vydobytých priestorov žilných štruktúr. Ťažba bola koncentrovaná do dvoch oblastí - štiavnickej a hodrušskej. V štiavnickej oblasti je stupeň banského otvorenia podzemia koncentrovaný do oblasti priebehu hlavných žilných štruktúr - Bieber, Špitaler, Terézia, Grüner, Ján a Belianskych žíl.

Stáročnou ťažbou v regióne vznikol celý rad prepادلísk, lievikov hlbokých miestami až 50 m. Negatívne sa prejavuje aj v širšom okolí, najmä v acidifikácii vôd, kontaminácii pôd a sedimentov z rozplavených hald, ale aj v aluviálnych sedimentoch.

Hlavné environmentálne problémy a dopady:

- mobilizácia ťažkých kovov v pôdach a v aktívnych riečnych sedimentoch, v povrchových a podzemných vodách
- kvalitatívne a kvantitatívne zmeny podzemných a povrchových vôd
- kontaminácia zemín v celom rudnom rajóne od hald a odkalísk
- kontaminácia aktívnych riečnych sedimentov
- výskyt zvýšeného množstva radónu v meste Banská Štiavnica
- prejavy podrúbania, závaly a prepادلiská.

Handlovsko - Cigeľský hnedouhoľný revír tvorí jeden priestorový celok, prakticky má rovnaké geologické pomery. Uhoľné sloje sú neogénneho veku, uložené v hĺbkach 100 - 400 m. V plytších, okrajových častiach je už ložisko vyťažené. Celé ložisko sa nachádza nad miestnou erozívnu základňou a je odvodňované samospádom. Vulkanity Vtáčnika v jeho nadloží i za jeho okrajom vytvárajú blokové polia.

Ťažba hnedého uhlia vyvolala v okolí ložiska výrazné zmeny reliéfu, geologických a hydrogeologických pomerov, zmeny stability svahov, zmeny hydrologické a tiež zmeny v kvalite ovzdušia. Väčšina týchto zmien veľmi negatívne ovplyvňuje životné prostredie človeka.

Hlavné environmentálne problémy a dopady:

- vertikálne a horizontálne zmeny povrchu, poklesávanie a zosuvy
- zmeny hydrogeologických pomerov
- kontaminácia pôd a povrchových a podzemných vôd
- aktivácia svahových pohybov.

Vzhľadom na vážnosť danej problematiky vláda SR schválila uznesenie (Uznesenia vlády SR č. 661 z 5. septembra 1995) k surovínovej politike SR v oblasti nerastných surovín. Na jeho základe vyplynula úloha vypracovať systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí, vznikajúcich banskou činnosťou. Schválenie predmetného materiálu značne ovplyvnilo riešenie tohto pod systému, a to po stránke obsahovej aj finančnej. Na riešenie uvedenej úlohy bolo urobené výberové konanie, ktoré vyhral Geokomplex, a.s. Vzhľadom na dané skutočnosti, 31.12.1997 boli ukončené práce na tomto pod systéme a vstupné údaje do informačného systému čiastkového monitorovacieho systému geologické faktory sa budú preberať od riešiteľskej organizácie, Geokomplexu, a.s.

5.6. ZMENY ANTROPOGÉNNYCH SEDIMENTOV

Jemnozrnný materiál ukladaný do odkalísk plavením si aj napriek drenážnym opatreniam dlhé obdobie aj po skončení skládkovania zachováva vysokú vlhkosť a pri nepriaznivých podmienkach (intenzívne zrážky, seizmické účinky a pod.) môže stratiť svoju vnútornú stabilitu, pevnosť, čo môže vyústiť až do ekologických havárií a dlhodobo opustených odkalísk.

Cieľom monitoringu zmien antropogénnych materiálov odkalísk je overiť teoretické predpoklady, zistiť skutočný a prognózovať možný vývoj zmien antropogénnych sedimentov na základe pozorovania zmien vlastností v čase najmä: fyzikálnych a mechanických vlastností (vlhkosť, pórovitosť, deformačné a pevnostné vlastnosti), prípadne minerálne zloženie.

5.6.1. Metodika prác

Vzhľadom na značnú nerovnorodosť plaveného popolčeka v odkaliskách sme pôvodnú metodiku prác rozšírili o geofyzikálne merania. Na základe týchto meraní bolo možné vyčleniť kvázirvnorodé vrstvy a efektívnejšie navrhnúť miesta prieskumných vrtov a terénnych skúšok. Použili sa najmä tieto geofyzikálne merania: odporové profilovanie (VES) a metóda multikábelového elektroodporového merania (MES) a na niektorých odkaliskách aj metódu spontánnej polarizácie (SP). Geofyzikálne merania robila Katedra environmentálnej a aplikovanej geofyziky PRIF UK v Bratislave.

Vo vybraných miestach odkalísk boli odvrtné vrty, z nich sa odobrali vzorky pre laboratórne skúšky, podľa možností neporušené. Vo vrtoch boli urobené v súlade s STN72 1004 presiometrické skúšky, v blízkosti vrtov (1 až 3 m) sa v prvých rokoch riešenia urobili dynamické penetračné skúšky DPH v súlade s STN 72 1032 (ťažkou penetračnou súpravou). Po skúsenostiach s opakovanými monitorovacími meraniami pomocou DPH sa zistilo, že táto metóda nie je dostatočne citlivá pre jemnozrnné antropogénne sedimenty a od ďalšej aplikácie v tejto úlohe sa ustúpilo. Tieto skúšky sa nahradili efektívnejšími geofyzikálnymi meraniami.

Laboratórne skúšky sa robili v laboratóriu mechaniky zemín ŠGÚDŠ a Katedry inžinierskej geológie podľa metodík príslušných STN alebo zaužívaných metodík špeciálnych skúšok. Sledovali sa niektoré vlastnosti fyzikálne - objemová hmotnosť, merná hmotnosť, vlhkosť, pórovitosť, zrnitosť a iné. Zo špeciálnych skúšok boli urobené skúšky RTG a DTA na Katedre mineralógie a petrológie Prif UK v Bratislave a ŠGÚDŠ v Bratislave, elektrónovým scanovacím mikroskopom boli vyhotovené mikrografy na ŠGÚDŠ v Bratislave.

5.6.2. Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia

Z metodiky prác viacmenej vyplývajú základné monitorovacie charakteristiky. Z geofyzikálnych meraní je základný monitorovaný prvok merný elektrický odpor [Ωm] , z presiometrických skúšok p_{lim} medza presiometrického tlaku (odpovedá medznej pevnosti skúšaného prostredia), presiometrický modul E_p [MPa] a efektívna hodnota uhla vnútorného trenia φ_{ef} [°]. Okrem toho sa odoberali pri monitorovaní týchto vlastností aj neporušené a porušené vzorky antropogénnych sedimentov pre určenie objemovej hmotnosti, zrnitosti a pre špeciálne skúšky opísané v metodike prác.

Lokalizácia prieskumných a výskumných prác sa na niektorých odkaliskách konzultovala s projektantom alebo prevádzkovateľom (ENO Nováky, Duslo Šaľa), aby sa monitorovacie práce robili v profiloch resp. miestach odkalísk, v ktorých sa vyskytujú resp. predpokladajú najnepriaznivejšie stabilné pomery. Na odkaliskách Lintich a Sedem žien, ktoré nemali majiteľa sme merania vykonávali v profiloch v osiach odkalísk, na odkalisku Sedem žien pri vrtoch, ktoré sa realizovali predchádzajúcimi prieskumnými prácami inými organizáciami. Frekvencia meraní bola navrhnutá tak, aby na každom odkalisku boli aspoň 2 súborné merania, na niektorých odkaliskách je frekvencia 3 merania, spravidla medzi jednotlivými monitorovacími meraniami je doba 3 až 4 rokov. Pre monitorovanie sa využijú aj niektoré staršie merania a to na tých odkaliskách, na ktorých sa realizovali (ENO Nováky – dočasné, Sedem žien – Banská Štiavnica).

5.6.3. Stručný opis odkalísk

Havarované (pôvodné) odkalisko Zemianske Kostol'any

Nachádza sa v postrannom údolí, v ktorom boli zvyšky havarovaného odkaliska v roku 1965. V záujmovom území sa nachádzajú bridlice, pieskovce a kremence s melafýrmi. Pás dolomitov a vápencov sa oblúkovito tiahne v JZ až SZ okraji údolia. Terciér je tvorený 1-12 m hrubou vrstvou ílov a úlomkov melafýrov, tieto vrstvy sa striedajú s polohami jemnozrnného až prachovitého piesku. V údolí prevládajú fluviálne a deluviálne sedimenty. Aluviálne náplavy Nity tvoria štrky piesčité až hlinité do 5 m prekryté náplavovými hlinami. Deluviálne sedimenty sú závislé od pôvodných hornín a charakteru hlinítokamenitej sute.

Zvyšok starej hrádze bol ponechaný a je začlenený do novej hrádze. Nová pozostáva z dvoch menších hrádzí vzdialených 50 m, priestor je vyplnený škvárou. Dno údolia je na kóte cca 250 m n.m. Predpokladá sa nadvýšenie na kótu 315 m n.m. Nad touto kótou až po úroveň 360 m n.m. sa plánuje v zóne pri hrádzi ukladanie stabilizátu a súčasne plavenie

hydrozmesi v zázemí. Objem odkaliska má mať 5,1 mil. m³, životnosť je odhadnutá do roku 2003. Situácia odkaliska je na obr. 5.6.1.

Dočasné odkalisko ENO

Odkalisko je umiestnené v údolnej nive rieky Nitry, ktorú tvoria sedimenty inundačného územia, vrstva hlín má hrúbku 1 až 3 m, hlbšie sa nachádzajú piesčité a zahlinené štrky alebo piesčité štrky hrúbky 1 m až 8 m. Miestami sa vyskytujú aj sedimenty mŕtvych ramien. Hlbšie sa nachádzajú neogénne íly, oddelené zlomami od mezozoických porušených dolomitov a vápencov. Dno údolia je na kóte 218,5 m n.m., max. výška hrádze je 256,0 m n.m. Priemerný sklon vzdušného svahu je 1:4, maximálny objem odkaliska je 14,5 mil. m³. Územie sa nachádza v 6° MSK seizmickej aktivity. Plavenie popolčiek po spaľovaní hnedouhoľného prachu a lignitu bolo skončené v roku 1990. Časť odkaliska je na obr. 5.6.2 a 5.6.3.

Odkalisko ENO definitívne

Nachádza sa v pravostrannom údolí, dno údolia má kótu 237,85 m n.m. Uvažuje sa maximálna výška nadvýšenia 310 m n.m. Podložie tvoria dobre priepustné karbonáty, pokryté nesúvislými polohami hlín. Geologicko-tektonická stavba územia je komplikovaná, nachádza sa pásmo veľmi porušených dolomitov a vápencov s puklinami vyplnenými dolomitickými "múčkami", ktorým je odvádzané značné množstvo podzemných vôd. V dne údolia sú tieto horniny prekryté vrstvou eluviálnych sedimentov, tvorených zahlinenými suťami, či hlinami. Na svahoch sa nachádzajú hlinito-kamenité sute. Na terénnych stupňoch boli v profile hrádze zistené zbytky neogénnych ílov s polohami zaílovaných štrkopieskov. Priemerný sklon vzdušného svahu je 1:3,5. Územie sa nachádza v 6° MSK seizmickej aktivity. Životnosť odkaliska sa odhaduje minimálne do roku 2003, objem odkaliska je na 15 mil. m³ popola. Na odkalisko sa plavia popolčky po spaľovaní najmä nováckeého hnedého uhlia a prachu. Situácia odkaliska aj s lokalizáciou prieskumných diel je na obr. 5.6.4 a 5.6.5.

Odkalisko Sedem žien (Banská Štiavnica)

Je to odkalisko svahového typu, päta je v údolí na kóte 513 m n.m. Maximálne nadvýšenie hrádzového systému 555 m n.m. bolo dosiahnuté v roku 1992. V súčasnosti je už odkalisko rekultivované (jeho bývalá pláž). Podložie odkaliska tvoria andezity a ich pyroklastiká, na ktorých ležia svahové hliny a hlinitokamenité sute premenlivej hrúbky od 0,2 do 8 m, maximálne 10 m. Sklon vzdušného svahu je 1:3,25; maximálny objem odkaliska je 2,44 mil. m³. Územie sa nachádza v 6° MSK seizmickej aktivity. S plavením sa skončilo v

roku 1992, kedy sa ukončilo s plavením flotačných pieskov z úpravovne rúd v Banskej Štiavnici. Situácia odkaliska je na obr. 5.6.6.

Odkalisko Lintich (Banská Štiavnica)

Je údolného typu, leží pri Banskej Štiavnici smerom na Antol, kde vyplňa priestor havarovaného tajchu. Podložie je tvorené amfibolicko-biotitickými andezitmi studenskej formácie. Vrtom BŠ-1 bola zachytená vrchná zvetraná časť, prechádzajúca do elúvia štrkovito-piesčitého až prachovito-ílovitého charakteru. Hrúbka elúvia je asi 1,5 m, nasleduje asi 0,4 m hrubá vrstva hnedej deluviálnej hliny. Základná hrádza je vybudovaná na úrovni cca 470 m n. m. Jej tvar, navrhnuté materiály, ani navrhnutý drenážny systém sa v archívnych materiáloch nezachoval. Celé územie odkaliska zaberá 21 ha, v odkalisku je uložených okolo 585 tisíc ton flotačných odpadov. Preádzka odkaliska v podstate skončila v roku 1974. Na základe makroskopického popisu výnosu flotačného odpadu z vrtov možno konštatovať, že ide o piesok jemnozrnný až prach piesčitý. Situácia odkaliska je na obr. 5.6.7.

Šaľa Amerika I.

Predmetné odkalisko sa nachádza na ostrovčeku tvorenom Váhom a jeho ramenom, nazývaným Amerika. Povrch terénu je tvorený nivnými a povodňovými hlinami. Územie patrí do severnej časti Komárňanskej panvy. Podložie panvy je tvorené horninami kryštalinika, mezozoika a paleogénu. Klimatické zmeny podmienili mimoriadnu pestrosť v kvartérnych sedimentoch. Kvartérny vývoj možno charakterizovať ako typický nížinný, charakterizuje ho predovšetkým riečna sedimentácia v litologickom vývoji štrkov prevažne drobnozrnných, pieskov s rôznym obsahom hlinitej a ílovitej prímеси a hĺn. Podzemná voda sa vyskytuje s voľnou hladinou v kvartérnych sedimentoch, prípadne kvartér - pont. Tlakové horizonty sa nachádzajú v ílovitých sedimentoch, tvoriacich izolačné polohy. Hladina podzemnej vody sa nachádza v prevažnej miere v hĺbke 3 až 5,7 m pod terénom. Podzemné vody sú kyslej až slabo alkalické reakcie s pH od 6,8 do 7,3. Odkaliská Amerika sú údolného typu, výška obvodových hrádzí je do asi 7 m. Hrádze sú homogénne z ílovitých a piesčitých hĺn. prevažne skupiny CL a čiastočne skupiny CH. Odkaliská sú oddelené hrádzovým systémom na niekoľko samostatných odkalísk, vzhľadom na systém plavenia a odvodnenia sa dali merania uskutočniť iba v odkalisku Amerika I. Situácia odkaliska je na obr. 5.6.8.

Šaľa RSTO

Odkalisko Šaľa RSTO je odkalisko rovinného typu. Jeho rozloha je cca 35 ha, dĺžka obvodu v päte hrádze je 2 336 m. Na odkalisku boli plavené popolčeky, ktoré vznikali

v teplárni a pri výrobe chemikálií v Dusle Šaľa. Pri prieskumných prácach sme v niektorých vrtoch zistili aj znečistenie popolčekov rôznymi chemickými ropnými látkami. Od zahájenia prevádzky sa na odkalisko deponovalo 1 242 491 m³ popola, cca 101 500 t sadzí, 80 000 t oleja a arómátov, 2 500 t polymérov, 15 000 t chemických odpadov z výroby anorganickej chémie, 45 000 t soľanových kalov. Odkalisko sa už v súčasnosti nevyužíva na plavenie popolčeka, plavenie sa ukončilo v roku 1984. V súčasnosti je uzavreté vrstvou hlinitého tesnenia. Na takto uzavretom odkalisku sa buduje riadená skládka tuhého odpadu RSTO Dusla Šaľa a.s. Územie sa nachádza v aluviálnej nive Váhu a je prevažne tvorené nasledovnými kvartérnymi sedimentami. Od povrchu terénu asi do hĺbky 3 m sa nachádzajú piesčité až ílovito piesčité hliny, smerom do hĺbky prechádzajú lokálne až do ílu. Ďalej sa do hĺbky asi 7 m nachádzajú jemnozrnné piesky zle zrnené svetlohnedé až hrdzavé, s malým množstvom ílovitej prímеси. V hĺbke do cca 11 m sa nachádzajú jemnozrnné piesky zle zrnené šedej farby s ílovitou prímесou, do hĺbky cca 12 m sú hrubozrnné piesky lokálne s prímесou prevažne štrku jemnozrnného. Od hĺbky asi 12 m sa nachádzajú v podloží nasledovné neogénne sedimenty. Do hĺbky cca 13 m sú íly až piesčité íly modrošedé, do hĺbky cca 16 m sa vyskytujú jemnozrnné ílovité piesky modrošedé, lokálne prechádzajúce až do piesčitých ílov. V hĺbke nad 16 m sa nachádzajú íly modrošedé, lokálne s prímесou piesčitou. Hladina podzemnej vody sa nachádza v hĺbke 3 – 5 m pod terénom. Hladina vody je slabo napätá. Prevládajúci smer prúdenia je VSV - ZJZ. V obdobiach povodní je prúdenie opačné, ovplyvnené hladinou Váhu. Situácia odkaliska je na obr. 5.6.8, prieskumných diel na obr. 5.6.9.

5.6.4. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Pôvodné (havarované) odkalisko ENO

Výsledky geofyzikálnych prác sú zrejmé z obr. 5.6.10 až 5.6.13. Povrchové vrstvy čerstvo plaveného popolčeka a zvodnené vrstvy popolčeka vykazujú nižšie hodnoty merného odporu. Suchý popolček až vlhký popolček vykazuje vysoké hodnoty merného odporu 200 – 530 Ω m a viac. V meraniach a interpretácii geofyzikálnych meraní sa bude pokračovať najmä v súvislosti s nameranou diskontinuitou medzi VS3 a VS4.

Uľahnutosť popolčeka bola zisťovaná v predchádzajúcej etape iba ľahkou dynamickou penetračnou súpravou (hmotnosť barana 0,5 kg, výška pádu 0,5 m), do hĺbky 2,7 m od úrovne skúšok. V roku 1999 sme vykonali dynamické penetračné skúšky ťažkou súpravou a to pri vrtoch L-3 a L-4. Z výsledných záznamov týchto skúšok vyplýva nehomogenita plaveného popolčeka, jej rôzna uľahnutosť, od kyprých polôh až po uľahlé, resp. stmelené.

Hodnoty medze presiometrického tlaku p_{lim} , presiometrických modulov E_p a uhlov vnútorného trenia sú zrejmé z doterajších čiastkových záverečných správ tejto úlohy. V stručnosti možno uviesť, že čerstvo plavený popolček mal priemernú hodnotu $\phi_{ef} \cong 22^\circ$, $\gamma_n \cong 11 \text{ kN.m}^{-3}$; konsolidovaný popolček po 4-ročnom uložení $\phi_{ef} \cong 31,4^\circ$. Hodnota medzného presiometrického tlaku vzrástla z hodnoty $p_{lim} = 0,2 \text{ MPa}$ na hodnotu $0,93 \text{ MPa}$, hodnota presiometrického modulu $E_p = 2 \text{ MPa}$ vzrástla na $12,95 \text{ MPa}$. Pre porovnanie uvádzame aj namerané hodnoty na 30-ročných popolčekoch vo vrtoch EH1 a EH2, kde sa namerali PS výrazne lepšie hodnoty p_{lim} , E_p , ϕ_{ef} . Hodnota p_{lim} vzrástla za 30 rokov cca z $p_{lim} \cong 0,3$ až $0,5 \text{ MPa}$ na hodnotu $p_{lim} \cong 1,2$ až $1,3 \text{ MPa}$, $E_p \cong 4$ až 8 MPa na hodnotu $E_p \cong 32$ až 60 MPa ; $\phi_{ef} \cong 25^\circ - 28^\circ$ na hodnotu $\phi_{ef} \cong 33^\circ$. Niektoré výsledky presiometrických skúšok sú uvedené v tab 5.6.1.

Zrnitostne popolček možno priradiť najmä do triedy S2 symbol SP, ale aj S3 symbol S-F. Objemová tiaž sa pohybuje od $\gamma_n = 7,7$ do $12,8 \text{ kN.m}^{-3}$, hustota pevných častíc je od $1\,790$ do $2\,180 \text{ kg.m}^{-3}$, pórovitosť nad $\cong 50 - 60\%$, vlhkosť $15 - 68,5\%$.

Mineralogické zloženie popolčeka sa zisťovalo RTG štúdiom. Vzorky sa pripravovali separáciou podľa magnetických vlastností. Feromagnetická frakcia sa separovala permanentným magnetom, paramagnetická a diamagnetická frakcia sa získala separáciou na elektromagnetickom separátore Cook. Vo feromagnetickej frakcii prevláda magnetit, v paramagnetickej sú kremeň a živce s malým až vysokým zastúpením amorfnej fázy, v diamagnetickej frakcii sú kremeň a živce s malým až dominantným zastúpením amorfnej fázy (L-4 h = 9 m).

Urobili sme aj stabilné výpočty tohto odkaliska. Stupne stability svahov vychádzali prevažne $s > 1,5$, našli sa však aj šmykové plochy pre stav v roku 1995 i po definitívnom nadvýšení iba $s \cong 1,3$. Z dôvodu zlepšovania mechanických vlastností popolčeka v čase po ich zabudovaní, nie je potrebné mať obavy o stabilitu odkaliska.

Dočasné odkalisko ENO

Na tomto už neprevádzkovanom odkalisku plavením, sme sa zamerali po konzultácii s projektantom a vlastníkom odkaliska najprv na geofyzikálne merania v dvoch profiloch obr. 5.6.14 a 5.6.15. Podľa interpretácie meraní odpory 500 až cca $1\,200 \Omega\text{m}$, lokálne extrémny až do $7\,400 \Omega\text{m}$ v profile 59 pri VES3 obr. 5.6.12, sú interpretované ako navážky spevnenia svahu. Vlhkejší a už čiastočne skonsolidovaný popolček má merné odpory od cca 75 do cca $200 \Omega\text{m}$, hlbšie sa nachádza trvale prevlhčený popolček alebo podložné zeminy s merným odporom od 8 do cca $60 \Omega\text{m}$.

Na základe presiometrických a plytkých dynamických penetračných skúšok z roku 1995 vyplýva, že popolčky sú v povrchových častiach odkaliska už čiastočne alebo plne

skonsolidované, majú dobre mechanické vlastnosti $p_{lim} \cong 0,45$ až $1,2$ MPa i viac, $E_p \cong 3,0$ až 14 MPa i viac, $\phi_{ef} \cong 27^\circ$ až 33° i viac. Výsledky presiometrických skúšok urobené v roku 1995 a roku 1998 sú doplnené aj výsledkami našich meraní z roku 1980, ktoré sme realizovali pre ENO Zemianske Kostofany (tab. 5.6.2).

Na základe laboratórnych rozborov sa zistilo, že sa popolček zrnitostne blíži zeminám najmä S3 symbol S-F, až S5 symbol SC, objemová hmotnosť prevažne $\gamma_n \cong 7,2$ až $11,4$ kN.m⁻³ ojedinele i viac, hustota pevných častíc sa pohybuje najviac v rozpätí $2100 - 2360$ kg.m⁻³, pórovitosť je vysoká $n \cong 40 - 64\%$, vlhkosť $w = 16 - 79,3\%$. Podrobne sú výsledky uvedené v príslušných ročných správach úlohy.

Na dočasnom odkalisku sa na niektorých vzorkách urobili aj skúšky RTG a DTA. Z RTG analýzy vyplývajú fázy s veľkým obsahom: kremeň, živce (zmes), illit, muskovit, rodonit, magnetit, tridymit, cristobalit, hematit, grafit. Fázy s malým obsahom sú: mullit, illit-montmorillonit, zeolity, smektity, hematit, dolomit, kaolinit, kalcit. Možné fázy: pyrit, siderit, sádrovec, zmes rôznych síranov, tridymit.

Z DTA vyplýva prevažný obsah látok stratou žíhaním do 10% , jedna vzorka dosiahla stratu až $24,9\%$. Strata žíhaním ukazuje na pomerne veľký obsah ešte nespálených uhoľných častíc nachádzajúcich sa v popolčeku.

Na niektorých vzorkách sa urobili aj mikrosnímky popolčekov z profilu 59. Materiál nemá charakter prírodnej zeminy. Pozostáva z voľne uložených zväčša spečených zrn a agregátov. Zrná obsahujú značné množstvo vzduchových pórov, sú krehké a drvčia sa. Chýbajú akékoľvek väzby. Určitú malú súdržnosť možno očakávať iba pri najjemnozrnejších frakciách z pláže odkaliska.

Urobili sme i stabilitné riešenia v týchto profiloch. Najnižšia hodnota stupňa stability svahu je vyššia ako $s > 2,3$. Je to asi najstabilnejšie odkalisko zo všetkých 3 sledovaných v ENO Zemianske Kostofany.

Definitívne odkalisko ENO Chalmová

Na základe geofyzikálnych meraní možno vyčleniť vrstvu stmelených popolčekov s merným odporom od cca $300 - 775 \Omega m$, hlbšie zavlhlé popolčeky cca 100 až $200 \Omega m$ a zvodnelé popolčeky cca 35 až $70 \Omega m$ obr. 5.6.16.

Kypré polohy čerstvo plaveného popolčeka majú na základe PS hodnoty p_{lim} $0,25$ do cca $0,33$ MPa, $E_p \cong 3$ do 4 MPa; $\phi_{ef} \cong 24^\circ - 25^\circ$. Čiastočne konsolidované popolčeky (zabudované cca 4 roky a viac) majú podstatne lepšie mechanické vlastnosti tab. 5.6.3.

Na základe zrnitostných analýz možno popolček v zmysle STN 73 1001 prevažne zaradiť do triedy S3 symbol S-F, menej S2 symbol SP. Ďalšie fyzikálne vlastnosti sú:

objemová tiaž $\gamma_n = 8,9$ do $11,9 \text{ kN.m}^{-3}$, hustota pevných častíc je od $1\,750$ do $2\,100 \text{ kg.m}^{-3}$, pórovitosť $n = 42 - 62\%$.

V roku 1999 sme pri vrtoch L-1 a L-2 urobili aj východiskové dynamické penetračné skúšky. Výsledky poukázali taktiež na veľkú heterogenitu naplaveného popolčeka. Vzhľadom na malú citlivosť ťažkej dynamickej penetračnej skúšky v popolčekoch sa už nebudú tieto skúšky realizovať.

Na základe RTG štúdia popolčeka možno konštatovať, že vo feromagneticknej frakcii prevláda magnetit, v menšej miere je aj prítomný hematit. Amorfná fáza nie je prítomná. V paramagnetickej frakcii prevláda kremeň a živce, podiel amorfnej fázy je od zvýšeného podielu amorfnej fázy (L-1, L-2 v hĺbke $1,5 \text{ m}$) až po chýbajúcu (L-2 $h = 3 \text{ m}$). V diamagnetickej frakcii je kremeň a živce a amorfná fáza chýba až po jej zvýšený podiel.

Podrobne sa prešetrila v sledovanej časti profilu aj stabilita celého odkaliska. Stupeň stability vychádza v prevažnej časti odkaliska. Stupeň stability vychádza v prevažnej časti odkaliska väčší ako $s > 1,5$, iba pre čiastkové plochy v päte alebo pri zvyšovacích skládkach vyšiel stupeň stability o niečo nižší ako požadovaný aspoň $s = 1,5$. Vzhľadom na zistenú skutočnosť, že popolčeky z elektrárne ENO čase od zabudovania vykazujú zlepšenie mechanických vlastností, nie je opodstatnená obava o ich stabilitu.

Odkalisko Sedem žien

Hmota odkaliska bola vrtsvená po relatívne tenkých nesúvislých vrstvách (desiatky cm) a bolo preto otázkou, či sa tento postup odrazil v štruktúre telesa odkaliska a či sa hmota odkaliska líši od svojho podložia. Výsledný odporový obraz (obr. 5.6.17) ukazuje, že tento predpoklad je splnený iba čiastočne a v štruktúre rozloženia hmoty prevláda zrejme trochu iný mechanizmu konsolidácie plavenej hmoty, nakoľko diferencie medzi jednotlivými vrstvami sa v odporovom obraze výraznejšie neprejavili. Ďalej sa ukazuje, že materiál podložia je zrnitostne podobný materiálu odkaliska, pretože sa neprejavil výrazný rozdiel medzi hmotou odkaliska a jeho podložím v odporovom obraze.

Z výsledkov merania metódou VES ako aj merania metódou MES (obr. 5.6.17) ďalej vyplýva, že horninový materiál v podloží odkaliska je s časti rovnako priepustný a sčasti menej priepustný ako v odkalisku (podložie má merný odpor v oblasti piesčito kamenitých hornín s menšou prímiesou ílu). Na druhej strane štruktúra podložia nie je homogénna, je nepravidelne prestúpená aj piesčitým materiálom, čo zvyšuje stabilitu materiálu odkaliska.

Opakované merania VES ukazujú, že odpory jednotlivých vrstiev sa hlavne v pripovrchovej časti mierne zvýšili, z čoho usudzujeme, že materiál odkaliska sa mierne spevnil. Navyše v hĺbke okolo 1 m sa objavila odporová vrstva, ktorá je zrejme dôsledkom suchšieho obdobia a zaklesnutia hladiny podzemnej vody.

Obraz elektrického poľa bol získaný metódou SP na časti čelného svahu odkaliska a to z oboch strán profilu, na ktorom bol zostavený odporový obraz. Obraz elektrického poľa na obr. 5.6.18 ukazuje, že smerom od koruny odkaliska smerom k päte čelnej steny hodnota elektrického poľa narastá, čo hovorí o tom, že v pripovrchovej vrstve (cca do hĺbky 15 m) prebieha gravitačný pohyb podzemnej vody od koruny k päte.

Za anomálnu možno považovať oblasť okolo metráže 120 m, kde sa tiahne zvislý pás nízkych hodnôt elektrického poľa a ktorý naznačuje kanálový pohyb podzemnej vody. Je to zrejme spôsobené lokálnou polohou piesčitejšieho materiálu, ktorý drénuje podzemné vody z oblasti koruny svahu. Túto oblasť by bolo vhodné podrobnejšie monitorovať z hľadiska ďalšieho vývoja.

Porovnaním výsledkov merania elektrického poľa z roku 1996 a 2000 vidno, že diferenciácia elektrického poľa sa výrazne znížila, i keď charakter poľa v oboch obdobiach je podobný (obr. 5.6.18). Aj celkový charakter poľa sa zjednodušil a dynamika hodnôt poľa sa znížila. Je to zrejme dôsledok menej výrazného pohybu podzemnej vody v materiáli odkaliska v roku 2000 voči roku 1996. Tiež spomínaný kanál pohybu podzemnej vody v roku 1996 bol iba ako lokálny drén a postupne sa premenil na lokálny kanál.

Na základe laboratórnych skúšok sa naplavený materiál zrnitostne podobá zeminám piesčitým až prachovitým triedy S4 symbol SM až F3 symbol Ms. Objemová hmotnosť suchého materiálu je od 1 490 do 1 610 kg.m⁻³, v prirodzenom uložení je objemová hmotnosť 1 740 do 1 930 kg. m⁻³, vlhkosť od cca 6,5% do 30%.

Na základe RTG štúdia vzoriek odkalisko Sedem žien aj odkalisko Lintich majú obdobné zloženie. Vzorky boli separované špecifickými postupmi na ťažkú, ílovitú a ľahkú frakciu. Minerálne zloženie - ťažká frakcia je tvorená pyritom, arzenopyritom a minerálmi okolitých hornín – amfibolom, pyroxénmi, magnetitom, ilmenitom. Všetky tieto minerály sú stabilné, nemali by podliehať zmenám v čase. Ílovitá frakcia má dominantné zastúpenie kremeňa cca 60%, fylosilikáty majú cca 40% - najmä chlorit, menej smektit, sľudy, prípadne illit. Vo vzorke frakcie nad 2 μm došlo k podstatnému zníženiu obsahu kremeňa a živcov, semikvantitatívne obsahy minerálov tejto frakcie sú – smektit 38%, illit 12%, kremeň 3%, živce 3%, chlorit 44%. Ľahká frakcia je tvorená kremeňom, živcami a kalcitom. Zníženie obsahu chloritu i iných fylosilikátov je asi spôsobené frakciou, uvedené minerály prešli do vyplavenej ílovitej frakcie. Z uvedeného vyplýva, že materiál odkalísk je tvorený stabilnými minerálmi okrem smektitov, ktoré sú objemovo nestále a plastické. Vo vzorkách BŠ–1 je obsah fylosilikátov vrátane smektitov najmenší a s hĺbkou sa nemení. Vo vzorkách BŠ–2 a SŽ–1 a SŽ–6 dochádza k poklesu obsahu smektitu smerom do hĺbky, čo by malo indikovať zlepšenie mechanických vlastností s hĺbkou naplavenia.

V tab. 5.6.4 uvádzame iba výsledky monitorovacích meraní z rôznych časových období. V tab. 5.6.4 sú využité aj merania, ktoré na tomto odkalisku robil ešte v roku 1977

VÚIS Bratislava (Andráš et.al, 1987). Z tab. 5.6.4 vyplýva, že hodnota p_{lim} sa od roku 1977 zvýšila z najnižšej hodnoty 0,13 MPa a max. 0,88 MPa až na min hodnotu 0,24 MPa, max. hodnotu 1,21 MPa v roku 1996 až po max. hodnotu $p_{lim} = 1,315$ MPa. K podobným výsledkom zlepšenia v hodnotách uhla vnútorného trenia φ_{ef} a presiometrického modulu došlo v tomto antropogennom sedimente v závislosti od času zabudovania a je to zrejmé z tab. 5.6.4. K zlepšeniu došlo hlavne skončením plavenia, poklesom hladiny priesakovej vody, znížením vlhkosti a ku zvýšeniu väzieb medzi zrnami.

Odkalisko Banská Štiavnica Lintich

Vzhľadom na dostupné prostriedky riešenia, bol odporový obraz zostavený v reze vedenom naprieč telesom odkaliska od päty svahu po korunu a plážou odkaliska. Merania ukazujú, že materiál podložia je zrnitostne podobný materiálu odkaliska pretože výrazný rozdiel medzi hmotou odkaliska a jeho podložím sa v odporovom obraze neprejavil.

Z výsledkov merania metódou VES, ako aj merania metódou MES (obr. 5.6.19) ďalej vyplýva, že horninový materiál v podloží odkaliska je menej priepustný ako v odkalisku (podložie má merný odpor v oblasti ílových hornín). Na druhej strane štruktúra podložia nie je homogénna, je nepravidelne prestúpená aj piesčitým materiálom, čo zvyšuje stabilitu materiálu odkaliska.

Opakované merania VES ukazujú, že odpory jednotlivých vrstiev sa mierne zvýšili, čo znamená, že materiál odkaliska sa spevňuje.

Obraz elektrického poľa bol získaný metódou SP na časti čelného svahu odkaliska a to z oboch strán profilu, na ktorom bol zostavený odporový obraz. V získanom elektrickom poli možno vyčleniť dve výrazné oblasti. Prvá je v hornej časti čelnej steny odkaliska a prejavuje sa zvýšením hodnôt elektrického poľa. Ak si pozrieme štruktúru materiálu v tejto časti odkaliska (obr. 5.6.20), vidíme, že reliéf podložia vytvára konkávnou plochu, ktorá núti podzemnú vodu vystupovať k povrchu. Naproti tomu v dolnej časti prevládajú záporné hodnoty poľa, čo znamená zvýšený drenážny efekt. Tento je podmienený zúžením priestoru pre odtok podzemnej vody, ktorá potom rýchlejšim pohybom vytvára uvedený efekt v elektrickom poli. Homogenita materiálu odkaliska pozdĺž päty svahu nie je všade rovnaká, čoho dokladom je mierne zvýšenie hodnôt elektrického poľa na metrácii 40 – 50 m. Je to zrejme spôsobené lokálnou bariérou, ktorá núti podzemnú vodu k výstupu.

Na ľavej strane svahu prechádza meraná plocha do svahu intaktného terénu. V tejto časti má elektrické pole zvýšenú hodnotu, čo znamená, že horninové prostredie je tu priepustnejšie a teda aj pohyb podzemnej vody je výraznejší ako v telese odkaliska.

Dôležitým výsledkom opakovaného merania je tiež zistenie, že charakter elektrického poľa sa zachováva. Pritom dynamika amplitúd poľa sa oproti stavu z r.1996 výrazne znížila,

čo znamená, že intenzita pohybov podzemnej vody v meranej časti odkaliska je menšia. Tento výsledok dobre koreluje s výsledkom získaným odporovým meraním, podľa ktorého sa hmota odkaliska spevňuje. To odpovedá aj zvýšeniu prúdenia do okrajovej časti na styku s terénom, kde sa pohyb podzemnej vody oproti stavu z r.1996 zvýšil.

Na základe laboratórnych skúšok sa naplavený materiál zrnitostne podobá zeminám piesčitým až prachovitým triedy S3 symbol S-F, S4 symbol SM až F3 symbol MS. Objemová hmotnosť suchého materiálu je od 1 370 do 1 570 kg.m⁻³, v prirodzenom uložení je objemová hmotnosť 1 570 do 1 800 kg.m⁻³, vlhkosť od cca 7% do 31%. Podľa najnovších správ sa materiál odkaliska ťaží, dokonca aj z hrádze, čo iste neprispieva k lokálnej i celkovej stabilite tohto opusteného odkaliska.

Na základe RTG skúšok bolo stanovené minerálne zloženie a je obdobné so zložením na odkalisku Sedem žien. Výsledky sú uvedené v kapitole 5.6.4.4.

V tab. 5.6.5 uvádzame výsledky monitorovacích meraní z rokov 1996 a 2000. Z tab.5.6.5 vyplýva, že hodnota p_{lim} sa od roku 1996 zvýšila z najnižšej hodnoty 0,36 MPa a max. 0,98 MPa na min hodnotu 0,40 MPa max. hodnotu 1,02 MPa v roku 2000. K podobným výsledkom zlepšenia v hodnotách uhla vnútorného trenia φ_{ef} a presiometrického modulu E_p došlo v tomto antropogennom sedimente v závislosti od času zabudovania a je to zrejmé z tab. 5.6.5. K zlepšeniu mechanických vlastností došlo hlavne znížením vlhkosti a pravdepodobne ku zvýšeniu väzieb medzi zrnami.

Odkalisko Šaľa Amerika 1

V roku 2001, podobne ako v roku 1997 bolo robené merania metódou VES na odkalisku Duslo Šaľa označené ako Amerika. Meranie bolo realizované na rovnakom profile ako v roku 1997 a s rovnakým krokom, t.j. v rovnakých meracích bodoch. Podmienky pre meranie však oproti roku 1997 boli oveľa nepriaznivejšie, čo sa prejavovalo vo veľmi suchej pripovrchovej zóne. Suchý stav popolovín spôsobil tak veľký prechodový odpor na elektródach, že nebolo možné realizovať meranie do väčšieho rozostupu ako AB = 20 m a to aj pri použití rôznych aparatúr a pri zalievaní prúdových (i napäťových) elektród vodou. Teda zóna aerácie bez prítomnosti pôdnej vlhkosti bola taká hrubá, že ani v oblasti vegetácie nebolo možné realizovať korektné meranie do požadovanej hĺbky. Preto boli na jednotlivých meracích bodoch zmerané zmeny merného elektrického odporu iba do hĺbky AB/2 = 10 m.

Keďže korektné výsledky z merania v roku 2001 nebolo možné získať, porovnávali sa iba hodnoty merného elektrického odporu pre jednotlivé merané hĺbky. Výsledky tohto porovnania sú uvedené v tab. 5.6.8. Z porovnania (pomer hodnoty odporu zmeranej v r.2001 a v r.1997) vyplýva, že v mieste merania VES1 hodnoty vzrástli 2 až 6-krát a to viac v hlbšej časti profilu ako v hornej časti. V mieste ostatných VES výrazne vystupuje nárast odporu

v hornej časti profilu, kým dolná časť v bodoch merania VES2 a VES3 zostáva takmer nezmenená, prípadne mierne klesá. V bodoch merania VES4 a VES5 v dolnej časti odpor narástol obdobne ako pri VES1°, ale v hornej časti profilu je nárast odporu enormný (20 až 80-násobok).

Ak prijmem, že nárast merného odporu znamená aj zlepšenie geotechnických parametrov, tak na odkalisku Amerika v miestach opakovaných meraní sa odpor všeobecne oproti roku 1997 všeobecne zvýšil, v dolnej časti profilu VES2 a VES3 zostal nezmenený.

Na tomto odkalisku sa nachádzajú popolčeka zrnitostného zloženia odpovedajúce zeminám triedy S3, symbol S-F a F4 symbol CS, ale aj S2 symbol SP, S5 symbol SC. Objemová tiaž suchého popolčeka je malá, len od cca 7 kN.m⁻³ do cca 9,5 kN.m⁻³, objemová tiaž v prirodzenom uložení je cca od 8,5 kN.m⁻³ do cca 11 kN.m⁻³, vlhkosť do hĺbky cca 1 m je aj pod 10%, hlbšie od cca 15% do cca 40%, v blízkosti hladiny podzemnej – plaviacej vody až vyše 60%.

Na odkalisku Amerika 1 boli urobené dve sady monitorovacích meraní - presiometrických skúšok. Výsledky uvádzame v tab. 5.6.6. Z výsledkov vyplýva, že poklesla plaviaca voda do cca 1 m, čo umožnilo urobiť skúšky aj vo väčšej hĺbke oproti skúškam v roku 1997. Z tab. 5.6.6 vyplýva, že za obdobie 4 rokov sa mechanické vlastnosti naplaveného popolčeka zlepšili nasledovne, hodnota p_{lim} sa od roku 1977 zvýšila z najnižšej hodnoty 0,18 MPa na min hodnotu 0,20 MPa, aj v prevažnej väčšine ostatných porovnávaných úrovniach je badať zlepšenie nielen medze presiometrického tlaku, ale aj uhla vnútorného trenia φ_{ef} , i presiometrický modul E_p . K zlepšeniu mechanických vlastností nastalo najmä poklesom hladiny plaviacej vody, zmenšením vlhkosti a k zväčšeniu väzieb medzi zrnami popolčeka. Penetračné skúšky sa už na tejto lokalite nerobili vzhľadom na ich malú citlivosť v jemnozrnných a ľahkých popolčekoch.

Odkalisko RSTO Duslo Šaľa

Geofyzikálne merania boli opakované v rokoch 1994, 1997 a 2001. V roku 1994 vzhľadom na stav povrchu odkaliska (zlá prístupnosť) bol počet meraných VES menší, ostatné opakovania boli kompletne na celom profile naprieč odkaliskom.

Výsledky opakovaných meraní sú zobrazené vo forme izoohmických rezov na obr. 5.6.21. Z obrázkov je zrejmé, že v telese odkaliska a v jeho bezprostrednom podloží sú prostredia predstavované:

- silne kontaminovaným materiálom s výrazne nízkymi mernými odpormi (do 10 ohmm)
- podložné piesčito-ílovité sedimenty a časť popolovín, ktoré majú obdobné odporové prejavy ako podložné sedimenty (odpory od 10 do 40 Ω m)

- vlhké popoloviny odkaliska s mernými odporami 40 až 80 Ωm
- suché popoloviny s merným odporom nad 80 Ωm .

V roku 1994 zaberá kontaminovaný materiál pravú časť meraného profilu. V roku 1997 sa kontaminujúce roztoky mierne rozšírili do ľavej časti profilu a v roku 2001 sa výrazne rozšírili do ľavej časti profilu. V roku 2001 bol tiež zaznamenaný celkový pokles úrovne merných odporov. Do akej miery je to spôsobené rozšírením kontaminovaných roztokov, resp. nárastom obsahu vody v hmote odkaliska, zostáva na porovnaní analýz podzemnej vody z vrtov pod odkaliskom.

Na základe výsledkov laboratórnych skúšok možno konštatovať, že sa popolček svojim zrnitostným zložením podobá zeminám piesčitým S2 až S5 symbol SC, SP, S-F až jemnozrnným triedy F4 a F6 symbol CS, CI. Hruhozrnejšie frakcie sa nachádzajú v západnej časti sledovaného profilu, jemnozrnejšie vo východnej časti, čo dobre korešponduje s výsledkami geofyzikálnych meraní. Objemová tiaž suchého popolčeka je v rozpätí od cca 7,30 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ do 10,3 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$, objemová tiaž popolčeka v prirodzenom uložení je cca od 10 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ do 12,5 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$. Vlhkosť popolčeka v skúšobných úrovniach presiometrických skúšok bola prevažne od 20% do 40%, znečisteného popolčeka resp. v blízkosti hladiny podzemnej – priesakovej vody až vyše 55%.

Na základe RTG difrakčnej analýzy na jednej vzorke bola analyzovaná zvlášť feromagnetická frakcia, kde prevláda magnetit, malé množstvo pyritu a amorfnej fázy. Paramagnetická frakcia pozostáva z kremeňa a kalcitu, zastúpenie amorfnej zložky je vo väčšom množstve. Diamagnetická fáza je tvorená predovšetkým amorfnou fázou, z kryštalických látok sú identifikované opäť kremeň a kalcit a bližšie neidentifikovateľné ílové minerály.

Na odkalisku RSTO sme vykonali už troje monitorovacích meraní pomocou presiometrických skúšok. Výsledky uvádzame v tab. 5.6.7, z ktorej vyplýva, že za obdobie 7 rokov sa mechanické vlastnosti naplaveného popolčeka nezlepšili globálne tak, ako je to na iných chemicky znečistených odkaliskách. Je len niekoľko úrovní, kde sa zlepšili mechanické vlastnosti a to medzná hodnota presiometrického tlaku p_{lim} , uhla vnútorného trenia φ_{ef} , i presiometrický modul E_p . Vo väčšine monitorovacích meraní na tomto chemicky znečistenom odkalisku skôr dochádza k poklesu hodnôt mechanických vlastností. Je to spôsobené rozširovaním sa znečistenia v rámci odkaliska, pozri obr. 5.6.21, ale môže to byť aj spôsobené heterogenitou znečistenia a vlastností naplaveného popolčeka. Penetračné skúšky sa už na tejto lokalite nerobili vzhľadom na ich malú citlivosť v jemnozrnných a ľahkých a navyše znečistených popolčekoch.

5.6.5. Návrh alebo úprava dizajnu monitoringu

V ďalšej etape monitorovania budeme pokračovať v doterajšom spôsobe riešenia aj a prezentovania výsledkov.

5.6.6. Zhodnotenie

V rokoch 1993 až 2001 sme monitorovali na 7 uvedených odkaliskách zmeny antropogénnych sedimentov a to elektrárenských popolčiek, sedimentov vzniknutých pri separácii v procese ťažby rúd a popolčiek chemicky znečistených. Z uvedených výsledkov monitorovania zmien vlastností vyplýva, že na odkaliskách vo všeobecnosti dochádza k zlepšovaniu mechanických vlastností, čo je jav veľmi pozitívny, nakoľko sa tým zvyšuje v čase od zabudovania lokálna i celková stabilita odkalísk. Výnimkou je odkalisko chemicky znečistené RSTO Duslo Šaľa, kde nedochádza k pozitívnej zmene vlastností popolčiek. Naopak, vzhľadom na šírenie sa chemického znečistenia v odkalisku, pozri obr. 5.6.21, dochádza k miernemu zhoršeniu mechanických vlastností, t.j. k poklesu únosnosti a stability. Z uvedeného vyplýva, že v budúcnosti je potrebné venovať zvýšenú pozornosť práve takýmto chemicky znečisteným odkaliskám.

Z výsledkov monitorovania vyplýva, pozri kapitolu 5.6.4, že súbor monitorovacích metód bol po úprave dobre zvolený, dáva nielen kvalitatívne, ale aj kvantitatívne zmeny vlastností v čase po naplavení antropogénnych sedimentov.

ENO Havarované

Tabuľka 5.6.1

vrt	nadm. výška [m.n.m]		ρ_{lim} [Mpa]		φ_{ef} [°]		E_p [Mpa]	
	1995	1999	1995	1999	1995	1999	1995	1999
L-3		298,0		0,403		27,0		5,60
		297,4		0,707		30,0		12,16
		296,8		1,267		33,3		17,03
		295,5		0,478		28,0		4,44
		294,3		1,062		32,5		15,05
VES-5-1	293,1	293,6	0,102	0,777	18,9	30,5	0,20	5,60
VES-5	292,5	292,3	0,252	1,020	23,8	32,0	5,49	14,98
	291,8	291,3	0,276	1,263	24,3	33,5	2,68	22,80
L-4		298,3		0,410		27,0		4,25
		297,6		0,357		26,0		3,55
		296,6		0,357		26,0		3,79
		295,6		0,407		27,0		4,76
		294,6		0,477		28,0		3,75
		293,6		0,587		28,5		7,17
VES-4	292,6	292,9	0,240	0,654	23,6	29,5	1,63	9,81
	291,9	292,1	0,133	0,952	19,9	31,5	0,30	11,57
		291,3		0,780		30,5		9,82
L-6		297,3		0,442		27,5		3,26
		296,3		0,282		25,0		3,08

ENO Dočasné

Tabuľka 5.6.2

vrt	nadm. výška [m.n.m]			p _{lim} [MPa]			φ _{ef} [°]			E _p [MPa]			
	1980	1995	1998	1980	1995	1998	1980	1995	1998	1980	1995	1998	
ED-14		232,7	232,6		0,499	0,624		28,0	29,3		7,05	7,45	
			231,6		0,439	0,939		27,5	31,7		8,74	13,14	
			230,6		0,438	1,299		27,5	33,5		4,87	25,34	
			230,0		0,585	0,765		29,0	30,4		4,40	10,88	
			229,0		0,770	0,604		30,5	29,0		10,03	7,40	
			228,0		1,283			33,5			11,05		
			227,5	227,7	1,128	1,338		33,0	33,7		13,34	21,17	
			226,5	226,2	1,213	1,263		33,2	33,3		7,90	9,81	
ED-14A		239,7			0,679			30,0			11,73		
			238,9	238,8	0,550	0,595		28,5	29,0		5,86	8,97	
			238,1	237,8	0,705	0,480		30,0	27,7		8,57	7,83	
			236,9	236,8	0,580	1,170		29,0	32,9		4,33	14,94	
		236,3	236,3	236,3	0,435	0,837	0,710	27,5	31,2	30,0	4,00	14,30	8,94
			235,3	235,3		0,790	0,685		30,7	29,7		12,10	7,95
				234,1		0,747			30,2				10,26
ED-59		239,0			0,515			28,3			6,48		
		238,5	238,2	238,1	0,375	0,451	0,507	26,7	27,5	28,1	3,50	3,23	6,09
			237,3	237,3		0,926	0,910		31,7	31,5		12,20	11,72
		236,6	236,5	236,3	0,425	1,009	0,735	27,3	32,0	30,2	4,25	13,63	15,37
		235,7	235,5	235,3	0,625	0,522	0,705	29,5	28,5	29,9	5,47	2,66	9,92
			234,5	234,1		0,420	0,637		27,2	29,2		2,77	7,06
			233,5			0,610			29,2			4,38	
ED-59A		245,3	244,5		0,476	0,400		27,8	26,7		4,02	6,45	
			243,6	244,0		0,801	0,360		31,0	26,0		7,22	10,84
			242,5	242,7		0,721	0,403		30,2	26,6		5,08	8,22
			242,0	242,0		0,691	1,200		30,0	33,1		7,48	17,20
ED-59B		252,0	252,0		0,403	0,535		27,0	28,4		3,95	8,06	
			250,9	251,0		0,504	0,625		28,0	29,3		3,78	11,16
			250,0	250,0		0,431	1,115		27,5	32,7		4,20	14,44
			249,1	249,0		0,648	0,845		29,5	31,0		6,02	13,91
			248,1	248,0		0,601	0,715		29,0	30,0		4,00	16,20
			246,6	246,0		1,199	0,905		33,0	31,3		10,42	10,98
			244,6	244,4		0,978	0,861		32,0	31,0		9,39	13,17
ED-59C		223,3	223,1		0,605	0,497		29,0	28,0		6,20	12,00	
			222,5			0,468			27,6			7,32	
			221,5	221,8		0,235	0,360		24,0	26,0		2,93	4,23
			220,8	221,1		0,539	1,117		28,5	32,7		4,72	24,36
				220,3			0,725			30,1			14,68
			219,5	219,5		0,706	1,533		30,0	34,5		7,85	41,14
			218,8			1,727			35,5			29,65	

ENO Definitívne

Tabuľka 5.6.3

vrt	nadm. výška [m.n.m]			ρ_{lim} [MPa]			φ_{ef} [°]			E_p [MPa]		
	1980	1995	1998	1980	1995	1998	1980	1995	1998	1980	1995	1998
CH-1		275,8			0,512			28,0			6,84	
		274,8			0,506			28,0			5,94	
L-1			274,5			1,380			33,5			16,50
			273,8			0,935			31,5			9,95
			273,1			0,742			30,5			7,37
			272,4			0,629			29,0			4,07
			271,7			0,496			28,0			4,69
			270,9			0,624			29,0			6,33
			270,2			1,341			33,5			18,20
			269,5			1,420			33,5			18,50
			268,4			0,729			30,0			10,16
			268,0			1,310			33,0			19,10
L-2			278,4			0,469			27,5			5,90
			277,7			1,196			33,0			13,30
			277,2			2,103			37,0			37,10
			276,5			2,120			37,0			21,35
			274,6									
EP VES-2		275,9	275,4		0,304	1,331		25,0	33,5		2,94	16,00
			273,6			0,827			31,0			9,51
			272,5			0,958			31,5			12,05
			271,5			0,778			30,5			11,02
			274,6									
L-5		276,1	283,8		0,275	0,365		24,5	26,0		4,01	3,05
EP VES-1		275,1	283,1		0,614	0,332		29,0	25,0		6,71	2,58
		274,2			0,457			27,0			6,94	
		274,9			0,330			25,5			5,12	
EPVES-4		275,8			0,271			24,5			2,72	
		274,9			0,740			30,0			7,76	

BŠ 7 žien

Tabuľka 5.6.4

vrt	hĺbka [m]			ρ_{lim} [MPa]			φ_{ef} [°]			E_p [MPa]			
	1977	1996	2000	1977	1996	2000	1977*	1996	2000	1977	1996	2000	
SZ-1	3,0	3,0		0,450	0,570		27,3	28,7		11,05	7,84		
	4,0	3,7		0,570	0,570		28,6	28,6		8,39	8,04		
	5,0	5,2		0,440	0,920		26,9	31,4		3,64	11,40		
	6,3	6,3		0,320	1,050		24,8	32,2		3,26	11,85		
	6,8	7,1		0,610	1,045		28,8	34,9		6,50	13,90		
	8,5	8,6		0,510	1,000		27,6	31,8		4,64	13,13		
	10,0	10,0		0,130	0,720		18,2	29,7		3,09	7,21		
	11,0	11,3		0,640	0,960		28,9	31,4		3,41	8,88		
SZ-3		1,4	1,4		1,035	1,315			32,3	33,5		13,38	21,30
	2,0	2,3	2,1	0,880	0,520	1,110	31,3	28,2	32,0	17,27	5,65	34,90	
	3,0	3,0	2,9	0,690	0,910	0,870	29,8	31,4	31,3	8,23	11,65	13,33	
	4,0	3,8	4,5	0,350	1,210	1,250	25,6	33,1	33,2	2,39	11,49	26,60	
	5,0	5,3	5,3	0,320	0,920	1,040	24,9	31,4	32,0	1,16	11,23	13,06	
	6,2	6,0	6,0	0,200	0,800	0,700	21,5	30,5	29,7	3,43	8,38	6,00	
	7,0	6,7		0,380	0,240		25,8	22,7		2,38	13,92		

* prehodnotené merania VUIS Bratislava

BŠ Lintich

Tabuľka 5.6.5

vrt	hĺbka [m]		p_{lim} [Mpa]		φ_{ef} [°]		E_p [Mpa]	
	1996	2000	1996	2000	1996	2000	1996	2000
BS-1	1,0	1,2	0,400	0,400	26,7	27,0	3,31	3,64
	2,0	2,0	0,480	0,420	27,7	27,0	4,92	4,42
	3,0	2,8	0,420	0,590	26,8	28,7	3,40	4,92
	3,8	3,6	0,360	0,680	25,8	29,5	3,07	5,93
	4,6	4,7	0,580	0,570	28,7	28,7	6,69	4,30
	5,4	5,5	0,510	0,740	27,8	30,3	5,72	5,70
	6,4	6,7	0,580	0,480	28,5	27,7	3,28	2,20
BS-2	1,4	1,7	0,520	0,660	28,2	29,5	7,42	7,90
	2,7	2,7	0,620	0,670	29,2	29,7	7,31	4,70
	3,7	3,7	0,640	0,900	29,3	31,3	6,86	11,06
	4,6	4,6	0,640	0,770	29,3	30,3	8,62	9,40
	5,5	5,5	0,650	0,720	29,3	29,8	6,73	7,20
	6,4	6,4	0,740	0,770	30,0	30,3	8,77	6,50
	7,1	7,0	0,750	0,830	30,1	30,5	9,96	10,00
	7,8	7,8	0,900	0,910	31,2	31,0	8,55	11,80
	9,0	9,0	0,980	1,020	31,6	31,7	13,56	10,10

AMERIKA

Tabuľka 5.6.6

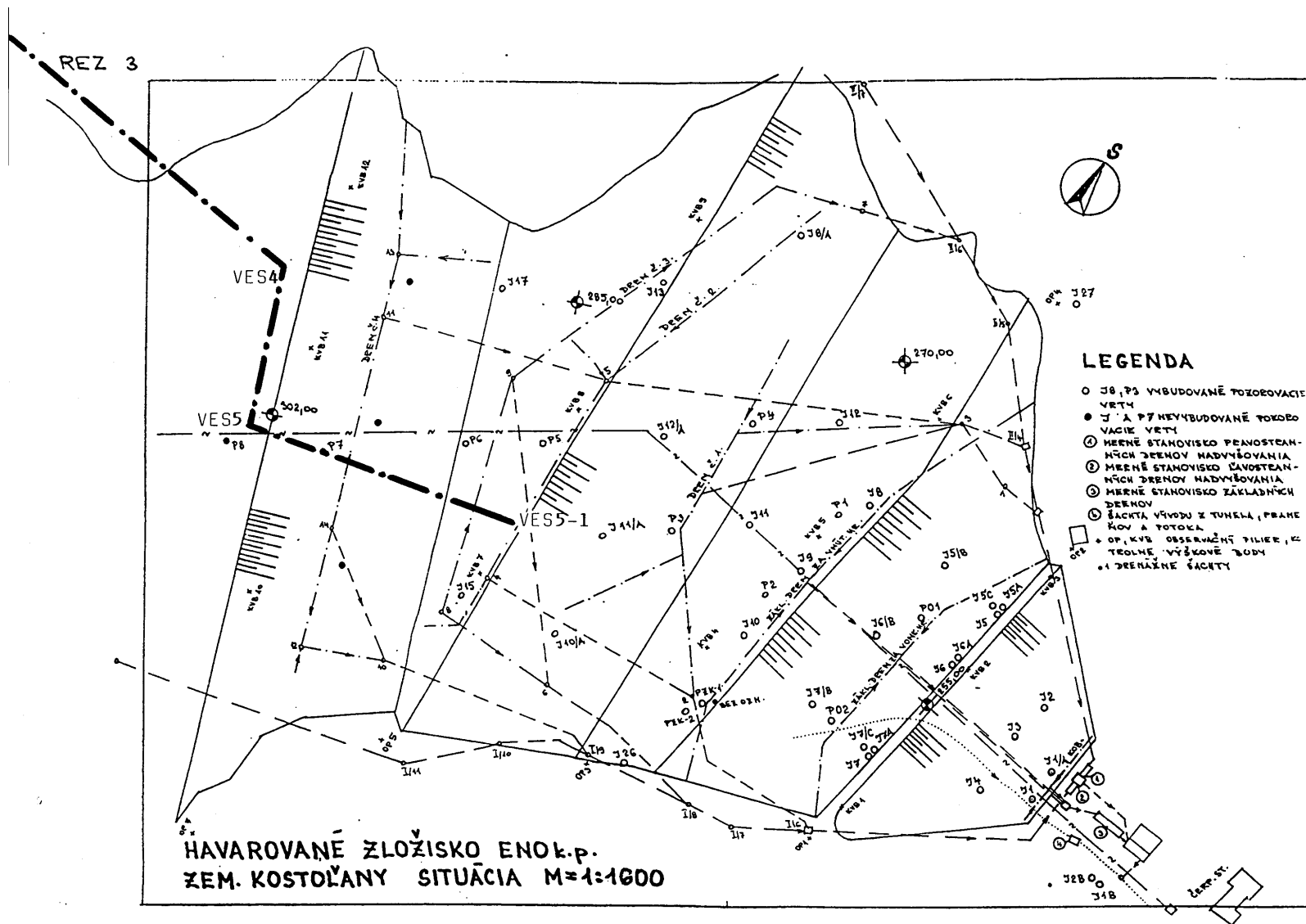
vrt	hĺbka [m]		p_{lim} [Mpa]		φ_{ef} [°]		E_p [Mpa]	
	1997	2001	1997	2001	1997,00	2001	1997	2001
V-1	1,0	1,0	0,180	0,347	23,95	25,9	1,30	2,00
	1,7	1,7	0,440	0,404	27,26	26,8	4,63	3,12
	2,3	2,3	0,610	0,560	29,15	28,6	7,71	5,10
V1-a	3,3	3,2	0,380	0,369	23,91	26,1	1,99	3,00
V1-c	1,1	1,2	0,190	0,217	24,26	23,1	1,93	3,80
	1,9	1,8	0,340	0,363	25,73	26,1	3,85	4,70
	2,8	2,7	0,330	0,442	25,47	27,2	5,89	10,00
V-2	0,9		0,290		24,88		2,61	
	1,7		0,330		25,57		4,02	
	2,3	2,5	0,540	0,490	28,43	27,8	8,12	10,40
	2,7		0,690		29,86		7,77	
V2-a	2,9	3,2	0,140	0,202	22,04	24,3	0,84	3,00
V2-b	3,0		0,260		24,00		2,93	
V-3	0,9	1,0	0,210	0,355	24,88	26,1	2,24	8,10
	1,7	1,7	0,210	0,392	22,87	26,6	3,22	5,70
	2,5	2,5	0,390	0,440	26,49	27,2	4,82	8,80
V3-a	2,8	2,9	0,340	0,374	25,65	26,2	4,33	9,90
		3,4		0,239		25,3		1,40
V-4	1,0	1,0	0,250	0,425	24,00	27,1	2,72	12,80
	1,7	1,7	0,230	0,372	23,42	26,3	2,87	5,20
	2,3	2,4	0,360	0,293	26,03	24,8	4,61	4,30
	2,8	3,2	0,420	0,287	26,91	24,6	4,48	4,80
		4,0			27,5		5,10	
V-5	0,8	0,8	0,180	0,373	23,98	26,4	1,90	8,50
	1,5	1,7	0,300	0,432	25,02	27,2	4,60	8,60
		2,4		0,229		25,2		4,00

RSTO

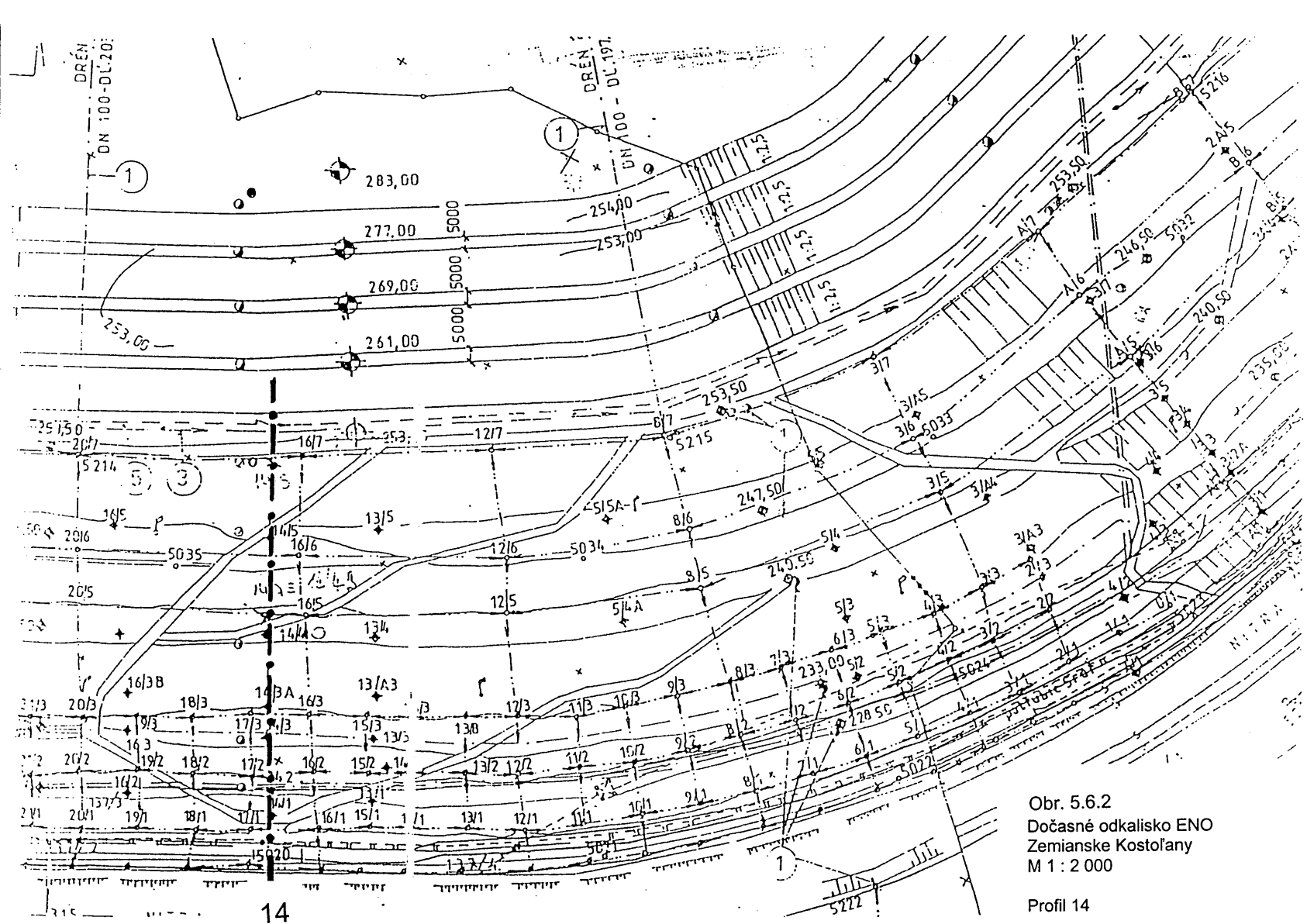
Tabuľka 5.6.7

vrt	hĺbka [m]			p _{lim} [MPa]			φ _{ef} [°]			E _p [MPa]		
	1994	1997	2001	1994	1997	2001	1994	1997	2001	1994	1997	2001
V 0		1,0			0,220			23,24			3,44	
			1,4			0,449			27,34			4,80
	1,7	1,8	2,0	0,146	0,160	0,455	22,56	23,10	27,38	1,00	1,38	7,00
	2,5	2,5	2,6	0,379	0,420	0,531	26,32	26,93	28,26	5,44	4,26	5,00
	3,2	3,2	3,2	0,356	0,490	0,437	25,89	27,81	27,06	2,96	5,88	2,00
	3,9	3,9	3,8	0,448	0,460	0,143	27,23	27,39	21,74	5,28	4,25	-
	4,6	4,6	4,4	0,485	0,280	0,539	27,66	24,28	28,25	4,29	1,47	8,13
		5,3	5,1		0,430	0,231		26,88	24,75		4,41	1,70
			5,7			0,252			23,35			1,30
		6,1	6,3		0,850	0,738		30,97	30,07		10,50	7,04
		7,0	6,8		0,790	0,603		30,49	28,81		12,84	4,85
			7,5			0,780			30,36			5,70
V 1	1,0	1,0		0,234	0,210		23,61	22,97		2,58	5,20	
	2,0	2,0	2,0	0,309	0,330	0,529	25,15	25,54	28,25	3,75	5,55	6,63
	2,8	2,8	2,7	0,187	0,280	0,516	23,89	24,48	28,06	2,11	2,62	4,90
	3,5	3,4	3,3	0,444	0,530	0,252	27,20	28,26	23,60	3,61	7,39	1,00
	4,2	4,7	4,0	0,351	0,420	0,098	25,72	26,78	18,82	1,95	4,84	-
	5,2	5,3		0,261	0,260		23,77	25,62		1,74	2,13	
V 3	1,0	1,2		0,100	0,130		20,43	21,97		0,73	1,71	
	1,7			0,116			21,14			0,65		
V 5	1,0			0,229			23,48			1,88		
	1,7	1,4		0,126	0,120		21,66	21,43		0,75	0,25	
	2,5	2,3		0,134	0,110		21,85	20,64		0,89	0,73	
	3,2	3,2		0,171	0,280		23,26	24,43		1,12	3,92	
	4,1			0,130			21,26			0,47		
VES-2		1			0,190			24,27			3,92	
		2			0,240			25,53			6,33	
			2,7			0,225			24,87		-	
		3,2	3,2		0,540	0,405		28,39	26,57		8,64	9,10
		4	3,9		0,430	0,257		26,97	25,56		4,94	1,55
			4,4			0,782			30,48			9,10
		5	5		0,470	0,658		27,45	29,42		6,18	7,10
		6	5,7		0,210	0,258		24,13	23,47		1,38	2,10
			6,4			0,582			28,60			4,40
VES-3		1			0,15			22,86786407			1,1	
		1,7	2,1		0,14	0,456		22,30649912	27,38		1,33	5,1
		2,5	2,6		0,28	0,411		24,50713742	26,73		3,44	4
		3,2	3,2		0,12	0,317		20,96025305	25,09		0,89	1,5
		3,8	3,7		0,29	0,122		24,5841654	20,65		4,03	-
		4,2	4,3		0,15	0,218		22,20417179	24,48		0,62	1,05
		5	4,9		0,12	0,164		20,44730254	22,45		0,16	-

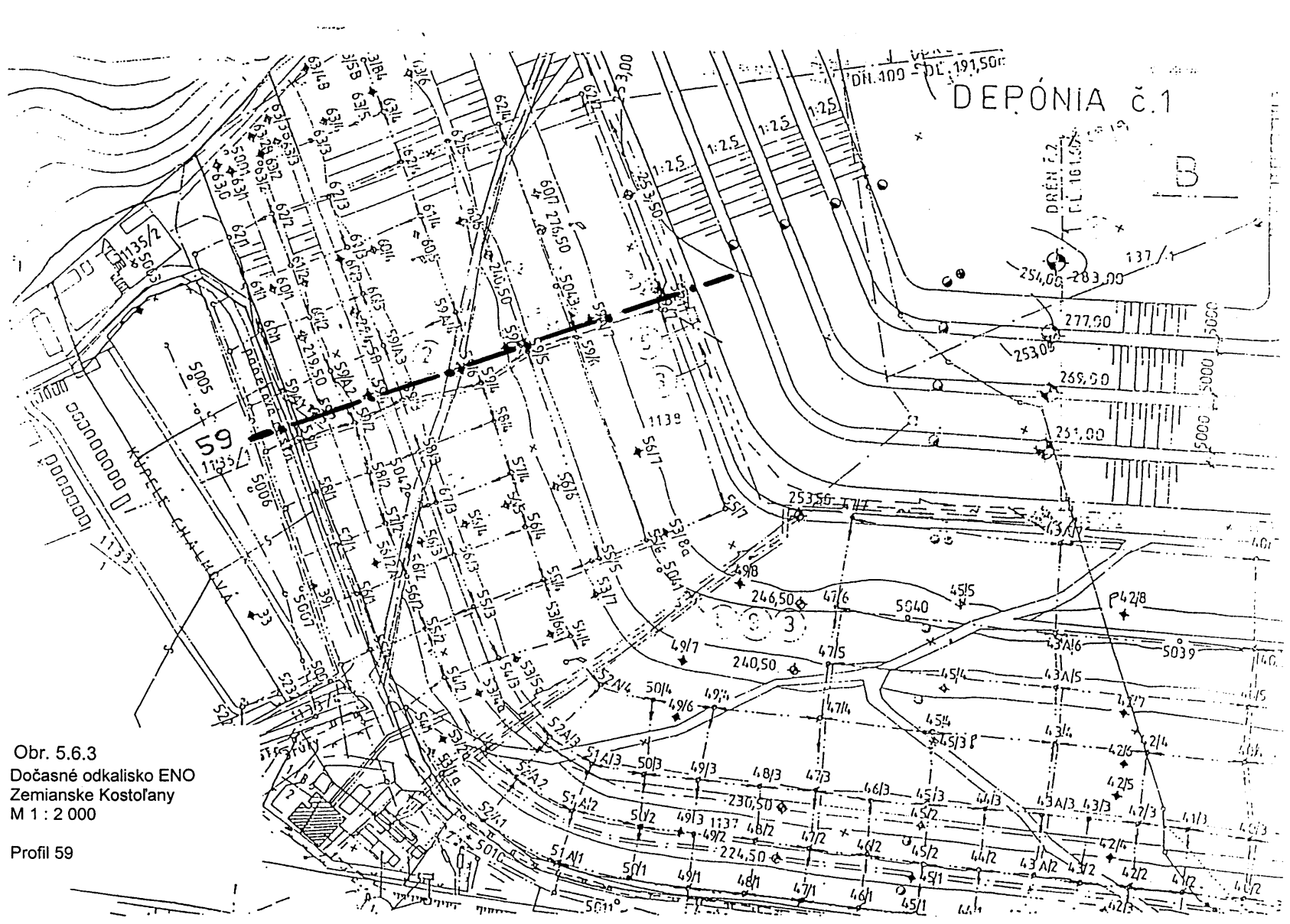
* Nebola nameraná pružno-plastická, len plastická fáza deformácie, nedali sa určiť deformačné parametre sledovaných flotačných sedimentov



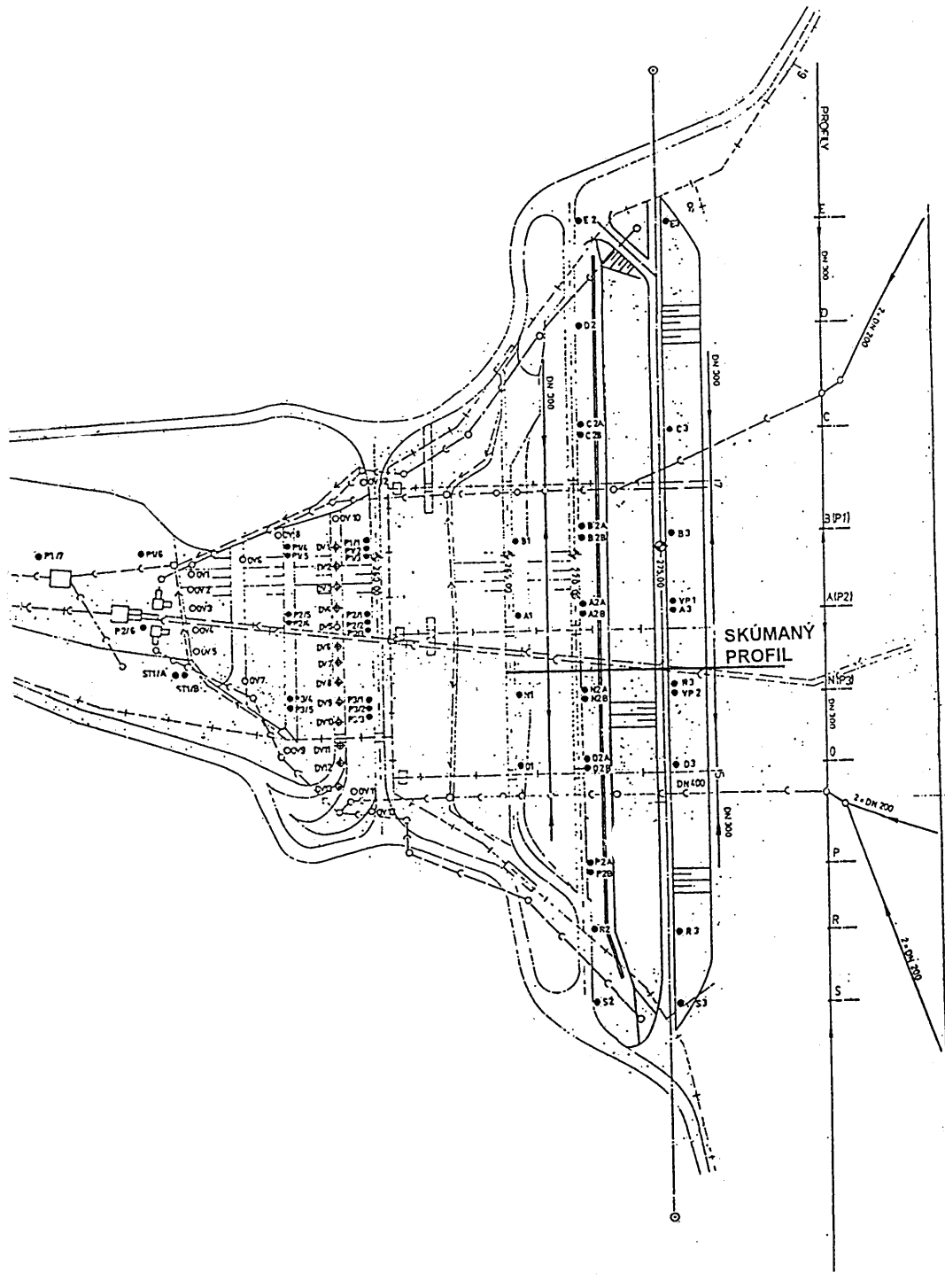
Obr. 5.6.1



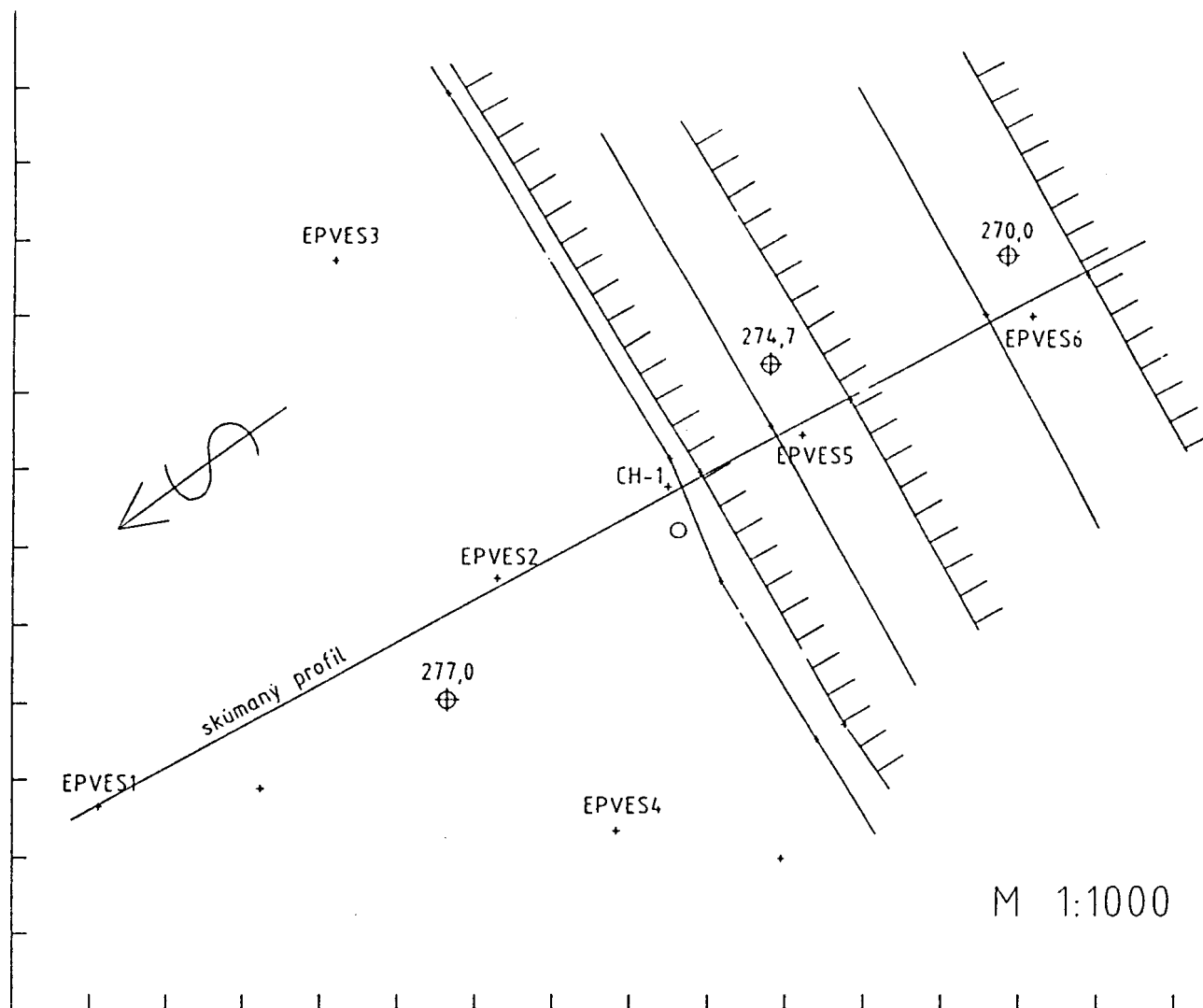
Obr. 5.6.2
 Dočasné odkalisko ENO
 Zemianske Kostolany
 M 1 : 2 000
 Profil 14



Obr. 5.6.3
 Dočasné odkalisko ENO
 Zemianske Kostolany
 M 1 : 2 000
 Profil 59



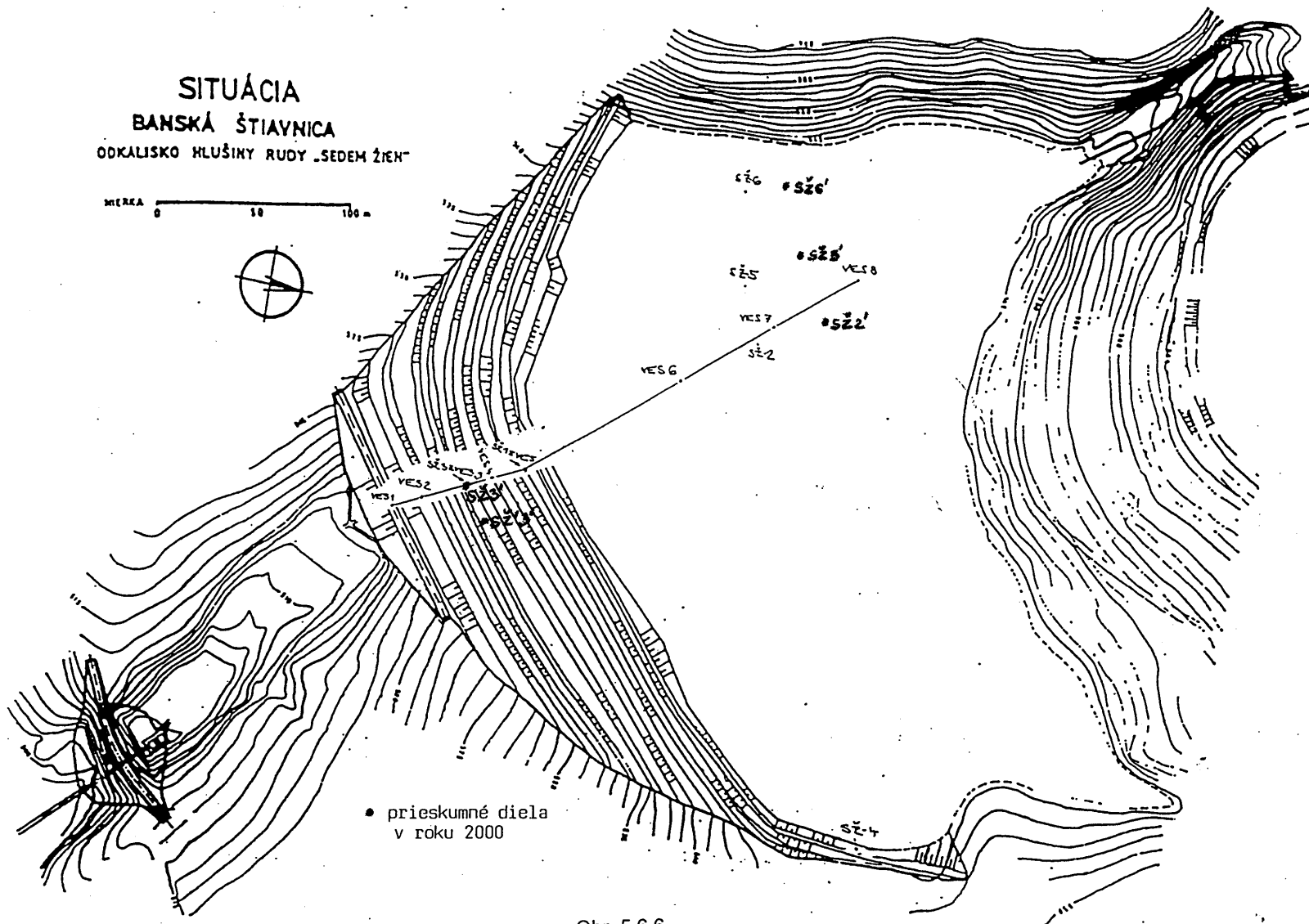
Obrázok 5.6.4 ENO-definitívne, situácia M = 1 : 2000



Obrázok 5.6.5 ENO-definitívne, lokalizácia prieskumných prác.

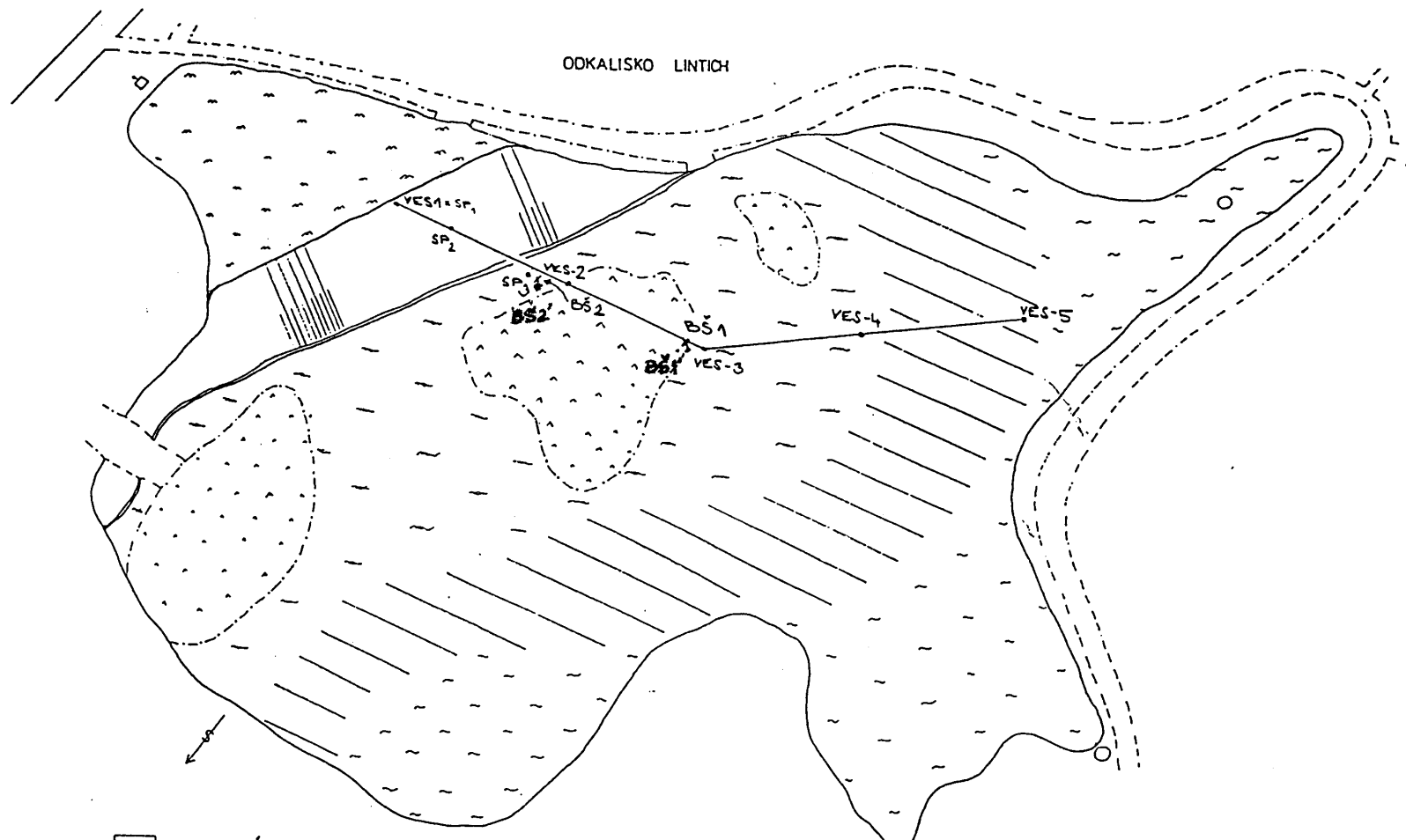
SITUÁCIA
BANSKÁ ŠTIAVNICA
ODKALISKO HLUŠINY RUDY „SEDEM ŽIEN“











MEZKA 0 50 100 m

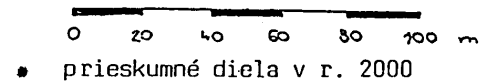


Obr. 5.6.6

ODKALISKO LINTICH

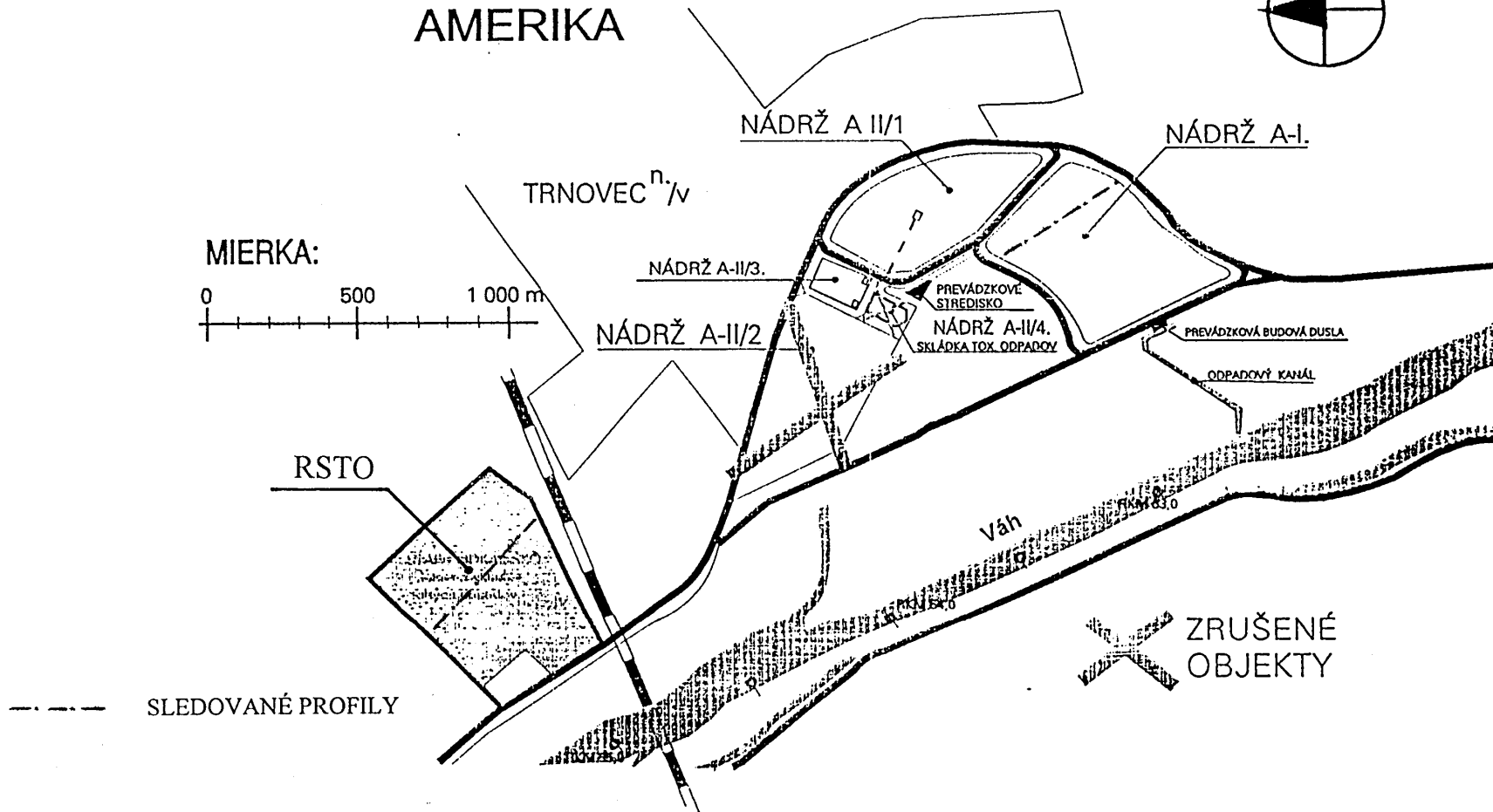
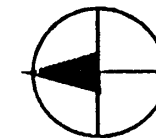


- | | | |
|---|---|--|
|  KORUNA HRÁDZE |  STRUSKOVÁ HALDA |  KOLEKTOR |
|  PRÍSTUPNÉ CESTY |  VZDUŠNÁ STRANA HRÁDZE |  LAGÚNA |
|  NAVÁŽKA |  PLÁŽ |  PREPAD |
| |  PRECHODNÁ ZÓNA MEDZI PLÁŽOU A LAGÚNOU | |



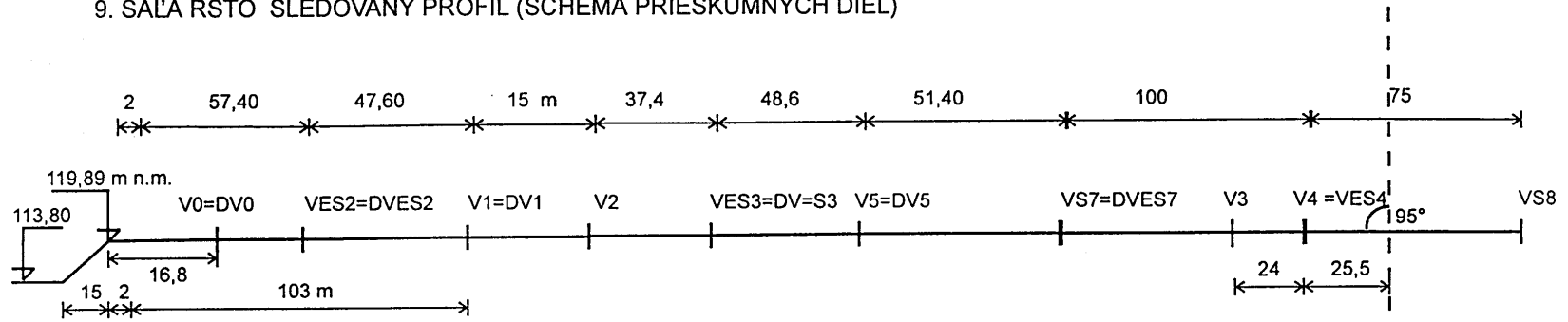
Obr. 5.6.7

ODKALISKÁ DUSLA ŠAĽA AMERIKA

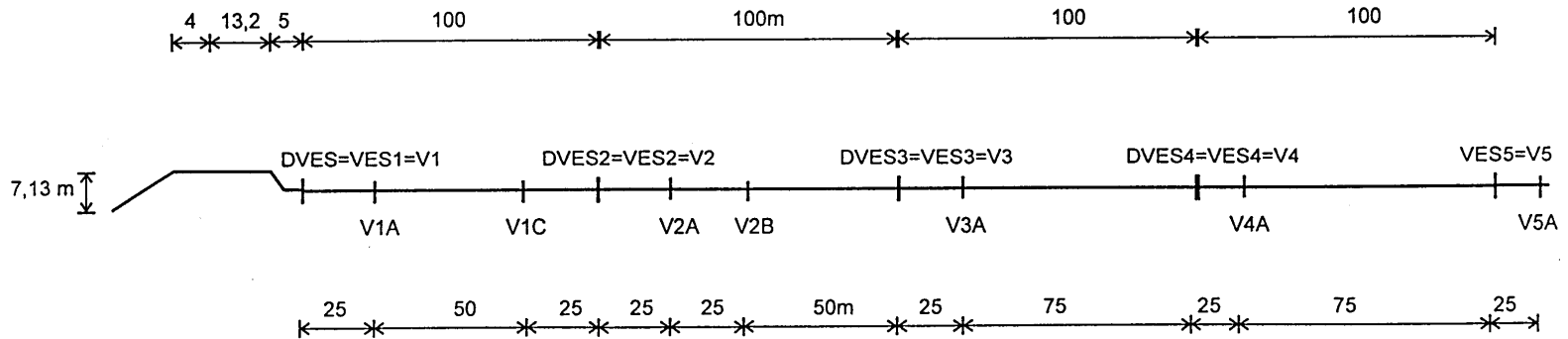


Obr. 5.6.8 Schéma odkalísk a umiestnenie sledovaných profilov

9. ŠAĽA RSTO SLEDOVANÝ PROFIL (SCHÉMA PRIESKUMNÝCH DIEL)

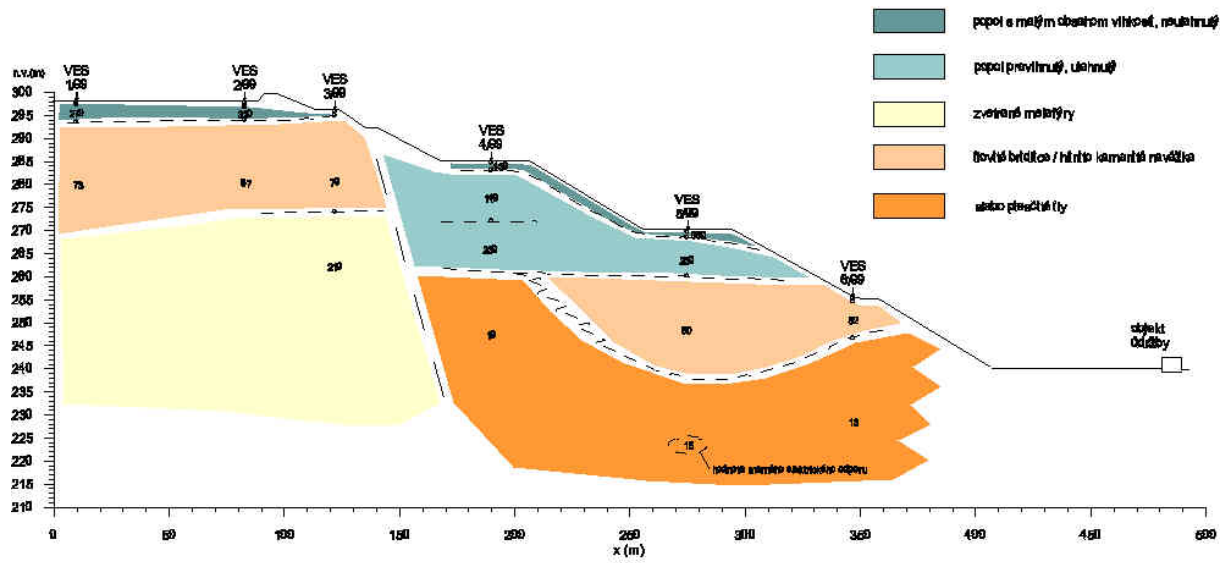


6. ŠAĽA AMERIKA I. SLEDOVANÝ PROFIL (SCHÉMA PRIESKUMNÝCH DIEL)



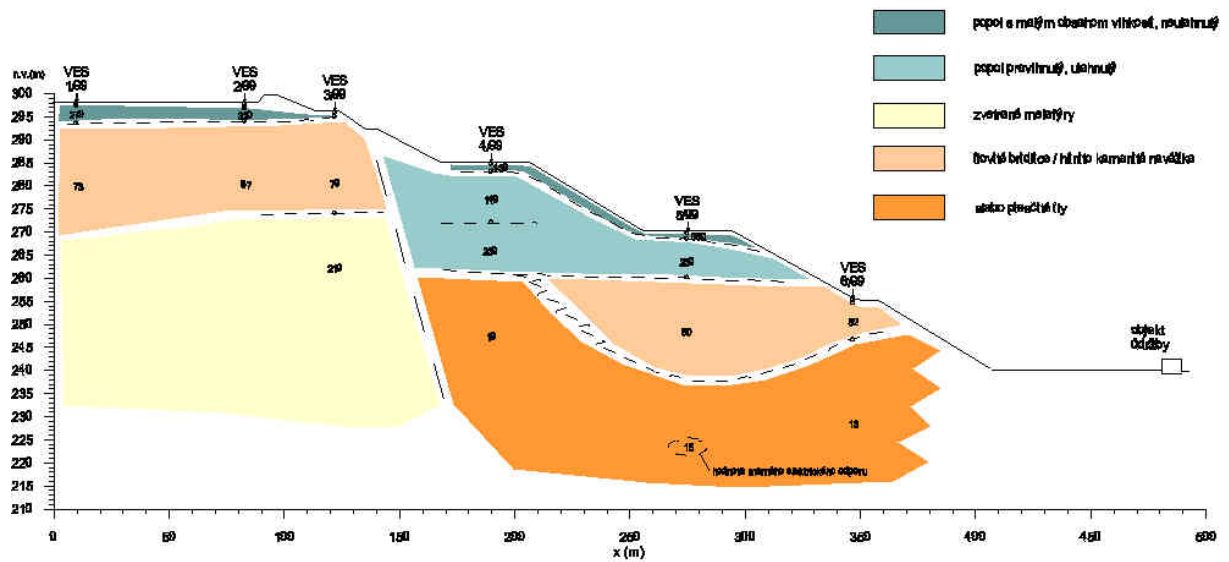
Obr. 5.6.9

Zemlanské Kostolany
původná skládka popořčoka
štruktúrný rez zosilavený podľa výsledkov meraní metódou VES
(merané v roku 1999)

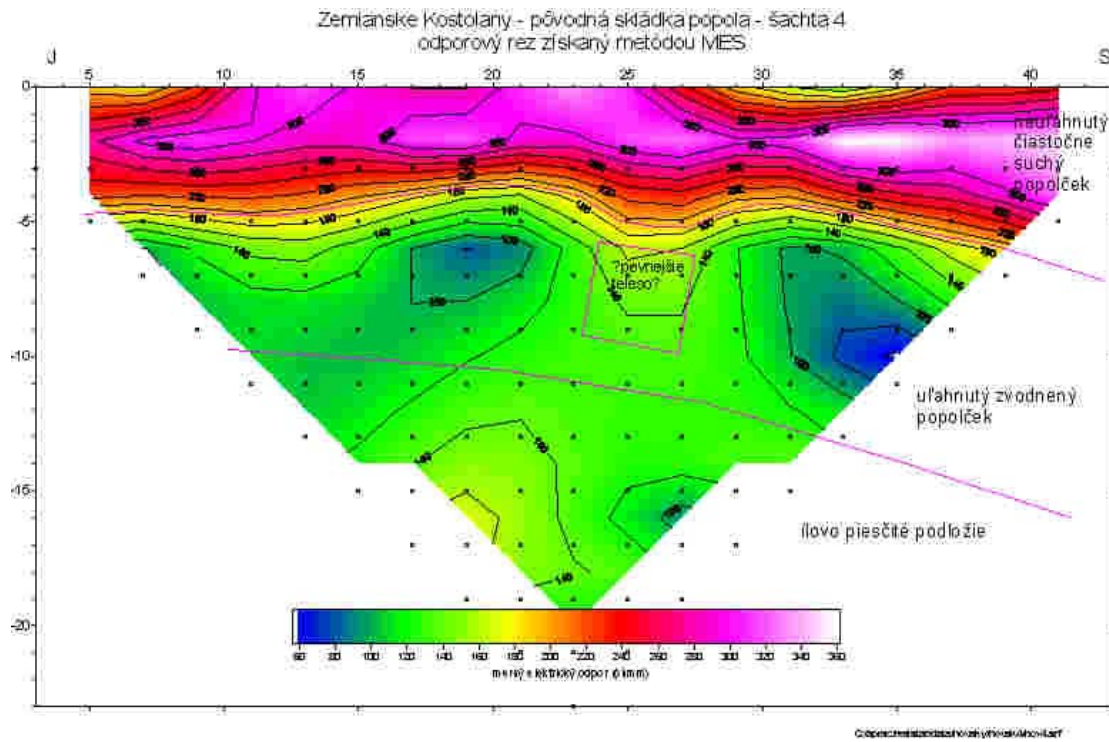


Obr.5.6.11

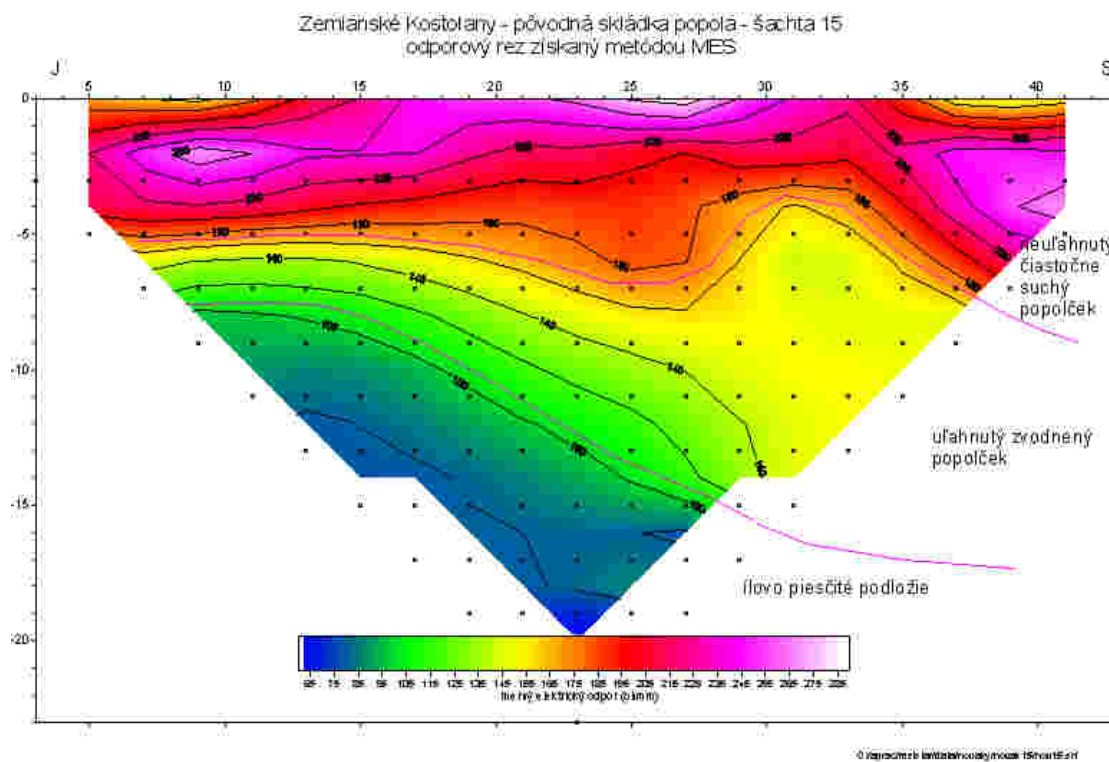
Zemlanské Kostolany
původná skládka popořčoka
štruktúrný rez zosilavený podľa výsledkov meraní metódou VES
(merané v roku 1999)



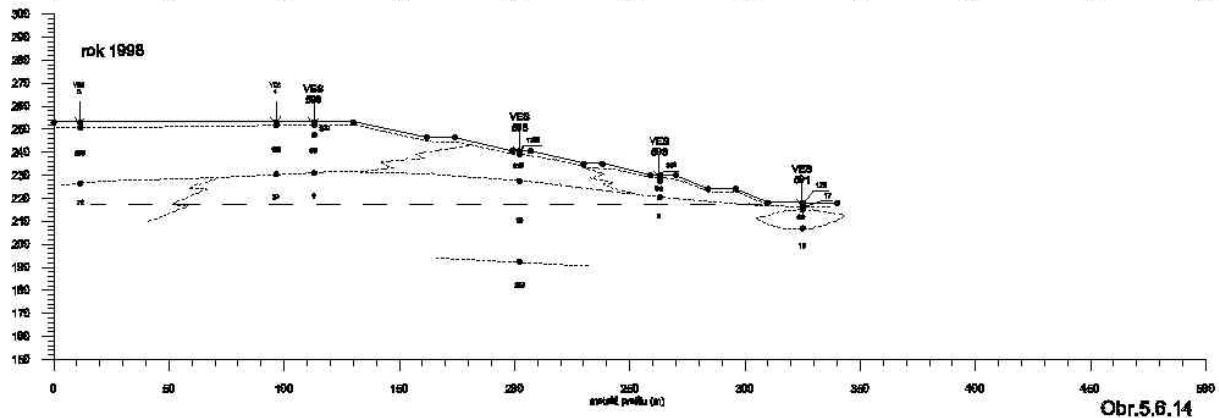
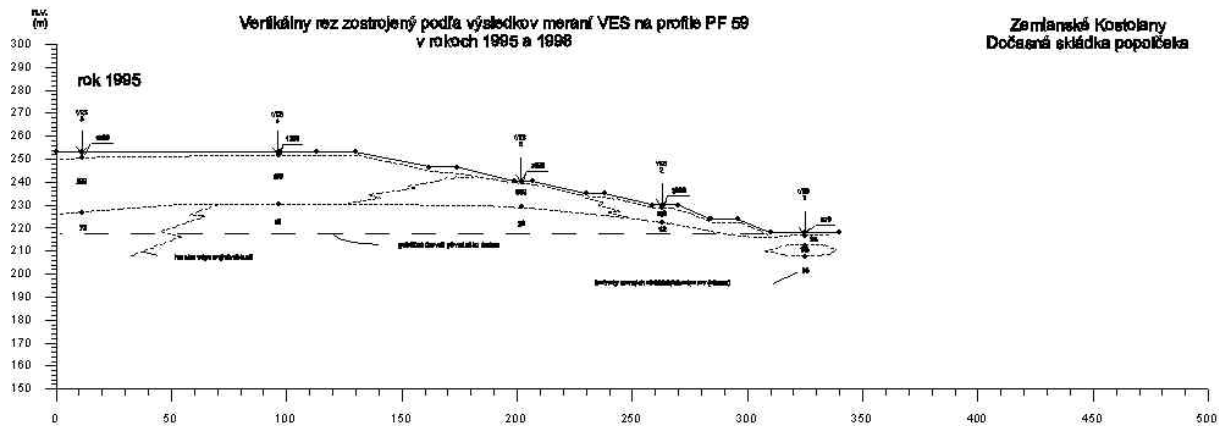
Obr.5.6.11



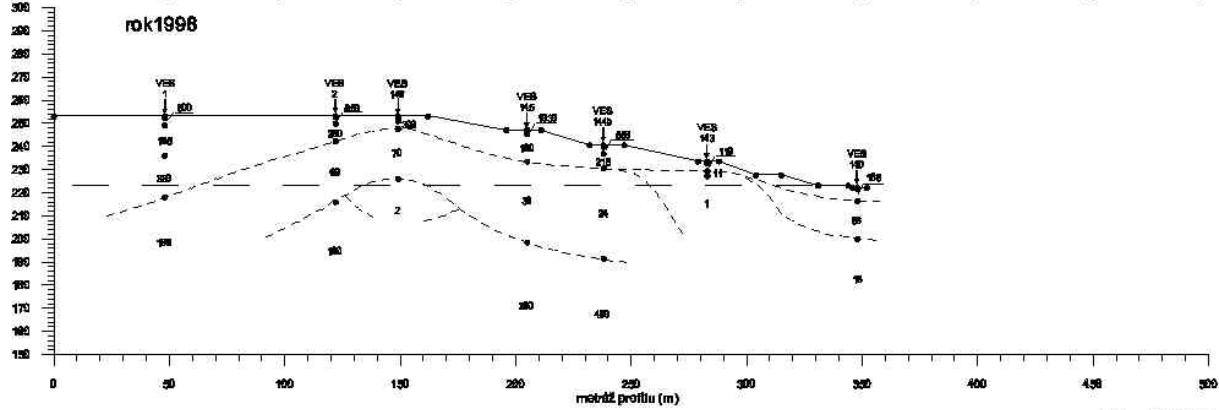
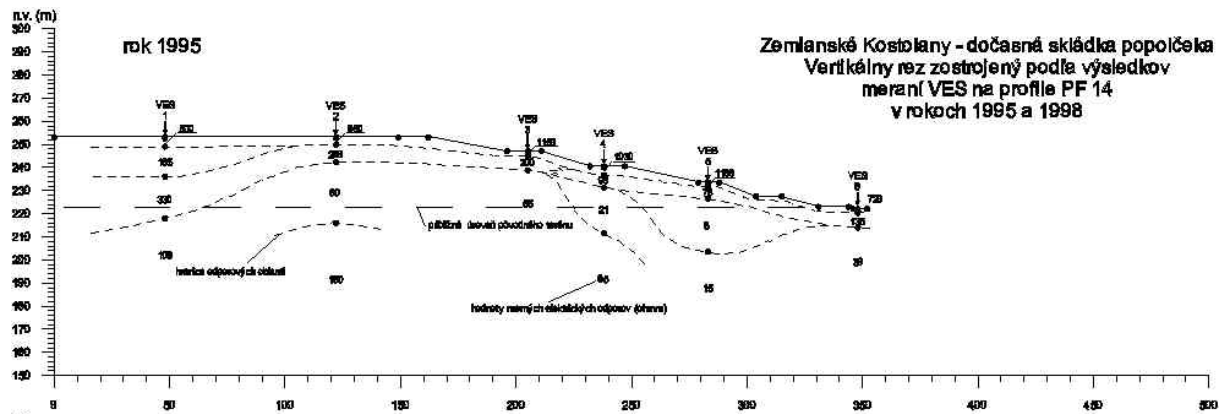
Obr. 5.6.12



Obr. 5.6.13

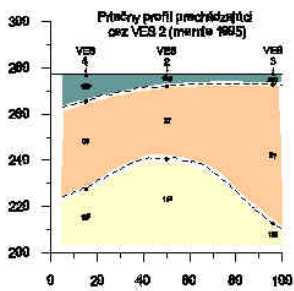
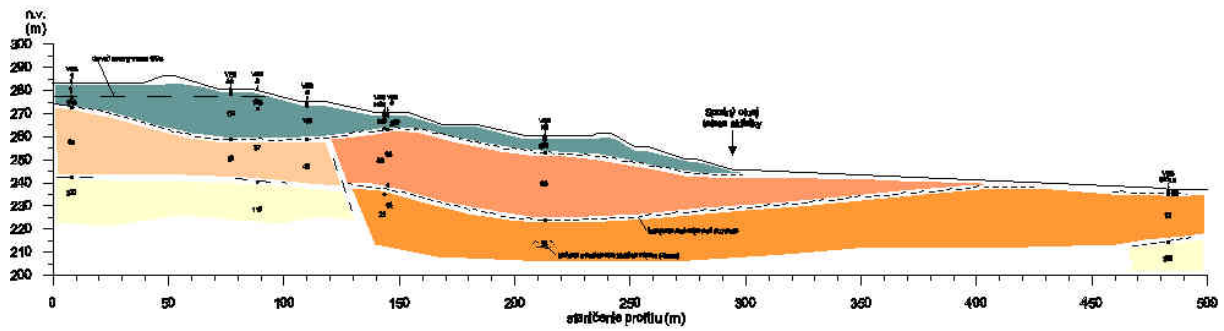


Obr.5.6.14



Obr.5.6.15

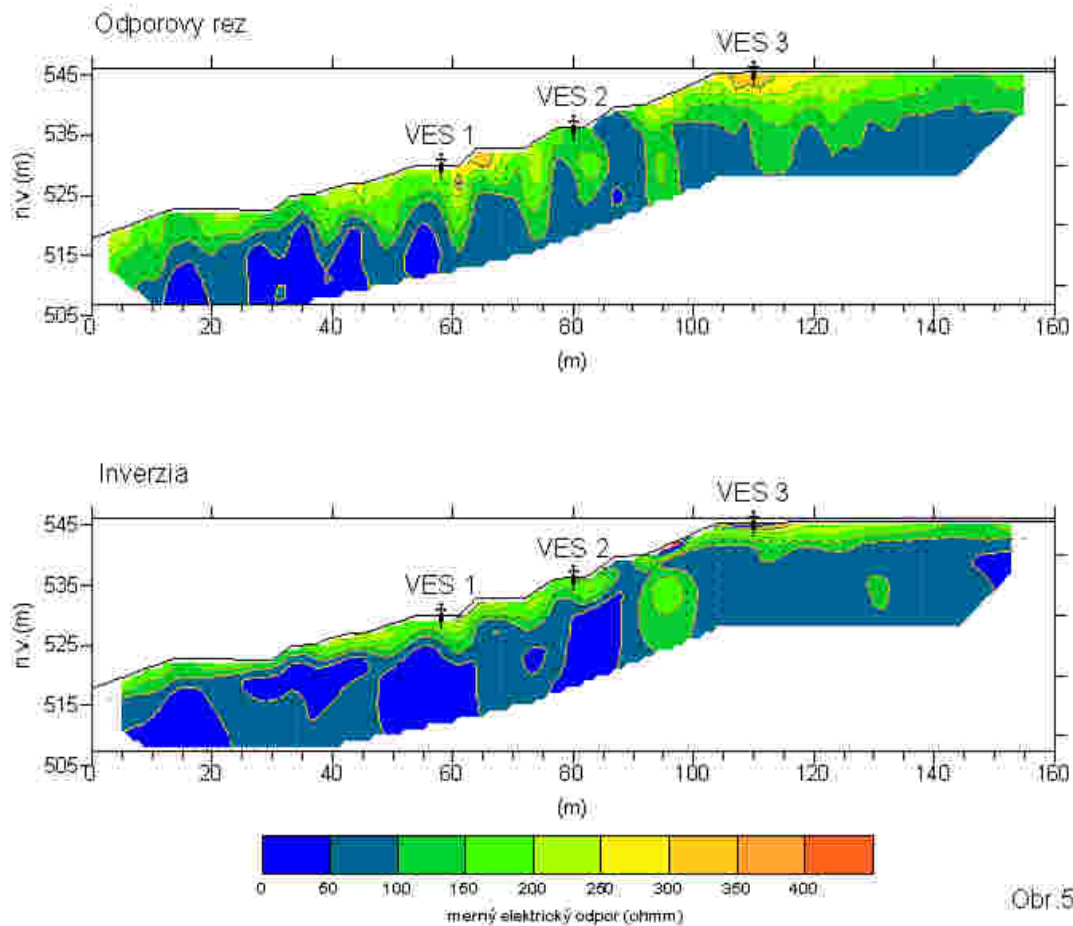
Definitívna skladka popoľka elektrárne ENO Nováky v Chalmovej
 Výsledky meraní metódou VES, vykonaných v rokoch 1996 a 1998



- popol s malým obsahom vriekosí, neuhľatý
- popol prevrhnutý, uhľatý
- dolomitická mäsica
- lovitá brázdica
- alebo pískovce
- pískovce

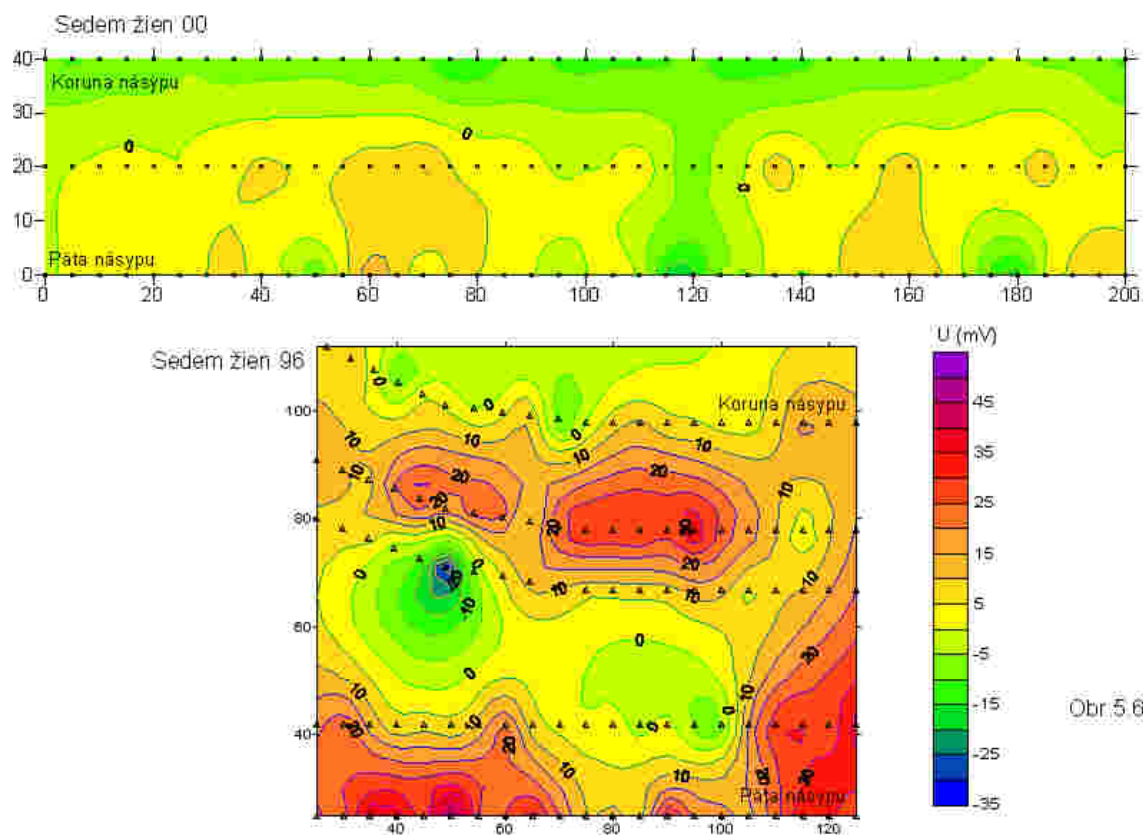
Obr.5.6.16

Výsledky merania metódou MES na odkalisku Sedem žien

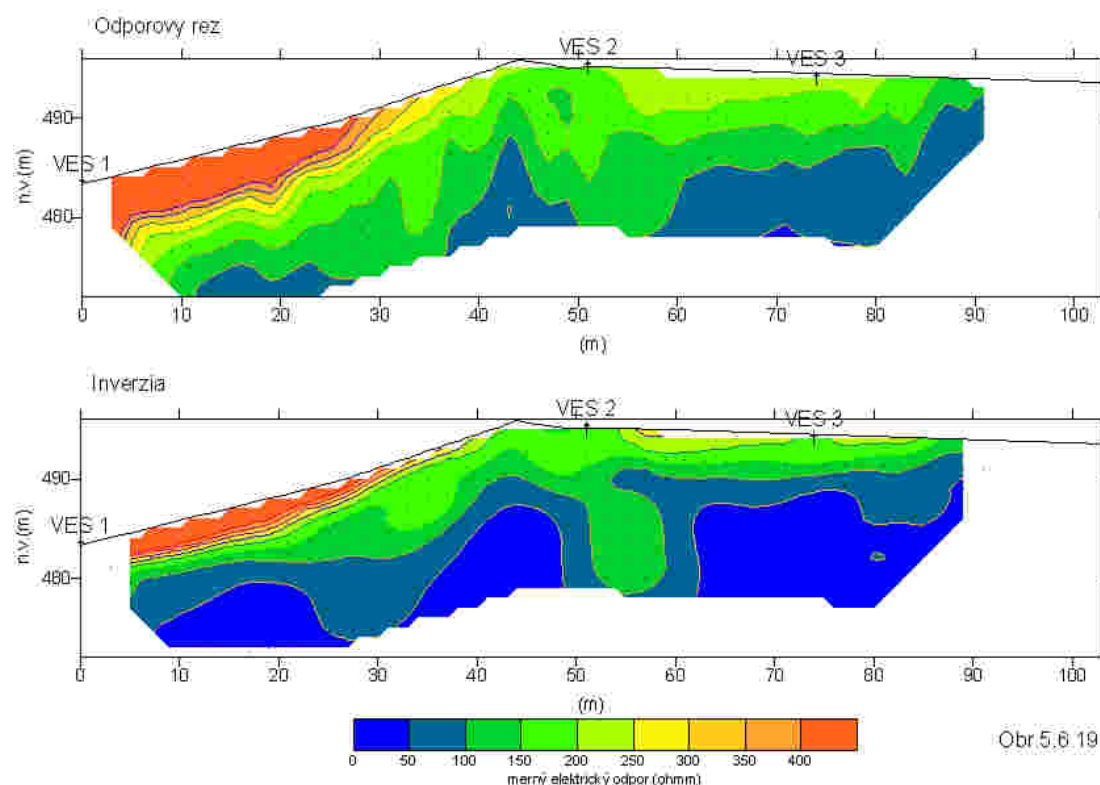


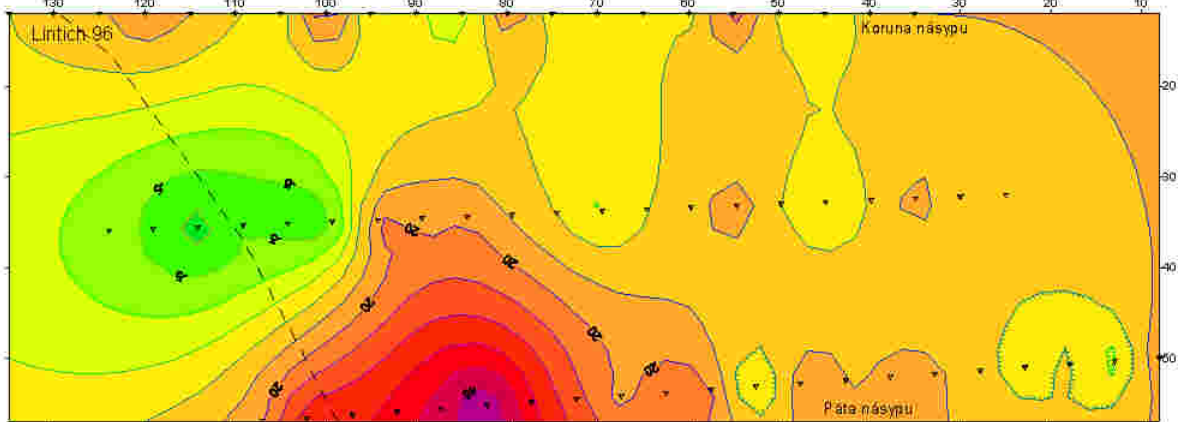
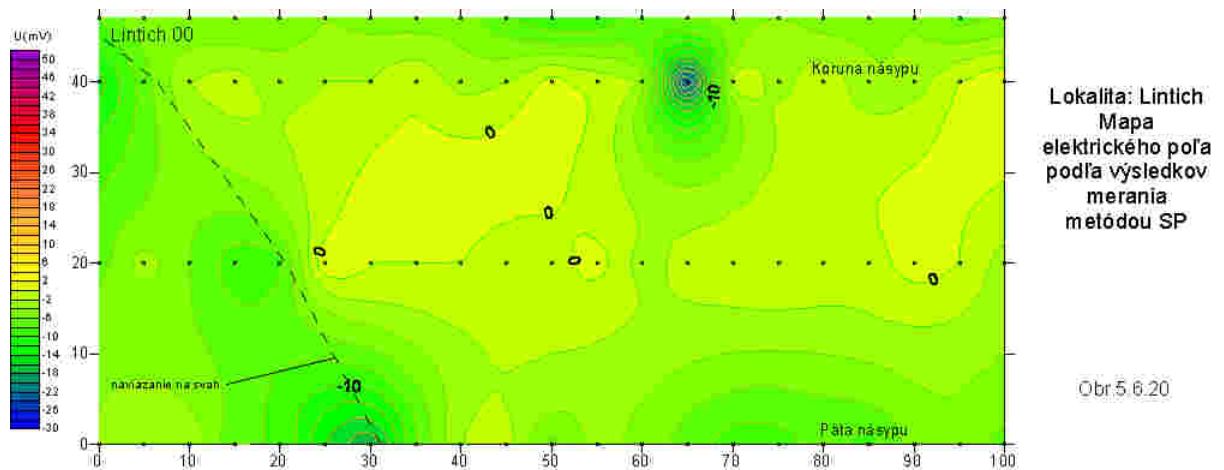
Obr.5.6.17

Výsledky merania elektrického poľa vytvoreného pohybom podzemnej vody v telese odkaliska (zmerané metódu SP na lokalite Sedem žien v r.1996 a 2000)

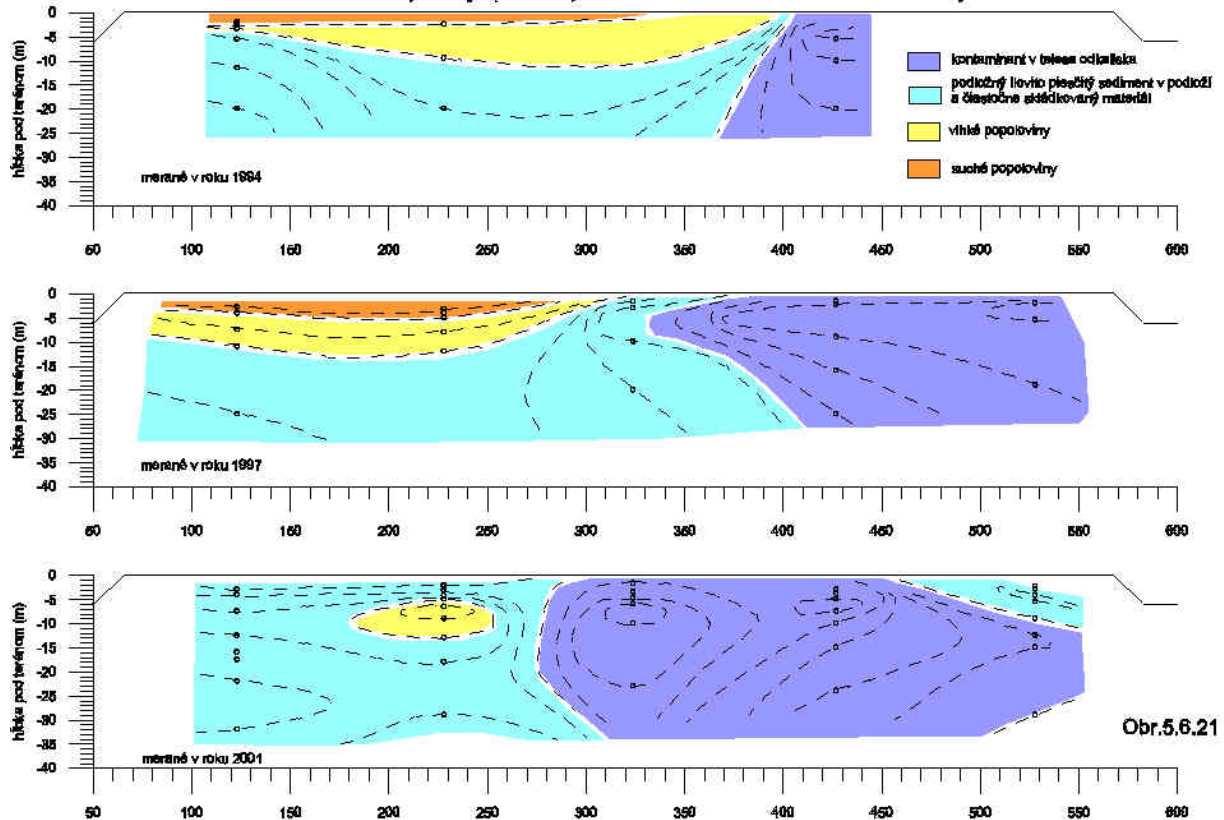


Výsledky merania metódou MES na odkalisku Lintich





ŠALA - RSTO - výsledky opakovaných meraní metódou VES - Izoohmické rezy



5.7. STABILITA HORNINOVÝCH MASÍVOV POD HISTORICKÝMI OBJEKTAMI

Jedným z dôvodov monitorovania stability horninových masívov pod historickými objektami bol poznatok, že svahové gravitačné javy creepového charakteru predstavujú reálne nebezpečenstvo vzniku porúch na historických stavebných objektoch. V ich dôsledku dochádza k postupnej dezintegrácii horninových masívov od gravitačného rozvoľňovania svahov cez vznik blokových rozpadlín a polí až po skalné rútenia veľkých horninových blokov. Tieto i ďalšie formy svahových gravitačných javov v kombinácii s inými prírodnými (kras, erózia) alebo antropogénnymi geologickými javmi (dynamické otrasy) môžu spôsobovať zvýšenie aktivity spomínaných procesov, ďalej zmenu ich prejavu a pod. Z historicky doložených materiálov, ale i z nedávnej minulosti sú známe viaceré príklady, keď v dôsledku nestability horninového masívu (podzákladia) došlo k vzniku výrazných statických porúch historických objektov, ba až k zrúteniu niektorých častí. Z tohto pohľadu sme považovali za účelné, podrobiť detailnejšiemu pozorovaniu tie lokality, u ktorých sme mali poznatky, že sú ovplyvnené niektorou z foriem svahových gravitačných javov.

Od výsledkov monitorovania podzákladia horninových masívov pod historickými objektami očakávame:

- zhodnotenie súčasnej aktivity
- objasnenie mechanizmu pohybu (kinematiky)
- prognózu ďalšieho vývoja
- prognózu vzniku možného porušenia historického objektu
- overenie účinnosti sanačných opatrení (ak tieto boli realizované).

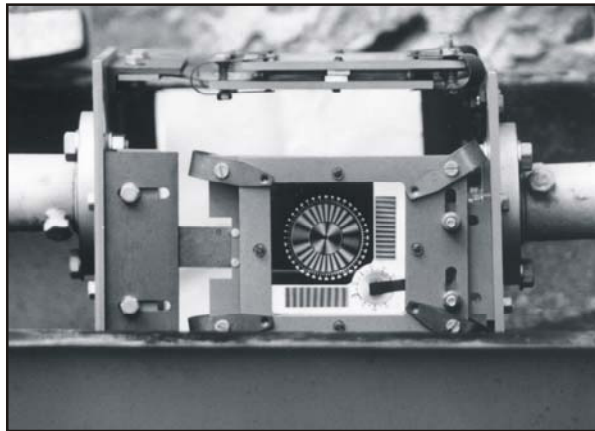
5.7.1. Metodika prác

Monitorovanie porušených častí horninového masívu, resp. rôznych foriem svahových gravitačných javov, či ich výsledných foriem, prostredníctvom opticko-mechanických, alebo mechanických meradiel, možno v poslednom období považovať za jednu z najčastejšie využívaných inštrumentálnych metód, ktoré sa používajú v inžinierskej geológii v celosvetovom meradle. Monitorovaním možno v čase a priestore relatívne spoľahlivo interpretovať prejavy svahových gravitačných procesov (pohyb či posun skalných blokov, deformácia zemín v základovej pôde), ktoré môžu ohroziť stavebný historický objekt.

Meradlo TM-71

Vychádzajúc z charakteru monitorovaných svahových deformácií sa doterajšie merania realizovali pomocou terčových meradiel TM-71, ktorými je možné zachytiť i veľmi pomalé posuny, t. j. $\leq 0,1$ mm. Meradlo TM-71 (obr.5.7.1) pracuje na mechanicko-optickom princípe (Košťák, 1977), pričom relatívny pohyb dvoch príľahlých blokov pozdĺž pozorovanej poruchy sa realizuje vzájomným posunom dvoch meracích jednotiek (terčov) vybavených optickými mriežkami, ktoré sú orientované v dvoch na seba kolmých rovinách. Zo vzájomnej interferencie mriežok sa posun vyhodnocuje ako excentricita terčov. Pohyby registrované týmto meradlom indikujú posuny pozdĺž súradnicových osí prístroja x , y , z a rotácie pozdĺž roviny xy a xz . Os x je vždy v horizontálnej rovine a súhlasí s osou prístroja. Spravidla býva kolmá na smer poruchy (trhliny). Os y leží tiež v horizontálnej rovine a je kolmá na os x . Os z je vertikálna. Posuny takto udávané možno vo všeobecnosti interpretovať nasledovným spôsobom: x - zmena šírky trhliny (extenzia, kontraktancia), y - horizontálny šmyk blokov v smere poruchy (trhliny), z - vertikálny šmyk (pokles alebo výzdvih) jedného z blokov pozdĺž poruchy (trhliny).

Okrem posunov možno sledovať a merať i pootočenie (rotáciu) blokov a to okolo vertikálnej osi z , teda v rovine xy , resp. horizontálnej osi y , teda v rovine xz .



Obr.5.7. 1: Opticko-mechanické meradlo TM - 71 (Košťák, 1977)

Meradlo SOMET

Napriek spoľahlivosti získaných výsledkov pomocou meradiel TM-71 sme v poslednom období na monitorovanie deformácií v dôsledku pôsobenia rôznych geologických procesov v podloží historických objektov začali využívať pomerne nenáročnú a lacnú metódu meranie pomocou prenosného meradla SOMET (názov je podľa výrobcu v ČR, v anglicky hovoriacich krajinách podobné typy meradiel označujú ako Demountable Mechanical Strain Gauge, alebo Crack Gauge).

Použitie prenosného meradla sa javí ako vhodné na takých lokalitách, resp. pre také trhliny, kde TM-71 nemožno inštalovať kvôli vysokej miere rizika jeho poškodenia (veľké finančné straty), alebo menšiu šírku trhliny než 50 cm.

Prenosné meradlo SOMET (obr. 5.7.2) je zostavené z invarovej tyče s lokalizovanými výstupmi pre osadené pevné body. Jeden výstup je fixný, druhý prenáša zmenu vzdialenosti pevných bodov na meracie zariadenie. Dĺžka tyče je nastaviteľná, v závislosti od použitej tyče napr. 25, 50, 75 a 110 cm, takže je možné ním merať posuny pozdĺž trhlín rôznej šírky. Meracie zariadenie pozostáva z indikačných hodínok CU 60 a 40 s delením 0,01 mm. Bežne sa v praxi osadzujú tri meracie body po oboch stranách trhliny (poruchy, diskontinuity) a to tak, že dva body sú na kvázi stabilnom bloku a tretí na bloku, kde sa očakáva pohyb.

Takéto rozmiestnenie meracích bodov nám umožňuje zmerať translačný pohyb t.j. relatívnu zmenu vzdialenosti medzi bodmi 1, 2 a 3, resp. 3' podľa vzťahu (obr. 5.7.3):

- $\Delta x = 0,577 * (\Delta b + \Delta c)$
- $\Delta y = \Delta c - \Delta b$
- Δx - pohyb v smere osi x (zmena šírky trhliny od bodu 3 po bod 3')
- Δy - pohyb v smere osi y (vertikálny šmyk v smere od bodu 3 po bod 3').

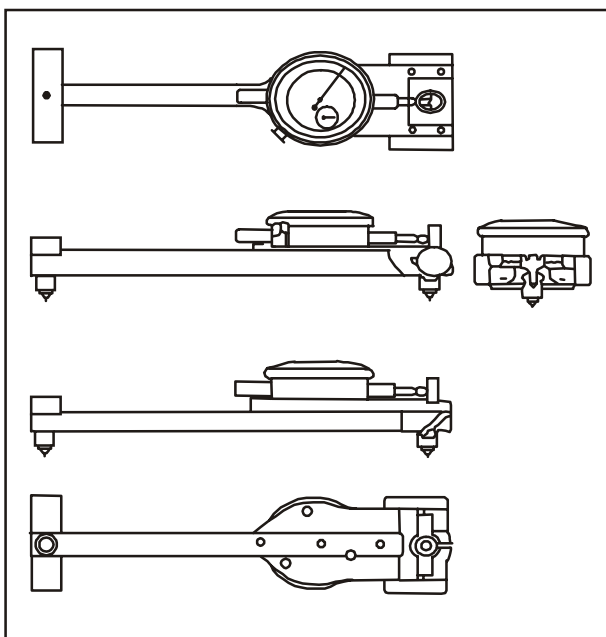
Hodnoty Δb , Δc sú vlastne zmeny relatívnej vzdialenosti medzi bodmi 1 - 3' a 2 - 3'. Pokiaľ sú merania presné, vzdialenosť medzi bodmi 1 - 2 ostáva nezmenená.

V blízkej budúcnosti sa sústredíme i na meranie rotačnej zložky pohybu, tu je však potrebné nainštalovanie štvrtého meracieho bodu .

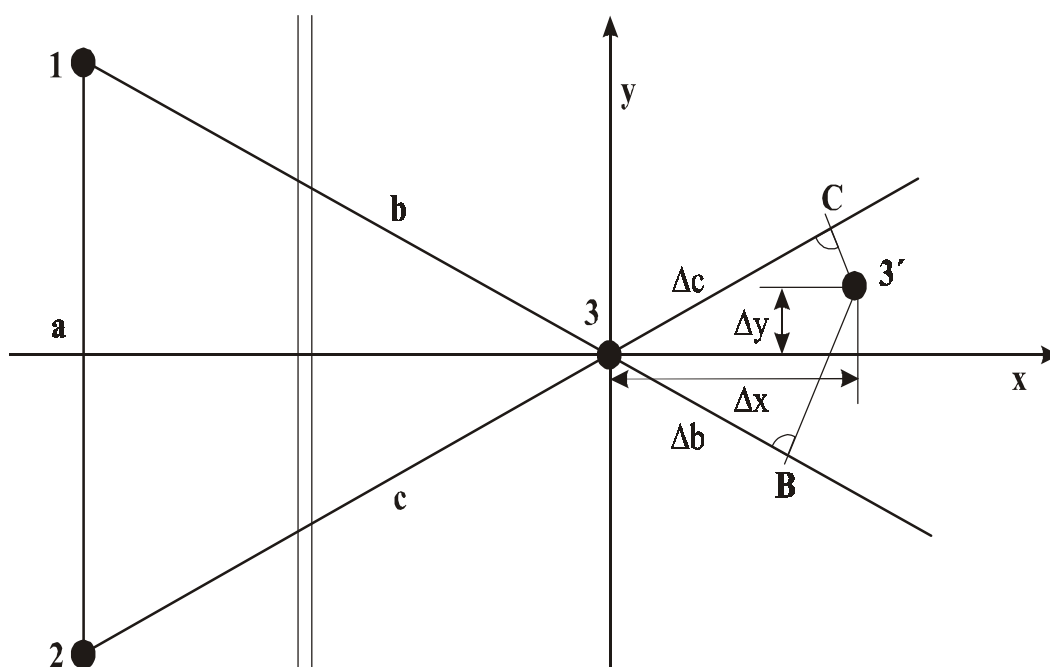
Monitorovanie pohybu pomocou meradla SOMET nám s ohľadom na charakterizovanie horninového prostredia umožní získať výsledky porovnateľné s meradlom typu TM-71 za predpokladu, že pohyb aj rotácia nastali v tej istej rovine. Navyše aplikácia nedeštruktívnej formy osadenia meracích bodov (napr. lepením), umožňuje jeho využitie v interiéroch historických objektov.

5.7.2. Rozsah a frekvencia zberu dát

Meracie zariadenie typu TM-71 tak, ako ho máme k dispozícii je síce pevne osadené na monitorovacom stanovisku, neumožňuje však kontinuálny zber údajov. Pre tento účel by bolo potrebné modernejšie technické vybavenie s automatickým snímaním a uchovaním nameraných údajov. Z hľadiska požadovaného účelu považujeme za postačujúce vykonávať merania 4 – 5 krát za rok, v obdobiach s rozdielnym klimatickým režimom. Získané kvantitatívne parametre možno z tohto pohľadu považovať za reprezentatívne, poskytujúce relevantné dáta pre stanovenie charakteru pohybu, ako i dlhodobého trendu vývoja svahového gravitačného javu. Sekvenciu zberu dát je možné určiť z priložených grafov (obr.5.7.5 až 5.7.10).



Obr. 5.7.2: Prenosné meradlo SOMET (škica)



$$\Delta x = 0,577 * (\Delta b + \Delta c) \quad \Delta y = \Delta c - \Delta b$$

Obr. 5.7.3: Grafická schéma výpočtu zmeny vzdialeností medzi meranými bodmi 1, 2, 3 pre prenosné meradlo SOMET

Meracie zariadenie typu TM-71 boli osadené na Spišskom hrade v dvoch etapách, a to v roku 1980 a v roku 1992, na ostatných lokalitách v roku 1995. Výnimkou je meradlo TM-71 osadené na Oravskom hrade pracovníkmi IGHP Žilina, po ukončení sanačných opatrení. Týmto prístrojom overujeme ich dlhodobú účinnosť a efektívnosť.

Prenosné meradla typu SOMET sme pre účely monitoringu začali postupne využívať až v roku 2000 s rovnakou sekvenciou zberu dát ako v prípade meradiel typu TM-71.

5.7.3. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

5.7.3.1. Spišský hrad

Spišský hrad je situovaný na travertínovej kope nachádzajúcej sa v Hornádskej kotline. Výrazná a silne členená travertínová akumulácia hradného vrchu tvorí dnes iba denudačnú trosku pôvodne rozsiahlej travertínovej kopy. Túto deštrukciu spôsobili gravitačné deformácie blokového charakteru.

Hradný vrch je po obvodu zo SZ, S, SV a JV ohraničený strmými skalnými stenami vysokými 15 až 22 m s priemerným sklonom 70 - 80°. Miestami je sklon skalných stien až 90°. Častý je aj výskyt previsov, ktoré najmä vtedy, ak sa nachádzajú bezprostredne pod základmi objektov hradu, predstavujú staticky veľmi oslabené miesta (napr. Románsky palác).

Travertínové teleso Spišského hradu je silne porušené systémom tektonických línií, puklín a trhlín s rozdielnym priestorovým dosahom. Najvýraznejší zlomový systém má orientáciu v smere SZ-JV. Uvedený systém sa v priestore hradu niekoľkokrát opakuje, pričom v severnej časti hradu prechádza cez Románsky palác a tvorí predisponovanú šmykovú plochu, pozdĺž ktorej došlo k rozvoľneniu blokovej rozpadliny a podkĺznutiu blokov smerom na S. V centrálnej časti hradu sa zlomová porucha rozdeľuje. Jedna časť prechádza cez kaplnku a cisternu, druhá popod objekt kruhovej veže a viaže sa na ňu vznik tzv. Temnej jaskyne. (Vlčko et al., 1998).

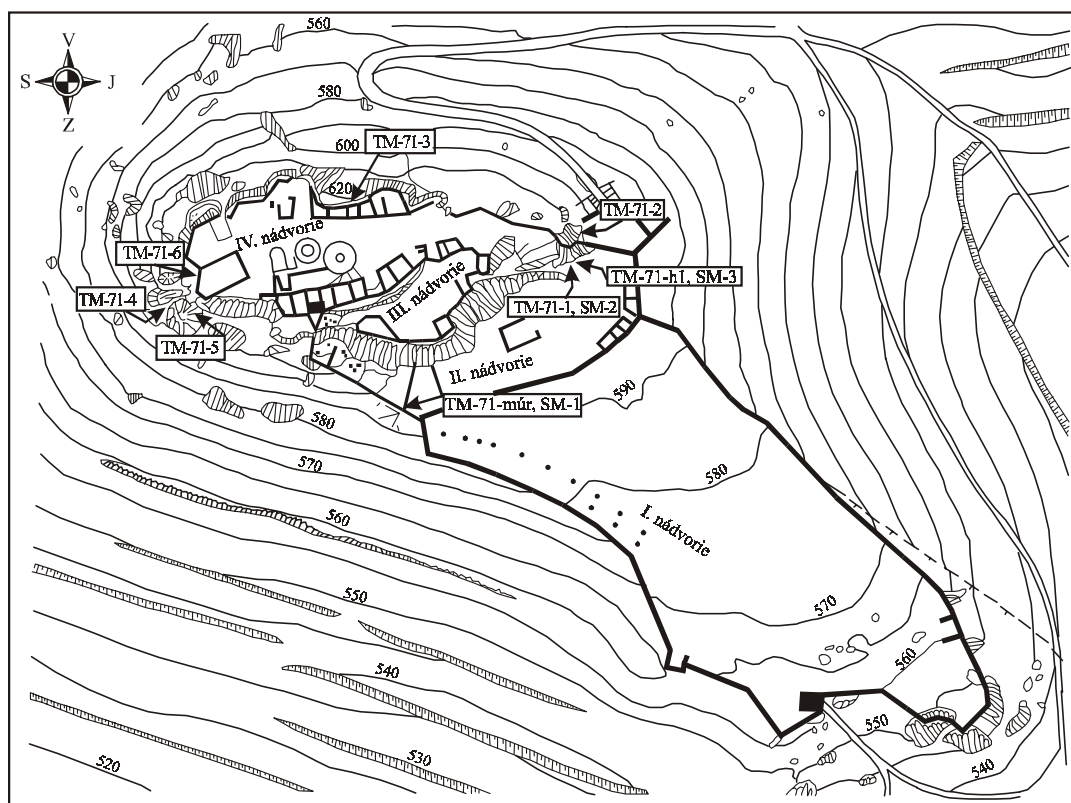
Podľa speleologického prieskumu (Cebecauer, Líška, 1972) je jaskyňa priechodná do dĺžky 60 m a do výšky 30 - 35 m. Na tento systém je viazaný i vznik Podhradskej jaskyne, ktorá sa nachádza neďaleko vstupného predbránia. Vstup do jej priestorov je za tzv. Perúnovou skalou, má dĺžku 20 m a miestami dosahuje výšku 1,70 m. Podiel na jej vzniku majú i prejavy deformácií okrajov travertínovej akumulácie.

Ďalším významným systémom sú poruchové línie orientované približne S-J smerom. Ich výskyt sa niekoľkokrát opakuje. Najvýznamnejšia diskontinuita tejto orientácie prebieha pozdĺž celého hradného vrchu a je pozorovateľná tak na severnom okraji, kde pozdĺž nej

došlo k rozvoľneniu blokov, ako aj v priestore horného hradu. Významná je línia prebiehajúca paralelne s obvodovými múrmi, ktoré oddeľujú Prvé románske predhradie a dolné nádvorie. (Vičko et al., 1998).

V súčasnosti sú na Spišskom hrade funkčné 4 prístroje typu TM-71 a tri stanoviská (SM-1, SM-2 a SM-3), kde sa realizujú merania prenosnými meradlami SOMET (obr. 5.7.4).

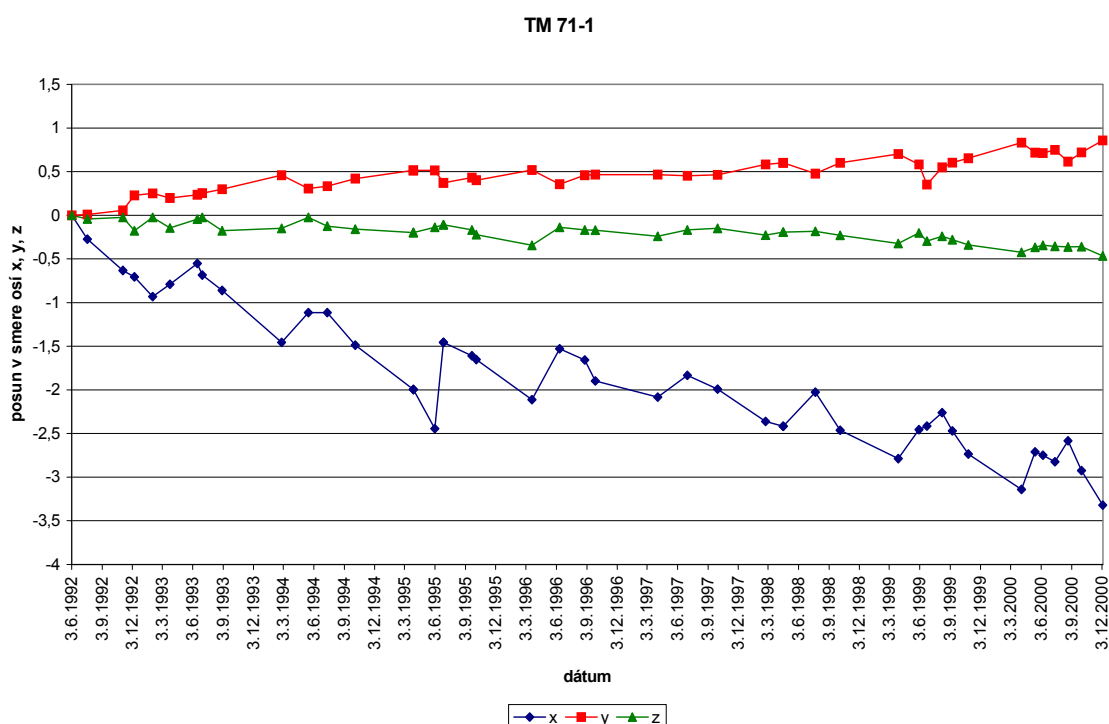
- Stanovisko SM-1 je umiestnené v okolí dnes zamurovanej trhliny na dolnom nádvorí, nad prístrojom TM-71-múr.
- Stanovisko SM-2 je umiestnené na dolnom nádvorí, z vnútornej strany Perúnovej skaly, nad prístrojom TM-71-1.
- Stanovisko SM-3 je umiestnené na dolnom nádvorí do trhliny, ktorá bola postupne zamurovaná, nad prístrojom TM71-h1.
- Prístroj TM-71-1 je umiestnený na dolnom nádvorí, z vnútornej strany Perúnovej skaly, v otvorenej trhlíne ktorá má šírku 62 cm, azimut 10° a výšku 1, 5 m.
- Prístroj TM-71-2 je umiestnený pred vstupom do hradu, pri vstupe do tzv.Perúnovej skaly (jaskyne) do otvorenej trhlíne širokej 90,5 cm s azimutom 20° .
- Prístroj TM-71-h1 je umiestnený na dolnom nádvorí na mieste v trhlíne, ktorá bola postupne zamurovaná.
- Prístroj TM-71-múr je situovaný na zamurovanej trhlíne hradného múra na dolnom nádvorí v priestore západných obvodových hradieb.



Obr. 5.7.4: Prehľadná situácia rozmiestnenia meradiel na Spišskom hrade

TM-71-1

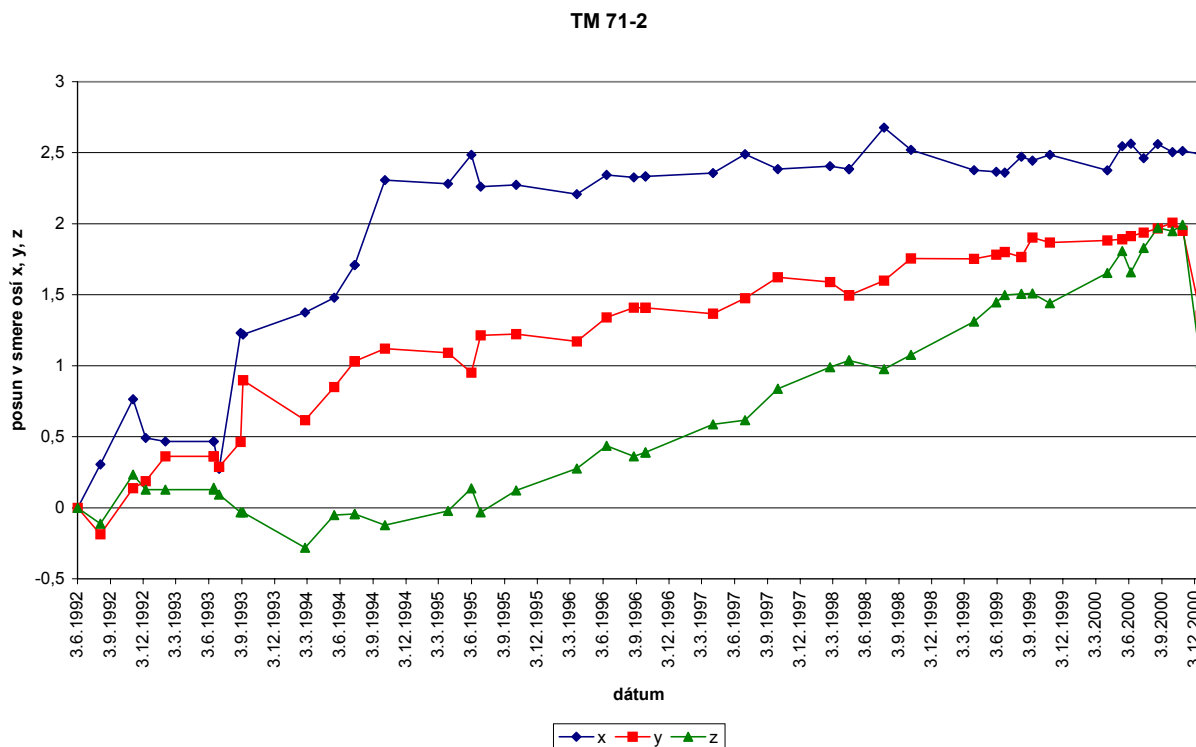
Od polovice roku 1992 do októbra 1995 prebiehalo výrazné otváranie trhliny v smere osi x a nevýrazný šmykový posun (asi o 0,5 mm) v smere osi y (obr. 5.7.5). Vzhľadom na orientáciu trhliny (10°) a záporné hodnoty v smere osi x, možno povedať, že okrajový blok sa od masívu oddeľuje smerom na JV. Tieto posuny sú progresívne. Pohyb v osi z je nepatrný. Trhlina sa v lete 1995 náhle zúžila o 1 mm, čo môže byť dôsledkom intenzívnejšieho oteplenia s nevratným účinkom. Od tohto obdobia až do konca roku 2000 sa trhlina opäť otvára rýchlosťou 0,2 mm/rok. Pootočenia nie sú významné a dosahujú asi 0,1 mm/rok. Celková hodnota pohybu je cca 3,3 mm. Po odstrele balvana koncom roka 2000, došlo k otvoreniu trhliny, čo spôsobilo posunutie trŕňov na meranie tyčovým dilatometrom.



Obr. 5.7.5: Graf TM 71-1

TM-71-2

Od polovice roku 1992 do konca roku 1994 sa trhlina otvorila (posun v smere osi x) o 2,3 mm (obr. 5.7.6). Od tohto obdobia pohyb ustal. Dôvodom môže byť to, že v otvorenej ťahovej trhline, ktorá je súčasne vstupom do Podhradskej jaskyne, bol zaklesnutý balvan, ako dočasná prekážka pohybu v smere osi x. Celkový pohyb v osi y do konca roku 2000 je progresívny a dosiahol už 2 mm. To znamená, že blok oddelený od Perunovej skaly, sa pohybuje voči skale smerom na východ. Od roku 1994 do 2000 sa objavili rastúce šmykové napätia vertikálnej zložky v smere osi z indikujúce pokles južnejšie situovaného horninového bloku, v priemere o 0,3 mm/rok.



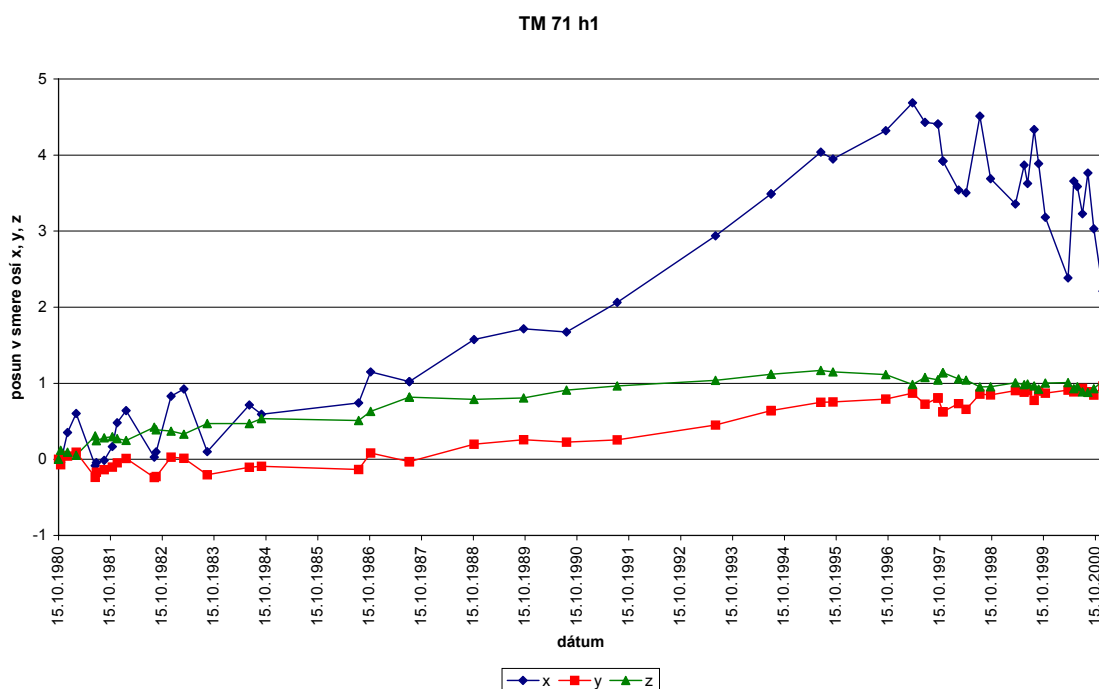
Obr. 5.7.6: Graf TM 71-2

Ak by sme teda mali vyjadriť sumárny pohyb monitorovaného horninového bloku tzv. Perúnovej skaly je zrejmé, že tento sa vykláňa smerom na JV, pričom z vnútornej strany porušuje murivo dolného paláca. Z exteriérovej strany, blok svojim relatívne intenzívnym poklesom deformuje balvan pred vstupom do Perúnovej jaskyne, pričom sa horninový tlak prenáša i na už opravené murivo predhradia. V rámci realizácie sanačných prác koncom roka 2000, došlo k odstráneniu balvana trhacími prácami. Meradlo TM-71-2 muselo byť kvôli možnému poškodeniu pred odstrelom demontované. Pri jeho opätovnej inštalácii bolo zistené vychýlenie konzol prístroja o 1,5 cm, ktoré museli byť rekonštruované. Nasledovné meranie potvrdilo zmenu doterajšieho trendu pohybu v smere osi y a z. Vzhľadom na známu kinematiku bloku tzv. Perúnovej skaly je predpoklad, že po odstránení balvana dôjde k intenzifikácii pohybov

TM-71-h1

Od roku 1980, keď sa začali prvé merania, sa trhlina progresívne otvárala až do roku 1997. Za toto obdobie došlo k otvoreniu trhliny o 4,7 mm. Pohyby v osiach y a z dosiahli hodnotu 1 mm. Výrazné rozšírenie trhliny možno interpretovať v súvislosti s dotláčaním mohutného skalného bloku smerom do priestoru Podhradskej jaskyne. Istú úlohu tu zohrali i rekonštrukčné práce, ktoré spočívali v zamurovaní trhliny. V roku 1997 došlo k deformácii jedného z ramien prístroja, ten bol demontovaný a nahradený novým. Od tohto obdobia sa

trhlina postupne zatvára, pričom charakter zmien je výrazne oscilačný. Nadväznosť výsledkov meraní z oboch prístrojov, ktorá je prezentovaná v jednom grafe (obr. 5.7.7), nie je celkom jasná, vzhľadom na doposiaľ neznámy pôvod deformácie staršieho z prístrojov. Napriek tomu, z meraní možno usúdiť, že trendy zmien pokračujú i naďalej, avšak v menšej intenzite, ako do roku 1997. Pohyb v smere osi y a z je minimálny.



Obr. 5.7.7 : Graf TM 71- h1

TM-71-múr

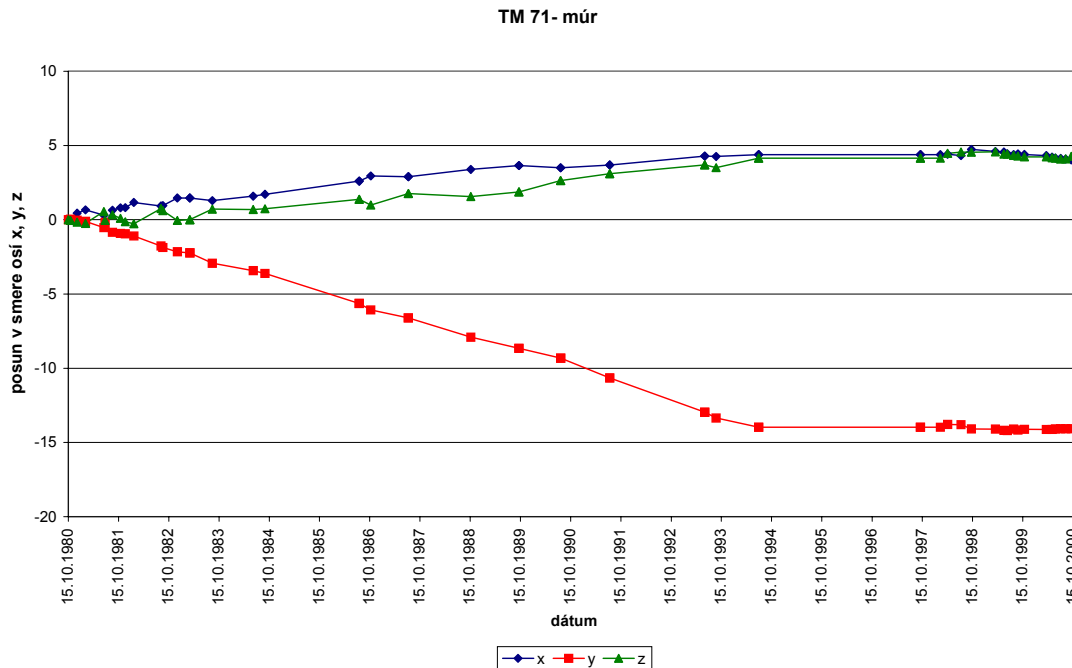
Monitorovanie pohybu v okolí trhliny v múre možno rozdeliť do troch časových období:

1980 - 1994

V tomto období bola výrazná otvorená trhlina v priečnom múre nádvorja monitorovaná starým typom meradla TM-71. Výsledky meraní boli považované za jednoznačný dôkaz blokových deformácií na Spišskom hrade (Fussgänger, 1985). Z grafu na obr. 5.7.8 je zrejmé, že celkové rozšírenie trhliny dosiahlo hodnotu 4,3 mm, horizontálny šmyk v smere osi y 14 mm a pohyb v smere osi z (pokles) 4 mm.

1994 - 1997

V polovici roka 1994 bola trhlina počas realizácie sanačných prác zamurovaná. V dôsledku toho bol pôvodný prístroj demontovaný a merania prerušené.



Obr. 5.7.8 Graf TM 71-múr

1997 - 2000

Po opätovnej inštalácii, tentokrát nového typu dilatometra TM-71, a to na lomených konzolách pozdĺž zamurovanej trhliny, boli merania obnovené. Z grafu je zrejmé, že pohyby sa prakticky zastavili. Túto skutočnosť možno interpretovať ako dôsledok sanačných prác (zmonolitnenie múra).

Po zhodnotení doterajších výsledkov meraní, ako aj výsledkov podrobného inžinierskogeologického prieskumu z roku 1992 (Malgot et al.) sme dospeli k záveru, že pohyb v otvorenej trhline múra pravdepodobne nebol vyvolaný pohybom horninových blokov v podloží, ale len jeho vykláňaním smerom na Z. Toto vysvetlenie sa zdá reálnym, pretože, ak by sme prijali i v tejto práci citované staršie interpretácie (Fussgänger, 1985), tzn. pohyb podložného skalného bloku smerom na západ, muselo by v dôsledku tohto pohybu dôjsť rovnako k porušeniu muriva západných obvodových hradiel. Tento jav pozorovaný nebol ani v minulosti, ani v súčasnosti. Na spoľahlivé objasnenie tohto javu je potrebné vykonať merania minimálne v rozsahu niekoľkých ďalších rokov.

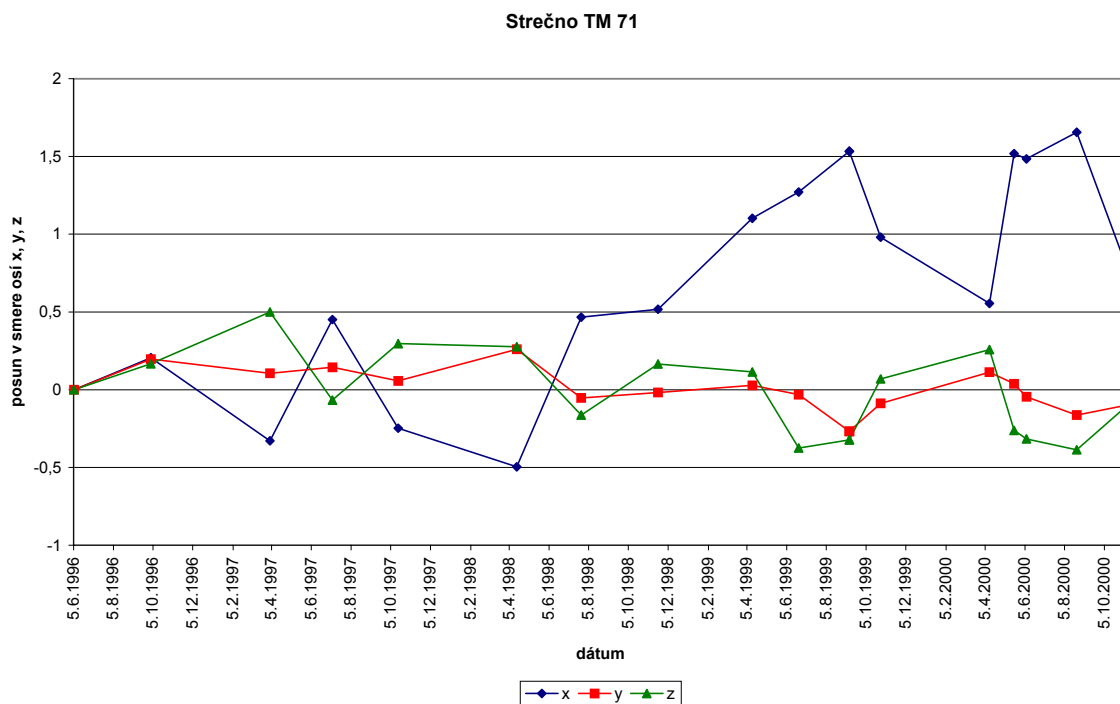
Prenosné meradlo SOMET

Kedže meracie body SM-1, SM-2, SM-3 osadené iba roku 2000 neumožňujú spoľahlivú interpretáciu nameraných údajov. Na zistenie dostatočného súboru dát je potrebné merania vykonávať min 3 roky.

5.7.3.2. Hrad Strečno

Je situovaný na severnom okraji pohoria Malej Fatry na brale, ktoré má relatívnu výšku 103 m nad údolnou nivou Váhou. Celá hradná skala je tvorená horninami chočského príkrovu. Po litologickej stránke ju tvoria pestré karbonátové komplexy vápencov guttensteinského typu a šedých vápencov, ktoré sa striedajú s dolomitickými vápencami a dolomitmi. Celé hradné bralo má charakter zlomového pásma s výrazným prejavom gravitačného rozvoľnenia. Obzvlášť nebezpečné sú úseky, kde v dôsledku rýchlejšieho zvetrávania rozdrvených dolomitických polôh vznikajú previsy, ktoré sa postupne rozvoľňujú až v konečnom dôsledku dochádza k ich zrúteniu. Zo statického hľadiska je nebezpečná východná strana hradného brala, kde je celý rad takýchto previsov ohrozujúcich stabilitu viacerých objektov hradu. Meracie zariadenie TM-71 je umiestnené pod kaplnkou.

Výsledky meraní od roku 1996 (obr. 5.7.9) potvrdili trend pohybu v osi x. Celkové otvorenie trhliny dosiahlo 1,0 mm. Predstavuje pohyb okrajového bloku smerom na JV. Z grafu je zrejماً výrazná oscilácia pohybov, tá je však odrazom klimatických zmien. V osi y a z sú pohyby minimálne a nepresahujú klimatické výkyvy.



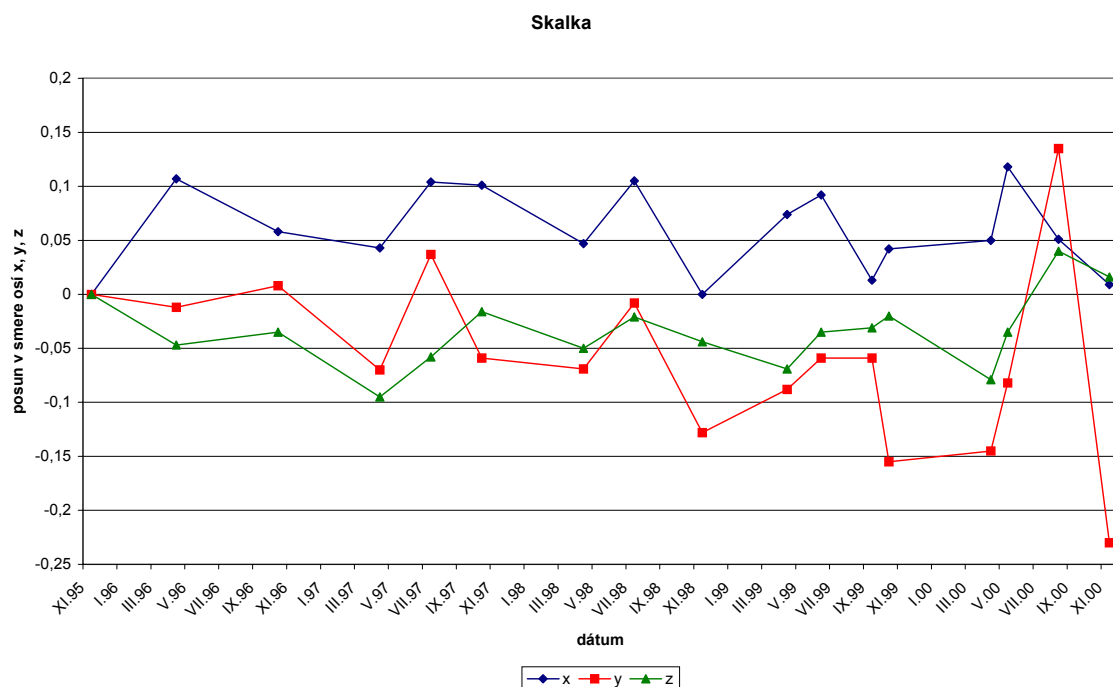
Obr.5.7.9: Graf TM 71-Strečno

5.7.3.3. Kláštor Skalka

Jezuitský kláštor Skalka založený v 11. stor. sa nachádza severne od Trenčína pri obci Zamarovce. V súčasnosti sa z pôvodne rozsiahleho komplexu sakrálnych stavieb

zachovala kaplnka so sakristiou a vstupný objekt s opevnením a strážnou vežou. Skalné podložie je tvorené slienitými a rohovcovými vápencami (titon-neokom), ktoré sú súčasťou manínskej jednotky. Horninový masív je výrazne tektonicky porušený, pozdĺž najvýraznejšieho poruchového systému orientovaného približne v SV-JZ smere sa vyvinul jaskynný systém, ktorý je súčasne interiérom kaplnky a tvorí súčasť komplexu sakrálnych stavieb. Výrazné statické poruchy v kaplnke spôsobili deštrukciu strešnej časti objektu a obvodových múrov. Okrem statických porúch v objekte kaplnky je z hľadiska zabezpečenia stability historického objektu potrebné pozornosť venovať poruchám horninového masívu, ktoré vymedzujú kvázi nestabilný blok v priestore od vchodu do jaskyne až po schodisko do sakristie.

Merania od konca roku 1995 naznačujú nemennosť šírky trhliny (obr. 5.7.10). Určitý trend reprezentuje posun v smere osi y, ktorý je minimálny. Celkový posun do konca roku 1999 dosiahol 0,13 mm. V roku 2000 došlo k zrýchleniu pohybu a nárastu celkového posunu na 0,23 mm.



Obr.5.7.10: Graf TM 71-Skalka

5.7.4. Návrh úpravy monitoringu

Na optimalizáciu získaných meraní v zložitých prírodných podmienkach, najmä ak ide o pohyby rádovo v rozpätí od 0,1 až 1,0 mm/rok, ktoré sú veľmi často závislé od mnohých, tak objektívnych ako aj subjektívnych faktorov by bolo v budúcnosti účelné inštalovať

meradlo snímajúce kontinuálne teplotu meraného horninového bloku. Od mobility teplotných zmien v horninovom bloku počas celého teplotného cyklu (1 rok) závisia aj tepelná rozťažnosť horniny a z nej rezultujúce objemové zmeny. Tie v neposlednej miere ovplyvňujú aj hodnoty posuvov zachytené oboma typmi meradiel, čím rozhodne vyžaduje korekciu nameraných údajov. Paralelne by bolo vhodné teplotné zmeny sledovať aj v laboratórnych podmienkach, aby bola daná možnosť porovnania s teplotnými zmenami v rádovo niekoľkonásobne menších objemoch blokov horniny pri známych fyzikálnych vlastnostiach vzorky horniny. Súčasne odporúčame v laboratórnych podmienkach pomocou laserového prístroja zistiť teplotný koeficient horninovej vzorky. Po zistení teplotnej rozťažnosti horniny rezultujúcej v objemové zmeny budeme vedieť namerané hodnoty tak meradlami TM, ako aj meradlom SOMET korigovať, čím získame reálne hodnoty posuvov horninových blokov.

5.7.5. Závery a odporúčania

Získané výsledky meraní z monitorovaných lokalít preukázali opodstatnenosť riešenia tohto pod systému. V ďalšom období bude potrebné upresniť metodiku merania prenosným meradlom SAMET, korelovať výsledky meraní pomocou terčových meradiel TM-71 s väčším počtom meraní získaných prenosným meradlom SOMET, využiť výsledky z dlhodobých meraní na modelovanie kinematiky sledovaných geologických procesov a posúdiť prognózu ich vývoja vzhľadom na zabezpečenie stability historického objektu.

5.8. ANTROPOGÉNNE SEDIMENTY POCHOVANÉ

Antropogénne sedimenty pochované (ďalej len ASP) tvoria podmnožinu starých ekologických záťaží, ktoré je možné definovať ako človekom vytvorené objekty v prírodnom prostredí s predpokladaným vplyvom na vybrané zložky životného prostredia. Spravidla ide o negatívne vplyvy ASP na podzemnú a povrchovú vodu, resp. horninové prostredie a ovzdušie, alebo sťaženie realizáciu stavebných prác v dôsledku ich existencie. Uvedené dôsledky sú dôvodom záujmu a zaradenia do čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov životného prostredia.

Cieľom úlohy je vyhľadanie lokalít budovaných ASP, dokumentovanie vývoja reliéfu ako dôkaz, že ide o miesto budované skutočne antropogénnym materiálom, charakteristiku antropogénneho materiálu a podložia, na ktorom sa nachádza, hodnotenie možného vplyvu na životné prostredie, výber lokalít na ďalšie sledovanie a monitorovanie ich vplyvu na všetky zložky životného prostredia, ako aj spracovanie údajov do parciálneho informačného systému.

Cieľ úlohy bol východiskom pre stanovenie metodického postupu, ktorým bolo možné monitorovať ASP na území celého Slovenska.

5.8.1. Metodika práce

Postup prác bol sústredený na identifikáciu lokalít, ich charakteristiku a vytvorenie informačného systému. Týmto dielčím úlohám bol podriadený výber prác a metód, ktorými sa realizovali.

Úvodom prác na ASP bolo ich definovanie a rozčlenenie na skupiny vychádzajúce z reálneho výskytu na území SR. Tieto východiská sú podrobnejšie zhodnotené v hodnotiacej správe Klukanová et al., 1998. Bolo vytvorených päť základných skupín ASP:

- zakryté skládky odpadov
- sedimenty v centrách miest ako výsledok dlhodobého osídlenia (pracovne nazvané mestské sedimenty)
- priemyselné sedimenty v areáloch veľkých priemyselných podnikov
- antropogénne sedimenty ako dôsledok povrchovej a podpovrchovej ťažobnej činnosti (pracovne nazvané banské sedimenty)
- produkty energetických a spaľovacích zariadení, zariadení na úpravu, alebo vedľajší produkt spracovania (pracovne nazvané zakryté škváry, popoly a kaly).

Uvedené skupiny ASP boli hodnotené v týchto vybraných územiach:

- oblasť mesta Bratislavy z hľadiska výskytu všetkých vyčlenených skupín

- oblasť Žitného ostrova vzhľadom na vysoký počet zakrytých skládok
- oblasť mesta Košice pre výskyt všetkých skupín
- oblasť stredného Slovenska s výskytom najmä banských a priemyselných ASP
- oblasť severného Slovenska – okr. Spišská Nová Ves vzhľadom na výskyt banských sedimentov.

Hodnotenie lokalít budovaných ASP sa realizovalo postupom prác popísaných v nasledujúcich kapitolách.

5.8.1.1. Identifikácia jednotlivých lokalít vo vybraných územiach

Lokality budované ASP boli identifikované najmä nasledovným spôsobom:

- Preverení výskumných a prieskumných prác (geologických, environmentálnych) archívneho charakteru, pri ktorých bolo možné identifikovať lokality ako napr. skládky odpadov, odkaliská, antropogénne sedimenty (v geologických, inžinierskogeologických, iných mapách), haldy, odvaly, odkaliská, atď, pričom do našej úlohy boli lokality prebraté s rôznym stupňom podrobnosti údajov.
- Aktívnym vyhľadávaním nových lokalít, najmä porovnávaním topografických podkladov rôzneho veku, zameraným na lokalizáciu topografických nezrovnalostí - nezhody vo výskyte elevácii a depresii na tom istom mieste.
- Rešeršou informácií rôzneho charakteru a pôvodu, ako sú ústne informácie od zainteresovaných osôb, databázy a informačné systémy v odpadovom hospodárstve, letecké snímky a pod.

5.8.2. Charakteristika jednotlivých lokalít

Charakteristika identifikovaných lokalít bola realizovaná sústredením všetkých relevantných súčasných a archívnych informácií do novovytvoreného pracovného záznamového listu (príloha 8.2 správy Klukanová et al., 1998). Údaje záznamového listu sú zoskupené do týchto tematických skupín: identifikácia lokality, zaradenie do skupiny ASP, časové údaje o dobe vzniku, druh materiálu, plocha a objem materiálu, charakteristika horninového podložia, jeho priepustnosť, hladina podzemnej vody, vzťah k povrchovej vode, uskutočnené prieskumy a monitoring, poloha lokality vo vzťahu k mapám vhodnosti na skládky odpadov, hodnotenie vplyvu na životné prostredie (odhad), navrhovaný postup na ďalšie sledovanie, navrhovaný spôsob sanácie (ideový návrh, odhad), fotodokumentácia, dokumentácia stavu reliéfu pred, počas a po uložení materiálu. Okrem týchto základných

informácií je možné ku každej z nich priložiť akúkoľvek rozsiahlu informáciu (text, mapu, obrázok, fotografiu) vo forme doplňujúcej poznámky. Údaje záznamových listov boli spracované do geografického informačného systému (bližšie kapitola 5.8.5 tejto správy). Pre jednotné vypĺňanie záznamových listov viacerými spracovateľmi bol vytvorený manuál, v správe Klukanová et. al., 1998 je prílohou 8.1.

Na doplnenie informácií u niektorých lokalít, kde bolo možné predpokladať významný vplyv na životné prostredie, boli realizované geofyzikálne práce (bývalá skládka CHZJD vo Vrakuni, novoobjavená skládka severne od ŠM D.N.Ves pri oblúku železničnej trati). Výsledky správ sú uvedené v prílohách 8.3 a 8.4 správy Klukanová et al., 1998. Na dokumentáciu lokalít v súčasnom priestore boli tiež využité družicové snímky KFA 3000 spracované firmou Data Image, s.r.o., Bratislava z originálnych údajov Worldmap International Ltd. a Príroda z roku 1993. Tieto boli zväčšené na M 1:10 000 presne podľa listokladu týchto máp z územia mesta Bratislava a boli do nich vykreslené lokality budované ASP. Tvoria súbor máp - snímok, v správe Klukanová et al., 1998 prílohu 8.7.

5.8.3. Báza údajov o ASP a informačný systém o ASP

Na uloženie údajov zo záznamových listov do informačného systému (ďalej len IS) bolo použité databázové prostredie DBASE IV pracujúce v operačnom prostredí MS DOS. Tento systém slúžil na vkladanie údajov zo záznamových listov Na uvedený systém uložených údajov nebolo možné v podmienkach štandardného vybavenia PC systémom WINDOWS použiť programové prostriedky pre vizualizáciu, zhodnotenie, zobrazenie a pod. Preto bol navrhnutý nový IS v operačnom prostredí WINDOWS 95. Jeho bližšia charakteristika je popísaná v 5.8.5.

5.8.4. Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu

Vybranými monitorovacími prvkami sú: lokalizácia, údaje o horninovom prostredí, údaje o materiálovom zložení ASP, parametre monitorovacieho systému a jeho výsledky a hodnotenie vplyvu na životné prostredie.

Rozsah sledovania jednotlivých monitorovacích prvkov je skutočnosť, ktorú vo väčšine prípadov nemožno dopredu stanoviť. Vyplýva to zo samotnej podstaty práce - sledovať javy, ktoré sú z väčšej časti zastreté pozorovaním. Z toho dôvodu je rozsah ovplyvnený množstvom údajov, ktoré sú vôbec k dispozícii a ktoré nie je možné viac upresňovať (jedine za predpokladu vynaloženia neadekvátneho množstva financií).

Frekvencia sledovania údajov je tiež ťažko jednoznačne určiteľná. Základné údaje o lokalitách sú v záznamových listoch. Ich podrobnosť je rôzna. Za predpokladu vybudovania monitorovacích systémov vplyvu na životné prostredie, alebo realizácie stavebných prác, ktoré odkryjú lokalitu, je možné údaje o lokalitách upresňovať.

5.8.5. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Oproti roku 1998, kedy boli dosiahnuté výsledky podrobne komentované, boli doplnené nové lokality v oblasti severného Slovenska - okr.Sp.N.Ves a v oblasti stredného Slovenska. Súhrnne je počet lokalít uvedený v tabuľke 5.8.1.

Tab.5.8.1. Prehľad počtu lokalít v jednotlivých územiach

Skupina ASP	Bratislava	Žitný ostrov	stredné Slovensko	severné Slovensko	Košice
zakrytá skládka	64	131		120	29
mestský sed.	3				1
banské sed.	3		150		1
popoly			1		
škváry	1				
kaly			7	11	
priemyselný	2		3		5
iný			2		
spolu	73	131	163	131	36

Všetky lokality sú popísané záznamovými listami.

5.8.6. Návrh alebo úprava dizajnu monitoringu

Skvalitnenie informačného systému o ASP predstavuje jeho spracovanie v operačnom prostredí WINDOWS 95. Pre vkladanie nových údajov k už existujúcim dátam bol spracovaný program s názvom ASP01.EXE. Program pracuje so súbormi, ktoré obsahujú:

- základné údaje o lokalitách
- textové poznámky k jednotlivým lokalitám
- údaje o merítke mapových podkladov k lokalitám
- súradnice rohov máp 1:10 000 v systéme JTSC
- zoscanované mapy lokalít.

Vložené údaje zo záznamových listoch sa zobrazujú v štyroch tématických blokoch: poloha lokality, materiál, prostredie a ohrozenie. Ich zobrazenie je na obr. 5.8.1 až 5.8.4.

Obr.5.8.1 Prezeranie údajov s vyhľadávaním lokality

Obr.5.8.2 Vkladanie údajov, časť Materiál

Obr.5.8.3 Vkladanie údajov, časť Prostredie

Obr.5.8.4 Vkladanie údajov, časť Ohrozenie

Obr.5.8.5 Ukážka ASP – skládka gudronov – kameňolom Srdce v Devínskej Novej Vsi.

5.8.7. Závery a odporúčania

Ciele, ktoré boli stanovené v projekte úlohy (Klukanová et al.,1997) boli naplnené v rozsahu, ktorý bol podmienený množstvom finančných prostriedkov. Náročnejšie práce ako budovanie monitorovacích systémov na vybraných lokalitách, monitorovanie zložiek životného prostredia, sa zatiaľ nerealizovali a zrejme ani v budúcnosti nebude realizovať. Pozornosť bola sústredená na modelové územia, na ktorých sa uskutočnila identifikácia základných typov ASP, ich charakterizácia a sústredenie výsledkov do IS.

ASP - Prezeranie údajov v databáze: ASP.DBF

Naspäť Hľadať ASP lokalitu

Lokalita ASP	Materiál ASP	Prostredie	Ohrozenie		
<p>1.-7. Polohopis lokality ASP</p> <p>1. Registračné číslo: <input type="text" value="44212501"/></p> <p>2. Číslo mapy: <input type="text" value="44-21-25"/></p> <p>3. Por. č. v mape: <input type="text" value="1"/></p> <p>4. Okres (kód): <input type="text" value="5100"/></p> <p>5. Kataster (kód): <input type="text" value="0"/></p> <p>6. Lokalita: <input type="text" value="KAMENOLOM SRDCE - PREDPOLIE"/></p> <p>7. Súradnice JTSK [m] X: <input type="text" value="-585023.5"/> Y: <input type="text" value="-1268784"/> výška [m n.m.]: <input type="text" value="200"/></p> <p>Fotodokumentácia [*.BMP]</p> <p>p.č. popis fotografie</p> <table border="1"> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table> <p>POZNÁMKY</p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="checkbox"/> Zväčšiť text</p> <p><input type="text"/></p>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<p>Mapové podklady</p> <p><input type="button" value="Pred založením skládky"/></p> <p><input type="button" value="Počas prevádzky skládky"/></p> <p><input type="button" value="Po pochovaní skládky"/></p>	<p>8. Základný typ ASP</p> <p><input type="checkbox"/> Zakrytá skládka</p> <p><input type="checkbox"/> Mestský AS</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Banský AS - halda</p> <p><input type="checkbox"/> Banský AS - výsypka</p> <p><input type="checkbox"/> Popoly</p> <p><input type="checkbox"/> Škváry</p> <p><input type="checkbox"/> Kaly</p> <p><input type="checkbox"/> Priemyselný AS</p> <p><input type="checkbox"/> Iný</p> <p><input type="checkbox"/> Nemožno určiť</p> <p><input type="button" value="Poznámky"/></p>	<p>9. Dátum zapíňania</p> <p>v roku: <input type="text"/></p> <p>pred rokom: <input type="text" value="45"/></p> <p>po roku: <input type="text"/></p> <p>v rokoch od-do: <input type="text"/></p> <p><input type="checkbox"/> rok neznámy</p>
<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<p>aktuálna lokalita <input type="text" value="44212501"/> <input type="text" value="KAMENOLOM SRDCE - PREDPOLIE"/></p>		<p><input type="button" value="◀◀"/> <input type="button" value="◀"/> 7 / 201 <input type="button" value="▶"/> <input type="button" value="▶▶"/></p>			

zaznamov. 201

ASP - Prezeranie údajov v databáze: ASP.DBF

Naspäť Hľadať ASP lokalitu

Lokalita ASP **Materiál ASP** **Prostredie** **Ohrozenie**

10. Charakteristika ulženého materiálu

Materiál možno určiť presne a pridať jeho katalógové číslo: podskupina

Materiál možno kvalifikovane odhadnúť: druh

Zeminový materiál

Horninový materiál

Rumoviskový materiál

Domový odpad

Materiál z výroby

Materiál z ťažby

Iný

Nemožno určiť

Odhad vychádza z

Z rozboru minulej činnosti a aktivít

Informácia od pôvodcu materiálu

Sprostredkovaná informácia

Indície

Hodnovosť informácie

Hodnoverná

Asi hodnoverná

Nehodnoverná

Poznámky

11. Prevažujúci materiál

Ostatný (O)

Zvláštny (Z)

Nebezpečný (N)

Poznámky

12. Rozmery lokality

Plocha lokality [m²]

Priemerná hrúbka [m]

vypočítaný objem materiálu [m³]

Poznámky

POZNÁMKY

Zväčšiť text

aktuálna lokalita **44212501** **KAMENOLOM SRDCE - PREDPOLIE**

7 / 201

záznamov: 201

ASP - Prezeranie údajov v databáze: ASP.DBF

Naspäť Hľadať ASP lokalitu

Lokalita ASP	Materiál ASP	Prostredie	Ohrozenie																
<p>13. Horninové podložie ASP</p> <p>Vyjedrenie symbolom podľa Smernice č.1 SGÚ pre zostavovanie IG máp z r. 1989</p> <p>Sv</p> <p>Poznámky</p>	<p>14. Priepustnosť podložia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>od</th> <th>do</th> <th>řád k.f.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. litologický typ</td> <td>0,0</td> <td>20,0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2. litologický typ</td> <td></td> <td></td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>3. litologický typ</td> <td></td> <td></td> <td>--</td> </tr> </tbody> </table>		od	do	řád k.f.	1. litologický typ	0,0	20,0	4	2. litologický typ			--	3. litologický typ			--	<p>Spôsob zistenia</p> <p><input type="checkbox"/> Dlhodobá čerp. skúška</p> <p><input type="checkbox"/> Krátkodobá čerp. skúška</p> <p><input type="checkbox"/> Nalievacia skúška</p> <p><input type="checkbox"/> Krivka zmitosti</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Odhad podľa litológie</p> <p><input type="checkbox"/> Odhad podľa okolia</p> <p>Poznámky</p>	
	od	do	řád k.f.																
1. litologický typ	0,0	20,0	4																
2. litologický typ			--																
3. litologický typ			--																
<p>15. Hladina podzemnej vody [m]</p> <p>od do pravdepodobne</p> <p><input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> Nemožno určiť</p> <p>Kontakt hladiny vody s materiálom</p> <p><input type="radio"/> Trvale</p> <p><input type="radio"/> Periodicky</p> <p><input checked="" type="radio"/> Nie je</p> <p><input type="radio"/> Pravdepodobne</p> <p><input type="radio"/> Nemožno určiť</p> <p>Poznámky</p>	<p>16. Povrchová voda</p> <p><input type="checkbox"/> Prameň</p> <p><input type="checkbox"/> Vodný tok</p> <p><input type="checkbox"/> Vodná plocha</p> <p>Poznámky</p>	<p>17. Prieskumné práce</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Geofyzikálny prieskum</p> <p><input type="checkbox"/> Monitorovací systém</p> <p><input type="checkbox"/> Vrtné alebo kopné práce</p> <p>Poznámky</p>																	
<p>18. Výsledky monitoringu</p> <p></p>																			
<p>POZNÁMKY</p> <p></p> <p><input type="checkbox"/> Zväčšiť text</p>																			
aktuálna lokalita		44212501	KAMENOLOM SRDCE - PREDPOLIE																
		7 / 201																	

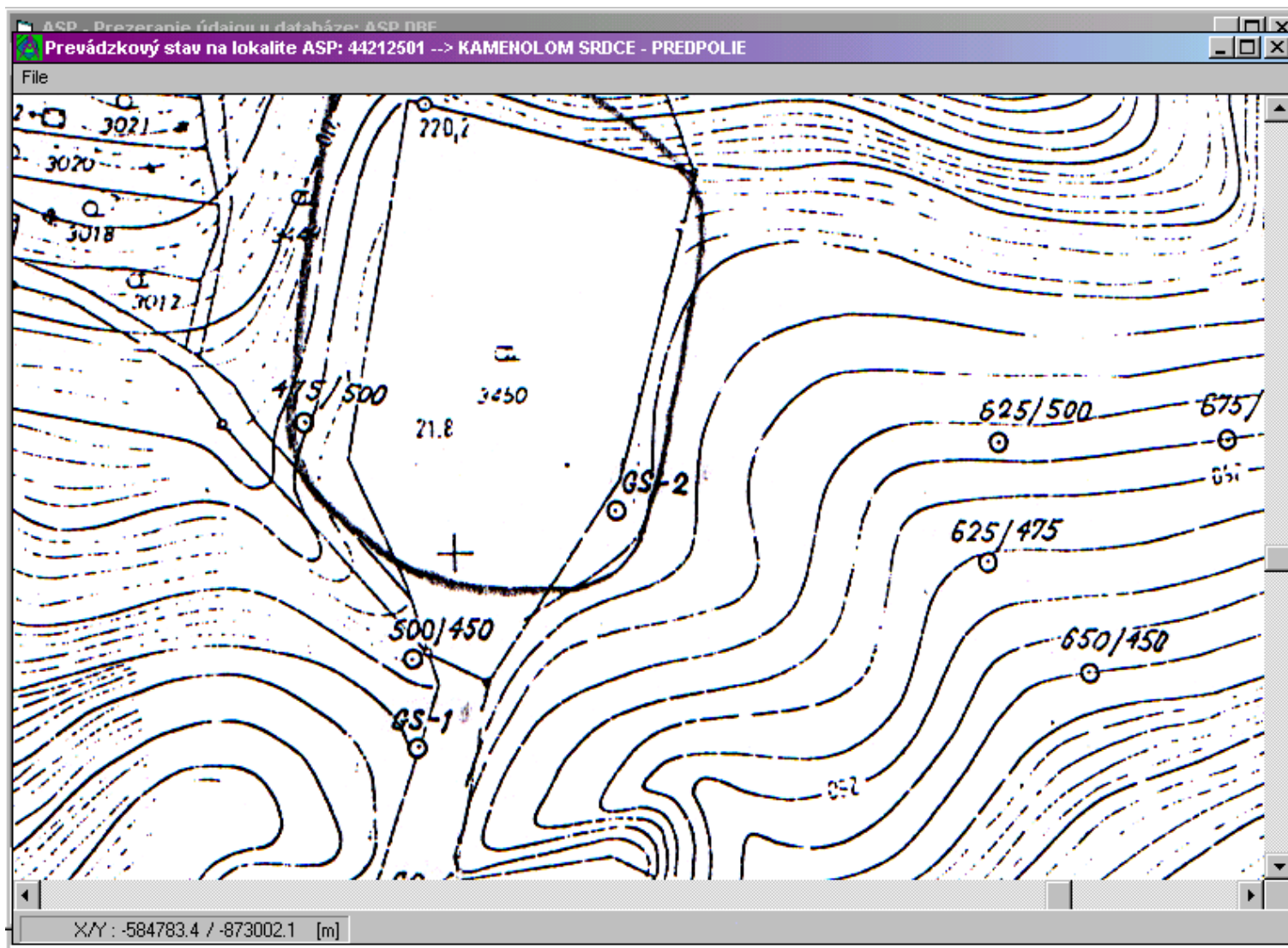
zaznamov. 201

ASP - Prezeranie údajov v databáze: ASP.DBF

Naspäť Hľadať ASP lokalitu

Lokalita ASP	Materiál ASP	Prostredie	Ohrozenie
<p>19. Poloha lokality v mape vhodnosti</p> <p>Lokalita je na území hodnotenom ako:</p> <p> <input type="radio"/> Vhodné <input type="radio"/> Podmienečne vhodné <input type="radio"/> Nevhodné <input type="radio"/> Územie nebolo mapované </p> <p>Poznámky</p>			<p>20. Hodnotenie vplyvu na životné prostredie</p> <p>1. Šírenie kontaminácie do podzemnej vody:</p> <p> <input type="radio"/> Áno <input type="radio"/> Pravdepodobne áno <input checked="" type="radio"/> Pravdepodobne nie <input type="radio"/> Nie </p> <p>2. Šírenie kontaminácie do povrchovej vody:</p> <p> <input type="radio"/> Áno <input type="radio"/> Pravdepodobne áno <input type="radio"/> Pravdepodobne nie <input checked="" type="radio"/> Nie </p> <p>3. Šírenie kontaminácie do ovzdušia:</p> <p> <input type="radio"/> Áno <input type="radio"/> Pravdepodobne áno <input type="radio"/> Pravdepodobne nie <input checked="" type="radio"/> Nie </p> <p>Poznámky</p>
<p>21. Ďalší postup</p> <p> <input type="checkbox"/> Prieskum nieje potrebný <input checked="" type="checkbox"/> Pokračovať v monitoringu </p> <p>Vybudovať monitoring:</p> <p> <input type="checkbox"/> Podzemnej vody <input type="checkbox"/> Povrchovej vody <input type="checkbox"/> Ovzdušia <input type="checkbox"/> Pôdy </p> <p>Aktuálnosť budovania monitoringu:</p> <p> <input type="radio"/> Veľmi aktuálne <input type="radio"/> Aktuálne <input type="radio"/> Menej aktuálne </p> <p>Poznámky</p>		<p>22. Spôsob sanácie</p> <p> <input type="checkbox"/> Bez úprav <input type="checkbox"/> Zvislé tesnenie <input type="checkbox"/> Odvezenie materiálu <input type="checkbox"/> Povrchové tesnenie <input type="checkbox"/> Hydraulická ochrana <input checked="" type="checkbox"/> Iný spôsob sanácie <input type="checkbox"/> Povrchová úprava a rekultivácia </p> <p>Poznámky</p>	
<p>POZNÁMKY</p> <p><input type="checkbox"/> Zväčšiť text</p>			
<p>aktuálna lokalita 44212501 KAMENOLOM SRDCE - PREDPOLIE</p> <p>7 / 201</p>			

Záznamov: 201



5.9. TEKTONICKÁ A SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA

Predmetom monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity územia je sledovanie pohybovej aktivity geologických štruktúr i relatívnych pohybov pozdĺž zlomov, ktoré majú charakter pomalých (creepových) pohybov, ako aj pohybov rýchlejších sprevádzaných seizmickými otrasmi. Oba typy pohybovej aktivity môžu mať priamy nepriaznivý dopad na stavby i krajinné prostredie, alebo dopad nepriamy, prostredníctvom aktivizácie iných geodynamických javov (zosuvy, stekutenie zemín a p.). V doterajšej praxi sa uvedené javy sledovali väčšinou izolovane, čo malo za dôsledok zníženú kvalitu ich interpretácie ako i prognózy ich vplyvov na životné prostredie.

Zámerom riešenia úlohy je komplexné štúdium pohybovej aktivity vrchnej časti zemskej kôry na základe sledovania vertikálnych pohybov zemského povrchu, aktivity pohybov pozdĺž zlomov a seizmickej aktivity územia.

Cieľom monitorovania tektonických a seizmických javov je vymedziť tie časti štátneho územia, v ktorých možno očakávať zvýšenú aktivitu vertikálnych pohybov, ako aj územia s rovnakou predpokladanou seizmickou intenzitou. Vzhľadom na relatívnu pomalosť tektonických pohybov a dlhodobé intervaly opakovania silnejších zemetrasení nie je možné plne dosiahnuť tento cieľ počas krátkodobého monitorovania uvedených javov. Predpokladá sa preto permanentná aktualizácia výstupov vo forme máp vertikálnych pohybov povrchu územia a máp seizmického ohrozenia územia SR s plánovanou dobou inovácie päť rokov.

5.9.1. Metodika prác

Metodika monitorovania súčasnej tektonickej a seizmickej aktivity územia je založená na vyhodnocovaní opakovaných meraní nivelačných sietí vybudovaných na území Slovenska, hodnotení neotektonickej aktivity pohybov pozdĺž zlomov, prehodnocovaní historických údajov o zemetraseniach a sledovaní súčasnej seizmickej aktivity územia. Hodnotenie uvedených javov a ich korelácia s geologickou stavbou územia vytvárajú predpoklady potrebné na vymedzenie seizmických oblastí, území so zvýšenou aktivitou vertikálnych pohybov povrchu územia, ako aj tektonických línií s recentnou pohybovou aktivitou. Vzhľadom na relatívnu pomalosť tektonických pohybov a dlhodobé intervaly opakovania silnejších zemetrasení je potrebné ich permanentné monitorovanie a aktualizácia výstupov vo forme máp vertikálnych pohybov povrchu územia i máp seizmického ohrozenia územia SR. Predpokladá sa aktualizácia výstupov v intervale 5 rokov.

Vzhľadom na povahu hodnotených javov sa pri ich sledovaní využívajú metódy geodetické, geofyzikálne, geologické a geomorfologické. Využitie geodetických metód

zaisťuje v rámci riešenej úlohy VÚGK Bratislava. Sledovanie seizmickej aktivity územia vykonáva v rámci subsystému 11 GFÚ SAV, ktorý je hlavným dodávateľom seizmologických informácií aj pre riešenie subsystému 9. Uplatnenie geologických a geomorfologických metód a koreláciu získaných údajov o vertikálnych pohyboch, pohyboch pozdĺž zlomov i seizmickej aktivite územia vykonáva Katedra inžinierskej geológie PRIF UK v Bratislave.

Monitorovanie tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska má celoplošný charakter; vykonáva sa teda na celom štátnom území. Za účelom zdokonalenia korelácie seizmických a tektonických javov je však potrebné vykonať ich podrobnejšiu dokumentáciu a analýzu v epicentrálnych oblastiach zemetrasení. V týchto územiach sa preto vykonáva v súčasnosti podrobná dokumentácia tektonických pohybov a vytvára sa presnejšia databáza zlomov. S využitím geodetických, geologických i geomorfologických metód v nich bude vykonaná i podrobnejšie analýza pohybov povrchu územia a recentných pohybov pozdĺž zlomov.

5.9.2. Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu

V rokoch 1991 až 2000 boli postupne, jednotnou metodikou zhodnotené vertikálne pohyby povrchu vo všetkých relevantných nivelačných tratiach na území Slovenska. Priebeh spracovania je zrejmý z obr. 5.9.1. V nasledujúcich rokoch budú zhodnotené nivelačné merania v niektorých ZNS. Ako prvé budú v roku 2001 zhodnotené merania z Bratislavského geodynamického polygónu. Vzhľadom na to, že opakované merania v CNS boli z finančných dôvodov do značnej miery spomalené, resp. sčasti i zastavené, bude zrejme potrebné zahrnúť ďalšie merania do ďalších úloh.

Riešenie problematiky vzťahu vertikálnych pohybov povrchu a pohybov pozdĺž zlomov, najmä však seizmicity územia Slovenska, si vyžiadalo v prvej etape monitoringu spracovanie databázy zlomov v prehľadnej mierke. Všetky zlomové poruchy prevzaté z geologických máp rôznych mierok boli postupne v rokoch 1995 až 1999 skreslené do topografického podkladu mierky 1:200 000 a zdigitalizované. Následne bol vytvorený v tabuľkovej forme katalóg zlomov.

Oproti predošlej etape, kedy sa zlomové poruchy dokumentovali najmä za účelom zostavenia seizmotektonickej mapy v mierke 1:1 000 000, v súčasnosti sa vytvára vo vybratých územiach Slovenska podrobnejšia databáza zlomov s presnosťou mapy mierky 1:50 000. Výber území bol orientovaný na širšie okolie epicentrálnych oblastí, v ktorých bola zaznamenaná intenzita zemetrasenia nad 6⁰ MSK.

Okrem aprobovaných geologických máp mierky 1:50 000 sú zdrojom údajov pre tvorbu databázy i novšie mapové geologické podklady vytvorené v rámci rôznych

oponovaných správ (Hlbinné úložisko RAO, Mapy geologických faktorov životného prostredia a i.), ako aj rôzne ďalšie geologické podklady dokumentujúce priamo výskyt mladých zlomových porúch, alebo významné zmeny hrúbok kvartérnych sedimentov.

Táto databáza zlomov bude využitá jednak na spresnenie hraníc seizmických oblastí a hraníc geologických štruktúr s rovnakou tendenciou a rýchlosťou pohybov, jednak na objasnenie mechanizmu vzniku a šírenia sa seizmických vln v geologickom prostredí.

5.9.3. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

V doterajšom riešení úlohy možno rozlíšiť 2 etapy. Počas prvej etapy – v rokoch 1994 až 1996 boli zhromaždené a sčasti prehodnotené dostupné údaje týkajúce sa danej problematiky. Na ich základe bola v roku 1994 geodetickými metódami spracovania údajov zostavená inovovaná Mapa recentných vertikálnych pohybov Z. Karpát (obr. 5.9.2) a v roku 1995 Mapa epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska do roku 1990 (obr. 5.9.3) i Mapa epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska v období rokov 1947–1990 (obr. 5.9.4). Posledná mapa bola zostavená za účelom korelácie výskytu zemetrasení s vertikálnymi pohybmi povrchu, ktoré boli vyhodnotené za rovnaké obdobie. V tejto etape sa započalo tiež so systematickým zberom a spracovaním údajov o zlomovej tektonike na území Z. Karpát. Výsledky boli v roku 1996 predložené v predbežnom variante katalógu zlomov v mierke 1:200 000. V rokoch 1995 a 1996 boli zhodnotené tiež vertikálne pohyby povrchu územia v 17 úsekoch nivelačných tratí CNS. Hlavným výstupom tejto etapy bola seizmotektonická mapa Slovenska 1:1 000 000, ktorá bola následne v roku 1997 prevzatá do novej STN 730036 Seizmické zaťaženie stavebných konštrukcií.

Počas druhej etapy – od roku 1997 do roku 2000 boli postupne zhodnotené vertikálne pohyby povrchu v ďalších 42 nivelačných tratiach (obr. 5.9.1), doplnený a upravený bol katalóg zlomov v mierke 1:200 000 a v epicentrálnych oblastiach s intenzitou zemetrasení vyššou než 6⁰ MSK sa započalo s podrobnejšou dokumentáciou zlomových porúch, s presnosťou máp mierky 1:50 000. Na základe uvedených podkladov a údajov o seizmickej aktivite územia dodávaných každoročne GFÚ SAV bola vykonaná korelácia tektonických a seizmických javov. Výsledkom tejto korelácie (a súčasne i najvýznamnejším výsledkom tejto etapy) bolo zostavenie novej mapy vertikálnych pohybov povrchu Z. Karpát, v ktorej na rozdiel od doterajších postupov boli územné celky s rovnakou tendenciou, resp. rýchlosťou pohybov vyčlenené s prihliadnutím na geologickú stavbu územia a priebeh významných zlomových pásiem (Hrašna in Klukanová et. al 2000).

V ďalšom podávame podrobnejší opis troch hlavných výsledkov doterajšieho riešenia úlohy - seizmotektonickej mapy Slovenska, katalógu zlomov a mapy vertikálnych pohybov povrchu Z. Karpát.

Seizmotektonická mapa Slovenska

Zobrazuje priebeh významnejších, geofyzikálne a geologicky dokumentovaných tektonických línií a seizmické oblasti s predpokladanou maximálnou intenzitou zemetrasenia 6-9⁰MSK (obr. 5.9.5).

Z tektonických línií boli do mapy prevzaté hlbinné tektonické poruchy zasahujúce do spodnej časti zemskej kôry, ktoré vymedzujú základné tektonické bloky Z. Karpát (Ibrmajer, Plančár, Fusán, 1985). Ostatné tektonické línie zobrazené v mape predstavujú prevažne zlomové poruchy, pozdĺž ktorých došlo v neotektonickom období k pohybom. K najvýznamnejším z nich patria zlomy oddeľujúce geologicko-tektonické jednotky s rozdielnou tendenciou, resp. s rozdielnou rýchlosťou pohybov počas mladšieho neogénu a kvartéru, obmedzujúce spravidla pohoria voči priľahlým nížinám a kotlinám. Zdrojom pre ich výber bola Geologická mapa SR 1:500 000 (Geologická služba SR, 1996), ale aj ďalšie publikované, alebo aprobované mapové podklady, ktoré slúžili i pre zostavenie katalógu zlomov. Vzhľadom na mierku mapy nebolo do nej možné prevziať všetky zlomy z mapy mierky 1:500 000. Prevzaté boli seizmologicky významnejšie zlomy, t.j. zlomy väčšieho rozsahu (dĺžky a hĺbky), ktoré majú väčší seizmický potenciál než menšie zlomy.

Pri vymedzovaní seizmických oblastí bola okrem epicentier zemetrasení a údajov o pozorovaných účinkoch zemetrasenia v rôznych sídlach na území Slovenska (prevzatých z rôznych katalógov zemetrasení) zohľadnená tiež geologicko-tektonická stavba územia a priebeh neotektonicky aktívnych zlomov. Obalové čiary ohraničujú v mape všetky doteraz zaznamenané intenzitné body príslušnej intenzity. Výnimkou sú osamelé historické pozorovania vyššej intenzity, ktoré neboli dostatočne dokumentované.

Najvýznamnejšie seizmotektonické pásmo na území Slovenska sa tiahne pozdĺž hlbinného peripieninského lineamentu, od Záhoria cez Trenčín, Žilinu a južné Poľsko až k Humennému a ku hranici s Ukrajinou (sledujúc prakticky priebeh bradlového pásma). V západnej časti tohoto pásma sa vyskytujú zemetrasenia s epicentrálnou intenzitou do 8⁰MSK (Dobrá Voda, Žilina), vo východnej časti s intenzitou do 7⁰MSK (Prešov - Humenné). Epicentrá týchto zemetrasení sa vyskytujú najmä na križovaní lineamentu s priečnymi zlomami.

Na západnom i východnom Slovensku sleduje priebeh tohoto pásma obojstranne aj obalová čiara intenzity 6⁰MSK. Na strednom Slovensku sa však jej priebeh odkláňa južným smerom, čo je spôsobené výskytom epicentier s intenzitou až 7⁰MSK spojenou s recentnou

aktivitou zlomov približne SJ smeru v stredoslovenskom zlomovom pásme. Na zlomoch rovnakého smeru je založená i menšia epicentrálna oblasť pri Košiciach (hornádsky zlomový systém) a zrejme i epicentrálna oblasť pri Kežmarku. Severné a SZ ohraničenie oblasti s intenzitou 6⁰MSK je ovplyvnené epicentrami na Morave a v Poľsku, takže obalová čiara 6 nesleduje v týchto častiach vyššie uvedené pásmo.

Priebeh južnej obalovej čiary vymedzujúcej územie s intenzitou zemetrasenia 6⁰MSK - od Malých Karpát, cez stredoslovenské neovulkanity až po Prešov, súhlasí približne s líniou okraja subdukčne podsunutej severoeúropskej platformy pod karpatský blok (Grecula, Roth, 1978). Jedným zo zdrojov tektonickej a seizmickej aktivity v tomto priestore sú zrejme dôsledky subdukcie, resp. spätného pohybu kôrových segmentov v extenznom režime. Týka sa to najmä fatransko-tatranského bloku, vymedzeného hlbinnými tektonickými poruchami v úseku Trenčín - Banská Štiavnica a Levice - Poprad. V oblasti Malých Karpát pristupuje ako ďalší zdroj seizmotektonickej aktivity subhorizontálna duktilná zóna, zistená geofyzikálnymi metódami v hĺbke 12 až 15 km (Šefara et al, 1987).

Vo východnej časti územia Slovenska sleduje seizmická oblasť 6⁰MSK peripieninský lineament, pričom epicentrálne oblasti Prešov a Humenné s výskytom zemetrasení o intenzite do 7⁰ MSK sú založené na križovaní tohto lineamentu s priečnymi zlomami. Medzi Popradom a Prešovom a východne od Humenného síce neboli v historickom období zaznamenané zemetrasenia o intenzite 6⁰MSK, avšak vzhľadom na seizmotektonickú situáciu a dlhodobú opakovateľnosť zemetrasení je aj tu možné takúto intenzitu predpokladať.

Osobitnou seizmotektonickou oblasťou je okolie Komárna, kde zasahuje okraj seizmotektonického pásma približne severo-južného smeru z Maďarska (Szeidovitz, 1986). Zemetrasenia v tomto pásme dosahujú intenzitu 6 až 9⁰MSK, pričom najsilnejšie sa vyskytujú práve v okolí Komárna, kde sa križujú zlomové systémy rôznych smerov. Seizmická aktivita v tejto oblasti súvisí zrejme aj s extenznými pohybmi po mierne k JV uklonených, pôvodne násunových plochách, ktorých priemetom na povrch je rábsky a hurbanovský zlom (Hók et al, 2000).

Intenzita zemetrasenia vo vnútri jednotlivých seizmických oblastí sa predpokladá ako maximálna pre málo vhodné základové pomery, v ktorých je v zmysle STN 73 1001 tabuľková výpočtová únosnosť pri šírke základu i hĺbke zakladania 1 m v rozmedzí 100 až 200 kPa. Táto je typická pre silne zvetralé, alebo rozpadnuté horniny skalného podkladu, stredne uľahnuté piesčité a štrkovité zeminy a pre jemnozrnné zeminy tuhej konzistencie. V nezvetralých pevných horninách, v uľahnutých a stmelených štrkovitých a piesčitých zeminách a v pevných až tvrdých jemnozrnných zeminách možno hodnotu seizmickej intenzity príslušnej oblasti podľa zásad inžinierskogeologickej seizmickej mikrorajonizácie (Hrašna, 1996) o 0.5 až 1.0⁰MSK znížiť, a naopak, v nevhodných základových pomeroch

(kypré piesky a štrky, mäkké jemnozrnné zeminy, organické zeminy, navážky, haldy a p.) je potrebné seizmickú intenzitu o 0.5 až 1.0⁰MSK zvýšiť. Osobitne je potrebné posudzovať zeminy náchylné na stekutenie, alebo presadanie.

Katalóg zlomov

Riešenie problematiky vzťahu vertikálnych pohybov povrchu a pohybov pozdĺž zlomov, najmä však seizmickej aktivity územia Slovenska, si vyžiadalo v prvej etape monitorovania spracovanie databázy zlomov v prehľadnej mierke. Všetky zlomy prevzaté z geologických máp rôznych mierok boli skreslené do topografického podkladu mierky 1:200 000 a zdigitalizované. Následne bol vytvorený v tabuľkovej forme katalóg zlomov a program na manipuláciu s grafickými i textovými údajmi.

Každý zlom je v katalógu evidovaný číslom mapového listu 1:200 000 a poradovým číslom v rámci príslušného listu. Okrem toho sa v katalógu uvádza zdroj odkiaľ bol zlom prevzatý, jeho pôvodné označenie a názov (ak boli uvedené). Ďalej sa uvádza tiež doba vzniku, najstaršie a najmladšie prejavy aktivity, dĺžka a hĺbkový dosah zlomu, jeho sklon i maximálna výška skoku. Tieto údaje však boli uvedené iba u časti zlomov a bude ich potrebné postupne doplniť. Posledný stĺpec katalógu (označený ako "významnosť") bude obsahovať údaj o významnosti zlomu z hľadiska recentnej pohybovej aktivity i z hľadiska seizmicity. Obsah a usporiadanie údajov v katalógu dokumentuje tab. 5.9.1.

Programové zabezpečenie umožňuje vykreslenie máp rôznych mierok, pričom v mapách malej mierky sa vykresľuje iba priebeh stopy zlomov, v mapách mierky 1:200 000 a väčších mierok sa pri každom zlome uvádza i poradové číslo, pod ktorým je evidovaný v katalógu. Ukážka mapy zlomov (v zmenšenom liste mapy 1:200 000) je na obr. 5.9.6. Účelom katalógu, ktorý sa môže permanentne doplňovať a upravovať, je slúžiť pre zostavovanie geologických máp malých mierok a pre inováciu seizmotektonických máp územia Slovenska.

V súčasnosti sa v rámci riešenia úlohy vytvára vo vybratých územiach Slovenska podrobnejšia databáza zlomov s presnosťou mapy mierky 1:50 000. Výber území bol orientovaný na širšie okolie epicentrálnych oblastí, v ktorých bola zaznamenaná intenzita zemetrasenia nad 6⁰MSK. Okrem aprobovaných geologických máp mierky 1:50 000 sú zdrojom údajov pre tvorbu databázy i novšie mapové geologické podklady vytvorené v rámci rôznych oponovaných správ (napr. úloha DANREG, Hlbinné úložisko RAO, Mapy geofaktorov životného prostredia a i.), ako aj rôzne ďalšie geologické podklady dokumentujúce priamo výskyt mladých zlomových porúch, alebo významné zmeny hrúbok kvartérnych sedimentov. Táto databáza zlomov bude využitá jednak na spresnenie hraníc seizmických oblastí a hraníc geologických štruktúr s rovnakou tendenciou a rýchlosťou

pohybov, jednak na objasnenie mechanizmu vzniku a šírenia sa seizmických vln v geologickom prostredí.

Mapa vertikálnych pohybov povrchu Západných Karpát

Na základe vyhodnotenia geodetických meraní v CNS bolo v minulosti publikovaných niekoľko máp vertikálnych pohybov povrchu územia Slovenska (naposledy v rámci predmetnej úlohy – obr. 5.9.2), zobrazujúcich rýchlosť pohybov pomocou izolínií. Tieto izolínie však nezohľadňujú priebeh významných geologicko-tektonických štruktúr, ani zlomových porúch a nie sú v nich zobrazené epicentrá zemetrasení, na základe čoho by bolo možné vykonať koreláciu vertikálnych pohybov povrchu a seizmotektonických javov. V rámci riešenia úlohy bola mapa vertikálnych pohybov povrchu zostavená metódou rajonizácie, pričom pri vyčleňovaní územných celkov boli okrem smeru a zistených rýchlostí pohybov zohľadnené geologická stavba územia a priebeh relevantných zlomových porúch.

Vykonaná rajonizácia územia vychádza zo základného členenia Západných Karpát na vnútorné Karpaty, vonkajšie Karpaty a bradlové pásmo, ktoré sa odlišujú rozdielnym geotektonickým vývojom a majú sčasti rozdielny tektonický režim i v súčasnosti.

Pri ďalšom členení na jednotky nižšieho rádu bola kritériom jednak tendencia vertikálnych pohybov (oblastí), jednak rýchlosť pohybov (častí). Hranice medzi vyčlenenými územnými jednotkami tvoria spravidla významné zlomy, resp. zlomové pásma. Ako vidieť z mapy na obr. 5.9.7 bradlové pásmo tvorí pre pokračovanie zlomov z vnútorných do vonkajších Karpát určitú bariéru. Niektoré hranice oblastí, resp. častí pokračujú však z vnútorných Karpát i za bradlovým pásmom (aj keď spravidla nie v priamej línii), čo svedčí o podobnom recentnom tektonickom režime príslušných území.

Za účelom korelácie vertikálnych pohybov povrchu so seizmickou aktivitou boli do mapy zakreslené aj epicentrá zemetrasení, a to pre roky 1947 až 1994 iba epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení (tam kde bolo kumulovaných viacero zemetrasení sú v mape ohraničené obrysy epicentier s udaním hodnoty magnitúda najsilnejšieho zemetrasenia, ktoré takto vymedzené územie postihlo), pre roky 1995 až 1998 sčasti aj epicentrá zemetrasení zaznamenaných iba seizmometricky.

Podľa údajov uvedených v správach GFÚ SAV bolo počas rokov 1995 až 1998 27 zemetrasení s epicentrom na území Slovenska. Niektoré z nich boli zaznamenané iba seizmometricky, niektoré i makroseizmicky. V mape sú z nich príslušnou veľkosťou kružnice a poradovým číslom zobrazené iba tie, ktoré mali magnitúdo (M) 2 a vyššie (max. 3.7), čo zodpovedá približne seizmickej intenzite 2 až 5⁰ MSK. Takých bolo celkom 9. Poradové čísla 28 a 29 boli priradené dvom zemetraseniam pozorovaným makroseizmicky v roku 1999 (pre

tento rok neboli v čase zostavovania mapy k dispozícii overené údaje GFÚ SAV; hodnoty magnitúda oboch zemetrasení boli prevzaté z predbežných podkladov).

Vnútorne Západné Karpaty

Mapa rozdeľuje územie vnútorných Západných Karpát na tri oblasti, pričom oblasť západného i východného Slovenska vykazujú poklesy a medziláhlá (centrálne) oblasť má stúpajúcu tendenciu, prípadne je viac-menej stabilná.

Zatiaľ čo východný okraj centrálnej oblasti je pomerne striktno ohraničený hornádkym zlomovým systémom, jej západný okraj nie je možné jednoznačne definovať. V mape sme ho vymedzili líniou prechádzajúcou od Žiliny, naprieč Malou Fatrou a ďalej cez stredoslovenské zlomové pásmo (SZP) okolo Kremnice a Krupiny až k maďarským hraniciam, ktorá prakticky v celom rozsahu prechádza územím s nulovými pohybmi, resp. s nepatrnými pohybmi v oboch smeroch. Najvýraznejšie rozdiely v pohyboch boli zaznamenané tam kde táto línia križuje nivelačnú trať č. 3., t.j. medzi Hornými a Dolnými Mladonicami, kde sa výzdvihy o rýchlosti 0.3-0.5 mm za rok menia náhle na poklesy o rýchlosti až 1.8 mm za rok. V uvedených obciach bolo v októbri 1999 makroseizmicky zaznamenané zemetrasenie (č.29) o intenzite 5⁰ MSK.

Západná časť centrálnej oblasti (2A) priliehajúca k uvedenej línii má prechodný charakter. Prevládajú v nej výzdvihy, miestami má stabilný charakter a miestami boli zistené i poklesy. Paradoxom je, že v tejto časti, v Banskej Bystrici a jej bezprostrednom okolí, boli zistené najvyššie rýchlosti výzdvihov (až 1.8 mm za rok) z celej centrálnej oblasti. V iných miestach tejto časti boli zistené výzdvihy iba do 0.5 mm za rok, alebo nepatrné pohyby oscilujúce okolo nulovej rýchlosti. Poklesy (do 0.5 mm za rok) boli zistené v okolí Kralovian, medzi Liptovskou osadou a Starými Horami a v okolí obce Slovenské Ďarmoty (až vyše 1 mm/rok).

Severná časť centrálnej oblasti (2B) sa vyznačuje výzdvihovaním o rýchlosti v rozmedzí 0.5-1.0 mm za rok. Poklesy územia tu boli zistené iba severne od Popradu (v nivelačnej trati č. 36), v úseku od Matiašoviec po štátnu hranicu s Poľskom. Juhovýchodná časť centrálnej oblasti (2C) je sčasti stabilná, sčasti v nej boli zaznamenané výzdvihy o rýchlosti do 0,5 mm za rok. Hranicu medzi týmito dvomi časťami tvorí muránsky zlom.

Poklesávajúca oblasť východného Slovenska je podľa charakteru a intenzity pohybov rozdelená na dve časti. V časti príľahlej k hornádkemu zlomovému systému (3A) prevládajú poklesy o rýchlosti do 0.5 mm za rok. Niektoré úseky nivelačných tratí však vykazujú oscilácie okolo nulovej rýchlosti a ojedinele boli zistené i poklesy o rýchlosti až 0.8 mm za rok. V časti 3B boli v nivelačných tratiach zistené poklesy prevažne o rýchlosti 0.5 až 1,0 mm za rok.

V oblasti západného Slovenska boli podľa prevládajúcej rýchlosti poklesávania vyčlenené štyri územné celky. V časti priľahlej k hranici s centrálnou oblasťou (1A) boli zistené poklesy prevažne o rýchlosti v rozmedzí od nuly do 0.5 mm za rok. Čiastočnú výnimku tvorí južný okraj tejto časti územia, kde bol podľa výsledkov starších meraní v úseku Komárno - Štúrovo zaznamenaný rozdielny charakter pohybov.

Stredná časť opisovanej oblasti (1B) poklesáva podľa výsledkov geodetických meraní prevažne rýchlosťou 0.5 až 1.0 mm za rok. Jej východné ohraničenie prebieha od Komárna dolinou Žitavy až po Zlaté Moravce a ďalej na sever, kde pretína Tríbeč a pokračuje západným okrajom Hornonitrianskej kotliny. V ďalšom priebehu pokračuje cez Fačkov a južnú časť Rajeckej kotliny, pretína Súľovské vrchy a pri Bytči sa stáča na JZ a pokračuje až po štátnu hranicu (v tomto úseku už pretína bradlové pásmo i časť vonkajšieho flyšového pásma).

Najintenzívnejšie poklesávajúca časť západného Slovenska (1C) zaberá severnú časť Malých Karpát a priľahlé časti Podunajskej i Záhorskej nížiny. Jej severná časť presahuje rámec opisovanej oblasti a zaberá i časť bradlového pásma a vonkajšieho flyšového pásma. V nivelačných tratiach prechádzajúcich týmto územím boli dokumentované poklesy o rýchlosti 1 až 2 mm za rok. V území okolo Závodu, Malaciek, Plaveckého Štvrtku a Záhorskej Vsi boli zistené poklesy o rýchlosti nad 2 mm za rok (max. okolo 5 mm za rok). Toto územie bolo vyčlenené ako samostatná časť (1D).

Vonkajšie Západné Karpaty

Vonkajšie Západné Karpaty (flyšové pásmo) zaberajú územie severozápadného (sčasti i severného) Slovenska a územie severovýchodného Slovenska. Od vnútorných Západných Karpát ich takmer v celom rozsahu oddeľuje bradlové pásmo – geologicko-tektonicky najkomplikovanejšia časť Z. Karpát. S výnimkou SZ a SV okraja sa vyznačujú zdvihovými pohybmi. V mape sú podľa geografickej polohy a rýchlosti pohybov rozdelené na tri časti.

V časti 4A a 4B bolo zistené vyzdvihovanie územia prevažne rýchlosťou do 0.5 mm za rok (v časti 4A miestami až do 1.0 mm za rok). V území JZ od Bytče bola príslušná časť flyšového pásma vtiahnutá do poklesávajúcej oblasti západného Slovenska (časť 1B, 1C).

Časť 4C je od časti 4B oddelená líniou SJ smeru, ktorá je pokračovaním hornádskeho zlomového systému smerom na sever. Vyznačuje sa premenlivou tendenciou pohybov - poklesmi i výzdvihmi územia, prevažne o rýchlosti do 0.5 mm za rok.

Bradlové pásmo

Bradlové pásmo vykazuje na východnom Slovensku, východne od hornádskeho zlomového systému, mierne poklesy (okolo 0.3-0.4 mm za rok), západne od tohoto systému výzdvihy o rýchlosti do 0.5 mm za rok. Na SZ Slovensku, v úseku od Oravskej kotliny po Bytču je územie bradlového pásma vyzdvihované rovnakou rýchlosťou ako v predošlom úseku. V úseku od Bytče až po západné ukončenie je bradlové pásmo vtiahnuté do poklesávajúcej oblasti západného Slovenska s rýchlosťou pohybov do 1 až 2 mm za rok.

Korelácia tektonických a seizmických javov

Ako vidieť z mapy na obr. 5.9.7, tak počas rokov 1995-1999, ako aj počas celého obdobia sledovania vertikálnych pohybov povrchu územia (od roku 1947) sa seizmická aktivita prejavovala najmä v blízkosti línií, pozdĺž ktorých sa menila tendencia, alebo intenzita pohybov, sčasti i v blízkosti bradlového pásma. Najviac seizmickej energie vyprodukovali pritom tektonické pohyby v blízkosti línie obmedzujúcej územie s najvyššou rýchlosťou poklesov na západnom Slovensku (1C). Značná seizmická energia bola uvoľnená i v území stredoslovenského zlomového pásma (SZP) a v území vnútorných Západných Karpát priliehajúcom k bradlovému pásmu. Žiadne zemetrasenie za uvedené obdobie nebolo zaznamenané v oblasti flyšového pásma, čo svedčí skôr o jeho celkovom plošnom vyzdvihovaní, než o diferencovaných pohyboch pozdĺž zlomov. V oblasti 4C zistené rozdielne pohyby sú z tohoto pohľadu nepresnosti geodetických meraní, alebo prejavom creepových pohybov pozdĺž zlomov, bez zreteľnej makroseizmicky pozorovateľnej odozvy.

Najsilnejšie zemetrasenia ($M=4.1-4.5$, $I=5.5-6.5^0$ MSK) boli na území Slovenska od roku 1947 zaznamenané v Žiline, VSV od Trenčína a v Malých Karpatoch. Epicentrum zemetrasenia v Žiline leží pritom na križovaní bradlového pásma a línie oddeľujúcej stúpajúcu centrálnu oblasť od poklesávajúcej západoslovenskej oblasti. Na tejto línii leží i epicentrum zemetrasenia č. 29 opísané v kapitole 5.9.3. Najsilnejšie zemetrasenie v uvedenom období ($M=5$, $I=7^0$ MSK), s otrasmi zaznamenanými aj na území Slovenska, malo však epicentrum v pokračovaní SZP na maďarské územie, neďaleko štátnej hranice.

5.9.4. Návrh úpravy monitoringu

Okrem metódy veľmi presnej nivelácie, ktorá je vhodná na sledovanie vertikálnych pohybov povrchu, by bolo vhodné využiť v ďalšom monitoringu i metódu GPS, ktorou možno pomerne spoľahlivo sledovať pohyby horizontálne. Za účelom efektívnejšieho využívania seizmologických údajov by bolo vhodné pozmeniť tiež systém spolupráce s GFÚ SAV, ktorý

od roku 1996 dodáva do monitoringu seizmotektonických javov iba ročné správy o činnosti. Údaje o veľkosti a intenzite zemetrasení sa po dodaní správy ešte upravujú, čo sa však už v monitoringu neobjaví. Navrhujeme preto aby GFÚ SAV dodával v ďalšom do monitoringu už konečné (upravené) údaje a okrem magnitúda a epicentrálnych intenzít tiež intenzitné body, resp. aj izoseisty jednotlivých zemetrasení. Z navrhnutého postupu vyplýva, že údaje o seizmickej aktivite za rok 2002 budú podané až v správe za rok 2003. V hodnotení meraní v roku 2002 by bolo vhodné uviesť požadované údaje za roky 1996 až 2001, ktoré takouto formou (na rozdiel od predchádzajúcich rokov) neboli spracované.

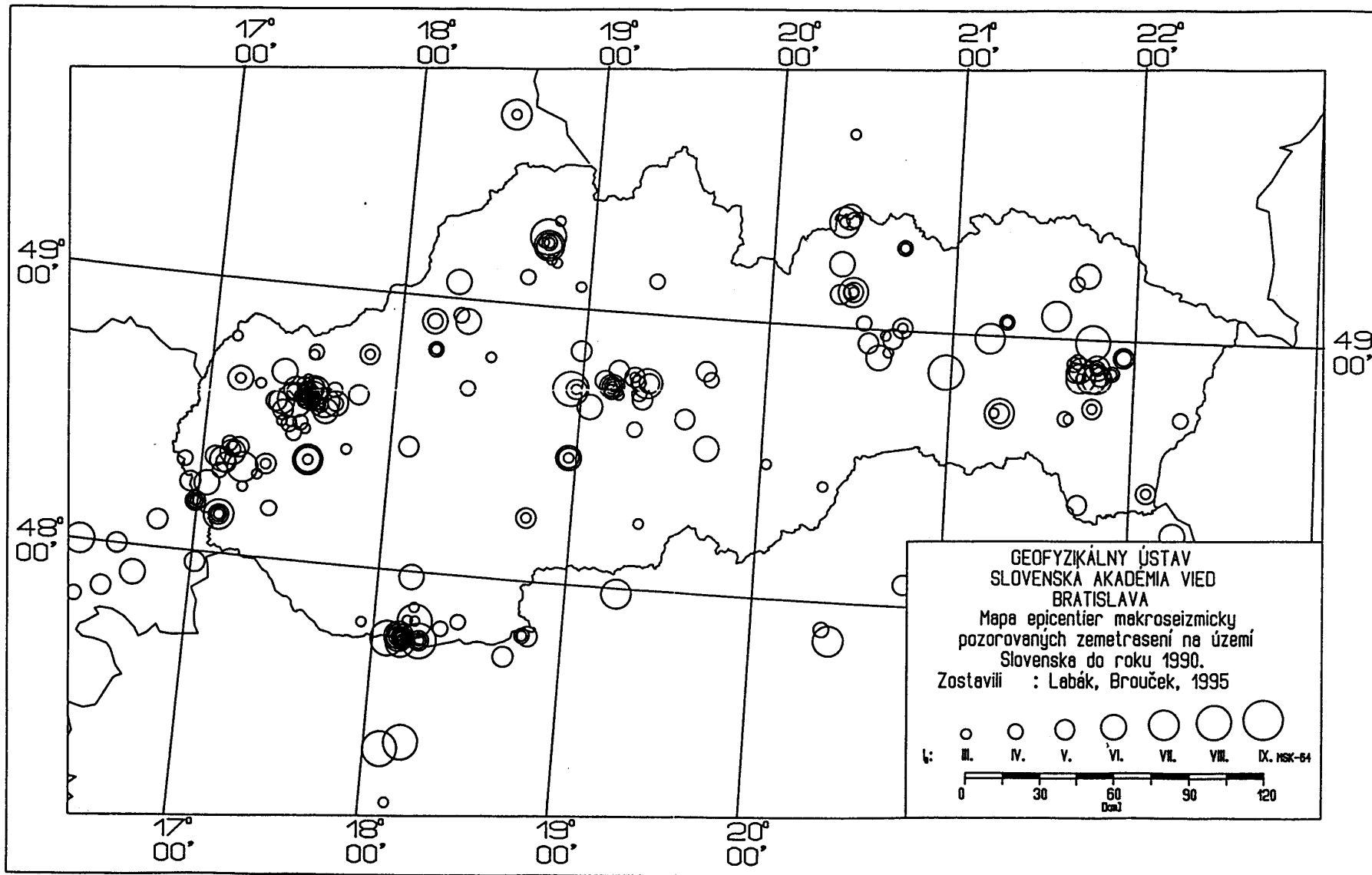
5.9.5. Závery a odporúčania

Doteraz vykonané monitorovanie seizmických a tektonických javov preukázal spätosť vertikálnych pohybov povrchu a seizmickej aktivity územia ako aj ich väzbu na základné geologicko-tektonické jednotky Z. Karpát a mladé tektonické pohyby pozdĺž zlomov.

Na základe analýzy seizmických javov možno konštatovať, že seizmická aktivita sa v posledných päťdesiatych rokoch sústreďovala najmä do širšej oblasti Malých Karpát. Významne sa však aktivizovali aj seizmotektonické javy v oblasti stredného Slovenska. V týchto oblastiach, najmä v južnej časti širšie definovaného stredoslovenského zlomového pásma, možno zrejme očakávať zvýšenú seizmickú aktivitu aj v ďalšom období.

Z doterajších poznatkov však vyplýva, že priestorovo-časovú dráhu prerozdeľovania napätí a s tým spojenú aktivitu pohybov pozdĺž zlomov i seizmickú aktivitu územia nie je možné prognózovať iba na základe štatistických údajov o zemetraseniach, ale bude potrebné vypracovať komplexnú metodiku hodnotenia a prognózovania seizmotektonických javov, čo však značne presahuje rámec ich monitorovania.



V najbližšom období sa v rámci monitorovania uvedených javov sústredíme okrem celoplošného sledovania seizmotektonickej aktivity na území Slovenska a dokumentáciu pohybov pozdĺž zlomov v mapách mierky 1:50 000 na podrobné hodnotenie vertikálnych pohybov povrchu a seizmickej aktivity v širšej oblasti južnej časti M. Karpát. V tomto území možno využiť údaje o vertikálnych pohyboch povrchu sledovaných v rámci Geodynamického polygónu Bratislava, ako aj pomerne spoľahlivé údaje o monitoringu zemetrasení zo seizmickej stanice Železná studnička. Zhodnotenie tohoto územia bude východiskom pre seizmotektonickú analýzu ďalších ohniskových oblastí na území Slovenska.

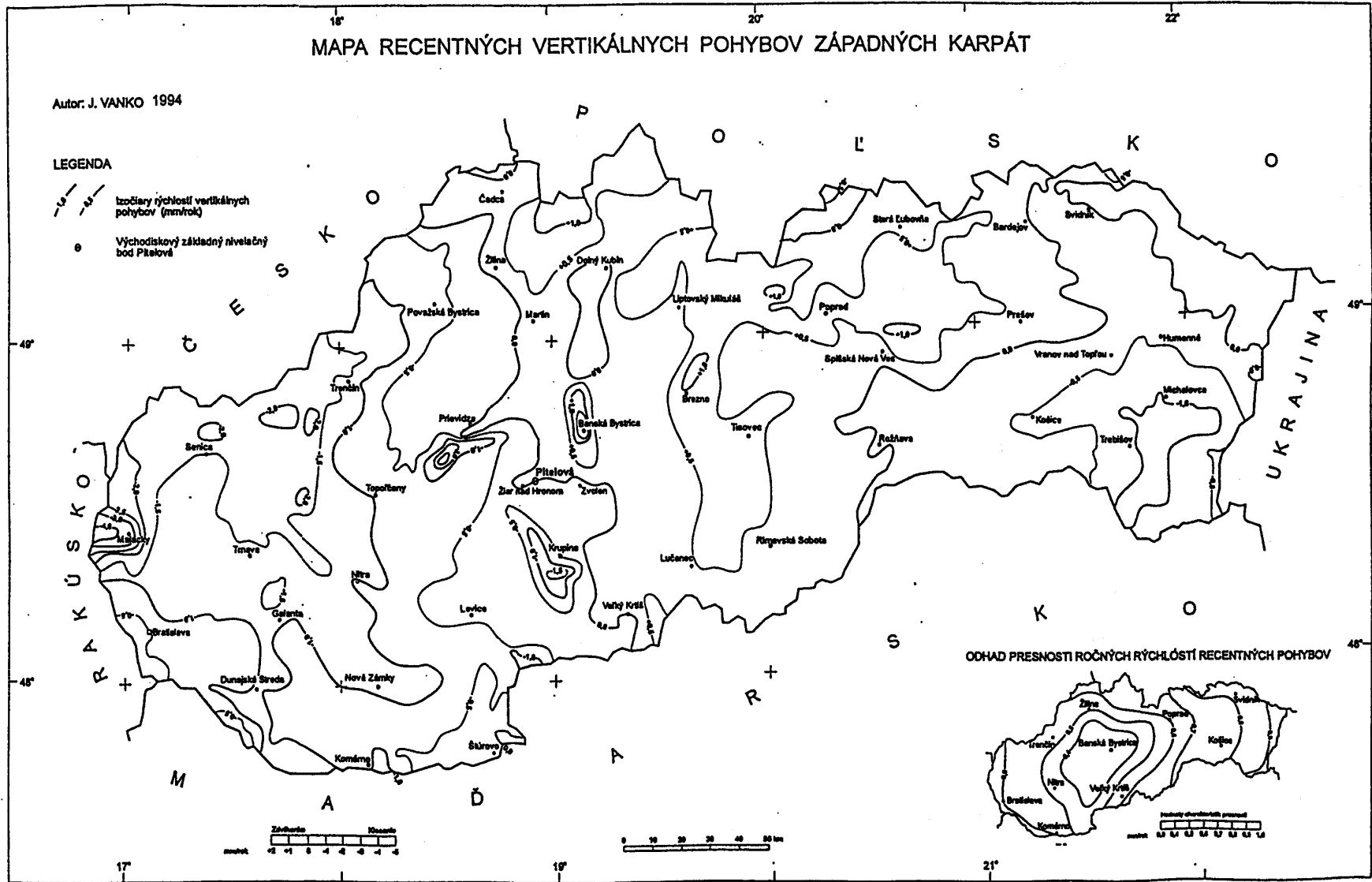


MAPA RECENTNÝCH VERTIKÁLNYCH POHYBOV ZÁPADNÝCH KARPÁT

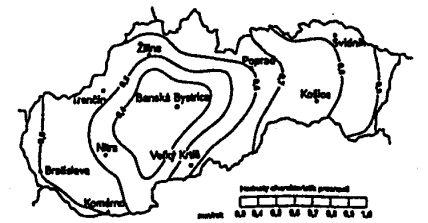
Autor: J. VANKO 1994

LEGENDA

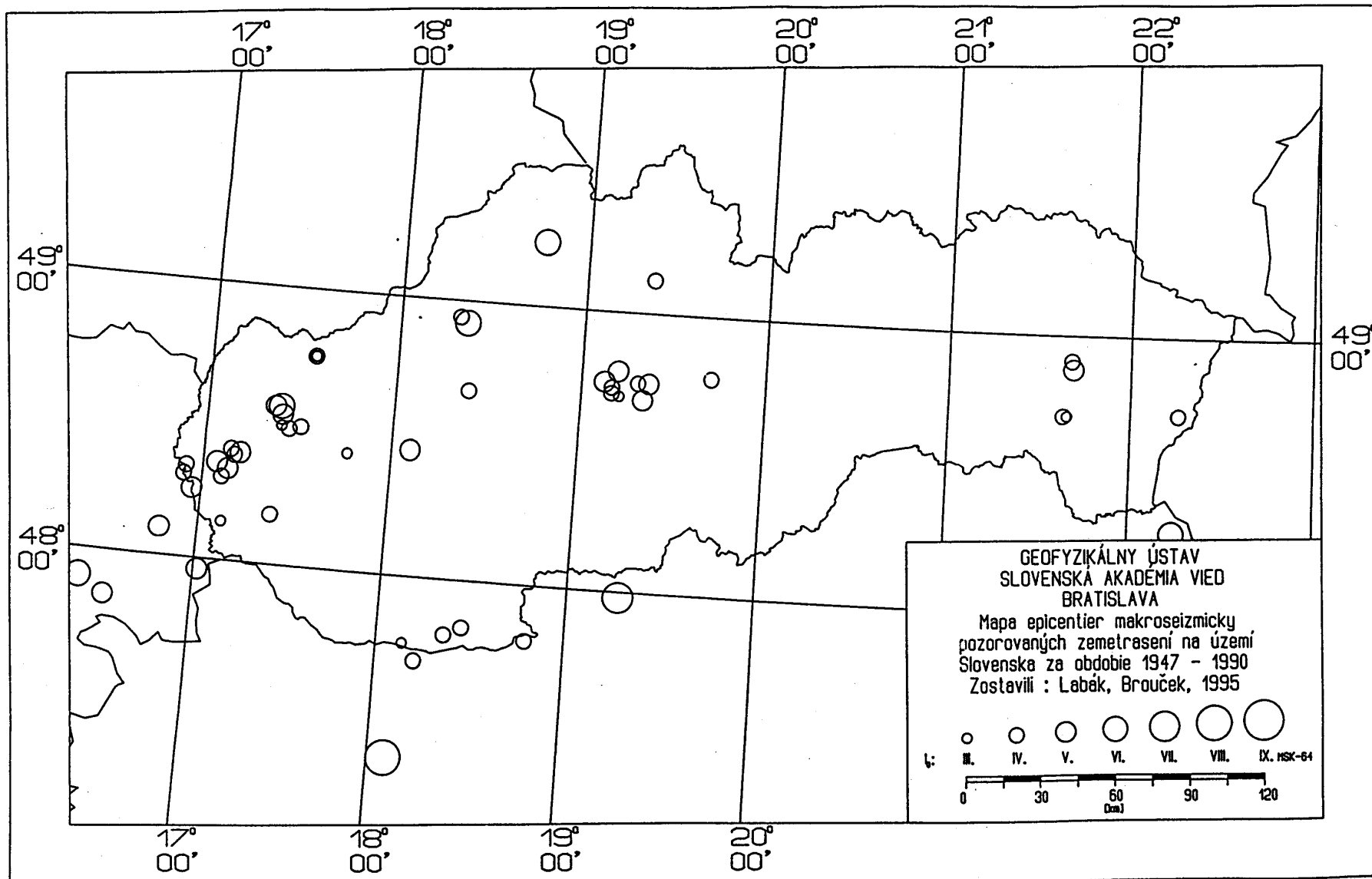
-  Izočiarý rýchlosti vertikálnych pohybov (mm/rok)
-  Východiskový základný nivelačný bod Piteľová



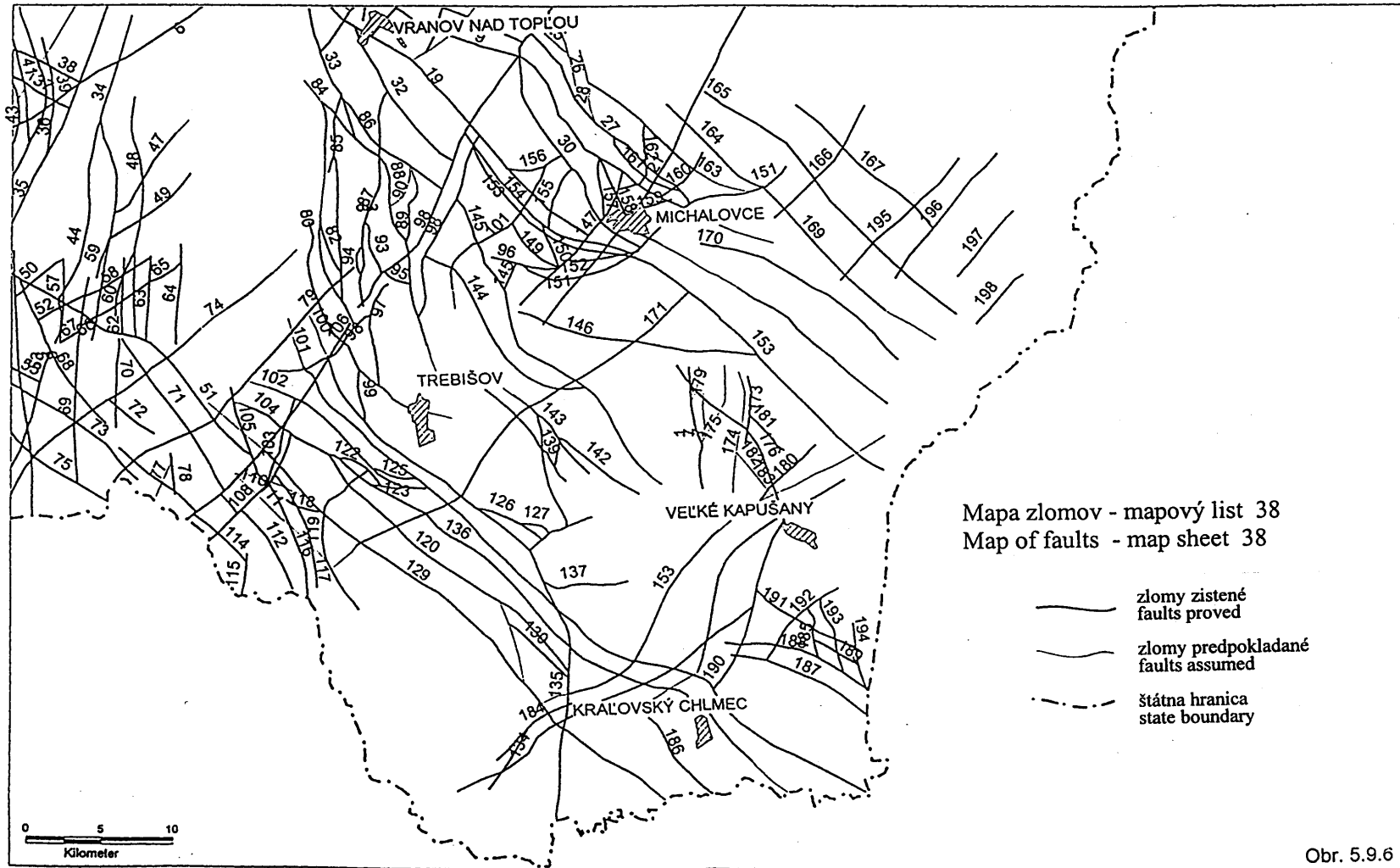
ODHAD PRESNOSTI ROČNÝCH RÝCHLÓSTÍ RECENTNÝCH POHYBOV



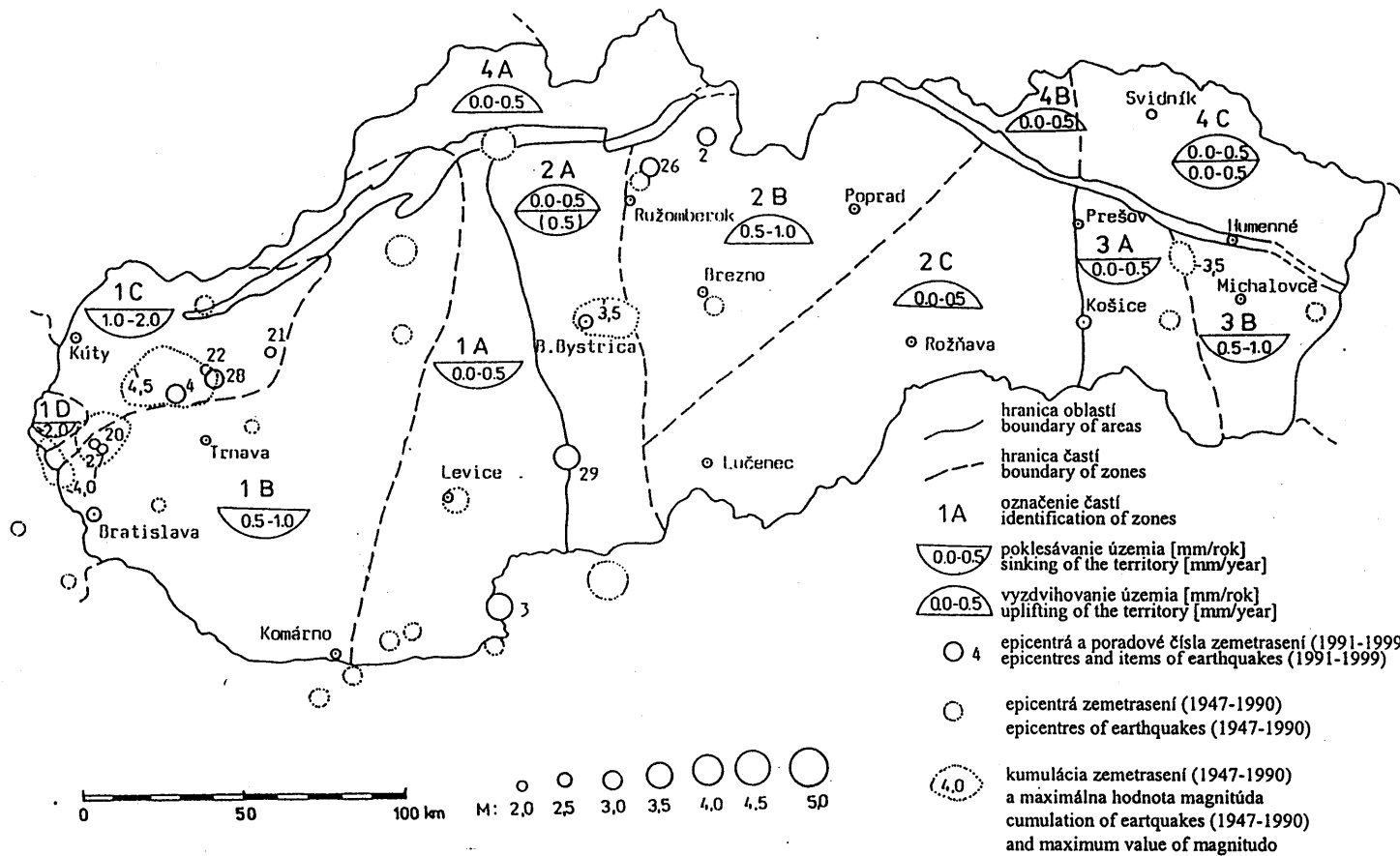
Obr. 5.9.2



Obr. 5.9.4.



Obr. 5.9.6



Obr. 5.9.7

Císlo mapy	Císlo zlomu	Názov zlomu	Index zlomu	Sklon	Max. výška skoku (m)	Hĺbkový dosah (m)	Dĺžka zlomu (km)	Autor, rok	Mierka mapy	Archívne číslo	Oba vzniku	Najstaršie prejavy	Najmladšie prejavy	Geologická jednotka	Významnosť
38	1	lípnický	E1	46-60		300-500	10-20	Vass D. a kol., 1982	1:100 000	52087	<N	eg	k	Košická kotlina, priečne zlomy čelovskej depresie	
38	2	šebastovský	E9	46-60		1000-2000	10-20	Vass D. a kol., 1982	1:100 000	52087	eg	eg	k	Košická kotlina, varhanovský zlomový systém	
38	3	rudabanský	K3					Nemček J. a kol., 1971	1:200 000	33582				Východoslovenské flyšové pásmo	
38	4	zlatnícky	E32	50		6000<	1-5	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	<N	eg	k	Košická kotlina	
38	5							Vass D. a kol., 1982	1:100 000	52087				Košická kotlina	
38	6		K6					Nemček J. a kol., 1971	1:200 000	33582				Východoslovenské flyšové pásmo	
38	7	zamutovský z.	E33	50	100-300	2000-4000	1-5	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	b ₁	b ₁	s	Košická kotlina	
38	8	zamutovský v.	E34	50	100-300	2000-4000	5-10	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	b ₁	b ₁	s	Košická kotlina	
38	9	petrovský	E35	46-60	100-300	2000-4000	20<	Vass D. a kol., 1982	1:100 000	52087	b ₁	b ₁	s	Košická kotlina, zlomy michalovskej hráste	
38	10							Vass D. a kol., 1982	1:100 000	52087				Košická kotlina, zlomy michalovskej hráste	
38	11	hrňovský	E39	50		1000-2000	1-5	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	<N	eg	k	Košická kotlina	
38	12	čaklovský	E40	50		1000-2000	5-10	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	<N	eg	k	Košická kotlina	
38	13							Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173				Košická kotlina	
38	14	čaklovský v.	E41	50		1000-2000	1-5	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	<N	eg	k	Košická kotlina	
38	15	vranovský	E42	50		1000-2000	1-5	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	<N	eg	k	Košická kotlina	
38	16							Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173				Košická kotlina	
38	17	čičavský	E38	46-60		1000-2000	10-20	Vass D. a kol., 1982	1:100 000	52087				Košická kotlina, zlomy michalovskej hráste	
38	18	hencovský	E43	50		1000-2000	5-10	Rudíneč I., Cverčko J., 1974	1:100 000	33173	<N	eg	k	Košická kotlina	
38	719	mačansko-topľanský	E36	46-60	300-600	2000-4000	20<	Vass D. a kol., 1982	1:100 000	52087	b ₁	b ₁	s	Košická kotlina, zlomy michalovskej hráste	
38	20		K20					Nemček J. a kol., 1971	1:200 000	33582				Východoslovenské flyšové pásmo	
38	21	vihorňatý	K21					Nemček J. a kol., 1971	1:200 000	33582				Východoslovenské flyšové pásmo	
Map numb.	Fault numb.	Name of fault	Index of fault	Dip (°)	Max. displ.(m)	Depth (m)	Length (km)	Author, year	Scale of map	Archival number	Time of origin	Oldest motion	Youngest motion	Geological unit	Importance

Katalóg zlomov slovenských Západných Karpát - Catalogue of Slovak Western Carpathians' faults

Tab. 5.9.1

Vysvetlivky - Explanations

pl - pliocén - Pliocene
 pt - pont - Pontian
 pa - panón - Pannonian
 s - sarmat - Sarmatian
 b - bádén - Badenian
 b1 - spodný bádén - Early Badenian
 b2 - stredný bádén - Middle Badenian
 b3 - vrchný bádén - Late Badenian
 pa+pl - počas pa a pl - within pa & pl

k - karpát - Karpatian
 ot - otnang - Otnangian
 o3 - vrch.otnang - Late Otnangian
 eg - egenburg - Eggenburgian
 er - eger - Egerian
 ki - kiščel - Rupelian
 lu - lutét - Lutetian
 N - neogén - Neogene
 Q - kvartér - Quaternary

< - pred stratigrafickou jednotkou
 > - po stratigrafickej jednotke
 38 - číslo mapy 1:200 000
 index zlomu - označenie v pôvodnej mape
 archívne číslo - registračné číslo v Geofonde
 <- - before a stratigraphic unit
 >- - after a stratigraphic unit
 38 - number of a map 1:200 000
 Index of fault - indication in original map
 archival number - archival number of the source

5.10. MONITOROVANIE CHEMICKÉHO ZLOŽENIA SNEHOVEJ POKRÝVKY

Výskum chemického zloženia snehovej pokrývky bol v regionálnom merítku na území Slovenskej republiky zahájený v zimnom období 1976/77 na Geologickom ústave Dionýza Štúra v základnej sieti 44 odberových miest. Monitoring má doteraz 25 - ročný cyklus pozorovania. Pôvodne bol tento monitoring realizovaný v rámci hydrogeologického a hydrogeochemického výskumu a od roku 1996 je zaradený do „Monitorovacieho systému geologických faktorov životného prostredia SR“ (Klukanová et al., 1998). V zahraničí má podobné sledovanie a aplikácia výsledkov veľké uplatnenie hlavne v riešení problémov kyslých zrážok, procesoch chemického zvetrávania a odnosu látok, hodnotenie kritických záťaží a ich prekročení a pod.

Hlavným cieľom riešenia a geochemickej interpretácie je celoplošné zhodnotenie chemického zloženia snehovej pokrývky v oblasti Slovenska, ktoré predstavuje základný predpoklad pre:

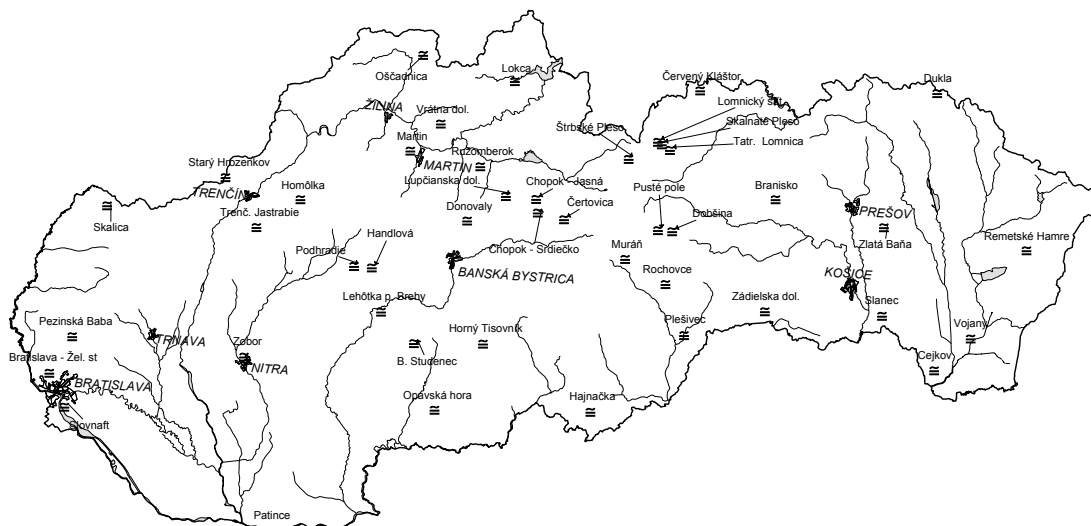
- poznanie mechanizmu vytvárania zásob a procesov tvorby chemického zloženia podzemných vôd
- uvážené zásahy do prírodného prostredia z hľadiska acidifikácie prírodných receptorov (prírodná voda, pôda, horniny, biomasa a pod.)
- monitorovanie vplyvu zmien množstva a kvality roztokov vzniknutých topením snehovej pokrývky na priebeh procesov zvetrávania, zosúvania, presadavosti, a pod.
- poznanie potenciálneho prínosu atmosferických solí za časové obdobie a poznanie zaťaženia atmosféry
- poznanie stupňa a charakteru znečistenia životného prostredia s možnosťou vytvoriť model vývoja na základe dlhodobého (historického) radu pozorovaní.

5.10.1. Metodika monitorovania

Pri výbere lokalít bola zohľadnená výšková diferenciácia terénu (lokality vysokohorské, nížinné) s prednostnou orientáciou na horské oblasti, v ktorých sa formujú hlavné zásoby vodohospodársky využiteľných podzemných a povrchových vôd, geologickú stavbu (prednostná orientácia na územia budované z hľadiska infiltrácie hydrogeologicky priaznivými horninami), prevládajúce cyklonálne a anticyklonálne situácie v zimnom období (a s nimi spojené prevládajúce smery prúdenia vzduchových hmôt) a lokalizácia niektorých významných zdrojov znečisťovania atmosféry (oblasť Bratislavy, Horné Ponitrie, Vojany vo

Východoslovenskej nížine a pod.), t.j. výber lokalít sa snažil o zachytenie globálnych a lokálnych zdrojov, ich identifikáciu a následný dopad.

Vstupné informácie reprezentujú chemické analýzy prakticky snehových roztokov z monitorovacej siete. Údaje sú získavané expedičným odberom vzoriek v 44 stabilných odberových miestach (obr. 5.10.1) z celého profilu snehovej pokrývky. Lokality sú prakticky fixnými miestami, okrem odberového miesta Starý Hrozenkov (Česká republika), ktoré sa po vzniku Slovenskej republiky premiestnilo o cca 1.5 km.



Obr. 5.10.1: Sledované lokality

Po pozvoľnom roztopení vzorky a homogenizácii sa robí chemická analýza upravenými štandardnými metódami (Gazda-Lopašovský, 1983), s aplikáciou princípov správnej analytickej praxe. Interval pozorovania je raz za zimné obdobie. Začiatok sledovania bol zahájený v zimnej perióde 1976/77.

Východiskový stav celého systému tvorby chemického zloženia podzemných vôd predstavuje chemické zloženie atmosferických vôd. Atmosféru možno z energetického hľadiska látkovej výmeny pokladať za otvorený systém, v ktorom je ustálená rovnováha geochemických cyklov prvkov a látok. Zdrojom týchto buď prírodných, alebo antropogénnych látok môže byť rozpúšťanie vzdušných plynov prírodného pôvodu, aerosóly morského pôvodu, terigénny prach a produkty antropogénnej činnosti.

Z celkového hodnotenia klimatických a hydrologických pomerov Slovenska vyplýva, že veľký význam pre tvorbu zásob podzemných vôd majú zimné zrážky uložené na zemskom povrchu v podobe snehovej pokrývky, pretože v čase jarného topenia sú hlavným zdrojom dopĺňania zásob podzemných vôd, najmä v horských oblastiach. Preto sa pri hodnotení chemického zloženia zrážkových vôd uplatňujú výsledky 25-ročného monitorovania kvality snehovej pokrývky. Reprodukovateľnosť týchto údajov sa v požadovanej miere zabezpečila porovnaním s hodnotami mokrej a suchej depozície za

niekoľko zimných polrokov na pozadovej zrážkomernej stanici EMEP Chopok (Babiaková et al. 1987).

5.10.2. Vyhodnotenie výsledkov

Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku stanovené na základe výsledkov monitorovania v nepravidelnej sieti 44 odberových miest je veľmi variabilné. Hodnota celkovej mineralizácie sa pohybuje od $3,9 \text{ mg.l}^{-1}$ do $162,8 \text{ mg.l}^{-1}$, pričom najnižšie hodnoty sú dokumentované v oblasti Vysokých Tatier, Nízkych Tatier a Veľkej Fatry. Najvyššie hodnoty mineralizácie sa viažu na nížinné oblasti a medzihorské depresie, kde sa sústreďuje osídlenie, priemysel a poľnohospodárske aktivity. Všeobecne však možno povedať, že maximálne hodnoty sú viazané priamo na veľké mestské a priemyselné aglomerácie ako Bratislava, Košice, resp. na veľké bodové zdroje znečistenia atmosféry a pod.

V našich geograficko - klimatických podmienkach variabilita chemického zloženia snehovej pokrývky odráža predovšetkým pôvod vzduchových hmôt, synoptickú situáciu, množstvo zrážok (v prípade snehovej pokrývky jej vodnú hodnotu), globálne, regionálne a lokálne znečistenie atmosféry, charakter suchého spádu (morská, terestrická, antropogénna emisia), dĺžka trvania snehovej pokrývky a chod teploty vzduchu.

Významné sú zistenia o značne nízkom pH roztoku z roztopeného snehu, ktorý následne reaguje najskôr s vegetačným a pôdnym pokryvom a potom s horninovým prostredím, pričom sa jeho chemické zloženie značne metamorfuje a nastávajú negatívne zmeny najmä v pôdnom profile (napr. znižovanie obsahu bázických kationov a nutrientov). Dôsledky týchto zmien postihujú najmä vegetáciu, ale aj iné prírodné receptory. Takéto procesy sú aktuálne najmä v oblastiach budovaných granitoidnými horninami (ako napr. v Tatrách), teda v prostredí, ktoré má najmenšiu hydrolytickú kapacitu. Z tohto hľadiska je významný fakt, že za doterajšie obdobie pozorovania takmer polovica vzoriek (46,9 %) má hodnotu $\text{pH} < 4,4$ a viac ako 10 % vzoriek hodnotu $\text{pH} < 4,0$. Na druhej strane sa vyskytujú prípady s pH v rozmedzí hodnôt 9–10, čo je zapríčinené alkalickými úletmi najmä v blízkosti cementárni a magnezitového priemyslu (typickým príkladom je odberové miesto Zádielska dolina, kde sa hodnoty pH pohybovali v rozmedzí 3,92 – 9,42).

Základné štatistické parametre chemického zloženia snehovej pokrývky v jednotlivých pozorovaných lokalitách za 25-ročnú dobu monitorovania sú uvedené v práci Bodiš-Lopašovská-Lopašovský-Rapant (2000). Z hľadiska vývoja celkovej mineralizácie, ktorá predstavuje globálnu charakteristiku chemického zloženia snehov možno povedať, že najväčšie prekročenía priemerných hodnôt boli zistené na lokalitách v Pezinskej Babe, Patinciach, Zádielskej doline, Vojanoch, Bratislave – Slovnafte, Plešivci, Ružomberku a

Hajnačke. V uvedených oblastiach má najväčší vplyv lokálna kontaminácia atmosféry pochádzajúca prevažne z priemyselných emisií alkalického a kyslého charakteru.

Ako „pozadová oblasť“ bol vyčlenený výškový profil vo Vysokých Tatrách (Lomnický štít – Skalnaté pleso – Tatranská Lomnica) s hodnotami pomeru celoslovenských priemerných koncentrácií ku reálnym hodnotám v intervale 0,57 – 0,62. Pri týchto lokalitách, ale aj všeobecne možno sledovať znižovanie hodnôt pH v závislosti od zvyšovania nadmorskej výšky odberového miesta.

Maximálne obsahy síranov, foriem dusíka a chloridov sú spôsobené v prevažnej miere emisiami SO_x , NO_x poprípade Cl. Pomerne veľký podiel na chemickom zložení snehu má tzv. morský aerosól (Na a Cl) a terigénny materiál (najmä Ca, v našich podmienkach sú však najvyššie obsahy viazané na okolie cementárni a úpravni magnezitu, kde sa hodnoty pH pohybujú okolo 9,0). Maximálne obsahy Zn, Fe a Mn sú typické pre veľké mestské aglomerácie so sústredeným priemyslom.

Ak hodnotíme celkovú mineralizáciu snehu ako výsledok kumulatívneho vplyvu od jeho vzniku až po globálne a lokálne faktory, potom distribúcia najnižších priemerných hodnôt je viazaná na horské oblasti a pohybuje sa okolo 10 mg/l. Maximálne priemerné hodnoty sú silno ovplyvnené lokálnou antropogénnou činnosťou viazanou na mestské aglomerácie a ich okolie. Výsledný efekt antropogénnych aktivít vedie ku dvom základným efektom. Snehový roztok má kyslý charakter (pH 5,0–6,0), alebo výrazne alkalický s hodnotami pH okolo 8,0–9,0 pri vysokých priemerných hodnotách celkovej mineralizácie. Prvý typ sa vyskytuje hlavne v okolí Bratislavy s rozsahom priemerných hodnôt mineralizácie 21–31 mg/l s extrémnymi priemernými hodnotami až 79 mg/l, oblasti Patiniec, Ružomberku, Nitra, Vojan, Handlovej - Novák, a pod. Druhý typ je predovšetkým spojený s alkalickými úletmi, zdrojom ktorých sú najmä výroba cementu a spracovanie magnezitu. Sem patria lokality Pezinská Baba, Zádielska dolina a oblasť Jelšavy s priemernými hodnotami celkovej mineralizácie okolo 27 mg/l a maximálnymi obsahmi nad 100 mg/l, čo naznačuje na rozpúšťanie alkalických úletov z uvedených zdrojov v dôsledku čoho dochádza ku extrémnym nárastom hodnôt pH.

Jeden z dôležitých cieľov monitoringu kvality snehovej pokrývky je postihnúť priebeh a variabilitu chemického zloženia. Zo štatistického hľadiska je zatiaľ monitorovací rad 25 rokov nedostatočný pre prognózovanie, určenie trendov a podobných spôsobov spracovania. Doterajšie výsledky možno zhrnúť nasledovne:

- hodnoty celkovej mineralizácie majú náznak cyklických zmien s intervalom cca 12 rokov, t.j. v rozsahu od začiatku pozorovania – 1976 do roku 1989 (kedy boli hodnoty celkovej mineralizácie podobné ako na začiatku monitorovania); nasledovný cyklus je však vo svojom priebehu nižší v maxime, okolo 15 mg/l -

príčinu vidíme vo zvýšených aktivitách v oblasti vypúšťania emisií a tiež poklese priemyselných aktivít, teda lokálneho vplyvu poklesu výroby po roku 1989

- priebeh hodnôt pH má počas monitorovacieho obdobia výrazne cyklický charakter s charakteristickým zvýšením pH po roku 1989 až nad hodnoty pH 5; svedčí to hlavne o znížení podielu aniónov silných kyselín, hlavne síranov a dusičnanov, čo súvisí so znižovaním emisií SO_x a NO_x v tejto perióde
- v priebehu obsahov síranov možno pozorovať ich pokles a v rokoch 1996 a 1997 mierny nárast
- podobný charakter koncentrácií počas monitoringu vykazuje aj obsah dusičnanov
- hodnoty koncentrácie amónia, možno povedať majú klesajúci trend v celom monitorovacom období s rozdielom až 1 mg/l na začiatku a v roku 1997.

Základný obraz o časovom vývoji chemického zloženia snehov pri zohľadnení základných faktorov jeho tvorby možno objasniť nasledovne. V úvahe budeme vychádzať zo vzťahu medzi nadmorskou výškou odberového miesta a mineralizáciou, resp. jej vybranými zložkami (obr. 5.10.2, 5.10.3 a 5.10.4). Najvýraznejšiu závislosť poklesu sledovaných parametrov s rastúcou nadmorskou výškou možno pozorovať u hodnôt celkovej mineralizácie, z čoho môžeme usudzovať na významný vplyv, resp. rozdiel medzi globálnym, regionálnym a lokálnym charakterom chemického zloženia snehu. Zároveň nám toto rozdelenie naznačuje na jednoduché pravidlo „čím je snehová pokrývka uložená vo vyššej polohe, tým je snehový roztok čistejší“. Samozrejme v horských oblastiach, okrem turistických a rekreačných aktivít je oveľa menšia miera vplyvu zdrojov a emisií. Následne z pohľadu acidity snehových roztokov možno konštatovať (obr. 5.10.5), že sneh s vyššou hodnotou celkovej mineralizácie má vyššie hodnoty pH. Uvedený vzťah má rozhodne svoje výnimky pri uvážení prevládajúceho charakteru jednotlivých iónov. Tieto vzťahy nás viedli k rozdeleniu odberových miest podľa príslušných výškových pásiem, ktoré v našich prírodných podmienkach reprezentujú jeden zo základných faktorov tvorby chemického zloženia snehu.

K zaujímavým výsledkom prichádzame, ak odberové body rozdelíme do výškových pásiem a hodnotíme časový vývoj mineralizácie z hľadiska priebehu minima, maxima, mediánu a aritmetického priemeru (obr. 5.10.6 až 5.10.10). Vo výškovom pásme do 300 m n.m. sa v maximálnych hodnotách opakujú lokality Patince a Bratislava – Slovnaft, pomerne veľký rozdiel medzi mediánom a priemernou hodnotou naznačuje na veľký rozptyl hodnôt v priebehu monitorovania a tým aj síce pomerne stále, ale v absolútnych hodnotách vysoké zaťaženie atmosféry a následne aj snehových roztokov v tomto výškovom pásme. Vo výškovom pásme 300 – 500 m n.m. sa maximálne hodnoty vyskytujú v lokalite Nitra – Zobor, pričom v porovnaní s prvým výškovým pásmom sú podobné, na rozdiel od stredných hodnôt, ktoré sú v hodnotenom pásme nižšie. Vo výškovom pásme 500 – 700 m n.m. v maximálnych

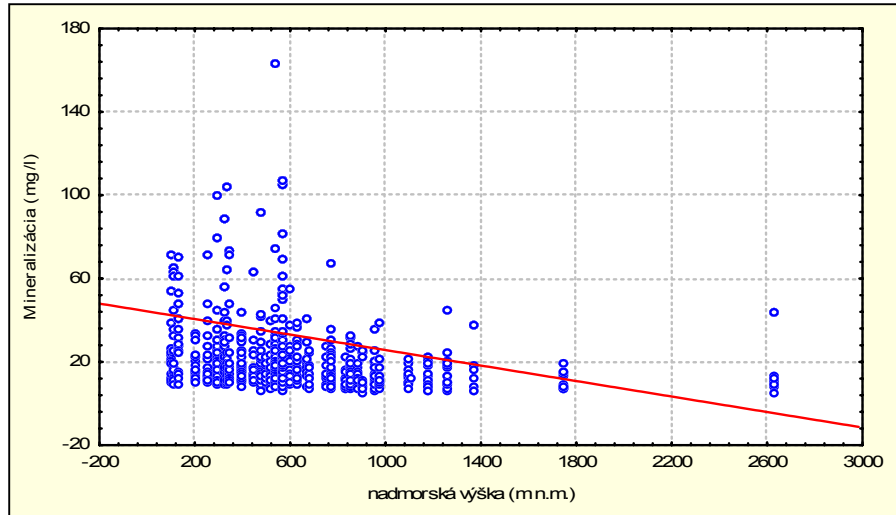
hodnotách mineralizácie dominujú lokality Zádielska dolina, Ružomberok a Pezinská Baba s najvyššími hodnotami zo všetkých sledovaných lokalít. Výškové pásmo 700 – 1000 m n.m. je v porovnaní z predchádzajúcimi vo všetkých sledovaných parametroch jasne nižšie. Maximá sa opakujú iba v prípade lokality Branisko, inak sú rozptýlené. Výškové pásmo nad 1000 m n.m. je charakteristické striedaním maximálnych hodnôt celkovej mineralizácie a v roku 1981 sa maximum vyskytlo dokonca na najvyššie položenom odberovom mieste na Lomnickom štíte. Je možné povedať, že variabilita chemického zloženia snehu v jednotlivých výškových pásmach a tiež vo vzťahu k pozadovej lokalite je špecifická a jednoznačne nevykazuje v mnohých prípadoch očakávané závislosti.

5.10.3. Zhrnutie

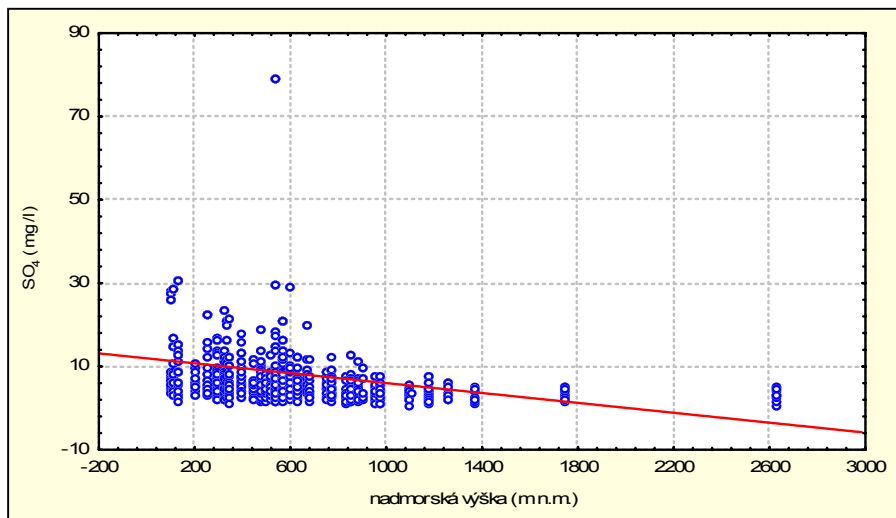
Výsledkami monitoringu kvality snehovej pokrývky boli identifikované globálne a lokálne vplyvy na chemické zloženie snehu a zákonitosti medzi jednotlivými iónmi. V hlavnej miere globálnymi vplyvmi sú charakterizované tzv. horské lokality ako Čertovica, Chopok-J a S, Donovaly, Lomnický Štít, Tatranská Lomnica, Skalnaté a Štrbské pleso. Lokálnymi vplyvmi sú najviac postihnuté tzv. nížinné oblasti ako oblasť Bratislavy, Patince, Prievidza-Handlová, Žiar, Vojany a pod.

Vývoj chemického zloženia snehu je hodnotený najmä z hľadiska nadmorskej výšky odberového miesta ku celkovej mineralizácii a jej vybraným zložkám a vzťahu medzi mineralizáciou snehu k hodnotám pH.

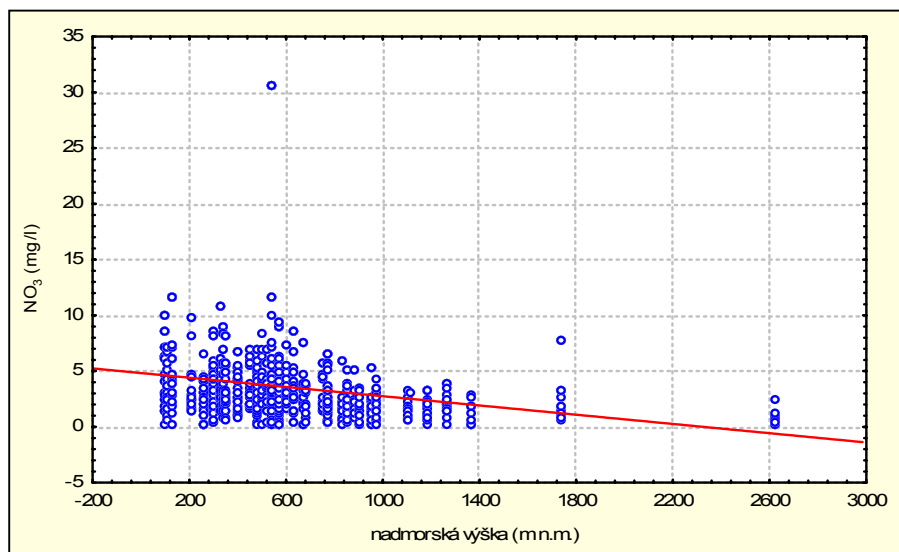
Najvýraznejšiu lineárnu závislosť poklesu sledovaných parametrov s rastúcou nadmorskou výškou možno pozorovať u hodnôt celkovej mineralizácie, z čoho môžeme usudzovať na významný vplyv, resp. rozdiel medzi globálnym, regionálnym a lokálnym charakterom chemického zloženia snehu. Predpokladáme však, že uvedené smery vývoja sú ovplyvnené dĺžkou monitorovacieho obdobia, pretože množstvo faktorov uplatňujúcich sa od začiatku tvorby zrážok až po konečné chemické zloženie si vyžaduje dlhodobjšie, tzv. historické rady pozorovaní. Dôležitým faktorom sa javia intenzívnejšie legislatívne a praktické opatrenia na celkové znižovanie emisií v atmosfére a obdobie po roku 1989, súvisiace pravdepodobne so znižovaním priemyselných aktivít.



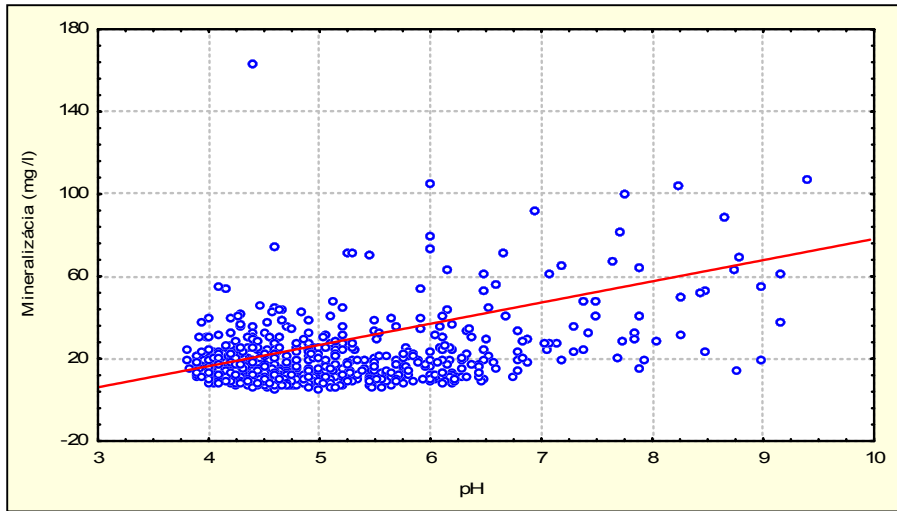
Obr. 5.10.2 Vzťah medzi nadmořskou výškou lokality a mineralizáciou



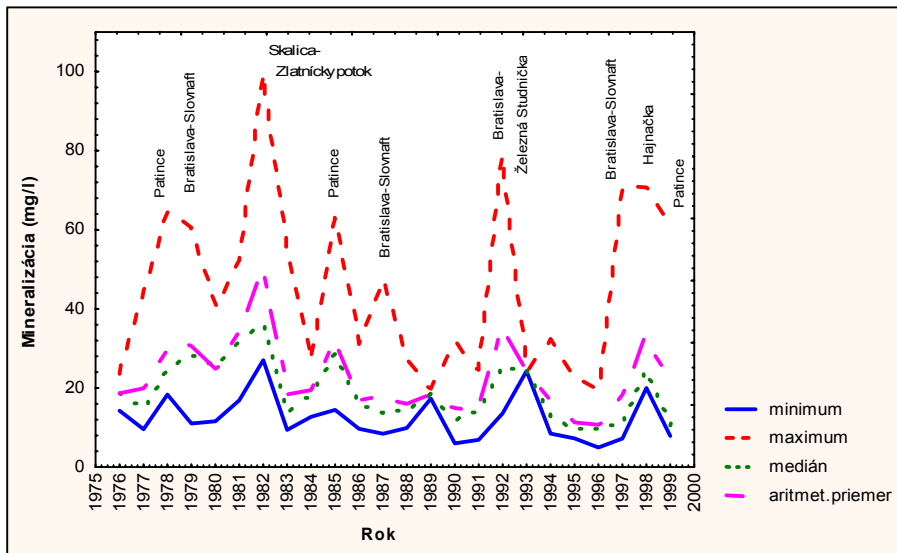
Obr. 5.10.3 Vzťah medzi nadmořskou výškou lokality a obsahom síranov



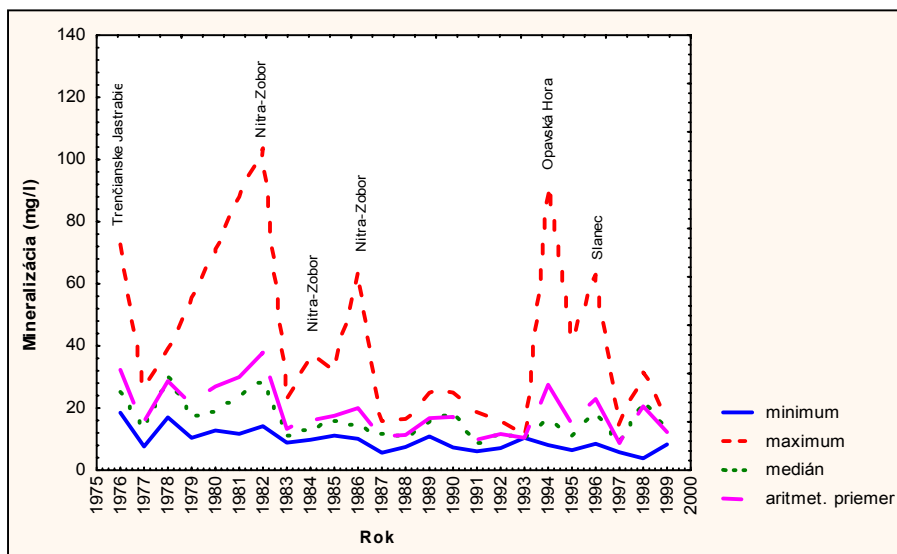
Obr. 5.10.4 Vzťah medzi nadmořskou výškou lokality a obsahom dusičnanov



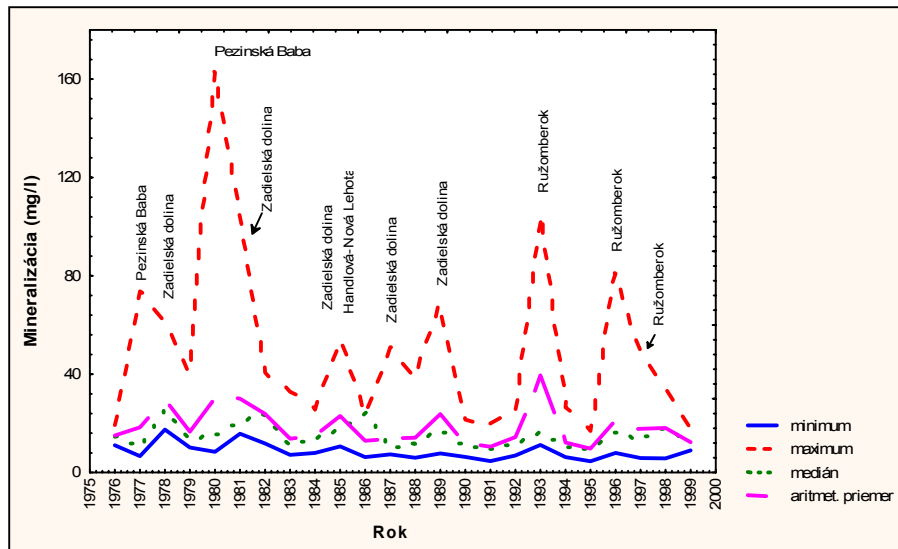
Obr. 5.10.5 Vzťah medzi pH a celkovou mineralizáciou snehu



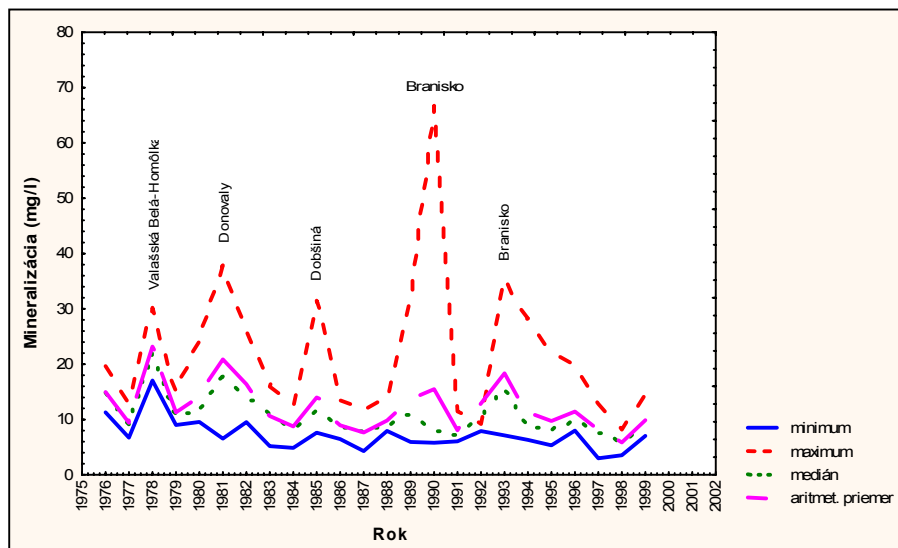
Obr. 5.10.6 Časový vývoj mineralizácie (nadm. výška do 300 m n.m.)



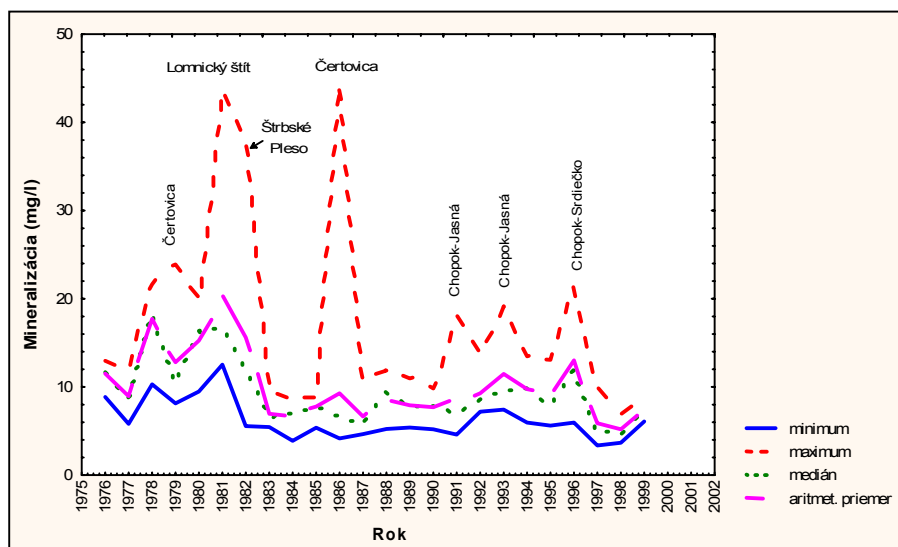
Obr.5.10. 7 Časový vývoj mineralizácie (nadm. výška 300-500 m n.m.)



Obr. 5.10.8 Časový vývoj mineralizácie (nadm. výška 500-700 m n.m.)



Obr. 5.10.9 Časový vývoj mineralizácie (nadm. výška 700-1000 m n.m.)



Obr. 5.10.10 Časový vývoj mineralizácie (nadm. výška nad 1000 m n.m.)

5.11. MONITORING SEIZMICKÝCH JAVOV NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Cieľom subprojektu č.11 je monitorovanie seizmických javov (t.j. zemetrasení a priemyselných explózií), ich analýza, lokalizácia zemetrasení s epicentrom na území SR alebo zemetrasení makroseizmicky pozorovaných na území SR, tvorba národnej seizmologickej databázy a pravidelná medzinárodná výmena vybraných údajov.

Seizmologická databáza obsahujúca údaje o zemetraseniach s epicentrom na území SR i zemetraseniach, ktoré mali epicentrum mimo územia SR, avšak prejavili sa makroseizmickými účinkami na území SR, je základnou podmienkou pre zhodnotenie seizmického ohrozenia jednak celého územia SR (napr. pre účely civilnej ochrany), jednak národohospodársky dôležitých lokalít (napr. lokalít jadrových elektrární, veľkých vodných diel, iných energetických komplexov, husto osídlených území).

Analýza a lokalizácia zemetrasení poskytuje aj nezastupiteľné údaje nutné pre geologický a tektonický výskum územia SR a pre výskum štruktúry celého zemskeho telesa.

5.11.1. Základné metodické prístupy

V rámci Monitorovania seizmických javov na území Slovenskej republiky je nepretržite meraná rýchlosť seizmického pohybu pôdy seizmometrami umiestnenými na stálych seizmických stanicach Geofyzikálneho ústavu SAV (GFÚ SAV). Z ďalšej analýzy sú vylúčené záznamy, ktoré obsahujú len technogénny alebo prírodný seizmický nepokoj. Na zostávajúcich záznamoch sú identifikované vzdialené a blízke seizmické javy a explózie. Pre každý seizmický jav sú určené časy príchodov jednotlivých druhov seizmických vln (fáz). Pre niektoré zemetrasenia sú odmerané amplitúdy a periódy vybraných fáz a vypočítané magnitúda.

Pokiaľ je k dispozícii dostatok údajov, zaznamenanému seizmickému javu sú priradené hypocentrálne údaje (geografické súradnice epicentra, hĺbka ohniska, čas vzniku zemetrasenia). Hypocentrálne údaje sú priradené buď na základe údajov z medzinárodných seizmologických centier alebo v prípade zemetrasenia, ktoré malo epicentrum pravdepodobne na území Slovenska alebo bolo na území Slovenska makroseizmicky pocítené, vykonáva GFÚ SAV lokalizáciu ohniska zemetrasenia. Pokiaľ na vlastnú lokalizáciu nie je dostatok údajov, je poloha epicentra odhadnutá pomocou polarizačnej analýzy a výpočtu epicentrálnej vzdialenosti zo záznamu. Pre makroseizmicky pocítené zemetrasenia na území Slovenska GFÚ SAV zhromažďuje a analyzuje okrem seizmometrických údajov aj makroseizmické údaje.

5.11.2. Monitorovacie prvky, frekvencia zberu dát

Monitorovacím prvkom je rýchlosť pohybu pôdy, ktorá je nepretržite meraná pomocou seizmometrov umiestnených na stálych seizmických staniciach Geofyzikálneho ústavu SAV (GFÚ SAV). Rýchlosť pohybu pôdy sa zaznamenáva alebo nepretržite v analógovej forme (na termopapier, na začadený papier alebo na fotopapier), alebo digitálne v tzv. trigrovanom režime (na magnetofónové pásky alebo priamo na hard disk). Trigrovaný režim znamená, že aparátúra neustále vyhodnocuje pomer krátkodobej a dlhodobej amplitúdovej úrovne signálu. Ak tento pomer prekročí vopred stanovenú prahovú hodnotu, spustí sa záznam na záznamové médium. Takto sa na pamäťové médium zaznamenávajú len seizmické javy, ktoré sú amplitúdovo nad dlhodobou úrovňou seizmického nepokoja na danej stanici, ale digitálny záznam má vyššiu kvalitu ako analógový záznam a umožňuje aj také druhy analýz, aké analógový záznam principiálne neumožňuje. Zaznamenané javy sú prenášané do spracovateľského centra GFÚ SAV alebo okamžite, v tzv. on-line režime, pomocou telemetrie alebo dátového prenosu cez Internet, alebo s oneskorením, v tzv. off-line režime, poštovými zásielkami cca raz za dva týždne. V prípade zemetrasenia s epicentrom na území Slovenska alebo zemetrasenia makroseizmicky pozorovaného na území Slovenska sú údaje zaznamenané seizmickými stanicami pracujúcimi v off-line režime poslané do spracovateľského centra na vyžiadanie okamžite. V GFÚ SAV sú zaznamenané údaje prevedené na disk PC, kde sú prehliadané a analyzované pomocou špeciálneho seizmologického softwaru.

Geofyzikálny ústav SAV zhromažďuje a analyzuje okrem seizmometrických údajov aj makroseizmické údaje o zemetraseniach. Makroseizmické údaje popisujú účinky zemetrasenia na ľuďoch, predmetoch, stavbách a prírode. Ak je zemetrasenie pocítené na území Slovenska, GFÚ SAV rozosiela makroseizmické dotazníky tým občanom a inštitúciám, ktoré sa písomne alebo telefonicky prihlásili na výzvy zverejnené v masovokomunikačných prostriedkoch (Príloha 11.39, 11.40).

Údaje obsiahnuté v makroseizmických dotazníkoch a prípadné ďalšie údaje sú vyhodnocované podľa 12 stupňovej makroseizmickkej stupnice MSK-64, resp. od roku 1999 EMS-98. Pre každé miesto, z ktorého sú dostupné makroseizmické údaje, je určená makroseizmická intenzita. Jednotlivé intenzitné body sú vykresľované v mapách. V prípade dostatočného počtu intenzitných bodov sú v mapách vykresľované aj izoseisty (čiary oddeľujúce oblasti s rôznou intenzitou).

Geofyzikálny ústav SAV sa podieľa na štandardnej medzinárodnej výmene údajov zo seizmických staníc v rámci celosvetovej seizmickej siete. GFÚ SAV zasiela údaje zo svojich seizmických staníc, získava údaje zo seizmických staníc okolitých štátov a rýchle predbežné, neskôr upresnené, lokalizácie väčších zemetrasení z medzinárodných centier. Získané údaje

GFÚ SAV spätne využíva na ďalšiu analýzu seizmických záznamov zo slovenských staníc. Proces analýzy údajov o zemetrasení je teda interaktívny a iteratívny.

Dvakrát týždenne je zasielaný z GFÚ SAV tzv. "seismo report" do medzinárodných centier - "U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center" (USGS NEIC, USA), "Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM, Francúzsko) a 12 inštitúcií v iných európskych štátoch. "Seismo report" obsahuje časy príchodov identifikovaných fáz, amplitúdy a periódy vybraných fáz, lokálne magnitúda a predbežné epicentrálne vzdialenosti pre jednotlivé zaregistrované zemetrasenia. Na základe týchto informácií medzinárodné centrá vykonávajú predbežné rýchle lokalizácie zemetrasení, ktoré sú spätne zasielané do jednotlivých štátov. V národných centrách sú potom záznamy zemetrasení reinterpretované a upresnené údaje sú zasielané do medzinárodného centra "International Seismological Centre" (ISC, Veľká Británia) vo forme tzv. staničných mesačných bulletinov. Po spracovaní týchto údajov ISC vydáva tzv. mesačný bulletin ISC, ktorý obsahuje definitívne lokalizácie a údaje o zemetraseniach. Mesačný bulletin ISC je k dispozícii s 2.5 ročným oneskorením. Na jeho základe sú seizmické záznamy znovu reinterpretované a údaje sú upresnené a doplnené.

5.11.3. Výber a charakteristika lokalít

Lokality merania sú dané polohami už vybudovaných stálych seizmických staníc Geofyzikálneho ústavu SAV: Železná studnička (ZST), Šrobárová (SRO), Skalnaté Pleso (SPC), Hurbanovo (HRB), Modra (mod), Vyhne (vyh) a Košice (kos). Mapa s vyznačenou polohou týchto seizmických staníc je v prílohe 11.41. Zemepisné súradnice staníc sú uvedené v tab. 5.11.1.

Seizmická stanica Železná studnička je časťou subprojektu č.11 od roku 1995. Počas celého obdobia 1995-2000 pracuje v on-line režime prenosu zaznamenaných údajov pomocou telemetrie. V období 1.1.1995-3.6.1997 bola na stanici v prevádzke trojzložková krátkoperiodická registrácia. Zemetrasenia boli zaznamenávané jednak na analógové záznamové médium (fotopapier a termopapier), jednak v digitálnej forme. Dňa 3.6.1997 bola na stanici uvedená do prevádzky 6-kanálová digitálna širokopásmová aparátúra. Súbežná porovnávacia registrácia s analógovou aparátúrou skončila 15.10.1997.

Seizmická stanica Šrobárová je časťou subprojektu č.11 od roku 1995. V období 1995-2000 pracovala stanica v off-line režime prenosu zaznamenaných údajov. Do mája 1997 bola na analógové záznamové médium (fotopapier) zaznamenávaná len vertikálna zložka pohybu. V máji 1997 bola uvedená do prevádzky 3-kanálová krátkoperiodická

digitálna aparátúra. Do 1.8.1998 prebiehali súbežne analógová aj digitálna registrácia. Dňa 1.8.1998 bola analógová registrácia ukončená.

Tab. 5.11.1. Zemepisné súradnice staníc GFÚ SAV

Seizmická stanica	Zemepisná šírka	Zemepisná dĺžka	Nadmorská výška	Geologické podložie
Železná studnička (ZST)	48°11'46'' N	17°06'09'' E	250 m	granodiorit
Šrobárová (SRO)	47°48'48'' N	18°18'48'' E	150 m	pieskovce
Skalnaté Pleso (SPC)	49°11'20'' N	20°14'42'' E	1 772 m	granit
Hurbanovo (HRB)	47°52'25'' N	18°11'34'' E	115 m	pieskovce
Modra (mod)	48°22'23'' N	17°16'39'' E	520 m	kremičitany
Vyhne (vyh)	48°29'38'' N	18°50'10'' E	450 m	ryolit
Košice (kos)	48°43'48'' N	21°15'01'' E	206 m	granit

Seizmická stanica Skalnaté Pleso je časťou subprojektu 11 od roku 1995. Stanica pracovala v off-line režime prenosu zaznamenaných údajov. Na stanici bola v prevádzke jednozložková krátkoperiodická analógová (fotopapier) registrácia. Dňa 13.1.1998 bola registrácia na seizmickej stanici SPC ukončená kvôli nepriaznivým registračným podmienkam a nedostatku záznamového média.

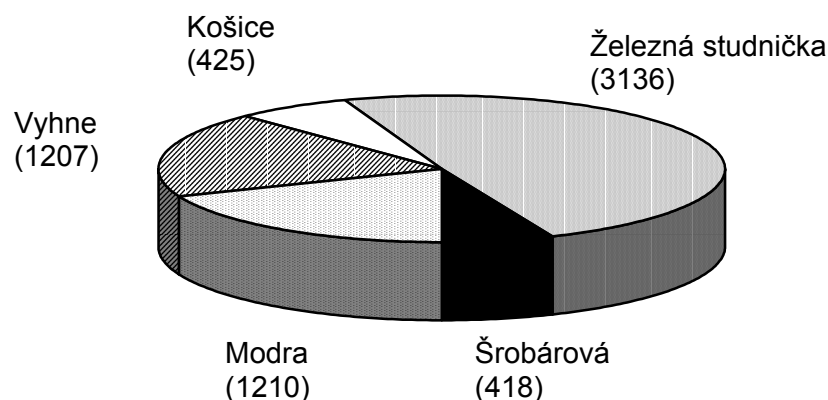
Seizmická stanica Hurbanovo je časťou subprojektu č.11 od roku 1995. Seizmická stanica HRB je najstaršou stanicou na území Slovenska – registruje už od roku 1902. Má historický, avšak stále aj vecný význam. Na stanici je v prevádzke dvojzložková stredneperiodická registrácia na analógové záznamové médium (začadený papier). Javy zaznamenané touto stanicou sú v súčasnosti interpretované len vo výnimočných prípadoch.

Seizmická stanica Modra je časťou subprojektu č.11 od roku 1996. V období 1996-1998 bol na stanici Modra dlhodobý výpadok registrácie spôsobený zmenou registrácie, inštaláciou novej aparátúry a vodotesného krytu. Dňa 26.4.1999 bola stanica znovu uvedená do prevádzky. Na stanici je v prevádzke trojzložková krátkoperiodická aparátúra s digitálnou registráciou. Stanica pracovala v off-line režime prenosu zaznamenaných údajov. Dňa 29.5.2000 bol do prevádzky uvedený on-line režim prenosu zaznamenaných údajov pomocou Internetu.

Seizmické stanice Vyhne a Košice sú časťou subprojektu č.11 od roku 1996. Stanice pracujú v off-line režime prenosu zaznamenaných údajov. Na stanicach je v prevádzke trojzložková krátkoperiodická aparátúra s digitálnou registráciou.

5.11.4. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Stála sieť seizmických staníc GFÚ SAV na Slovensku zaznamenala v období od 1.1.1995 do 31.12.2000 viac ako 21 676 zemetrasení a explózií. Celkovo bolo na záznamoch identifikovaných 37 680 fáz, 1 259-krát bola vykonaná polarizačná analýza, bolo určených 2 285 amplitúd a períód vybraných fáz, 4 313 predbežných epicentrálnych vzdialeností a 1 787 magnítud. Podiel jednotlivých seizmických staníc na celkovom počte identifikovaných fáz na záznamoch v roku 2000 je znázornený na obr. 5.11.1. Vzhľadom na pomerne početné zásahy do prístrojového vybavenia a spôsobu registrácie jednotlivých staníc v období 1995-2000 (kapitola 5.11.4) nemá zmysel porovnávať podiel jednotlivých seizmických staníc na celkovom počte identifikovaných fáz na záznamoch za celé uvažované obdobie.



Obr. 5.11.1. Podiel jednotlivých seizmických staníc na celkovom počte identifikovaných fáz na záznamoch v roku 2000

V období od 1.1.1995 do 31.12.2000 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 35 zemetrasení, z toho 29 s epicentrom na území Slovenska. Z celkového počtu 35 zemetrasení bolo seizmometricky lokalizovaných 22 zemetrasení. Dňa 12.5 1999 o približne 00:00 UTC bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie na severe Slovenska v obciach Malatiná, Osádka a Pokrývač. Zemetrasenie nebolo zaznamenané seizmickými stanicami a lokalizácia tohto zemetrasenia bola vykonaná len na základe makroseizmických údajov. V období 28.10.1999-12.11.2000 došlo v okrese Krupina k sérii zemetrasení, z ktorých 17 sa prejavilo aj makroseizmickými účinkami. Prvé a zároveň najsilnejšie bolo zemetrasenie dňa 28.10.1999 o 16:06 UTC. Toto a štyri ďalšie zemetrasenia boli zaznamenané aj seizmickými stanicami. Pre žiadne ďalšie zemetrasenie nebolo možné vzhľadom na nedostatok seizmometrických údajov vykonať seizmometrickú lokalizáciu.

V období 1995-2000 došlo k zemetraseniam s makroseizmickými účinkami v už známych zdrojových zónach Slovenska (severné Slovensko 2 zemetrasenia, východné

Slovensko 1 zemetrasenie, stredné Slovensko 1 zemetrasenie, oblasť Dobrej Vody 5 zemetrasení), ale aj v oblastiach, pre ktoré sme nemali k dispozícii žiadne údaje o predchádzajúcich zemetraseniach. Ide o už spomenutú, oblasť Krupiny (kde bolo v priebehu 2 týždňov makroseizmicky pozorovaných 17 zemetrasení) a o okolie Veľkého Mederu, kde boli pozorované 3 zemetrasenia s makroseizmickými účinkami. Tento fakt indikuje možnosť výskytu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení aj v oblastiach bez dokumentovanej historickej seizmickej aktivity.

Okrem makroseizmicky pozorovaných zemetrasení bolo v období 1995-2000 seizmometricky lokalizovaných 18 mikrozemetrasení s epicentrom na území Slovenska. Tento počet však nevystihuje skutočnú seizmickú aktivitu na území Slovenska. Súčasná seizmická sieť GFÚ SAV umožňuje lokalizáciu len tých zemetrasení, ktoré majú magnitúdu väčšie ako 2.5-3. To však znamená, že táto seizmická sieť neumožňuje monitorovať tzv. mikrozeizmickú aktivitu v jednotlivých aktívnych zónach a lokalizovať slabé javy zaznamenané len jednou - dvoma zo súčasných slovenských staníc. Mikrozeizmická aktivita pritom existuje a absencia údajov o nej má viaceré negatívne dôsledky. Napríklad v ohniskovej zóne Dobrá Voda bola v období 1.11.1997-31.10.2000 zaznamenaná zvýšená mikrozeizmická aktivita. V tomto období bolo na základe údajov zo seizmických staníc lokálnych sietí v okolí lokalít Atómových elektrární Bohunice a Mochovce zlokalizovaných 42 zemetrasení s epicentrom v zdrojovej zóne dobrá Voda s lokálnym magnitúdom $M_L \geq 1$.

V období od 1.1.1995 do 31.12.2000 došlo k viacerým zmenám v technickom zabezpečení monitorovania, spracovania a analýzy záznamov. Dňa 13.1.1998 bola ukončená registrácia na seizmickej stanici Skalnaté Pleso z dôvodu nedostatku registračného média a kvôli nepriaznivým registračným podmienkam. V budúcnosti plánuje GFÚ SAV zriadenie digitálnej seizmickej stanice v lokalite Stará Lesná. Na seizmickej stanici Šrobárová je od 1.9.1998 v prevádzke nová digitálna registrácia, čo znamená náhradu registrácie na fotopapier registráciou na elektronické médiá a teda zvýšenú kvalitu získaných záznamov. Po prekonaní technických problémov a ukončení skúšobnej registrácie bola dňa 26.4.1999 znovu uvedená do prevádzky seizmická stanica Modra-Piesky. Ako ukazujú doterajšie výsledky, seizmické záznamy z tejto stanice sú veľmi užitočné a výrazne skvalitňujú monitorovanie seizmickej aktivity v juhozápadnej časti SR. V roku 1999 boli do spracovateľského softvéru zabudované frekvenčné charakteristiky seizmických kanálov jednotlivých staníc. To umožňuje rutinný výpočet magnitúd pre záznamy zo všetkých staníc, ktorý bol predtým možný len zo záznamov seizmickej stanice Železná studnička.

Rozvinula sa úzka spolupráca medzi GFÚ SAV a správcom lokálnych seizmických sietí v okolí lokalít Atómových elektrární Bohunice a Mochovce. Vzájomná výmena dát a poznatkov poskytuje informácie o mikrozeizmickej aktivite zmienených lokalít, najmä však

ohniskovej zóny Dobrá Voda. Zlepšuje možnosť lokalizovať slabé zemetrasenia na území celého západného a stredného Slovenska.

5.11.5. Závěry a doporučenia

Na monitorovanie seizmickej aktivity na území Slovenska je nevyhnutné vybudovať hustejšiu a modernejšiu sieť seizmických staníc (vybudovať "on-line" spojenie medzi GFÚ SAV a všetkými seizmickými stanicami, aby bola možná včasná lokalizácia a analýza zemetrasení) a vybudovať lokálne seizmické siete v jednotlivých známych ohniskových zónach.

5.12. MONITOROVANIE CHEMICKÉHO ZLOŽENIA RIEČNYCH SEDIMENTOV

Riečny sediment reprezentuje (Bodiš, Rapant, 1999) častice odvozené z hornín alebo biologických materiálov znosovej oblasti, ktoré boli transportované kvapalnou fázou, alebo pevnú, resp. suspendovanú fázu (anorganický a organický sestón) usadzovanú z vody. Riečny sediment je teda jemnozrnný dnový (resp. príbrežný, brehový) sediment akumulovaný pri vhodných podmienkach prúdenia v povrchovom toku, ktorý poskytuje citlivú indikáciu kumulovaného účinku vody sprostredkovanú ukladaním suspendovaného materiálu, ako aj rozpustných zložiek koncentrovaných najmä prostredníctvom sorpčných reakcií.

Riečny sediment sa stal stredobodom záujmu mnohých výskumných projektov a prác nielen vo svete, ale aj na Slovensku. Svedčí o tom množstvo prác prezentovaných vo svetových aj našich odborných publikáciách a časopisoch. Dôvodom zvýšeného záujmu o neho sú jeho vlastnosti a genéza, ktoré umožňujú na základe jeho štúdia urobiť dôležité závery v rámci prospekčných, geochemických a v poslednom období veľmi významných environmentálnych hodnotení. Riečne sedimenty sú prostredím, v ktorom prebieha podstatná časť samočistiacich procesov v povrchových tokoch. V našich prírodných podmienkach predstavujú z environmentálneho hľadiska (predovšetkým ich najjemnejšia zrnitostná frakcia) najdôležitejšie vzorkovacie a hodnotiace médium, najmä v dôsledku široko rozvinutej riečnej siete a relatívne silno členitého reliéfu. V jemnej frakcii (cca pod 0,125 mm) riečneho sedimentu, vplyvom jeho silnej sorpčnej kapacity, dochádza k sorpcii, zrážaniu a zachytávaniu prvkov prinášaných do tokov prestupujúcimi povrchovými a podzemnými vodami. V zložení sedimentu sa prejavujú nielen drobné úlomky a produkty zvetrávania hornín, ale aj chemické prvky a látky vymývané a vylúhované z pôd. Riečny sediment teda necharakterizuje len samotný vodný tok, ale odráža aj geochemický charakter pôd, hornín a produktov ich zvetrávania v povodí.

5.12.1. Metodika práce

Cieľom monitorovacieho subsystému je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahov vybraných prvkov v ARS hlavných tokov Slovenska, vplyvom antropogénnych a geogénnych podmienok. Následným krokom je environmentálne zhodnotenie a určenie potenciálneho rizika ohrozenia prirodzenej rovnováhy vo vodnom ekosystéme.

Odber vzoriek je realizovaný metódou tzv. asociačnej vzorky, pozdĺž brehu povrchového toku, do obalov z PVC, v hydrodynamických podmienkach vhodných na

ukladanie jemnozrnných sedimentov. Hmotnosť odoberanej asociačnej vzorky je cca 3 kg. Zvyšok odoberatých vzoriek je po analýze archivovaný pre prípad ďalšieho použitia a kontroly výsledkov.

Úprava odoberatých asociačných vzoriek je realizovaná sušením pri laboratórnej teplote a sitovaním na frakciu 0,125 mm.

Analyzovaná asociácia prvkov:

- hlavné prvky: Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn
- stopové prvky: Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb

Vzorka ARS boli analyzované na celkový (totálny) obsah vybraných prvkov. Vzorky boli prevedené do roztoku:

- kompletným rozkladom kyselinou fluorovodíkovou a kyselinou chloristou
- rozkladom s obrátenou lúčavkou kráľovskou (stanovenie As, Se, Sb).

Použité boli nasledovné analytické techniky:

- plameňová AAS: Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn
- generovanie hydridov: As, Se, Sb
- TMA: Hg.

Na meranie bol využitý Atómový absorpčný spektrometer PE 3030B MHS-20, ortuťový analyzátor TMA 254.

Výsledky chemických analýz sú uložené v databázovom systéme ACCESS v.7.0.

Štruktúra bázy dát je nasledovná:

- poradové číslo (poradové číslo monitorovacieho bodu, zhodné s mapou)
- x (x-ová súradnica, súradnicového systému JTISK)
- y (y-ová súradnica, súradnicového systému JTISK)
- názov monitor. stanovišťa
- bližší popis (podrobný popis odberového bodu)
- ozn. profilu pov. vôd (označenie odberového bodu monitorovacej siete povrchových vôd SHMÚ prislúchajúceho k odberovému bodu monitorovacej siete ARS)
- riečny kilometer (príslušný riečny kilometer odber. bodu)
- do 110 (strata sušením do 110°C)
- 110-380 (strata žíhaním od 110°C do 380°C)
- 380-900 (strata žíhaním od 380°C do 900°C)
- Na%, K%, Mg%, Ca%, Fe%, Mn%, Al% (obsah príslušného prvku v hmotnostných percentách)
- Cr, Cu, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb (obsah príslušného prvku v ppm)
- stup_zn_A (vypočítaný stupeň znečistenia podľa referenčnej hodnoty A)
- prekr_A (prvky prekračujúce referenčnú hodnotu A)

- stup_zn_B (vypočítaný stupeň znečistenia podľa indikačnej hodnoty B)
- prekr_B (prvky prekračujúce indikačnú hodnotu B).

Odberové body boli digitalizované (súradnice x, y) a situované do digitalizovaného podkladu mapy riečnej siete Slovenska.

5.12.2. Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu

Výber odberových monitorovacích lokalít zohľadňuje nasledovné kritériá:

- uplatnenie zásad ekologickej účelnosti, t.j. situovanie odberových miest s predpokladaným antropogénnym zaťažením, resp. zameraný na lokality s požadovými hodnotami
- regionálny charakter monitorovacej siete, odberové miesta charakterizujú približne každých 50 km významného toku v jednotlivých hlavných povodiach Slovenska
- vybrané odberové miesta sú približne totožné s odberovými miestami pre monitoring kvality povrchových tokov. Uvedená podmienka je dôležitá pre komplexné vyhodnotenie povrchových tokov z hľadiska kvalitatívneho i kvantitatívneho
- (jedno z kritérií výberu bolo napr. zníženie triedy kvality povrchového toku na základe hodnoty skupinového ukazovateľa "D" z STN 75 7221 "Klasifikácia kvality povrchových vôd" z výsledkov monitorovacieho systému "Akosť vody v rokoch na Slovensku" SHMÚ).

Bola zriadená monitorovacia sieť s 47 referenčnými odberovými miestami vybranými podľa hore uvedených kritérií, tab. 5.12.1, obr. 5.12.1. Ide o nasledovné povodia (v zátvorke je uvedený počet odberových miest v povodí):

MORAVA (3)
VÁH a ORAVA (9)
NITRA a ŽITAVA (4)
HRON (5)
IPEL' (4)
MALÝ DUNAJ (1)

SLANÁ a RIMAVA (3)
POPRAD (2)
HORNÁD a TORYSA (5)
ONDAVA a TOPLA (4)
BODROG a LABOREC a LATORICA (5)
DUNAJ (2)

Poznámka: Dunaj je monitorovaný aj v rámci VD Gabčíkovo, Predpokladáme že, monitorovacia sieť sledovaných lokalít riečnych sedimentov sa bude modifikovať v nadväznosti so zmenami monitorovacieho systému povrchových vôd, ktorý zabezpečuje SHMÚ.

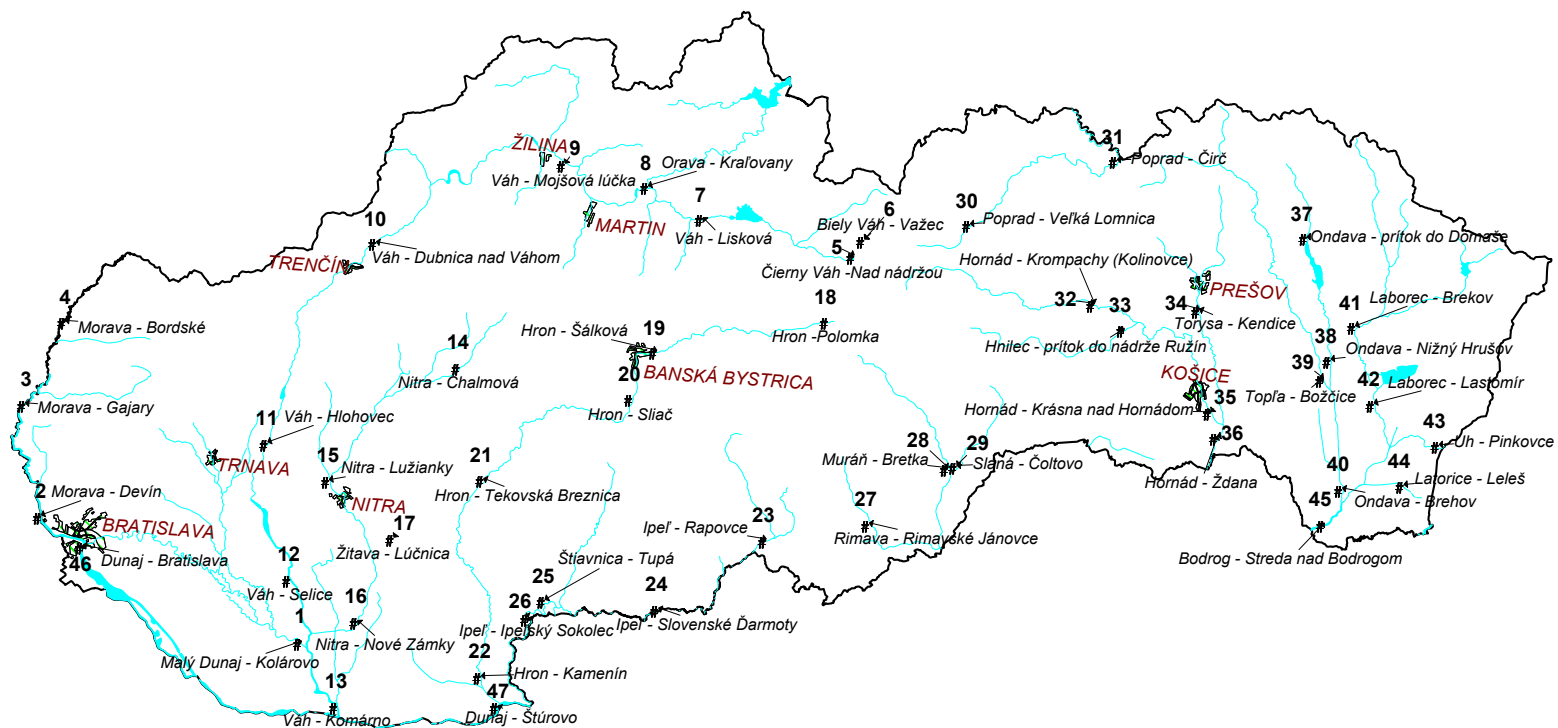
Vzorky sa odoberali jedenkrát ročne z každej lokality, v klimaticky stabilnom období, za rovnakých odberových podmienok.

Tab. 5.12.1. Zoznam monitorovacích stanovišť

Por.č	Názov monitorovacieho stanovišťa	Riečny km
1	Malý Dunaj – Kolárovo	2,50
2	Morava - Devínska Nová Ves	1,50
3	Morava – Gajary	44,50
4	Morava – Brodské	79,00
5	Čierny Váh - nad nádržou Čierny Váh	11,40
6	Biely Váh – Važec	15,00
7	Váh – Lisková	324,90
8	Orava – Kraľovany	0,30
9	Váh - nad Žilinou	260,70
10	Váh pod Dubnicou	177,80
11	Váh – Hlohovec	100,70
12	Váh – Selice	47,70
13	Váh – Komárno	3,00
14	Nitra – Chalmová	123,80
15	Nitra – Lužianky	65,60
16	Nitra - Nové Zámky	14,50
17	Zitava – Lúčenica	18,40
18	Hron – Polomka	243,40
19	Hron – Šáľková	181,40
20	Hron – Sliač	161,10
21	Hron - Tekovská Breznica	88,90
22	Hron – Kamenín	10,90
23	Ipeľ – Rapovce	137,90
24	Ipeľ - Slovenské Darmoty	89,50
25	Štiavnica – ústie	1,10
26	Ipeľ - Ipeľský Sokolec	35,20
27	Rimava - Rimavské Jánovce	26,50
28	Murán – Breťka	0,60
29	Slaná – Ľoltovo	28,30
30	Poprad - Veľká Lomnica	107,60
31	Poprad – Čirč	39,90
32	Hornád – Kolinovce	100,70
33	Hnilec - prítok do nádrže Ružín	4,10
34	Torysa – Kendice	49,90
35	Hornád - Krásna nad Hornádom	27,00
36	Hornád – Ždana	17,20
37	Ondava - prítok do nádrže Domaša	91,40
38	Ondava - Nižný Hrušov	42,00
39	Topľa – Božčice	3,20
40	Ondava – Brehov	4,20
41	Laborec – Brekov	59,90
42	Laborec – Lastomír	31,00
43	Uh – Pinkovce	18,50
44	Latorica – Leles	21,30
45	Bodrog - Streda nad Bodrogom	6,00
46	Dunaj - Bratislava(Petržalka)	1 869,00
47	Dunaj – Štúrovo	1 718,80

Obrázok 5.12.1 Lokalizácia monitorovacích stanovišť s poradovým číslom

mierka 1 : 1 600 000



5.12.3. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Výsledky analytických prác sú uložené v báze dát vo formáte ACCESS a v tejto správe prehľadne spracované pomocou základných štatistických metód (aritmetický priemer, štandardná odchýlka) pre každú monitorovanú lokalitu, označenú jej poradovým číslom – tab. 5.12.5 (pri použití týchto parametrov si však treba uvedomiť, že sú to parametre získane spracovaním piatich meraní).

Porovnanie s kvalitou povrchových vôd je znázornené na grafoch 5.12.1 až 5.12.13. Uvedené sú parametre, ktoré boli sledované aj v rámci monitoringu povrchových vôd.

Na y-ovej osi je uvedená hodnota I_r pre riečne sedimenty, získaná pomocou vzťahu 1.

vzťah (1):
$$I_r = \frac{C_n - C_x}{C_x}$$

Kde: C_n - nameraná hodnota ukazovateľa

C_x - priemerný obsah ukazovateľa (medián) v riečnych sedimentoch Slovenska podľa (Bodiš, Rapant, 1999)

Podobne boli spracované aj obsahy prvkov v povrchových vodách kde, ako vzťažná hodnota, bol zbraný aritmetický priemer z meraní kvality povrchových tokov v monitorovaných lokalitách za posledné štyri roky.

Hodnoty C_x pre riečne sedimenty: Na (0,87); K (1,51); Ca (1,69); Mg (0,82); Mn (0,077) v %; Fe (2,69); Cu (20,00); Pb (14,00); Zn (79,00); Cr (70,10); Ni (23,00); Cd (0,10); As (6,00); Hg (0,08) v mg.l^{-1} .

Hodnoty C_x pre povrchové vody: Na (10,38); K (2,95); Ca (41,99); Mg (11,83); Mn (0,12); Fe (0,49); Cu (4,22); Pb (4,49); Zn (78,32); Cr (1,10); Ni (4,77); Cd (0,48); As (1,96); Hg (0,13) v mg.l^{-1} .

Na x-ovej osi sú vynesené poradové čísla jednotlivých lokalít. Relatívny obsah bol zvolený s cieľom lepšej prehľadnosti, nakoľko obsah prvkov v sedimentoch a nadložnom vodnom stĺpci (povrchovom toku) je rádovo odlišný. Zhodnotenie porovnania obsahov prvkov v povrchových vodách a v riečnych sedimentoch je uvedené pri hodnotení jednotlivých prvkov v nasledujúcom texte.

Časová variabilita (resp. stabilita) obsahu sledovaných zložiek v sedimentoch monitorovacích lokalít bola hodnotená pomocou Indexu časovej variability. Jeho výpočet je založený na porovnaní priemernej hodnoty dátového súboru k hodnote štandardnej odchýlky, presnejšie povedané na percentuálnom vyjadrení pomeru hodnoty štandardnej odchýlky k hodnote aritmetického priemeru (100%) pre každú monitorovanú lokalitu a sledovanú zložku (tab. 5.12.2).

Tab. 5.12.2. Index časovej variability pre monitorované lokality a sledované parametre

	110	380	900	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
1	97	30	6	13	4	8	8	6	20	9	61	118	26	20	38	41	10	53	179	104	35
2	43	29	22	12	10	18	27	14	25	8	59	75	37	9	31	84	18	44	100	104	12
3	70	16	11	6	7	9	26	5	25	7	67	95	29	27	10	37	16	44	167	89	20
4	44	35	26	24	7	15	19	14	42	12	95	110	35	40	48	83	16	42	194	88	29
5	96	37	70	18	20	64	85	25	50	25	83	106	32	33	58	29	22	65	161	87	28
6	75	36	26	7	8	14	26	6	22	7	99	100	12	16	98	78	11	53	92	100	24
7	54	35	16	16	18	23	22	21	75	19	158	100	16	70	60	45	42	43	181	85	22
8	29	26	14	7	14	15	24	17	38	12	147	110	25	20	45	50	29	61	165	123	17
9	51	54	10	9	11	10	13	13	64	7	82	94	29	31	60	42	26	64	184	105	38
10	84	31	25	25	26	20	27	32	29	34	62	160	27	21	55	67	44	121	165	91	49
11	62	36	12	8	11	14	11	20	8	14	65	89	52	27	65	97	21	127	171	58	103
12	124	34	10	8	11	7	16	15	22	14	66	142	29	15	56	38	22	72	80	107	17
13	22	51	19	10	17	18	16	18	25	18	65	82	43	29	38	63	31	59	133	80	36
14	72	30	43	13	10	26	59	19	17	14	147	117	33	26	38	88	42	45	168	92	20
15	46	24	17	16	4	8	16	12	29	11	82	63	38	32	29	66	19	42	87	45	28
16	68	29	34	12	11	27	37	8	30	7	87	111	22	27	39	115	11	47	183	88	22
17	36	37	29	7	8	25	68	12	33	11	78	125	37	22	48	82	26	38	150	90	36
18	7	24	21	6	11	22	25	13	0	9	19	76	28	18	30	29	22	24	122	38	26
19	61	34	30	14	9	34	48	13	33	11	82	86	37	31	41	30	57	55	172	78	5
20	112	53	20	10	17	14	26	25	17	21	67	107	29	34	27	165	23	56	135	93	32
s	85	80	23	11	15	26	22	18	55	13	100	100	21	19	31	58	29	55	140	126	96
22	89	23	46	17	6	6	21	12	30	4	76	44	20	85	23	173	28	48	157	84	22
23	49	29	37	23	16	6	16	17	22	12	72	74	40	23	68	132	33	72	125	127	14
24	69	75	21	14	12	8	17	9	63	9	120	200	59	22	148	55	24	186	164	80	167
25	51	38	42	12	3	10	11	12	38	2	63	75	38	31	50	38	39	60	67	114	57
26	46	39	20	12	13	18	22	20	25	5	69	28	33	26	45	33	30	63	79	67	16
27	34	35	19	6	11	7	10	5	14	6	75	81	47	18	49	85	19	48	174	104	16
28	49	28	23	14	15	40	20	13	22	5	62	103	32	21	69	87	31	54	145	117	20
29	49	64	19	10	10	7	14	13	8	8	75	80	25	18	29	90	12	52	163	93	30
30	99	187	31	23	13	15	47	14	25	9	78	100	40	30	60	63	26	53	120	72	30
31	70	41	32	14	10	26	30	20	38	14	70	129	37	27	59	42	19	47	113	76	37
32	121	34	29	11	12	42	23	112	100	15	221	148	102	39	190	29	44	121	182	59	144
33	34	39	22	15	18	9	38	24	33	14	57	111	22	18	22	81	14	50	98	79	45
34	39	42	8	13	10	8	23	12	14	9	94	77	34	20	60	29	20	60	115	83	28
35	40	15	14	14	6	11	18	6	14	10	67	62	25	18	24	78	8	47	165	100	23
36	19	48	19	11	10	15	26	9	13	7	73	86	25	21	61	56	15	64	168	75	41
37	31	50	18	41	23	41	29	9	14	23	91	82	18	12	48	50	24	80	162	106	44
38	44	21	22	21	10	6	17	11	11	9	116	69	34	12	54	44	9	42	174	67	27
39	77	34	19	28	15	10	18	8	17	10	74	94	40	21	61	56	7	53	128	100	11
40	55	41	20	16	13	12	17	11	20	13	75	107	37	18	49	76	17	41	155	71	27
41	16	40	9	25	12	8	7	13	43	13	70	154	38	20	28	107	15	49	114	73	10
42	49	27	16	24	19	6	21	14	0	15	67	182	35	13	34	157	24	82	169	74	11
43	60	29	36	20	20	22	32	14	40	12	64	89	44	12	28	64	15	65	88	75	8
44	13	14	29	21	11	10	17	14	20	9	69	90	28	10	30	42	10	45	100	78	15
45	60	16	13	16	6	3	17	12	10	3	103	38	27	7	14	81	12	56	147	70	10
46	40	45	3	19	21	9	60	10	29	23	82	122	38	19	32	92	30	81	150	107	34
47	92	77	46	13	22	43	51	3	20	22	100	93	57	16	71	69	28	51	89	73	68
priemer	58	40	23	15	12	17	26	16	29	12	84	100	34	24	50	70	23	61	141	87	35
štđ. odch.	29	56	127	7	5	13	16	15	19	6	32	34	14	14	31	35	11	28	35	20	32

Následne sa vypočítala priemerná hodnota (a štandardná odchýlka) z lokálnych indexov časovej variability platná pre sledovanú zložku a celý monitorovací systém.

Poradie sledovaných zložiek z hľadiska časovej variability obsahov v rámci päťročného sledovania je nasledovné (časovo najstabilnejšie zložky sa vyznačujú najnižšou hodnotou Indexu, najvariabilnejšie naopak):

K (12), Al (12), Na (15), Fe (16), Mg (17), 900 (23), Ni (23), Cr (24), Ca (26), Mn (29), Co (34), Zn (35), 380 (40), Cu (50), 110 (58), Pb (61), Hg (70), As (84), Se (87), Cd (100), Sb (141).

Rozdiely v časovej variabilite jednotlivých chemických zložiek sú spôsobené rozdielnymi zdrojmi a charakterom distribúcie týchto zložiek. Obsah najstabilnejších zložiek (K, Al, Na, Fe, Mg, atď.) je určovaný predovšetkým permanentnými zdrojmi, najmä geogénneho charakteru, pričom absolútne hodnoty týchto chemických zložiek sú závislé najmä od geologických činiteľov pôsobiacich v drénovanom povodí. Najvariabilnejšie zložky (Sb, Cd, Se, As, Hg, atď.) sú pravdepodobne viazané na sekundárne, časovo premenlivé zdroje, najmä antropogénneho, resp. antropogénno-geogénneho pôvodu (znečistenie mestskými alebo priemyselnými aglomeráciami, banskou činnosťou, úpravárenskými činnosťami, poľnohospodárstvom atď.), druhým faktorom ovplyvňujúcim variabilitu týchto zložiek je ich častá väzba na organickú, prípadne ílovitú zložku sedimentu, ktorej obsah sa môže vplyvom zmenených hydrologických alebo klimatických podmienok meniť.

Obsahy prvkov v konkrétnych lokalitách sú v súlade s geologickým prostredím, sekundárnymi antropogénnymi vplyvmi a hydrologicko-klimatickými podmienkami. Časovú a priestorovú charakterizáciu distribúcie obsahov hlavných a stopových prvkov možno v stručnosti zhrnúť nasledovne:

Na – z hľadiska celoslovenského priemeru sa javia mierne deficitné toky východoslovenskej nížiny (lokality 42, 43, 44, 45, 40) a sedimenty Váhu (od Dubnice), malého Dunaja a Moravy (lokality 10-13, 1-4). Zvýšené sú v sedimentoch horného toku Váhu a Hron, rieka Poprad, Rimava. Rozdiely v obsahoch sú spôsobené najmä rozdielnou geologickou situáciou v drénovanom povodí, hlavne premenlivým zastúpením kryštalinika, menej neovulkanitov - zvýšené obsahy, resp. karbonatických hornín, menej flyšové pásma - nižšie obsahy. Z hľadiska časovej stability sa obsah Na javí ako relatívne stabilný, čo dokladá aj nízky index časovej variability (15 – tab. 5.12.2). Porovnanie s povrchovými vodami komplikuje úzky rozsah sledovaných parametrov v povrchových vodách (z 47 lokalít je Na stanovovaný len asi v polovici vzoriek). Z grafu 5.12.1 vidno, že na základe obmedzených informácií sa korelácia distribúcie Na vo vodách a riečnych sedimentoch javí pomerne nízka.

K – výraznejšie zvýšený obsah majú rieky Uh, Latorica, Bodrog, Hnilec, horný tok Hornádu (tab. 5.12.3). Deficitné sú najmä sedimenty Váhu a Dunaja, čo je však do určitej

miery ovplyvnené nižším zastúpením ílovitých častíc v týchto vzorikách. V rozhodujúcej miere je obsah K riadený geologickými podmienkami v povodí, najmä zastúpením paleozoika a kryštalínika, v premenlivej miere flyšových jednotiek (v závislosti od zastúpenie ílových minerálov). Z hľadiska časovej stability patrí k jedným z najstabilnejších sledovaných prvkov (index variability - 12). Podobne ako Na, pri obmedzenom počte údajov z monitorovacej siete povrchových vôd, neprejavuje výraznejšiu koreláciu s povrchovými vodami (graf 5.12.2), čo môže byť spôsobené silnou väzbou tohto prvku na ílové minerály v podmienkach hypergénnych procesov.

Ca – najvýraznejšie obsahy tohto prvku sa prejavujú v sedimentoch Váhu, Dunaja a Nitry, prípadne Muráňa a Hornádu, deficitné sú najmä sedimenty riek východoslovenskej nížiny, Ipľa a Moravy (tab. 5.12.3). Zvýšené obsahy Ca sú viazané najmä na oblasti s vysokým obsahom karbonatických hornín. Index variability (26) zaraduje Ca v rámci obsahov hlavných prvkov k časovo premenlivým prvkom, čo je však do značnej miery ovplyvnené niektorými extrémne premenlivými lokalitami (lokality 47, 46, 5, atď.), zatiaľ čo v iných lokalitách (Váh, východoslovenská nížina, atď.) je jeho obsah pomerne stabilný. Túto pomerne vysokú premenlivosť je zatiaľ obtiažne vysvetliť vzhľadom k krátkej časovej rade pozorovaní a nedostatku ďalších pozorovaní. V porovnaní s povrchovými vodami sa prejavuje určitá mierna korelácia (graf 5.12.3). Bola badateľná aj pri zhodnotení štatistickej korelácie, ktorá však z dôvodov nedostatočných údajov nebola v tejto správe prezentovaná.

Mg – priestorová distribúcia je podobná ako u vápnika, čo sa vzhľadom k charakteru oboch prvkov dalo očakávať. Najvyšší obsah môžeme pozorovať v sedimentoch Váhu, Hrona, Muráňa. Mierny deficit sa prejavuje v sedimentoch Ipľa, Ondavy, Topli a Moravy (tab.5.12.3). podobne ako u vápnika má najväčší vplyv na jeho distribúciu geologická situácia, najmä zastúpenie karbonatických hornín, špecificky pre horčik najmä zvýšený podiel dolomitov. Na rozdiel od vápnika ma vyrovnanejšie obsahy v jednotlivých rokoch (index variability je nižší – 17). Korelácia s povrchovými vodami je nevýrazná (graf 5.12.4).

Mn – sedimenty Moravy, Slanej, Ipľa, Hornádu, Hnilca, Latorice a Váhu (len lokalita Hlohovec) obsahujú v porovnaní s celoslovenským priemerom zvýšené množstvá tohto prvku. Menej ho obsahu sedimenty Ondavy a horných tokov Nitry a Hornádu (tab. 5.12.3). Stabilita obsahu Mn v sedimentoch je v rámci hlavných prvkov najnižšia (index variability - 29), čo je spôsobené najmä výkyvmi v obsahoch Mn v sedimentoch v niektorých lokalitách (napr. lokality 32,33, 24, 7-10, 21 atď.). vysvetlenie tohto javu spočíva pravdepodobne v rozdielnej mobilite a vysokej citlivosti na oxidačno-redukčné podmienky vo vzorkovanom sedimente. V oxidačných podmienkach je mobilita Mn nízka, v redukčných naopak. Samozrejme nutnou podmienkou vyšších obsahov v sedimente je aj prítomnosť zdroja tohto prvku, ktorým často bývajú intermediárne až bázické metavulkanity, andezity, ílovce,

prípadne lokalizácia mangánových ložísk. Korelácia s povrchovými vodami je nízka (graf 5.12.5).

Al – patrí z časového hľadiska medzi sledované prvky s najstabilnejším obsahom v sedimente (index variability je nízky - 12). Rozdiely v priemernom zložení sedimentov monitorovaných slovenských riek sú spôsobené rozličným pomerným zastúpením na hliník bohatších (kryštalínium, ílovce, andezity), resp. chudobnejších hornín (pieskovce, karbonatické horniny) v povodí (tab.5.12.3). Najvyššie obsahy Al v monitorovaných lokalitách trvale vykazujú vzorky 18-21 (horný tok Hrona), 30 (Poprad), 23-26 (Ipeľ-Štiavnica), 33 (Hnilec), 43-45 (Uh, Latorica, Bodrog). Najnižšie hodnoty obsahu Al sa vyskytujú v sedimentoch Váhu (vzorky 7-13) a Dunaja (vzorky 46-47). Na základe pozorovaní sa javí pravdepodobná pozitívna korelácia medzi zrnitosťou a obsahom Al, čiže s rastúcim podielom relatívne hrubších frakcií klesá obsah Al. Tento fakt je v súlade s predpokladom väzby Al na ílové minerály. Porovnanie obsahu Al s povrchovými vodami nebol možný, nakoľko povrchových vodách hliník nebol stanovovaný.

Fe – je prvkom ktorého časová stabilita obsahov v sledovaných sedimentoch je relatívne vysoká (index variability - 16). Zvýšené obsahy sa prejavujú najmä v riekach Uh, Latorica, Bodrog, Ipeľ, Hornád a Hnilec. Nižšie obsahy sa vyskytujú najmä v sedimentoch Váhu, hornej časti toku Nitra, Ondava, Laborec, Topľa. Priestorová distribúcia obsahov Fe je riadená geologickými podmienkami v jednotlivých povodiach, najmä pomeru hornín so zvýšeným zastúpením tmavých minerálov z obsahom Fe, (napr. andezity, smerom k bázickejším horninám je všeobecný trend vzostupu obsahu Fe), ako aj obsahu ílovcových hornín. Na grafe 5.12.6 je znázornená určitá nevýrazná korelácia s povrchovými vodami.

As – patrí medzi prvky, ktorého distribúciu v riečnych sedimentoch do značnej miery ovplyvňujú antropogénne činitele. Výsledkom je aj veľmi premenlivý obsah v priestore a čase (tab.5.12.2 a tab.5.12.3). Index časovej variability dosahuje hodnotu 84, čo je tretia najvyššia hodnota zo sledovaných prvkov. S porovnaním s obsahom As v povrchových vodách (graf 5.12.14) nám vyplýva že v niektorých lokalitách je zvýšený obsah As v oboch vzorkovacích médiách (lokality 15, 38, 32, 44), v niektorých sa pomer obsahov mení, čo nasvedčuje na existenciu viacerých faktorov ovplyvňujúcich distribúciu As. Zvýšené obsahy sú napr. v sedimentoch riek Hnilec (lokalita 33 – banská činnosť), Ondava (38 a 40 – odkalisko Chemko Strážske), Nitra (lokality 14, 15 banská činnosť a priemysel, úpravne, odkaliská).

Cd – najvyššie obsahy kadmia obsahujú sedimenty toku Štiavnica a Ipeľ po sútoku s Štiavnicou (lokality 25 a 26), ďalej Hron (lokalita 21), Hornád (lokalita 32). Vo všeobecnosti možno kontamináciu Cd označiť ako antropogénneho, geogénneho ako aj kombinovane geogénno-antropogénneho charakteru. Dôvodom je prirodzený výskyt Cd v rudných mineralizáciách kryštalínika, resp. neouvulkanitov, ktoré sú však často mobilizované ľudskou ťažobnou a úpravárenskou činnosťou. Na druhej strane sa kontaminácia Cd vyskytuje aj

prostrediach husto osídlených a priemyselných centier bez zjavnej väzby na horninové prostredie. Index časovej variability (100) zaraďuje kadmium k prvkom s najpremenlivejším obsahom v sedimentoch riek. Rozsah a rýchlosť zmien závisí od typu zdrojov znečistenia a konkrétnych hydrodynamických a geochemických podmienok v prostredí povrchových tokov.

Ni – najmä rieky východného Slovenska (Latorica, Bodrog, Laborec), Poprad, Morava a malý Dunaj obsahujú nadpriemerné množstvá Ni v sedimente (tab.5.12.3). Časť zvýšených obsahov niklu v sledovaných vzorkách sedimentov možno vysvetliť geogénnym pôvodom zo znosových oblastí najmä vonkajšieho flyšu, prípadne antropogénnou kontamináciou (napr. M. Dunaj). Z časového hľadiska jeho obsah v sedimentoch nepodlieha v sledovaných lokalitách výraznejším zmenám, o čom svedčí fakt že zo stopových prvkov sa vyznačuje najnižšou hodnotou indexu časovej variability - 23. Na grafe 5.12.11 sa prejavuje malá korelácia s jeho obsahom v povrchových vodách.

Cu – obsah medi je najvyšší v lokalite lokality 33 a 32 (Hornád, Hnilec), kde zreteľný vplyv banskej činnosti a výskytu Cu-sideritového zrudnenia, ďalej sú to lokality stredného toku Hrona (lokality 20,21) Štiavnica 25, lokalita 11, Váh – Hlohovec a 1, M. Dunaj – Kolárovo (tab.5.12.3). Zatiaľ čo v lokalitách stredného Hrona a Štiavnice sa predpokladá vplyv banskej činnosti a výskytu Cu zrudnenia, v lokalitách Váh-Hlohovec a Malý Dunaj-Kolárovo sa prejavuje antropogénne znečistenie. Obsah medi v povrchových vodách je zvýšený v lokalitách silne ovplyvnených výskytom Cu-zrudnenia a banskou činnosťou, zatiaľ čo v lokalitách M.Dunaj a Hlohovec sa výraznejšie neprejavuje (graf 5.12.9).

Cr – jeho distribúcia je podobná distribúcií Ni. Podobný je aj zistený index časovej variability, ktorého hodnota (24) patrí v rámci stopových prvkov k najnižším. S veľkou pravdepodobnosťou sú geogénneho pôvodu zvýšené obsahy v sedimentoch riek, ktoré drénujú povodia ovplyvňované najmä vonkajším flyšom – Morava (lokality 2,3,4), Latorica (lokalita 44), Laborec (lokalita 41), prípadne bazickéjších horninách gemerika (lokalita 33). Najvyššie hodnoty obsahu Cr sú však viazané na sedimenty stredného a dolného toku Nítry (lokality 15,16), prípadne stredný tok Váhu pri Hlohovci, kde predpokladáme možnosť antropogénneho ovplyvnenia. Vo všeobecnosti je korelácia s obsahmi chrómu v povrchových vodách je nízka (graf 5.12.7), čo môže byť spôsobené geogénnym pôvodom chrómu, ktorý je v sedimente viazaný prevažne na nerozpustné ťažké minerály (spolu s niklom), avšak problémy pri interpretácii vzťahov medzi obsahmi Cr (ale aj iných prvkov) v povrchovej vode a v sedimente spôsobuje neúplnosť relevantných informácií pre povrchové vody.

Zn – predstavuje z časového hľadiska pomerne stabilný prvok, index stability dosahuje hodnotu 46,03%, tá je však negatívne ovplyvnená niektorými lokalitami s vysokým indexom (lokality 21, 32, 47, 11, 1). V týchto lokalitách dosahuje obsah zinku aj svoje maximálne hodnoty. Tento jav môže byť ovplyvnený rozdielnymi hydrodynamickými a geochemickými

podmienkami v čase odberu, ako aj rôznou intenzitou pôsobenia zdrojov znečistenia. Korelácia s obsahom zinku vo vode sa javí ako nevýrazná (graf 13).

Pb – najznečistenejšie sú sedimenty riečky Štiavnica, kde v ústí dosahuje päťročná priemerná hodnota 370.6 mg/kg, značne ovplyvnené sú aj sedimenty lokalít Váh – Hlohovec (11), Ipeľ (26), Hnilec (33). väčšina anomálnych výskytov je viazaná na výskyt Pb zrudnenia v priestore horninových komplexov gemerika, prípadne neovulkanitov. Často je však umocnená baníctvom, prípadne s tým súvisiacimi činnosťami. Výnimkou je pravdepodobne lokalita Váh – Hlohovec, kde sa skôr dá predpokladať antropogénne ovplyvnenie. Index časovej variability predstavuje hodnotu 61 čo, v rámci vyhodnocovaných parametrov pre stopové prvky, predstavuje približne strednú hodnotu časovej variability. Korelácia s povrchovými vodami je nízka (graf 5.12.12).

Hg – obsah ortuti v priestore a čase je značne premenlivý (tab.5.12.3), pričom najvyššie hodnoty dosahuje v sedimentoch Hnilca (33), Hornádu (32), Nitry (14, 15, 16), Slanej (29) a Hrona – od B. Bystrice (20, 21, 22). Zdrojom týchto anomálnych výskytov sú jednak geogénne zdroje – Hg zrudnenie, prípadne prirodzený zvýšený obsah Hg v horninách (Spišsko-Gemerské rudohorie), prípadne prínos Hg v dôsledku antropogénnych činností (oblasť Ponitrie a Dolného Považia). Častá je kombinácia týchto zdrojov. Index časovej variability je relatívne vysoký - 70, čo môže byť zapríčinené jednak časovou premenlivosťou sekundárnych zdrojov tohto prvku, ale aj jeho geochemickými vlastnosťami (migračné vlastnosti). Obsah ortuti v sedimente v niektorých lokalitách dobre koreluje s obsahom ortuti v povrchových vodách (graf 5.12.10), čo indikuje určitú dynamickú rovnováhu výmenných procesov pôsobiacich medzi sedimentom a nadložným vodným stĺpcom.

Sb – obsahy antimónu v sedimentoch sledovaných lokalít sú v prevažnej miere pod celoslovenským priemerom, výnimkou sú lokality situované na strednom toku Hrona (lokality 19, 20) a na riekach Hornád (lokalita 33), Hnilec (lokalita 32) a Slaná (lokalita 29), zdrojom je v prevažnej miere zrudnenie, kde sa antimón vyskytuje ako rozptýlená, prípadne hlavná zložka rudných minerálov. V niektorých lokalitách je jeho prestup do prírodného prostredia umocňovaný antropogénnou činnosťou vo forme spracovateľského priemyslu. V povrchových vodách nebol tento parameter stanovovaný.

Tab. 5.12.3. Základné štatistické parametre pre monitorované lokality za obdobie rokov 1995-2000

Ukazovateľ		Poradové číslo monitorovanej lokality								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
strata sušením do 110 °C	<i>priemer</i>	3,57	3,12	2,40	1,69	1,48	1,75	0,98	0,75	1,50
	<i>št. odch.</i>	3,45	1,34	1,68	0,75	1,42	1,31	0,53	0,22	0,76
strata žíhaním 110-380 °C	<i>priemer</i>	5,61	4,48	3,14	2,95	3,88	3,51	3,18	2,16	3,53
	<i>št. odch.</i>	1,66	1,30	0,49	1,03	1,44	1,28	1,11	0,56	1,92
strata žíhaním 380-900 °C	<i>priemer</i>	11,00	4,45	3,15	2,89	5,98	2,78	7,99	6,47	10,96
	<i>št. odch.</i>	0,61	0,96	0,36	0,74	4,18	0,72	1,28	0,92	1,14
Na %	<i>priemer</i>	0,72	0,75	0,85	0,87	1,66	1,42	0,94	0,95	0,95
	<i>št. odch.</i>	0,09	0,09	0,05	0,21	0,30	0,10	0,15	0,07	0,09
K %	<i>priemer</i>	1,57	1,73	1,60	1,53	1,65	1,32	1,21	1,14	1,26
	<i>št. odch.</i>	0,07	0,18	0,11	0,10	0,33	0,10	0,22	0,16	0,14
Mg %	<i>priemer</i>	2,23	1,02	0,70	0,62	1,92	0,77	1,60	1,23	2,42
	<i>št. odch.</i>	0,17	0,18	0,06	0,09	1,22	0,11	0,36	0,19	0,25
Ca %	<i>priemer</i>	6,91	2,26	1,44	1,35	2,93	1,37	4,91	4,09	6,62
	<i>št. odch.</i>	0,58	0,61	0,37	0,25	2,49	0,35	1,08	0,97	0,89
Fe %	<i>priemer</i>	3,21	3,37	2,87	2,74	2,33	2,16	1,82	2,13	2,30
	<i>št. odch.</i>	0,19	0,47	0,14	0,39	0,59	0,14	0,39	0,37	0,31
Mn %	<i>priemer</i>	0,10	0,16	0,12	0,12	0,06	0,09	0,08	0,08	0,11
	<i>št. odch.</i>	0,02	0,04	0,03	0,05	0,03	0,02	0,06	0,03	0,07
Al %	<i>priemer</i>	5,92	5,97	5,36	5,13	6,02	5,30	4,14	4,51	4,91
	<i>št. odch.</i>	0,55	0,49	0,38	0,59	1,50	0,36	0,78	0,53	0,32
As	<i>priemer</i>	13,39	8,81	7,36	6,74	7,48	5,08	22,65	16,89	7,78
	<i>št. odch.</i>	8,23	5,22	4,91	6,39	6,18	5,03	35,86	24,90	6,41
Cd	<i>priemer</i>	0,68	0,76	0,59	0,48	0,17	0,20	0,26	0,68	0,99
	<i>št. odch.</i>	0,80	0,57	0,56	0,53	0,18	0,20	0,26	0,75	0,93
Co	<i>priemer</i>	11,34	16,21	12,86	12,92	10,12	9,65	8,91	9,22	9,37
	<i>št. odch.</i>	2,99	6,01	3,67	4,54	3,21	1,17	1,40	2,33	2,69
Cr	<i>priemer</i>	87,04	102,07	102,40	93,02	47,91	46,32	63,57	55,59	57,66
	<i>št. odch.</i>	17,11	9,26	27,86	36,82	16,00	7,52	44,65	11,31	18,11
Cu	<i>priemer</i>	46,31	33,51	30,64	25,77	10,91	18,54	14,63	17,18	18,84
	<i>št. odch.</i>	17,38	10,55	3,10	12,39	6,35	18,08	8,80	7,71	11,30
Hg	<i>priemer</i>	0,49	0,31	0,19	0,18	0,07	0,09	0,11	0,08	0,12
	<i>št. odch.</i>	0,20	0,26	0,07	0,15	0,02	0,07	0,05	0,04	0,05
Ni	<i>priemer</i>	41,69	44,38	37,39	36,85	18,48	26,14	21,22	28,63	30,39
	<i>št. odch.</i>	4,00	8,07	5,87	5,93	4,01	2,94	8,99	8,24	7,76
Pb	<i>priemer</i>	32,47	26,76	25,24	23,06	17,53	15,84	20,70	17,17	21,51
	<i>št. odch.</i>	17,25	11,81	11,06	9,80	11,45	8,43	8,89	10,45	13,81
Sb	<i>priemer</i>	0,39	0,04	0,15	0,17	0,18	0,24	9,80	0,23	0,37
	<i>št. odch.</i>	0,70	0,04	0,25	0,33	0,29	0,22	17,70	0,38	0,68
Se	<i>priemer</i>	0,47	0,48	0,37	0,32	0,15	0,30	0,27	0,22	0,37
	<i>št. odch.</i>	0,49	0,50	0,33	0,28	0,13	0,30	0,23	0,27	0,39
Zn	<i>priemer</i>	295,32	199,62	177,34	158,92	85,23	89,30	93,55	92,00	112,81
	<i>št. odch.</i>	103,12	23,97	35,37	45,52	24,07	21,41	20,14	15,52	43,18

Tab. 5.12.3. Základné štatistické parametre pre monitorované lokality za obdobie rokov 1995-2000 - pokračovanie

Ukazovateľ		Poradové číslo monitorovanej lokality									
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
strata sušením do 110 °C	<i>priemer</i>	1,69	1,93	1,39	1,27	1,38	1,75	2,65	1,81	0,81	1,80
	<i>št. odch.</i>	1,42	1,20	1,72	0,28	0,99	0,81	1,79	0,66	0,06	1,10
strata žíhaním 110-380 °C	<i>priemer</i>	2,75	4,53	1,54	2,97	2,94	4,34	4,52	3,35	2,86	3,97
	<i>št. odch.</i>	0,85	1,61	0,52	1,51	0,87	1,04	1,30	1,25	0,68	1,36
strata žíhaním 380-900 °C	<i>priemer</i>	15,58	10,84	11,24	11,18	8,05	5,23	5,89	2,84	4,46	4,37
	<i>št. odch.</i>	3,84	1,31	1,07	2,17	3,48	0,87	2,03	0,81	0,92	1,30
Na %	<i>priemer</i>	0,76	0,71	0,87	0,83	0,93	0,91	0,84	1,08	1,72	1,44
	<i>št. odch.</i>	0,19	0,06	0,07	0,08	0,12	0,15	0,10	0,08	0,10	0,20
K %	<i>priemer</i>	1,11	1,33	1,08	1,22	1,10	1,54	1,44	1,60	1,61	1,75
	<i>št. odch.</i>	0,29	0,14	0,12	0,21	0,11	0,06	0,16	0,12	0,17	0,16
Mg %	<i>priemer</i>	2,77	2,15	2,06	2,26	1,19	1,03	1,19	0,68	1,43	1,43
	<i>št. odch.</i>	0,56	0,30	0,14	0,40	0,31	0,08	0,32	0,17	0,31	0,49
Ca %	<i>priemer</i>	9,81	6,67	7,70	7,55	6,38	2,98	3,86	1,45	2,32	2,29
	<i>št. odch.</i>	2,60	0,76	1,26	1,22	3,77	0,48	1,41	0,98	0,57	1,09
Fe %	<i>priemer</i>	1,98	2,84	1,84	2,44	2,48	2,90	2,91	2,65	2,35	2,99
	<i>št. odch.</i>	0,64	0,58	0,28	0,44	0,47	0,36	0,24	0,31	0,30	0,39
Mn %	<i>priemer</i>	0,07	0,13	0,09	0,08	0,06	0,07	0,10	0,09	0,05	0,06
	<i>št. odch.</i>	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,02
Al %	<i>priemer</i>	4,02	4,85	3,95	4,65	4,39	5,88	5,73	6,25	6,43	6,51
	<i>št. odch.</i>	1,36	0,66	0,56	0,86	0,60	0,64	0,40	0,69	0,61	0,72
As	<i>priemer</i>	5,64	9,75	7,22	9,88	24,94	24,31	11,64	8,58	7,87	17,03
	<i>št. odch.</i>	3,51	6,37	4,74	6,47	36,57	19,92	10,09	6,69	1,51	13,91
Cd	<i>priemer</i>	0,30	0,71	0,24	0,57	0,24	0,54	0,37	0,63	0,41	0,29
	<i>št. odch.</i>	0,48	0,63	0,34	0,47	0,28	0,34	0,41	0,79	0,31	0,25
Co	<i>priemer</i>	8,91	9,56	6,76	7,16	10,26	10,05	10,95	10,97	10,75	9,17
	<i>št. odch.</i>	2,37	4,94	1,93	3,06	3,41	3,78	2,45	4,01	3,04	3,39
Cr	<i>priemer</i>	48,87	73,84	40,58	62,59	37,54	130,21	121,25	66,75	50,87	58,51
	<i>št. odch.</i>	10,24	19,81	6,22	17,95	9,83	41,20	32,84	14,72	9,14	18,16
Cu	<i>priemer</i>	18,59	71,59	9,73	20,38	18,83	24,08	28,00	21,15	14,84	26,43
	<i>št. odch.</i>	10,15	46,33	5,46	7,70	7,17	7,03	10,97	10,11	4,41	10,93
Hg	<i>priemer</i>	0,09	0,36	0,08	0,63	6,77	3,42	1,83	0,11	0,07	0,10
	<i>št. odch.</i>	0,06	0,35	0,03	0,40	5,95	2,26	2,11	0,09	0,02	0,03
Ni	<i>priemer</i>	28,37	39,31	23,48	27,12	15,27	26,05	26,66	25,52	18,17	25,41
	<i>št. odch.</i>	12,61	8,12	5,10	8,53	6,43	5,06	2,83	6,60	4,00	14,48
Pb	<i>priemer</i>	31,64	93,79	11,34	22,77	16,48	21,15	21,26	18,09	29,69	28,49
	<i>št. odch.</i>	38,18	118,94	8,19	13,35	7,34	8,97	9,92	6,93	7,26	15,66
Sb	<i>priemer</i>	0,26	0,31	0,15	0,27	0,22	0,15	0,24	0,14	0,41	3,28
	<i>št. odch.</i>	0,43	0,53	0,12	0,36	0,37	0,13	0,44	0,21	0,50	5,65
Se	<i>priemer</i>	0,22	0,26	0,30	0,20	0,13	0,33	0,48	0,20	0,16	0,23
	<i>št. odch.</i>	0,20	0,15	0,32	0,16	0,12	0,15	0,42	0,18	0,06	0,18
Zn	<i>priemer</i>	116,81	397,20	58,59	131,27	87,96	129,98	177,56	193,99	121,49	136,03
	<i>št. odch.</i>	57,09	409,68	10,07	47,30	17,82	35,85	39,39	69,70	32,19	6,61

Tab. 5.12.3. Základné štatistické parametre pre monitorované lokality za obdobie rokov 1995-2000 - pokračovanie

Ukazovateľ		Poradové číslo monitorovanej lokality								
		20	21	22	23	24	25	26	27	28
strata sušením do 110 °C	<i>priemer</i>	2,74	2,72	3,02	2,06	3,05	3,03	2,50	0,85	0,70
	<i>št. odch.</i>	3,06	2,32	2,69	1,00	2,09	1,54	1,15	0,29	0,34
strata žíhaním 110-380 °C	<i>priemer</i>	6,22	4,76	2,85	5,10	5,31	3,86	3,43	2,52	2,83
	<i>št. odch.</i>	3,30	3,80	0,66	1,49	4,00	1,48	1,33	0,87	0,79
strata žíhaním 380-900 °C	<i>priemer</i>	6,52	4,47	3,55	3,39	2,73	2,43	1,73	2,68	5,40
	<i>št. odch.</i>	1,28	1,05	1,65	1,25	0,56	1,01	0,34	0,52	1,23
Na %	<i>priemer</i>	1,11	1,22	1,06	1,07	1,00	0,97	1,03	1,85	1,70
	<i>št. odch.</i>	0,11	0,13	0,18	0,25	0,14	0,12	0,12	0,11	0,24
K %	<i>priemer</i>	1,69	1,51	1,35	1,52	1,33	1,46	1,26	1,57	1,30
	<i>št. odch.</i>	0,29	0,23	0,08	0,25	0,16	0,05	0,16	0,17	0,19
Mg %	<i>priemer</i>	1,93	1,73	0,96	0,86	0,66	0,67	0,78	0,96	2,31
	<i>št. odch.</i>	0,27	0,45	0,06	0,05	0,05	0,07	0,14	0,07	0,93
Ca %	<i>priemer</i>	3,37	2,99	2,22	1,23	1,32	1,64	1,48	1,58	2,51
	<i>št. odch.</i>	0,88	0,66	0,46	0,20	0,22	0,18	0,32	0,16	0,49
Fe %	<i>priemer</i>	3,07	3,99	3,29	3,72	3,58	3,64	4,18	3,01	3,28
	<i>št. odch.</i>	0,76	0,70	0,40	0,64	0,34	0,44	0,84	0,14	0,41
Mn %	<i>priemer</i>	0,06	0,11	0,10	0,09	0,16	0,13	0,12	0,07	0,09
	<i>št. odch.</i>	0,01	0,06	0,03	0,02	0,10	0,05	0,03	0,01	0,02
Al %	<i>priemer</i>	6,29	6,48	5,94	6,91	6,25	6,43	6,25	7,15	6,15
	<i>št. odch.</i>	1,35	0,85	0,24	0,84	0,55	0,14	0,33	0,41	0,29
As	<i>priemer</i>	26,61	38,68	25,03	9,42	6,73	10,99	6,53	7,95	10,71
	<i>št. odch.</i>	17,76	38,61	19,07	6,76	8,06	6,94	4,53	5,93	6,65
Cd	<i>priemer</i>	0,27	2,20	0,90	0,38	3,10	5,54	2,65	0,36	0,36
	<i>št. odch.</i>	0,29	2,19	0,40	0,28	6,20	4,18	0,74	0,29	0,37
Co	<i>priemer</i>	12,30	16,43	14,48	13,46	14,00	14,89	16,74	12,41	12,33
	<i>št. odch.</i>	3,53	3,46	2,95	5,39	8,24	5,67	5,49	5,85	3,89
Cr	<i>priemer</i>	58,82	59,32	77,34	72,06	51,19	46,63	45,27	57,69	49,83
	<i>št. odch.</i>	20,28	11,14	65,73	16,45	11,41	14,66	11,90	10,53	10,33
Cu	<i>priemer</i>	77,94	69,77	30,00	21,91	27,40	71,35	31,31	21,31	15,30
	<i>št. odch.</i>	21,16	21,65	6,80	14,79	40,57	36,03	13,94	10,44	10,53
Hg	<i>priemer</i>	1,14	0,31	0,91	0,59	0,11	0,13	0,09	0,13	0,15
	<i>št. odch.</i>	1,88	0,18	1,57	0,78	0,06	0,05	0,03	0,11	0,13
Ni	<i>priemer</i>	24,56	21,94	18,50	28,95	18,99	17,01	17,68	21,35	19,07
	<i>št. odch.</i>	5,67	6,31	5,18	9,48	4,63	6,65	5,33	3,98	5,89
Pb	<i>priemer</i>	60,70	62,26	29,22	61,71	90,77	370,64	108,23	24,71	26,86
	<i>št. odch.</i>	33,80	34,00	14,14	44,52	168,51	222,82	67,80	11,90	14,45
Sb	<i>priemer</i>	13,31	1,24	0,74	0,32	0,25	0,18	0,14	0,38	0,85
	<i>št. odch.</i>	18,03	1,74	1,16	0,40	0,41	0,12	0,11	0,66	1,23
Se	<i>priemer</i>	0,29	0,23	0,19	0,90	0,20	0,22	0,06	0,26	0,12
	<i>št. odch.</i>	0,27	0,29	0,16	1,14	0,16	0,25	0,04	0,27	0,14
Zn	<i>priemer</i>	246,05	584,28	270,93	405,54	501,11	1 017,00	457,61	115,77	94,82
	<i>št. odch.</i>	77,91	562,88	59,23	58,27	836,38	577,65	71,24	18,07	19,35

Tab. 5.12.3. Základné štatistické parametre pre monitorované lokality za obdobie rokov 1995-2000 - pokračovanie

Ukazovateľ	Poradové číslo monitorovanej lokality										
	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
strata sušením do 110 °C	<i>priemer</i>	0,95	2,31	1,55	1,60	2,13	0,90	1,06	1,60	1,14	1,92
	<i>št. odch.</i>	0,47	2,28	1,08	1,93	0,73	0,35	0,42	0,31	0,35	0,84
strata žíhaním 110-380 °C	<i>priemer</i>	4,39	1,92	2,98	2,97	7,97	2,13	2,60	3,36	2,33	2,82
	<i>št. odch.</i>	2,81	3,59	1,21	1,01	3,12	0,90	0,38	1,60	1,16	0,60
strata žíhaním 380-900 °C	<i>priemer</i>	3,41	3,95	4,66	6,16	3,18	4,16	4,29	4,21	3,33	2,43
	<i>št. odch.</i>	0,66	1,22	1,51	1,78	0,71	0,33	0,59	0,81	0,61	0,53
Na %	<i>priemer</i>	1,07	1,43	1,08	1,00	1,08	0,99	1,00	0,95	0,90	0,77
	<i>št. odch.</i>	0,11	0,33	0,15	0,11	0,16	0,13	0,14	0,10	0,37	0,16
K %	<i>priemer</i>	1,67	1,60	1,45	1,42	2,31	1,40	1,45	1,47	1,37	1,38
	<i>št. odch.</i>	0,17	0,21	0,15	0,17	0,42	0,14	0,09	0,15	0,31	0,14
Mg %	<i>priemer</i>	0,71	1,07	1,12	1,32	0,87	0,83	1,07	0,99	0,79	0,52
	<i>št. odch.</i>	0,05	0,16	0,29	0,55	0,08	0,07	0,12	0,15	0,32	0,03
Ca %	<i>priemer</i>	1,78	2,23	2,56	2,64	0,74	2,52	2,20	2,31	1,73	1,08
	<i>št. odch.</i>	0,25	1,04	0,76	0,61	0,28	0,59	0,39	0,61	0,50	0,18
Fe %	<i>priemer</i>	3,98	3,01	2,70	5,01	5,39	2,25	2,38	2,58	2,56	2,45
	<i>št. odch.</i>	0,51	0,42	0,53	5,60	1,30	0,28	0,15	0,24	0,23	0,28
Mn %	<i>priemer</i>	0,13	0,08	0,08	0,14	0,15	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09
	<i>št. odch.</i>	0,01	0,02	0,03	0,14	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Al %	<i>priemer</i>	5,84	6,52	5,38	5,04	8,04	4,83	4,75	5,23	4,80	4,64
	<i>št. odch.</i>	0,45	0,58	0,76	0,74	1,13	0,43	0,46	0,37	1,10	0,42
As	<i>priemer</i>	27,74	7,86	7,04	555,23	32,45	3,84	11,74	9,12	7,19	35,66
	<i>št. odch.</i>	20,69	6,12	4,93	1 225,50	18,59	3,60	7,90	6,62	6,55	41,35
Cd	<i>priemer</i>	0,41	0,28	0,21	1,59	0,56	0,44	0,39	0,42	0,22	0,16
	<i>št. odch.</i>	0,33	0,28	0,27	2,35	0,62	0,34	0,24	0,36	0,18	0,11
Co	<i>priemer</i>	11,46	10,83	11,56	21,43	28,16	12,48	10,42	10,49	14,68	12,20
	<i>št. odch.</i>	2,81	4,28	4,31	21,84	6,15	4,24	2,61	2,61	2,63	4,09
Cr	<i>priemer</i>	56,02	65,85	70,39	66,98	79,57	52,36	50,75	54,80	62,83	58,15
	<i>št. odch.</i>	10,16	19,83	18,78	25,84	14,72	10,36	8,90	11,48	7,24	7,04
Cu	<i>priemer</i>	39,12	20,22	18,30	401,58	250,89	14,87	34,46	25,22	18,50	14,09
	<i>št. odch.</i>	11,35	12,21	10,84	761,20	55,90	8,97	8,18	15,50	8,95	7,61
Hg	<i>priemer</i>	0,94	0,19	0,12	9,21	1,54	0,14	0,80	0,39	0,06	0,09
	<i>št. odch.</i>	0,85	0,12	0,05	2,67	1,25	0,04	0,62	0,22	0,03	0,04
Ni	<i>priemer</i>	26,55	42,51	45,32	36,57	36,56	26,13	34,18	29,85	42,42	34,52
	<i>št. odch.</i>	3,31	10,93	8,53	16,02	5,07	5,26	2,79	4,47	10,32	3,09
Pb	<i>priemer</i>	31,52	26,88	23,18	49,35	60,69	21,74	20,60	22,25	20,20	16,50
	<i>št. odch.</i>	16,34	14,13	10,95	59,93	30,31	13,05	9,75	14,20	16,17	6,85
Sb	<i>priemer</i>	6,43	0,20	0,15	6,01	22,78	0,20	0,71	0,59	0,13	0,27
	<i>št. odch.</i>	10,51	0,24	0,17	10,96	22,22	0,23	1,17	0,99	0,21	0,47
Se	<i>priemer</i>	0,15	0,32	0,37	0,17	0,38	0,18	0,20	0,20	0,32	0,30
	<i>št. odch.</i>	0,14	0,23	0,28	0,10	0,30	0,15	0,20	0,15	0,34	0,20
Zn	<i>priemer</i>	137,19	137,25	106,03	354,56	407,78	95,62	141,44	134,44	84,18	76,09
	<i>št. odch.</i>	41,03	41,84	39,28	511,61	183,37	26,63	32,19	55,69	37,06	20,43

Tab. 5.12.3. Základné štatistické parametre pre monitorované lokality za obdobie rokov 1995-2000 - pokračovanie

Ukazovateľ		Poradové číslo monitorovanej lokality									spolu
		39	40	41	42	43	44	45	46	47	
strata sušením do 110 °C	<i>priemer</i>	1,79	3,09	1,66	1,68	1,83	2,07	2,90	0,20	1,41	1,85
	<i>št. odch.</i>	1,38	1,71	0,27	0,82	1,09	0,26	1,75	0,08	1,30	1,46
strata žíhaním 110-380 °C	<i>priemer</i>	2,45	4,56	3,76	2,49	3,83	4,96	4,38	0,65	1,46	3,53
	<i>št. odch.</i>	0,83	1,88	1,51	0,68	1,11	0,69	0,70	0,29	1,13	1,96
strata žíhaním 380-900 °C	<i>priemer</i>	2,76	3,27	4,42	2,10	2,85	2,98	3,38	12,73	10,43	5,33
	<i>št. odch.</i>	0,52	0,65	0,39	0,33	1,02	0,87	0,45	0,44	4,75	3,52
Na %	<i>priemer</i>	1,07	0,77	0,77	0,75	0,92	0,82	0,79	1,06	0,96	1,03
	<i>št. odch.</i>	0,30	0,12	0,19	0,18	0,18	0,17	0,13	0,20	0,12	0,31
K %	<i>priemer</i>	1,40	1,71	1,45	1,13	1,59	2,14	1,98	1,04	1,14	1,47
	<i>št. odch.</i>	0,21	0,22	0,18	0,22	0,32	0,23	0,12	0,22	0,25	0,31
Mg %	<i>priemer</i>	0,69	0,76	0,83	0,64	0,82	1,11	0,92	2,98	2,46	1,27
	<i>št. odch.</i>	0,07	0,09	0,07	0,04	0,18	0,11	0,03	0,26	1,06	0,71
Ca %	<i>priemer</i>	1,45	1,44	2,63	0,85	0,78	1,04	0,95	6,09	7,27	3,03
	<i>št. odch.</i>	0,26	0,24	0,18	0,18	0,25	0,18	0,16	3,64	3,74	2,48
Fe %	<i>priemer</i>	2,49	3,14	3,05	2,83	3,41	4,70	4,08	2,61	2,77	3,02
	<i>št. odch.</i>	0,20	0,33	0,40	0,39	0,47	0,65	0,47	0,25	0,08	1,15
Mn %	<i>priemer</i>	0,06	0,10	0,07	0,07	0,05	0,15	0,10	0,07	0,10	0,09
	<i>št. odch.</i>	0,01	0,02	0,03	0,00	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,05
Al %	<i>priemer</i>	5,02	6,07	5,38	4,54	6,29	8,25	7,41	4,21	4,67	5,64
	<i>št. odch.</i>	0,51	0,81	0,70	0,69	0,73	0,77	0,22	0,95	1,04	1,19
As	<i>priemer</i>	3,88	32,11	6,40	5,40	6,94	11,49	12,53	5,38	12,87	24,9
	<i>št. odch.</i>	2,89	23,96	4,46	3,64	4,47	7,94	12,93	4,41	12,82	180,6
Cd	<i>priemer</i>	0,18	0,29	1,05	0,67	0,28	0,50	0,60	0,18	0,44	0,72
	<i>št. odch.</i>	0,17	0,31	1,62	1,22	0,25	0,45	0,23	0,22	0,41	1,5
Co	<i>priemer</i>	10,21	12,38	11,71	10,58	11,58	18,15	16,56	8,07	10,95	12,3
	<i>št. odch.</i>	4,08	4,54	4,50	3,69	5,05	5,09	4,44	3,05	6,21	5,96
Cr	<i>priemer</i>	57,48	76,74	72,97	57,64	69,72	106,27	89,26	50,11	57,09	66,28
	<i>št. odch.</i>	11,81	13,62	14,53	7,21	8,52	11,15	6,23	9,67	9,40	26,74
Cu	<i>priemer</i>	11,20	18,93	22,48	17,73	23,59	33,61	31,51	15,8	19,56	40,11
	<i>št. odch.</i>	6,82	9,24	6,31	6,06	6,55	10,06	4,44	5,11	13,94	120,5
Hg	<i>priemer</i>	0,09	0,21	0,14	0,30	0,11	0,12	0,16	0,13	0,13	0,71
	<i>št. odch.</i>	0,05	0,16	0,15	0,47	0,07	0,05	0,13	0,12	0,09	1,96
Ni	<i>priemer</i>	29,38	44,01	41,59	35,03	36,73	56,16	51,37	21,74	21,01	30,36
	<i>št. odch.</i>	2,17	7,50	6,32	8,38	5,35	5,64	6,29	6,43	5,96	11,71
Pb	<i>priemer</i>	18,66	20,02	22,62	20,71	24,28	27,51	22,38	14,09	29,94	39,05
	<i>št. odch.</i>	9,95	8,14	11,13	16,92	15,86	12,37	12,46	11,46	15,24	69,66
Sb	<i>priemer</i>	0,18	0,20	0,07	0,16	0,08	0,13	0,19	0,06	0,38	1,58
	<i>št. odch.</i>	0,23	0,31	0,08	0,27	0,07	0,13	0,28	0,09	0,34	6,42
Se	<i>priemer</i>	0,17	0,38	0,41	0,31	0,40	0,41	0,37	0,14	0,11	0,28
	<i>št. odch.</i>	0,17	0,27	0,30	0,23	0,30	0,32	0,26	0,15	0,08	0,30
Zn	<i>priemer</i>	79,92	107,91	107,68	98,1	106,14	139,80	127,38	83,09	141,36	197,40
	<i>št. odch.</i>	8,64	28,96	10,95	10,59	8,23	21,41	13,27	28,07	96,83	251,80

5.12.4. Zhodnotenie výsledkov z hľadiska limitných hodnôt škodlivých látok

Na účely zhodnotenia obsahov kontaminujúcich látok boli použité limitné hodnoty platné pre pôdy z Rozhodnutia ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde číslo 531/1994-540 Vestníka MP SR z januára 1994, ročník XXVI, čiastka 1, v súlade s odporúčaním Smernice MŽPR na zostavovanie a vydávanie Geochemickej mapy riečnych sedimentov, nakoľko limitné hodnoty škodlivých látok priamo pre riečne sedimenty neboli ešte určené.

Sumárny stupeň prekročenia referenčných hodnôt triedy A (pre prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn) je uvedený v tab.5.12.4. Prakticky vo všetkých monitorovaných lokalitách (s výnimkou troch) bolo zaznamenané prekročenie referenčnej hodnoty A aspoň pre jednu zložku. Najčastejšie prekračujúcimi parametrami boli Cu, Zn, Hg, As. Časový vývoj stupňa prekročenia je pomerne premenlivý, trvale prekračujúcim charakterom sa vyznačujú najmä lokality 1, 2, 3, 14, 16, 20, 21, 22, 23, 26, 29, 32 a 33, čiže vzorky z monitorovaných úsekov riek: M. Dunaj, Morava, Nitra, Hron, Ipeľ, Štiavnica, Slaná, Hornád, Hnilec. Na stanovenie detailnejších vývojových časových trendov je nutná dlhšia časová rada pozorovaní, avšak v poslednom hodnotenom roku došlo k zvýšeniu stupňa prekročenia najmä v lokalitách 16, (Nitra – Lužianky), 24 (Ipeľ - Slovenské Ďarmoty), 33 (Hnilec - prítok do nádrže Ružín) – obr. 5.12.2.

Zhodnotenie stupňa znečistenia na základe limitnej hodnoty „triedy B“ je podané v tab.5.12.5. Aspoň jeden krát došlo k prekročeniu limitnej triedy B pre niektorý z hodnotených prvkov počas posledných piatich rokov v 18 lokalitách, čo predstavuje takmer 40 % celkovo monitorovaných lokalít. Väčšina týchto lokalít je situovaná v monitorovaných úsekoch povodí riek Štiavnica, Hornád, Hnilec, Hron, Ipeľ, Nitra. Najčastejšie prekračujúcimi parametrami boli, podobne ako pri referenčnej triede A, Hg, As, Cu – obr. 5.12.3.

Tab. 5.12.4. Stupeň prekročenia hodnôt triedy "A" pre prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn

Por. číslo lokality	Rok				
	1996	1997	1998	1999	2000
1	0,24 (Ni)	9,62 (Ni,Zn,Hg)	4,73 (Cu,Zn,Hg, Cd,Ni)	3,67 (Hg,Zn,Ni, Cu)	3,77 (Hg,Se,Zn, Ni,Cu)
2	1,30 (Cu,Zn,Ni)	7,66 (Zn,Hg,Ni)	1,86 (Cu,Zn,Cd, Ni)	0,52 (Zn,Ni)	1,67 (Se,Zn,Ni, Cu,Co)
3	0,05 (Ni)	6,05 (Zn,Ni)	1,56 (Cr,Zn,Cd, Ni)	0,70 (Zn,Ni)	0,25 (Se,Zn)
4	0 ()	6,73 (Zn)	2,47 (Cr,Cu,Zn, Hg,Cd,Ni)	0,11 (Zn,Ni)	0,07 (Zn)
5	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()
6	0 ()	0 ()	0,35 (Cu)	0 ()	0 ()
7	0,10 (Cr)	0 ()	3,03 (As,Sb)	0 ()	0 ()
8	0,17 (Ni)	2,10 (Cd)	1,09 (As)	0 ()	0 ()
9	0 ()	2,30 (Cd)	0,39 (Cd)	0,94 (Zn,Cd)	0,39 (Se,Zn,Ni)
10	0,25 (Ni)	6,19 (Zn)	0,45 (Cd)	0,55 (Zn,Pb,Ni)	0 ()
11	1,60 (Cu,Zn,Ni)	12,02 (Cu,Zn,Hg, Cd)	15,21 (Cu,Zn, Hg, Cd,Ni,Pb)	0 ()	0 ()
12	0 ()	0 ()	0,06 (Cd)	0 ()	0,07 (Se)
13	0 ()	5,79 (Zn,Hg)	0,56 (Cd)	2,68 (Hg,Zn,Ni)	2,54 (Hg,Zn)
14	26,36 (Hg)	56,56 (Hg)	1,47 (Hg)	23,07 (Hg,As)	6,95 (Hg)
15	()	()	21,78 (Cr,Zn,Hg, As,Cd)	8,46 (Hg)	10,47 (Hg)
16	1,68 (Cr,Zn,Hg)	6,43 (Cr,Zn,Hg)	3,19 (Zn,Hg,Cd)	4,21 (Hg)	18,65 (Hg,Se,Zn, Cu,Cr)
17	0 ()	7,30 (Zn)	0 ()	0,91 (Zn,Ni)	2,08 (Zn,Cd)
18	()	()	0,19 (Zn)	0 ()	0 ()
19	0 ()	0 ()	0,03 (Cu,Zn)	0,46 (Ni)	0,24 (As,Zn)
20	17,65 (Cu,Zn,Hg)	7,24 (Cu,Zn)	1,54 (Cu,Zn,Hg, As)	3,46 (Sb,Zn,Pb, Cu)	2,05 (As,Zn,Cu)
21	3,45 (Cu,Zn, Hg, As,Cd)	9,65 (Cu,Zn,Cd)	21,95 (Cu,Zn, Hg, Co,As,Cd)	1,38 (Zn,Cu,Cd)	3,73 (As,Zn,Pb, Cu,Cd)
22	0,50 (Zn)	8,15 (Zn,Cd)	13,76 (Cr,Zn,Hg, As,Cd)	1,29 (Zn)	1,59 (As,Zn,Cu)
23	2,15 (Zn)	14,38 (Zn,Hg)	1,63 (Zn)	4,41 (Se,Zn,Pb, Ni)	3,59 (Hg,Se,Zn, Pb,Ni,Cu)
24	0 ()	7,86 (Zn)	0,39 (Zn,Co)	0 ()	35,34 (Zn,Pb,Cu, Cd)
25	24 75 (Cu,Zn,Cd, Pb)	21,87 (Cu,Zn,Cd, Pb)	14,24 (Cu,Zn,Co, Cd,Pb)	31,53 (Zn,Pb,Cu, Cd)	0 ()
26	3,22 (Zn,Cd)	13,28 (Zn,Cd,Co)	5,67 (Cu,Zn,Cd, Pb)	5,71 (Zn,Pb,Cu, Cd)	5,73 (Zn,Pb,Cu, Cd)
27	0 ()	3,64 (Hg)	0,02 (Zn)	0 ()	0 ()
28	0,03 (Hg)	0 ()	0,15 (Cd)	0 ()	0 ()
29	7,35 (Cu,Hg)	6,92 (Hg,Cd)	2,63 (Cu,Zn,Hg, As)	1,47 (Hg,As,Zn, Cu)	1,02 (Hg,Sb,Cu)
30	0,21 (Ni,Hg)	0 ()	0,59 (Zn,Ni)	0,51 (Ni)	0,53 (Ni)
31	0,31 (Ni)	3,75 (Ni)	0,79 (Zn,Ni)	0,48 (Ni)	0,05 (Ni)

Tab. 5.12.4. Stupeň prekročenia hodnôt triedy "A" pre prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn - pokračovanie

Por. číslo lokality	Rok				
	1996	1997	1998	1999	2000
32	178,45 (Cu,Zn,Hg, Co,As,Cd,Ni,Pb, Sb)	44,16 (Cu,Zn,Hg, Cd)	18,96 (Cu,Hg)	42,1 (Hg,Cu)	33,88 (Hg,Cu)
33	16,44 (Cu,Zn,Hg, Co,As,Cd)	20,37 (Cu,Zn,Hg, Co)	8,42 (Cu,Zn,Hg, Co,As,Cd,Ni,Sb)	10,92 (Hg,Sb,As, Zn,Ni,Cu,Co)	19,66 (Hg,Sb,As, Zn,Ni,Cu,Co,)
34	0,21 (Cd)	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()
35	0,08 (Ni,Zn)	7,97 (Hg)	4,87 (Cu,Hg)	1,62 (Hg,Zn,Ni, Cu)	0,31 (Hg,Cu)
36	0,04 (Hg)	5,76 (Hg)	0 ()	0,53 (Zn,Cd)	1,36 (Hg,Zn,Ni, Cu)
37	0,51 (Ni)	5,26 (Ni)	0,29 (Ni)	0,04 (Zn)	0,43 (Se,Ni)
38	0,34 (As)	0 ()	0,05 (Ni)	0,07 (Ni)	2,65 (As,Ni)
39	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()
40	0,87 (Hg,Ni)	0 ()	1,24 (As,Ni)	0,42 (As,Ni)	1,32 (As,Ni)
41	0,24 (Ni)	10,54 (Hg,Cd)	0,45 (Ni,)	0,17 (Ni)	0,14 (Ni)
42	0,38 (Ni)	9,2 (Hg)	2,56 (Cd,)	0 (Ni)	0 ()
43	0,17 (Ni)	6,15 (Ni)	0,21 (Ni,)	0 ()	0 (Se)
44	0,93 (Ni,Se)	7,72 (Co,Ni)	1,21 (Cu,Zn,Co, Cd,Ni,)	0,99 (Zn,Ni,Cu, Cd)	0,79 (Zn,Ni,Cu)
45	0,76 (Ni)	7,12 (Hg,Cd,Ni)	0,37 (Ni,)	0,37 (Ni)	0,79 (As,Zn,Ni, Cu, Co)
46	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()
47	0 ()	0 ()	1,33 (Zn,As,Cd,)	0 ()	0 ()

5.12.5. Závěry a odporúčania

Odobrali sa vzorky z monitorovacích lokalít v piatich ročných cykloch v období rokov 1996-2000, jedenkrát ročne. To znamená, päťročný časový sled údajov, pri približne rovnakých prírodných, odberových a analytických podmienkach. Takto získané vzorky sa analyzovali na totálny obsah vybraných prvkov. Zvyšné časti vzoriek sú označené a archivované v ŠGÚDŠ.

Analyzovaná bola nasledovná asociácia prvkov:

- hlavné prvky: Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn
- stopové prvky: Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb

Výsledky chemických analýz sú uložené v databázovom systéme ACCESS v.7.0.

Z časového hľadiska sa ako najstabilnejšie javia, v rámci päťročného monitorovacieho obdobia, obsahy Al, K, Na, Fe, Mg, Ni, Cr, teda prvkov ktorých distribúcia je v prevažnej miere ovplyvňovaná geogénnymi faktormi. Pôsobenie týchto faktorov je v čase pomerne stále, čo sa odráža aj v obsahoch prvkov. Hlavné prvky Ca a Mn vykazovali z hľadiska časovej stability určitú premenlivosť, zvýraznenú najmä v lokalitách 5, 7-10, 21, 24, 32, 33, 46, 47.

Tab. 5.12.5. Stupeň znečistenia na základe hodnôt triedy "B" pre prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn

Por. číslo lokality	Rok				
	1996	1997	1998	1999	2000
7	0 ()	0 ()	1,88 (As)	0 ()	0 ()
8	0 ()	0 ()	1,02 (As)	0 ()	0 ()
11	0 ()	0,38 (Cu)	2,48 (Cu,Zn,Pb)	0 ()	0 ()
14	3,1 (Hg)	6,96 (Hg)	0 ()	3,08 (Hg,As)	0,19 (Hg)
15	()	()	2,91 (Hg,As)	0,42 (Hg)	0,72 (Hg)
20	1,33 (Cu,Zn,Hg)	0 ()	0,2 (As)	0,43 (Sb)	0 ()
21	0,06 (As)	0 ()	4,74 (Cu,Zn,As, Cd)	0 ()	0 ()
22	0 ()	0 ()	1,4 (Hg,As)	0 ()	0 ()
23	0 ()	0,33 (Hg)	0 ()	0 ()	0 ()
24	0 ()	0 ()	0 ()	0 ()	6,44 (Zn,Pb,Cd)
25	4,86 (Cu,Zn,Pb)	2,96 (Cd,Zn,Pb)	2,9 (Zn,Pb)	6,44 (Zn,Pb,Cu, Cd)	0 ()
26	0 ()	0 ()	0,05 (Zn)	0,3 (Zn,Pb)	0 ()
29	0,23 (Hg)	0 ()	0,83 (As)	0 ()	0 ()
32	111,84 (Cu,Zn, Hg,Co,As)	4,88 (Hg,Cd)	1,88 (Hg)	5,39 (Hg)	4,17 (Hg)
33	3,22 (Cu,Zn,Hg, Co,As,Cd)	1,99 (Cu)	1,18 (Cu,As)	2,2 (Sb,Cu)	2,3 (Hg,Cu)
38	0,3 (As)	0 ()	0 ()	0 ()	1,11 (As)
40	0 ()	0 ()	0,73 (As)	0 ()	0,13 (As)
47	0()	0()	0,02 (As)	0 ()	0 ()

Tento jav je pravdepodobne spôsobený zvýšenou citlivosťou týchto prvkov na hydrodynamické a geochemické podmienky v sledovaných lokalitách (napr. pH, oxidačno-redukčné podmienky). Zatiaľ čo obsahy Pb, Hg, Cd, Cu, As sú v čase premenlivejšie. Dôvodom sú geochemické vlastnosti týchto prvkov ako aj to, že na ich distribúciu vo výraznejšej miere pôsobia antropogénne faktory, ktorých vplyv na prírodné prostredie je v čase premenlivé. Detailnejšie časové vývojové trendy v obsahoch prvkov sedimentoch bude možné urobiť až po získaní dlhšieho, reprezentatívneho radu meraní.

Záver o vzťahoch medzi formami prvkov v riečnych sedimentoch a nadložnom vodnom stĺpci povrchových tokov sú limitované nekompletnosťou rozsahu sledovaných parametrov v povrchových tokoch vo všetkých lokalitách monitoringu riečnych sedimentov. Napriek tomu medzi prvky s určitou pozitívnou koreláciou obsahu týchto prvkov v oboch vzorkovacích médiách, možno zaradiť Ca, Mg, Fe, Cu, As, ako nekorelujúce sa javia obsahy Ni, Cr, Na, K.

V rámci hodnotenia obsahov kontaminujúcich látok vzhľadom na limitné hodnoty bol určený sumárny stupeň prekročenia referenčných hodnôt triedy A (pre prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn) a stupeň znečistenia na základe limitnej hodnoty „triedy B“. Prakticky vo všetkých monitorovaných lokalitách (s výnimkou troch) bolo zaznamenané

prekročenie referenčnej hodnoty A aspoň pre jednu zložku. Najčastejšie prekračujúcimi parametrami boli Cu, Zn, Hg, As. Časový vývoj stupňa prekročenia je pomerne premenlivý, trvale prekračujúcim charakterom sa vyznačujú najmä lokality 1, 2, 3, 14, 16, 20, 21, 22, 23, 26, 29, 32 a 33, čiže vzorky z monitorovaných úsekov riek : M. Dunaj, Morava, Nitra, Hron, Ipeľ, Štiavnica, Slaná, Hornád, Hnilec. V prípade limitných hodnôt triedy B došlo aspoň raz k prekročeniu limitu pre niektorý z hodnotených prvkov v 18 lokalitách (počas posledných piatich rokov), čo predstavuje takmer 40 % celkovo monitorovaných lokalít. To znamená, že sedimenty vykazujú pomerne vysokú mieru kontaminácie, čo je dôvodom pre ďalšie monitorovanie. Väčšina kontaminovaných lokalít je situovaná v monitorovaných úsekoch povodí riek Štiavnica, Hornád, Hnilec, Hron, Ipeľ, Nitra. Najčastejšie prekračujúcimi parametrami boli Hg, As, Cu.

Monitorovaciu sieť riečnych sedimentov a rozsah sledovaných parametrov odporúčame po určitých úpravách zachovať naďalej. Zmeny by mali spočívať najmä v zosúladení sledovaných parametrov v monitoringu povrchových vôd a riečnych sedimentov v koordinácii s SHMÚ, aby bolo možné komplexnejšie posúdiť vzťahy a procesy prebiehajúce medzi oboma vzorkovacími médiami. Určité zmeny je potrebné vykonať aj v lokalizácii monitorovacích stanovišť riečnych sedimentov, nakoľko príslušné stanovišťa povrchových vôd už boli zrušené, prípadne posunuté.

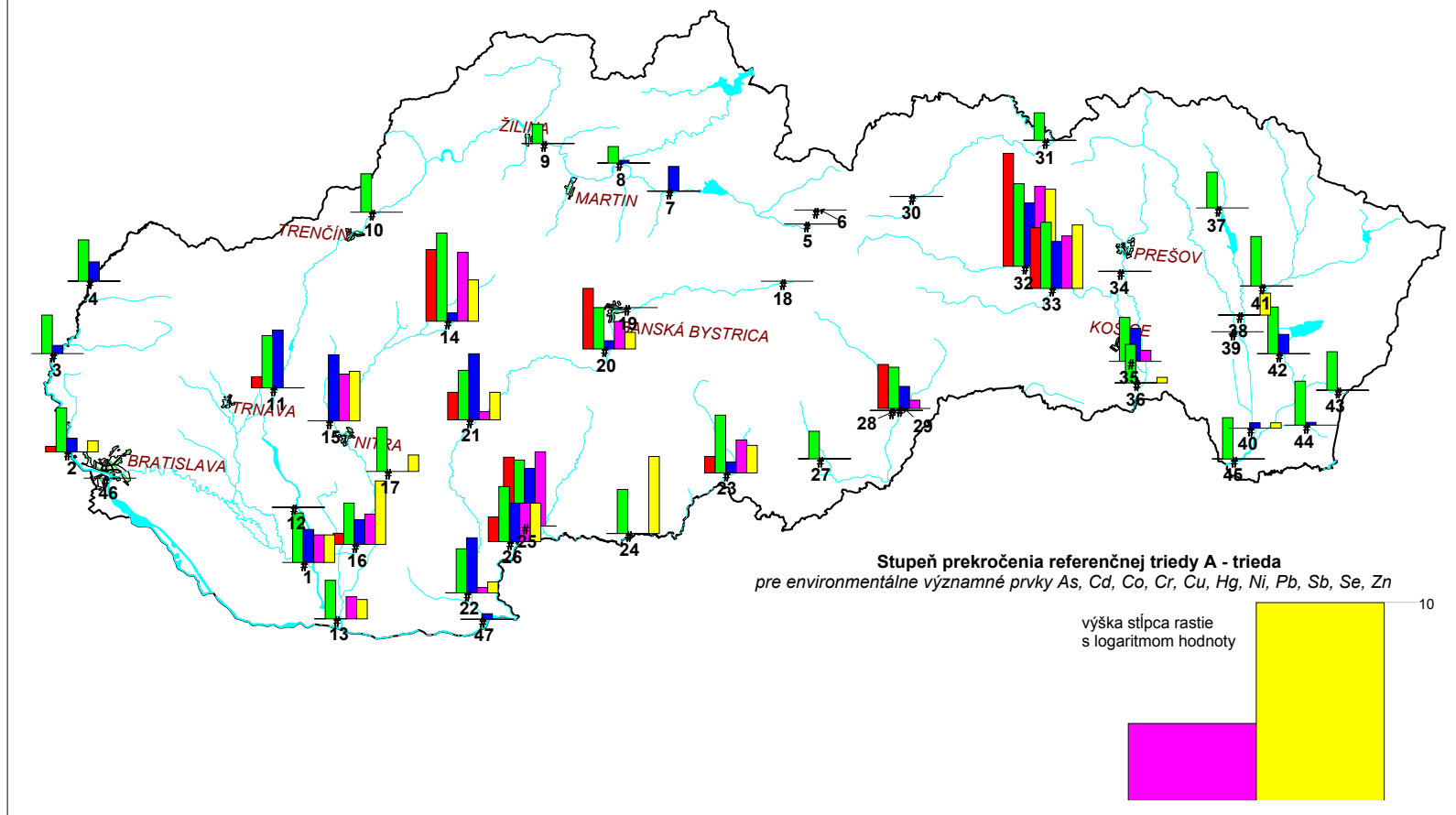
Rozsah monitorovacích prác ďalej odporúčame rozšíriť o sledovanie suspendovaných látok (látok vo vznose) v koordinácii s VÚVH a formy vystupovania prvkov v sedimente, pomocou sekvenčných výluhov vo vybraných lokalitách:

- kontaminované lokality:
 - 14 - Nitra Chalmová
 - 20 - Hron Sliač
 - 25 - Štiavnica ústie do Ipeľa
 - 32 - Hornád Kolinovce
 - 33 - Hnilec prítok do nádrže Ružín

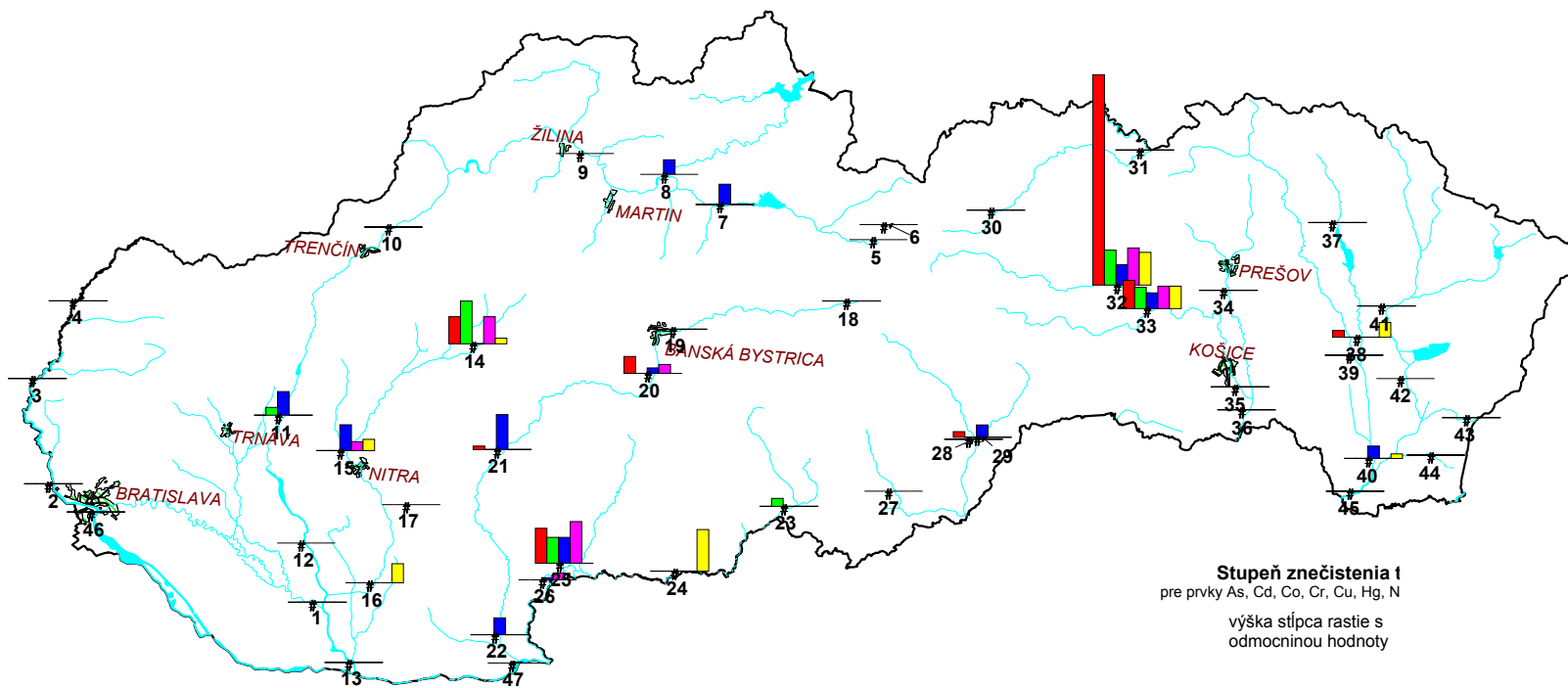
- referenčné vzorky:
 - 5 - Čierny Váh nad nádržou Čierny Váh
 - 12 - Váh Selice
 - 17 - Žitava Lúčnica

Odporúčame ďalej vykonať aj doplňujúci zrnitostný a mineralogický rozbor odoberaných vzoriek s cieľom kompletizácie údajov o monitorovaných lokalitách.

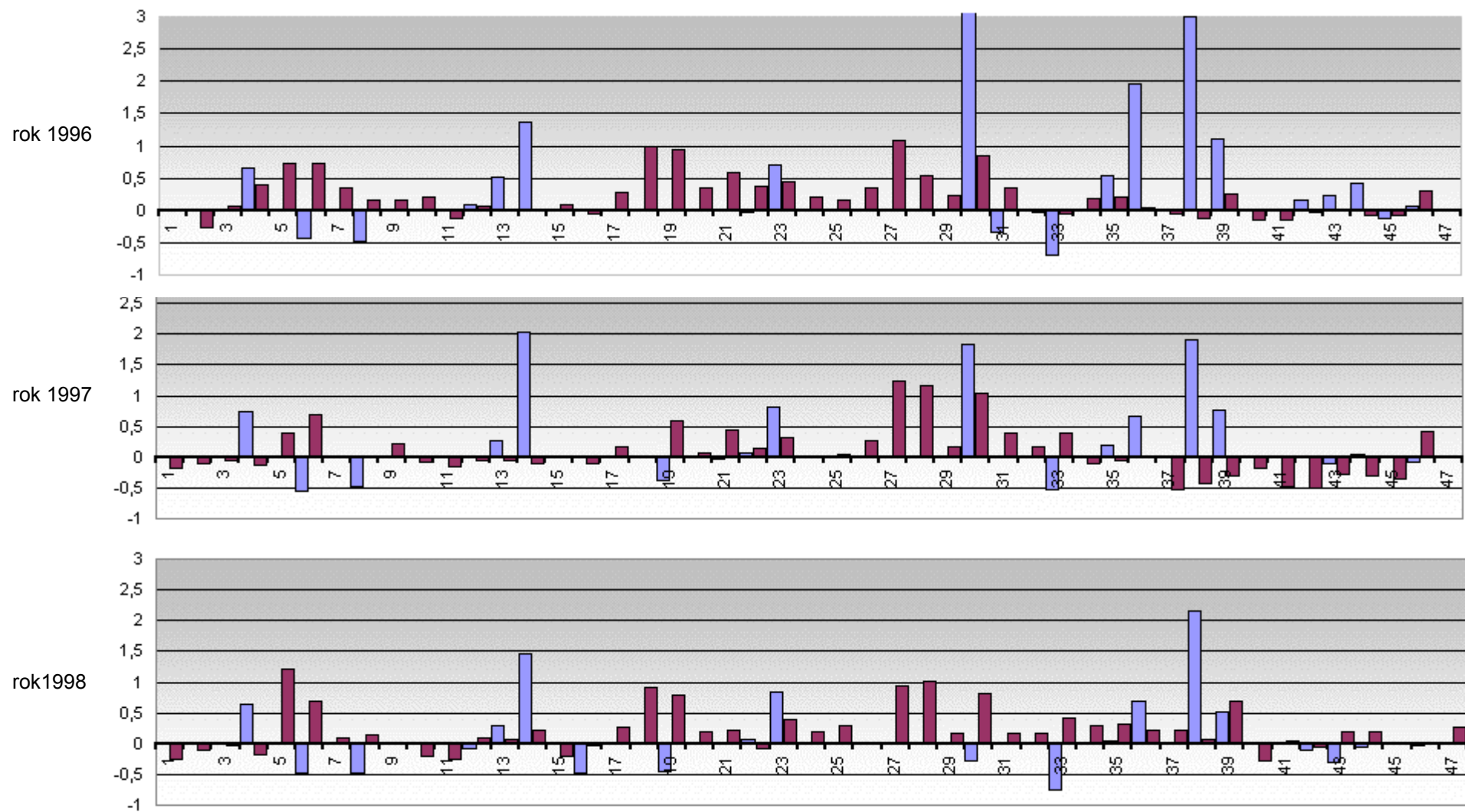
Obrázok 5.12.2 Prehľadné znázornenie vývoja stupňa prekročenia referenčných hodnôt triedy A
 (pre environmentálne významné prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn)



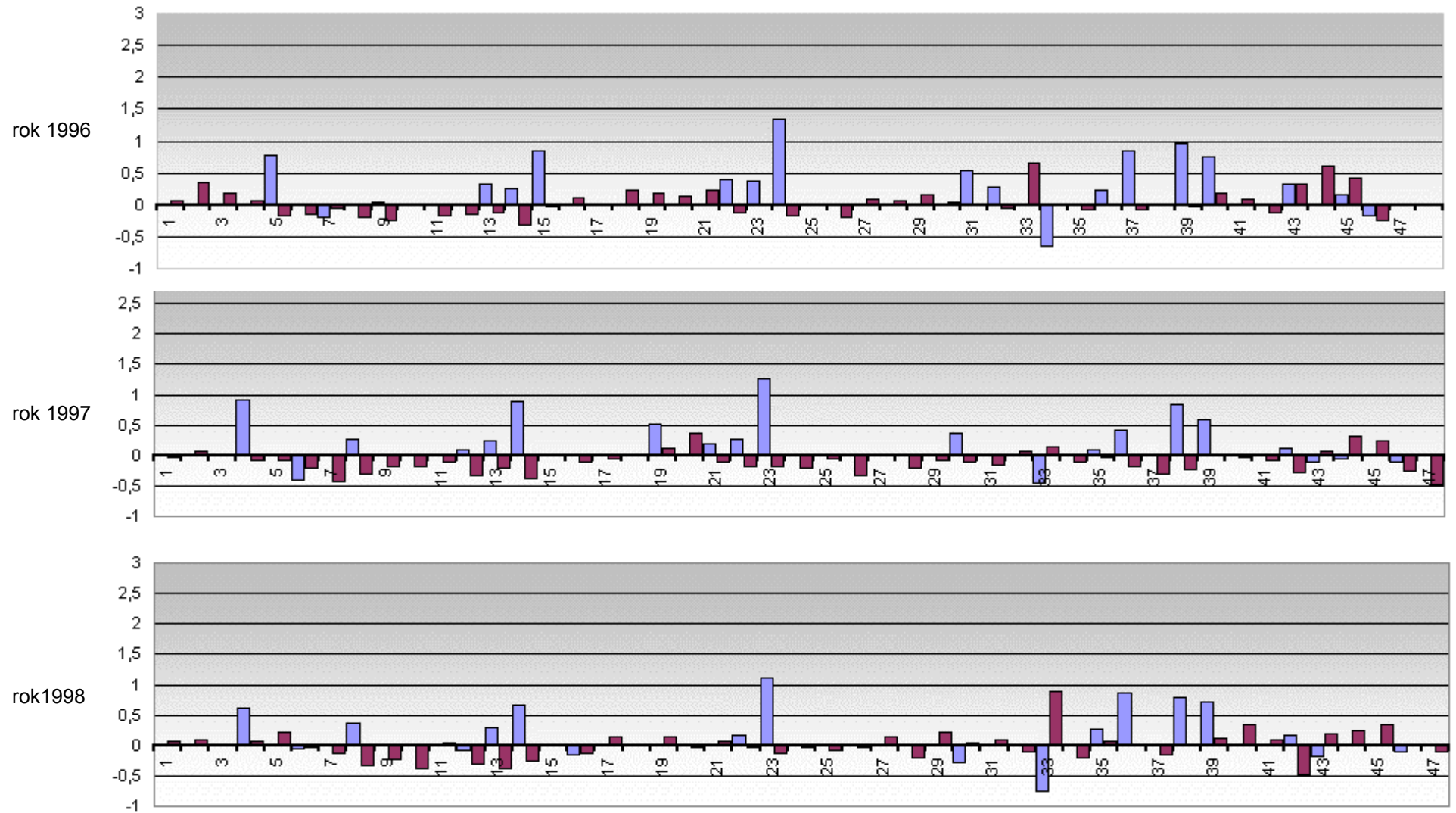
Obrázok 5.12.3 Prehľadné znázornenie vývoja stupňa znečistenia na základe limitných hodnôt triedy B
 (pre environmentálne významné prvky As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn)



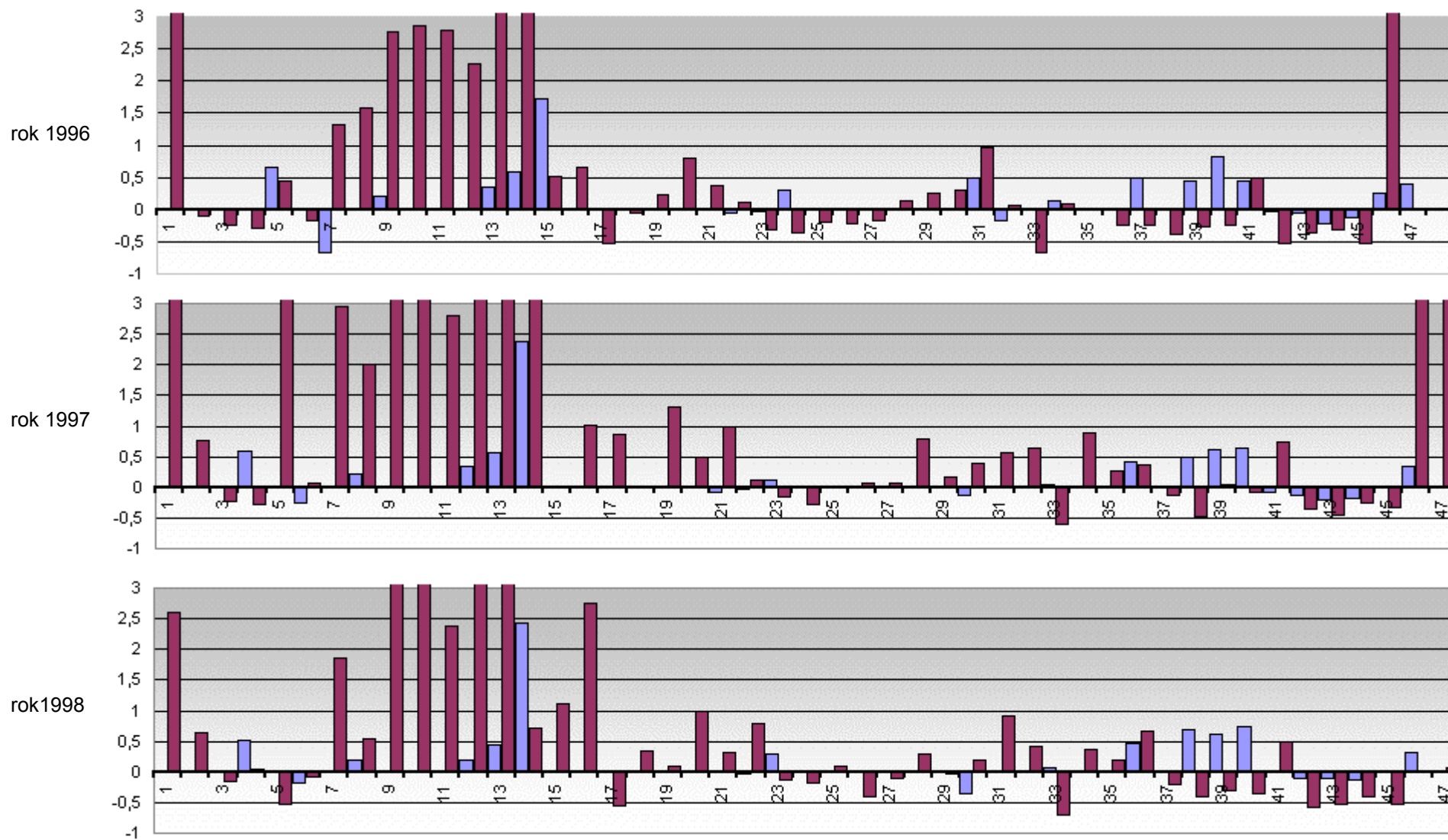
Graf 5.12.1: Porovnanie relatívnych obsahov Na v riečnych sedimentoch a povrchovéch vodách za roky 1996 - 1998
 (hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) (použitá hodnota na výpočet: sediment - 0,87%, voda - 10,38mg/l)



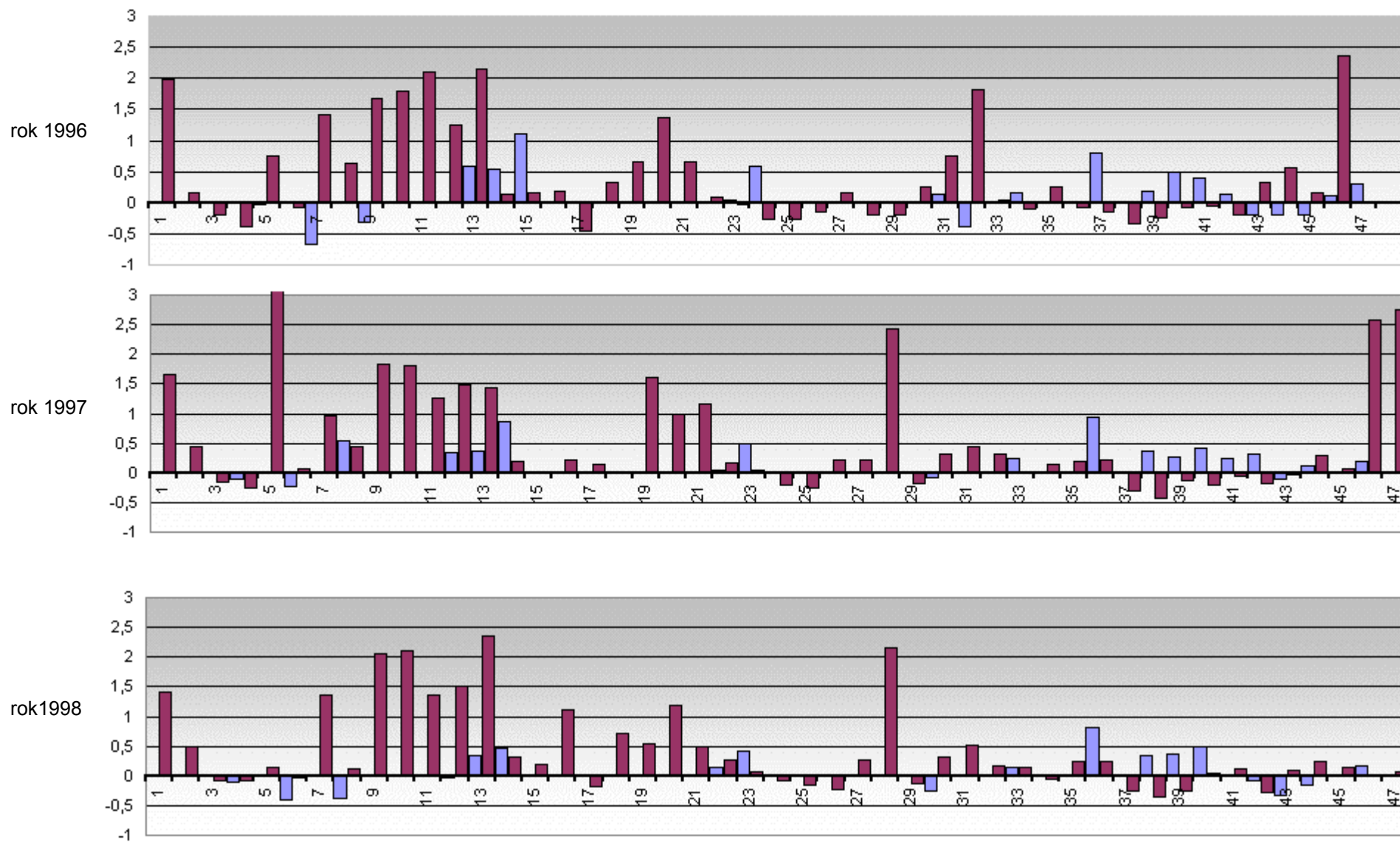
Graf 5.12.2: Porovnanie relatívnych obsahov K v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998
 (hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) (použité hodnoty na výpočet: sediment - 1,51%, voda - 2,95mg/l)



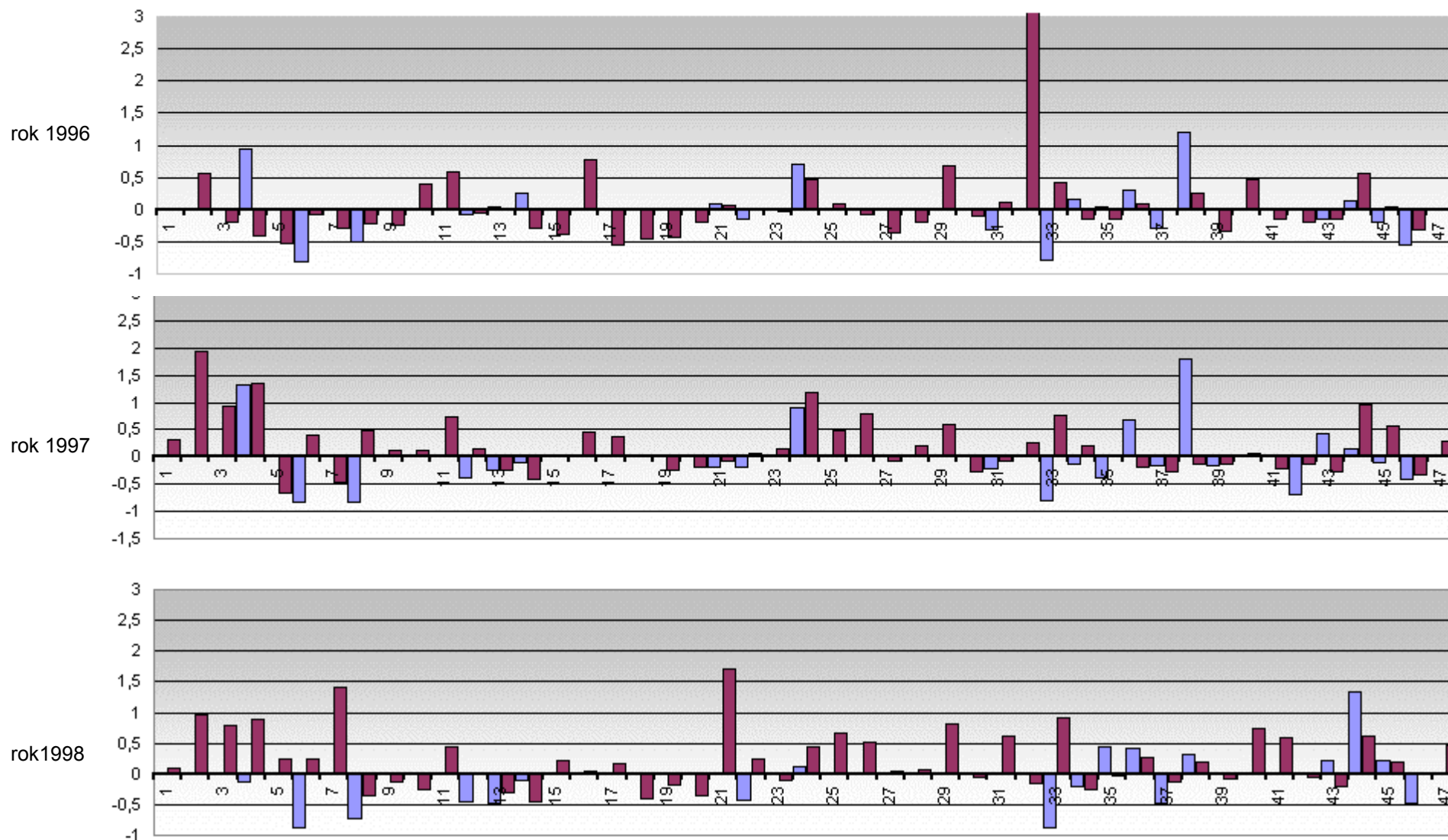
Graf 5.12.3: Porovnanie relatívnych obsahov Ca v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 – 1998
 (hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) (použitá hodnota na výpočet: sediment - 1,69%, voda - 41,99mg/l)



Graf 5.12.4: Porovnanie relatívnych obsahov Mg v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998
 (hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) [použité hodnoty na výpočet: sediment - 0,82%, voda - 11,83 mg/l]

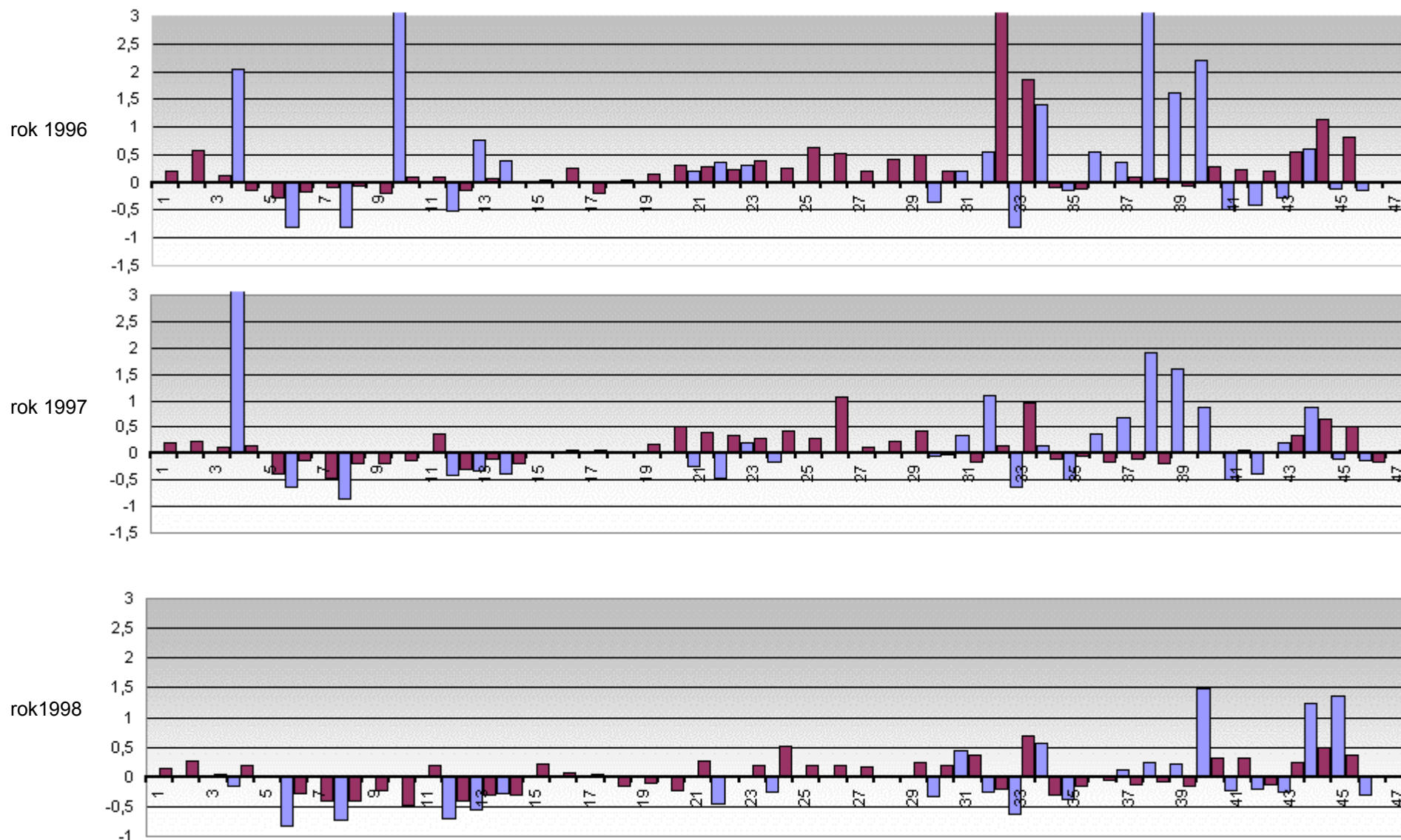


Graf 5.12.5: Porovnanie relatívnych obsahov Mn v riečnych sedimentoch a povrchových vodách za roky 1996 - 1998
 (hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) (použité hodnoty na výpočet: sediment - 770 mg/kg, voda - 0,12 mg/l)



Graf 5.12.6: Porovnanie relatívnych obsahov Fe v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998

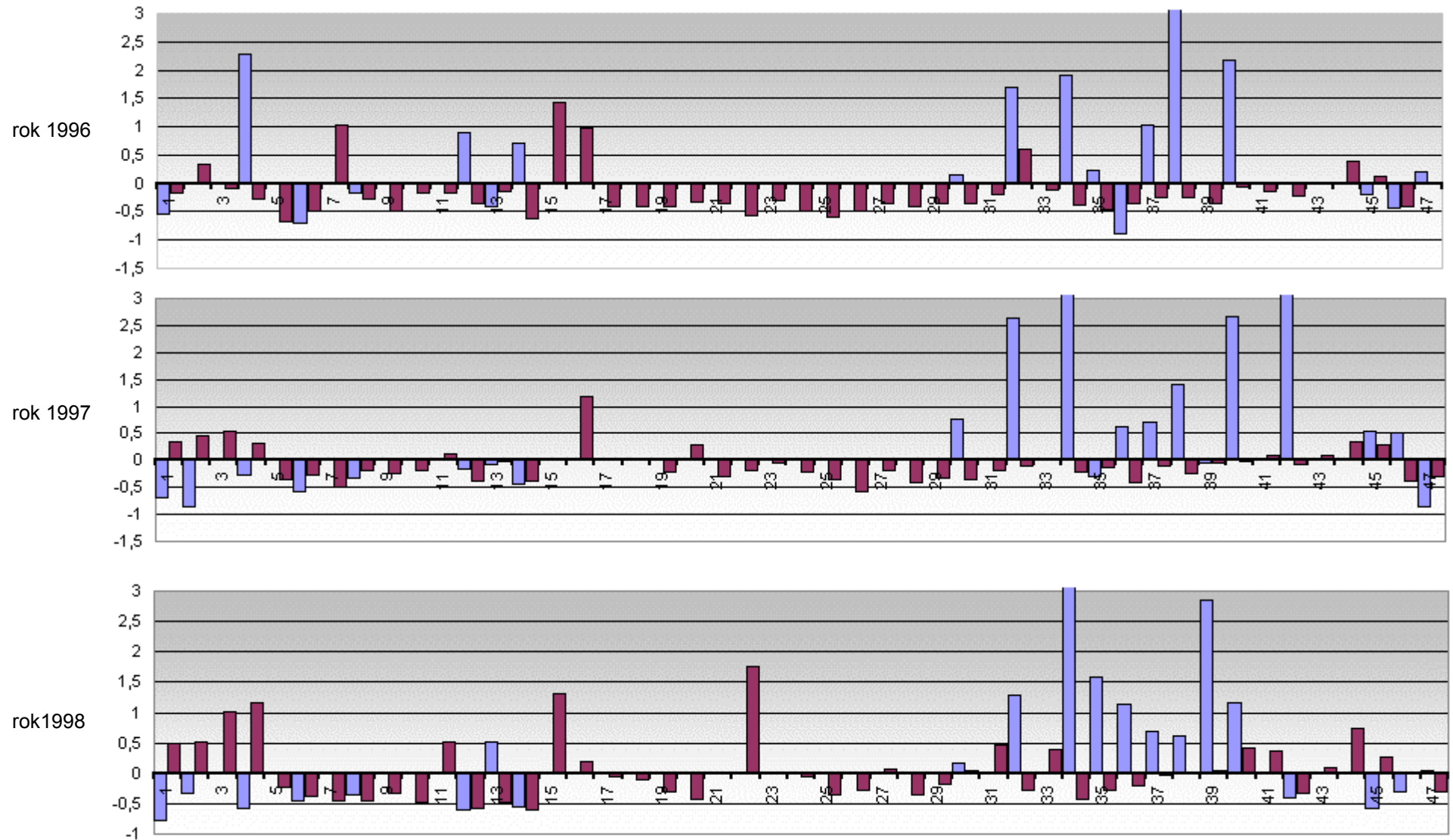
(hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) (použité hodnoty na výpočet: sediment - 2,65 %, voda - 0,49 mg/l)



Graf 5.12.7: Porovnanie relatívnych obsahov Cr v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998

(hnedeá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok)

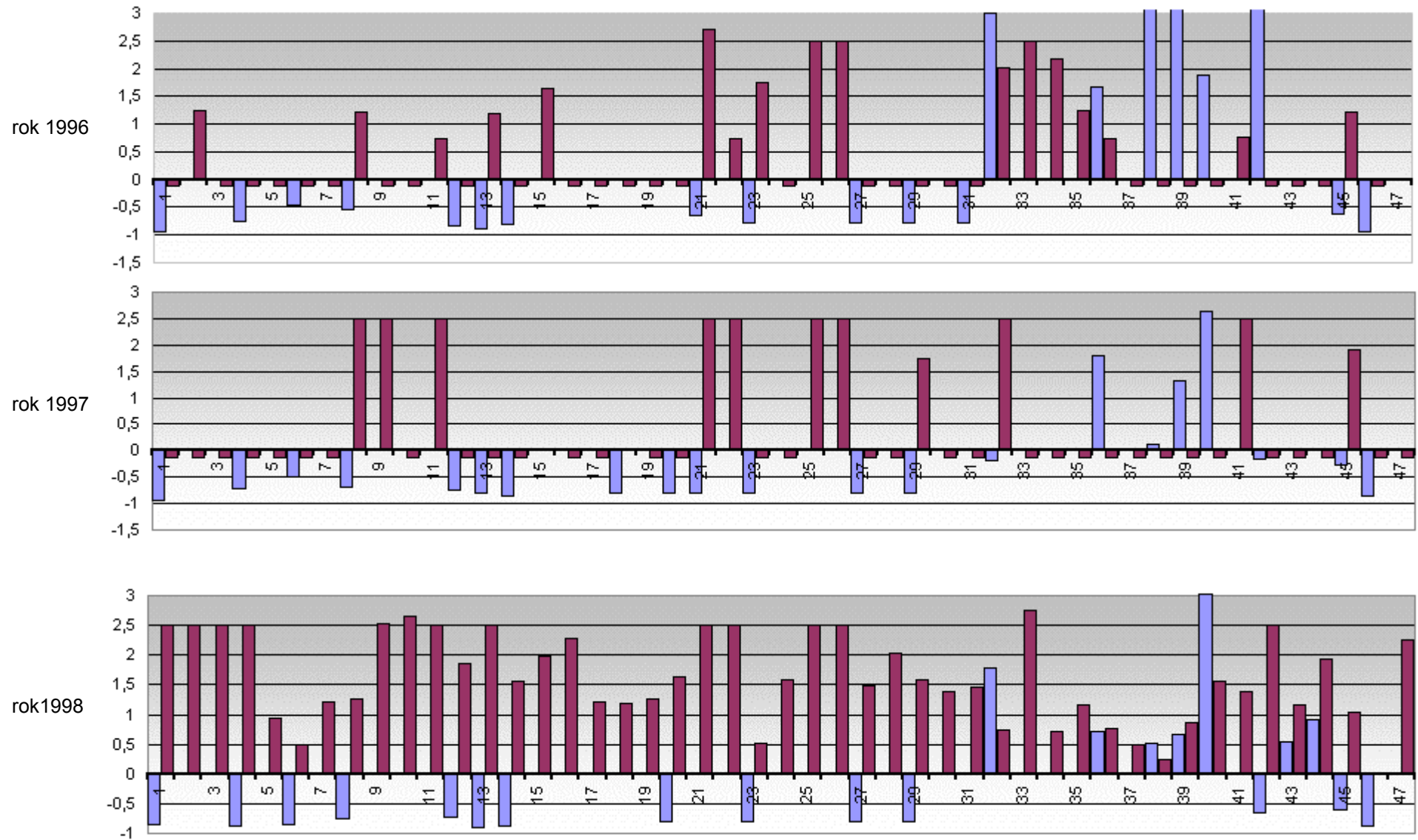
(použitá hodnota na výpočet: sediment - 70 mg/kg, voda - 1,10 µg/l)



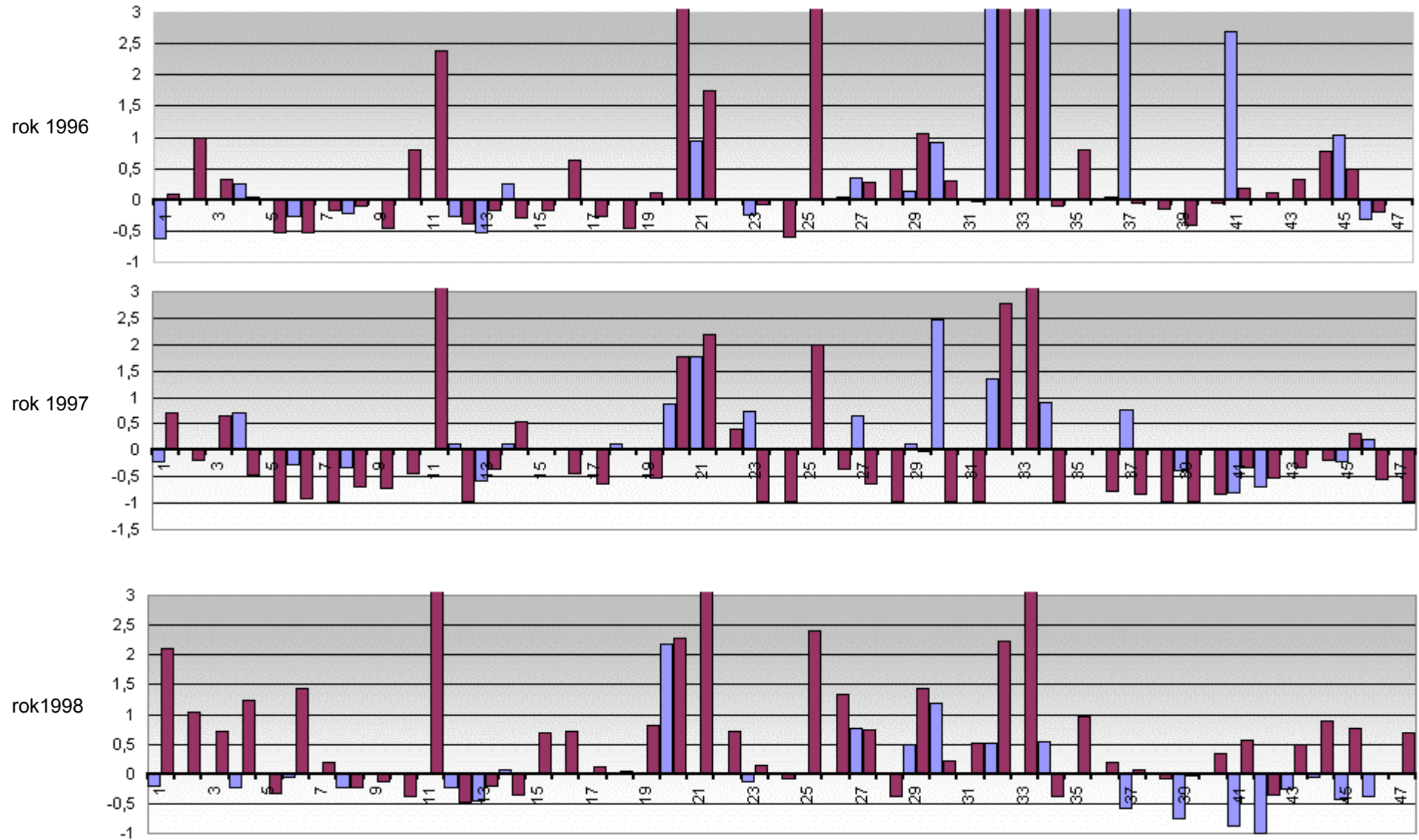
Graf 5.12.8: Porovnanie relatívnych obsahov Cd v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998

(hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok)

(použité hodnoty na výpočet: sediment - 0,4 mg/kg, voda - 0,48 µg/l)



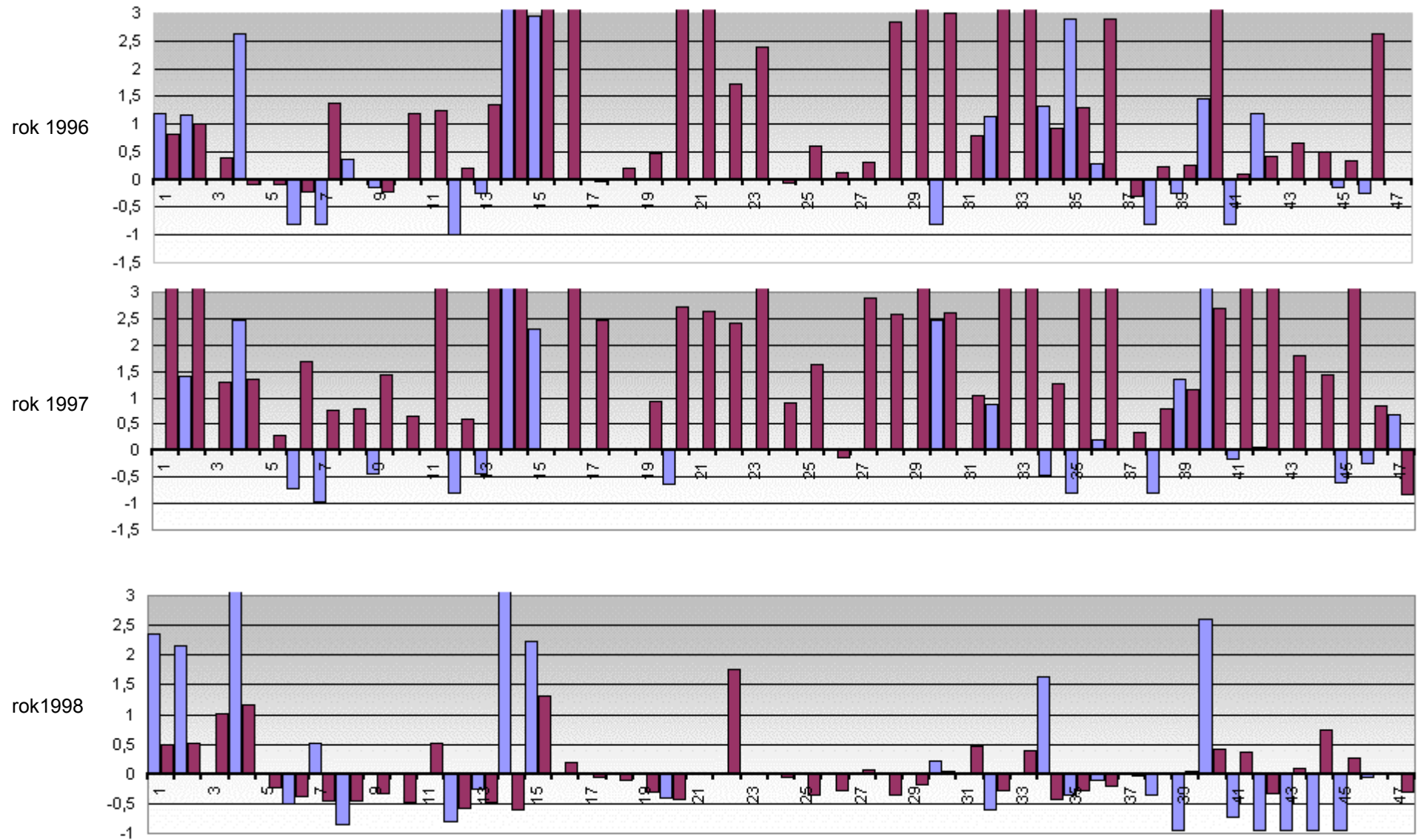
Graf 5.12.9: Porovnanie relatívnych obsahov Cu v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998
 (hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) (použité hodnoty na výpočet: sediment - 20 mg/kg, voda - 4,22 µg/l)



Graf 5.12.10: Porovnanie relatívnych obsahov Hg v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998

(hnedeá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok)

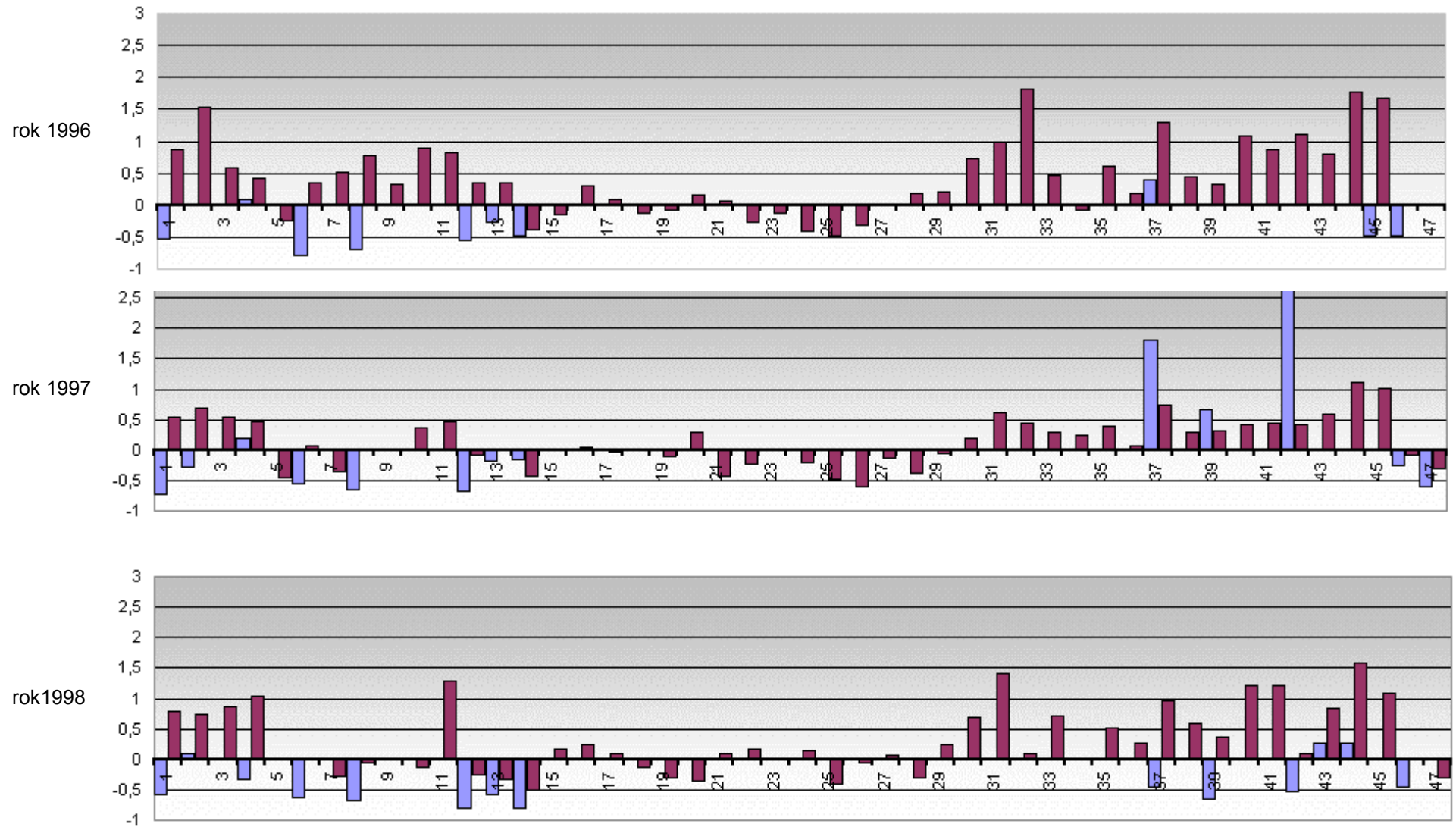
(použitá hodnota na výpočet: sediment - 0,08 mg/kg, voda - 0,13 µg/l)



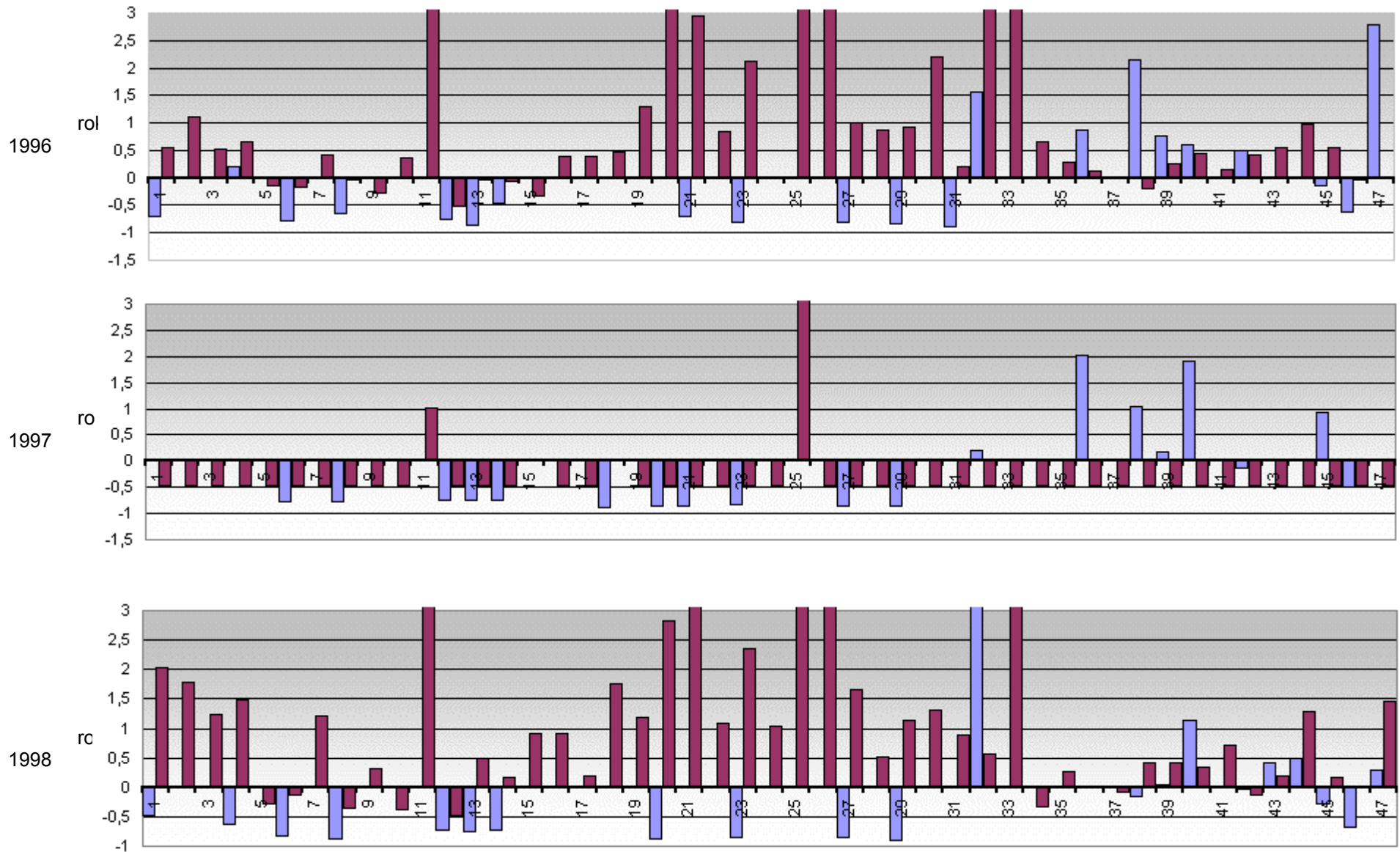
Graf 5.12.11: Porovnanie relatívnych obsahov Ni v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998

(hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok)

(použité hodnoty na výpočet: sediment - 23 mg/kg, voda - 4,77 µg/l)



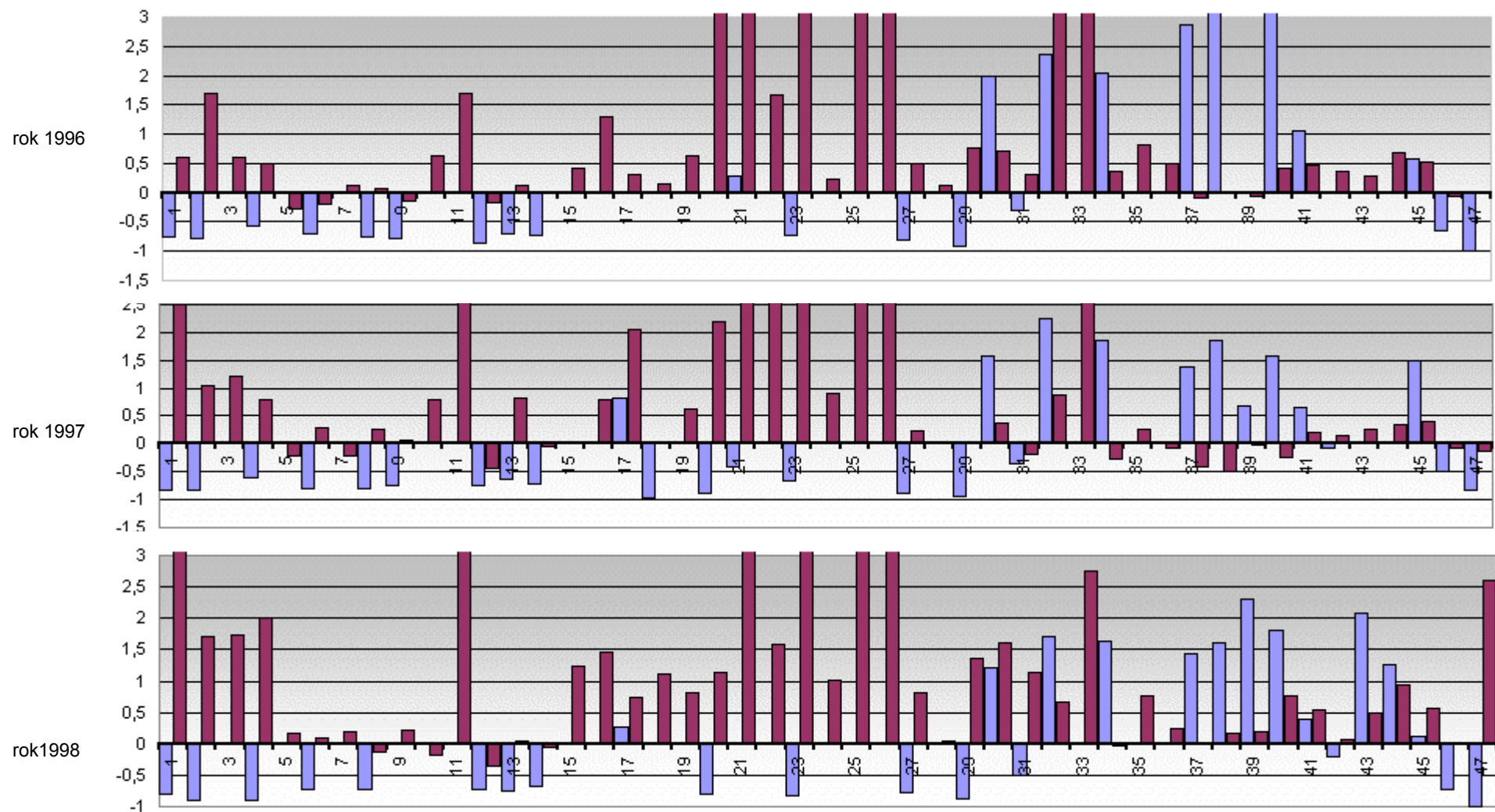
Graf 5.12.12: Porovnanie relatívnych obsahov Pb v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998
 (hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok) (použité hodnoty na výpočet: sediment - 14 mg/kg, voda - 4,49 µg/l)



Graf 5.12.13: Porovnanie relatívnych obsahov Zn v riečnych sedimentoch a povrchovej vode za roky 1996 - 1998

(hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchovej voda)

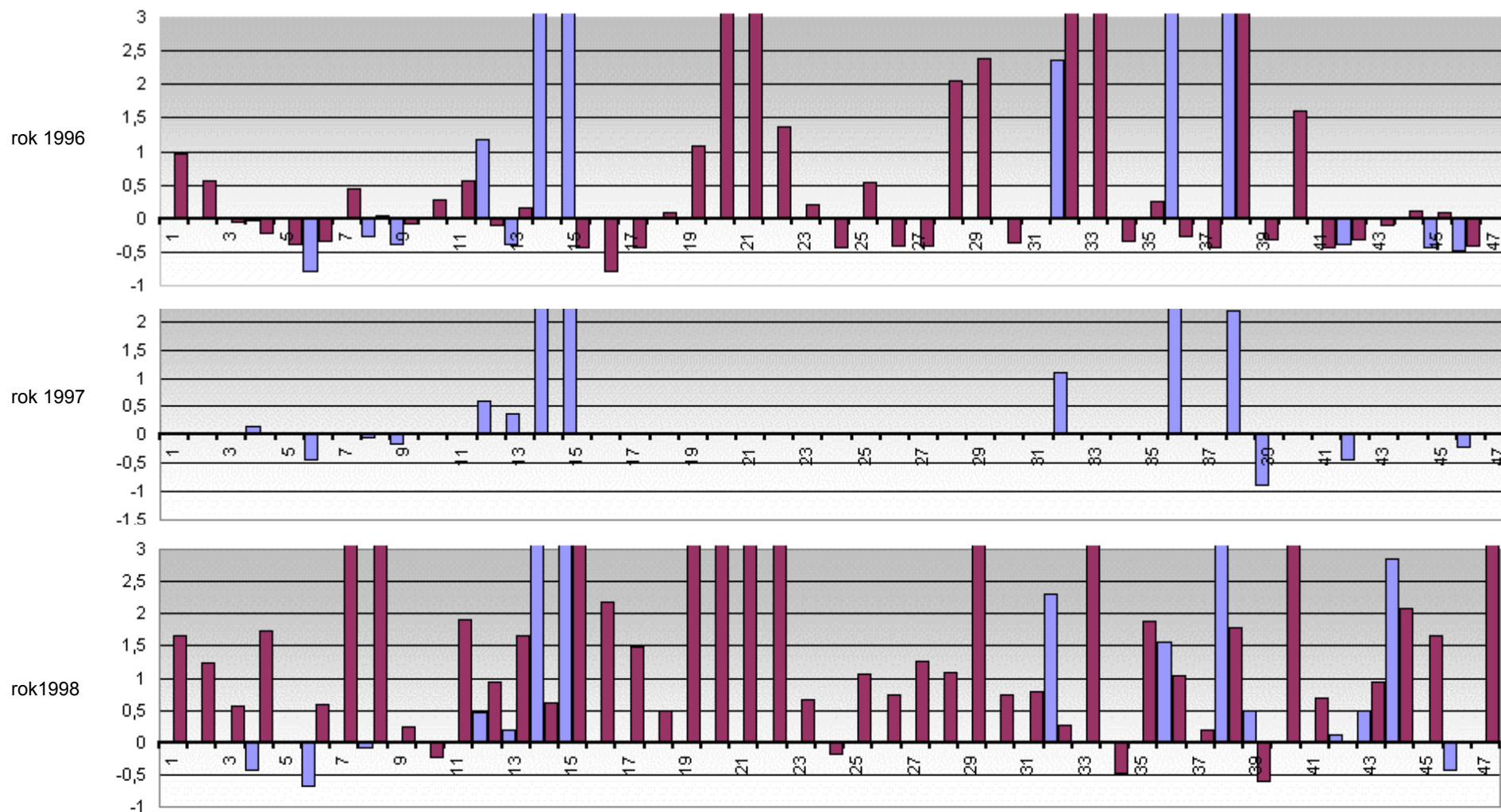
(použitá hodnota na výpočet: sediment - 79 mg/kg, voda - 78 µg/l)



Graf 5.12.14: Porovnanie relatívnych obsahov As v riečnych sedimentoch a povrchových vodách za roky 1996 - 1998

(hnedá farba - riečne sedimenty, modrá - povrchový tok)

(použitie hodnôt na výpočet: sediment - 79 mg/kg, voda - 78 µg/l)



5.13. MONITORING OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU V GEOLOGICKOM PROSTREDÍ NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Problematika súvisiaca s radónom a s rádioaktivitou vo všeobecnosti bola v minulosti na okraji záujmu nielen u nás, ale aj inde vo svete, nakoľko urán a jeho produkty rozpadu boli považované za strategické suroviny pre zbrojný priemysel a tak všetky výsledky prieskumných prác i vedeckých výskumov z tejto oblasti boli prísne utajované. Zdravotné dôsledky na populáciu boli podceňované a obmedzené na názor, že radón ohrozuje len baníkov v uránových baniach.

Výskumy radiačnej záťaže ľudstva potvrdili, že ožiarenie populácie ionizujúcim žiarením pochádza prevažne z prírody samotnej. Vedecký výbor OSN zverejnil informáciu, že napriek existujúcej radiácii z umelých zdrojov, prírodné rádioaktívne žiarenie sa podiela viac než dvoma tretinami na celkovom ožiarení svetovej populácie a za najzávažnejší zdroj prírodného žiarenia označil práve rádioaktívny plyn ^{222}Rn a jeho dcérske produkty rádioaktívnej premeny (Nikodémová, 1992).

Je známe, že prírodné rádionuklidy a produkty ich rozpadu sú trvalo prítomné vo všetkých zložkách životného prostredia; v horninách, vodách a v ovzduší. Radón ^{222}Rn (zdroj alfa žiarenia s polčasom rozpadu 3.825 dňa) je prírodný rádioaktívny plyn, ktorý vzniká samovoľným rozpadom rádia ^{226}Ra (zdroj alfa a gama žiarenia) v rozpadovom rade uránu ^{238}U . Patrí medzi tzv. vzácne plyny. Má väčšiu hustotu než vzduch, je rozpustný v kvapalinách, je bez farby, chuti a zápachu. Radón pomerne ľahko preniká horninovým prostredím. Šíri sa difúznym a konvekčným prúdením. Vzhľadom k veľmi dlhému polčasu rozpadu materských prvkov (urán $4,5 \cdot 10^9$ rokov, rádium 1620 rokov), je zaistený dlhodobý a neustály prísun radónu z geologického prostredia.

V posledných rokoch dochádza postupne aj na Slovensku ku zvýšenému záujmu odborníkov, štátnych orgánov a verejnosti o tento negatívny faktor životného prostredia. Boli prijaté určité legislatívne opatrenia súvisiace s ochranou pred radónom, s postupmi stanovenia jeho koncentrácií v geologickom prostredí a s hodnotením miery rizika z radónu (zásahové úrovne). Bola vydaná vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky (MZ SR) č. 406/1992 Z.z. „O požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z radónu a ďalších prírodných rádionuklidov“, ktorá akceptuje odporúčania Medzinárodnej komisie pre rádiologickú ochranu (ICRP). Zákonom č. 470/2000 Z.z. bolo nedávno aktualizované znenie zákona č. 272/1994 Z.z. „O ochrane zdravia ľudí“ v zmysle ochrany obyvateľstva pred prírodným ionizujúcim žiarením. V návaznosti na tento zákon bola vydaná ďalšia vyhláška MZ SR č. 12/2001 Z.z. „O požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany“, ktorá definuje odvodené zásahové úrovne na vykonanie opatrení proti prenikaniu radónu z podlažia stavieb. Pre plnenie legislatívnych požiadaviek je potrebné okrem iného aj meranie objemovej aktivity radónu (OAR) v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti hornín.

Územie Slovenska bolo prvýkrát hodnotené z hľadiska výskytu radónu v horninách začiatkom 90-tych rokov v práci „Odvođené mapy radónového rizika Slovenska v mierke 1 : 200 000“ (P. Čížek et al., 1992), kde bola zistená prognóza cca 40 % rozlohy územia SR s výskytom stredného radónového rizika a 3 – 4 % s prognózou vysokého radónového rizika.

Predpoklad zvýšeného výskytu radónu vo viacerých oblastiach Slovenska potvrdili i práce P. Čížka, H. Smolárovej, J. Lanca, J. Hricka, J. Bezáka, L. Lučivjanského, J. Daniela v ďalších rokoch a tiež merania radónu v bytoch, ktoré realizuje hlavne Ústav preventívnej a klinickej medicíny v Bratislave (ÚPKM). Z ich výsledkov vyplynula oprávnená potreba dôkladnejšieho preskúmania a poznania tohto negatívneho fenoménu životného prostredia.

5.13.1. Metodika prác

Metodika prieskumných prác bola v súlade s projektom a so základnými požiadavkami smernice MŽP SR č.1/2000-3 „Smernica na zostavovanie a vydávanie máp prírodnej a umelej rádioaktivity v mierke 1 : 50 000“. Metodika merania a hodnotenia obsahov radónu bola schválená Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR (ÚNMS).

Všetky práce, počnúc prácami v teréne, cez merania až po vyhodnotenie obsahov radónu, vykonávali autorizovaní úradní merači na pracovisku ŠGÚDŠ, regionálne centrum Spišská Nová Ves. Toto pracovisko je autorizované pre výkon úradného merania radónu, má povolenie Ministerstva zdravotníctva SR na meranie a hodnotenie objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu v zmysle požiadaviek zákona o ochrane zdravia ľudí č. 470/2000 Z.z. a riadi sa systémom kvality (Príručka kvality schválená ÚNMS) podľa normy Európskej únie EN ISO/IEC 17 025.

Pôdny vzduch pre stanovenie koncentrácie radónu bol odoberaný cez ručne zatĺkané sondy do hĺbky 0,8 m, z ktorých sa po zahĺbení a utesnení najskôr odsaje atmosférický vzduch. Následne je realizovaný samotný odber vzorky pôdneho vzduchu do dekontaminovanej a evakuovanej scintilačnej Lucasovej komory (LK) o objeme 125 ml. LK je kalibrovaný scintilačný detektor, ktorý sa po napustení pôdnym vzduchom transportuje na meranie objemovej aktivity radónu. Meranie pôdneho vzduchu v Lucasovej komore sa začína najskôr 210 minút a najneskôr 24 hodín po napustení komory. Objemová aktivita radónu (A_v) vo vzorke sa počíta podľa vzťahu:

$$A_v = (N_v - N_p) / k \cdot V \cdot R(t_v, t_r) \quad ; \quad [\text{kBq} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde : N_v - nameraný počet impulzov vzorky pôdneho vzduchu za čas t_v

N_p - nameraný počet impulzov pozadia za čas t_v

k - koeficient účinnosti merania stanovený na základe kalibrácie meracieho systému

V - objem vzorky vzduchu v 10^{-3} m^3 .

$R(t_v, t_r)$ - korekčný faktor zohľadňujúci rádioaktívnu premenu od odberu vzorky po koniec merania a zároveň aj stav posuvnej rádioaktívnej rovnováhy medzi ^{222}Rn a jeho dcérskymi produktmi rozpadu v LK. Pri meraní (3,5 hod po napustení LK) je dosiahnutý stav rádioaktívnej rovnováhy medzi radónom a jeho dcérskymi produktmi. Zanedbaním poklesu aktivity radónu v priebehu merania (t_v), môžeme dostatočne presne pre $t_r \geq 210 \text{ min}$ a ľubovoľné t_v určiť $R(t_v, t_r)$ zo vzťahu:

$$R(t_v, t_r) = 3 \cdot t_v \cdot e^{-\lambda t_r} \text{ (sec)}$$

t_v - časový interval merania LK v sekundách, obvykle 400 sec

t_r - doba od napustenia vzorky pôdneho vzduchu do LK do začiatku merania v minútach

λ - rozpadová konštanta ^{222}Rn ($0,000125884 \text{ min}^{-1}$).

Opakované merania sa realizujú v rozsahu 5 %

Validácia výpočtu je zabezpečená kontrolným prepočtom z hodnôt posledného overenia, minimálne 2 krát za rok.

Plynopriepustnosť zemín sa hodnotí minimálne v jednej vzorke na základe skrátenej granulometrickej analýzy v zmysle normy STN 73 1001. Priepustnosť zemín pre plyny je odvodená zo zrnitostného zloženia vzorky, vyjadreného percentuálnym podielom jemných častíc f (priemer častíc pod 0.06 mm) v suchej zemine: malá priepustnosť ($f > 65 \%$), stredná priepustnosť ($f = 15 - 65 \%$), dobrá priepustnosť ($f < 15 \%$).

Vyhodnotenie radónového rizika referenčnej plochy je založené na syntéze zmeranej objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti zemín podľa nasledovnej tabuľky (I. Barnett et.al., 1989):

Kategoríe radónového rizika	Objemová aktivita radónu [$\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$]		
	Priepustnosť zeminy		
	Malá	Stredná	Dobrá
Nízke – I	< 30	< 20	< 10
Stredné – II	30 – 100	20 – 70	10 – 30
Vysoké – III	> 100	> 70	> 30

Vzorky vody pre stanovenie ^{222}Rn boli odoberané do sklenených vzorkovníc (so zabruseným hrdlom) doplna bez vzduchovej bubliny. Vzorkovnice sa silne natesno uzatvorili

a transportovali na meranie. V laboratórných podmienkach sa radón cez premývačku prebublával do dekontaminovaných a evakuovaných LK o objeme 600 ml, ktoré boli následne merané kalibrovaným meracím zariadením metodikou zhodnou s meraním objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu. Doplnkovým údajom bolo stanovenie objemovej aktivity ^{226}Ra vo vzorkách vody (odber do zvláštnej vzorkovnice väčšieho objemu), po dosiahnutí rovnováhy rádia s radónom. Postup vybublania a merania je tiež emanačnou metódou pomocou LK s rovnakým meracím zariadením.

Objemovú aktivitu radónu (A_v) vo vode určujeme podľa vzťahu :

$$A_v = (N_v - N_p) / k \cdot R(t_v, t_r) \cdot e^{-\lambda t_F} \cdot V_v ; \quad [\text{Bq/l}]$$

kde: $e^{-\lambda t_F} - F(t_F)$: koeficient, vyjadrujúci pokles aktivity ^{222}Rn za dobu t_F (doba od odberu vzorky vody v teréne do času naplnenia LK)

V_v - objem vzorky vody v premývačke v litroch

$N_v, N_p, k, R(t_v, t_r)$ - parametre vysvetlené vyššie pri vzťahu na výpočet objemovej aktivity radónu vo vzduchu.

Celý postup merania a stanovenia objemovej aktivity radónu je podrobený raz za 2 roky medzilaboratórnemu porovnaniu s autorizovanými organizáciami pod záštitou Združenia pre reguláciu rizika z radónu pri fakulte ekológie a environmentalistiky TU Zvolen. Meradlá sú overované raz ročne v radónovej komore Štátneho metrologického strediska ÚPKM v Bratislave.

Stanovenie koncentrácií rádia bolo kontrolované aj medzilaboratórnym porovnaním v laboratóriu oddelenia radiačnej hygieny ÚPKM na vzorkách dvoch prameňov. Výsledky našich stanovení sú zrovnateľné a sú v rámci kombinovanej štandardnej neistoty udávanej v laboratóriu ÚPKM.

5.13.2. Monitorovacie prvky, rozsah a frekvencia zberu

Dominantným zdrojom radónu sú hlavne niektoré horniny, ale aj podzemné vody prechádzajúce horninami so zvýšeným obsahom rádia. Vo všeobecnosti platí, že obsah radónu v pôdnom vzduchu závisí hlavne od koncentrácie rádia v hornine, priepustnosti a tektonickom porušení, dopĺňujúcich vplyvov klimatických a meteorologických (vlhkosť, teplota, tlak,). S prihliadnutím na tieto faktory a na známe výsledky o radónovom riziku na území Slovenska, bol v prvej etape monitoring zameraný na pôdny radón vo vybraných mestách v blízkosti obytných zón s prognózou zvýšeného radónového rizika, vybraných oblastí s predpokladom tektoniky a na radón vo vodách vybraných vodných zdrojov.

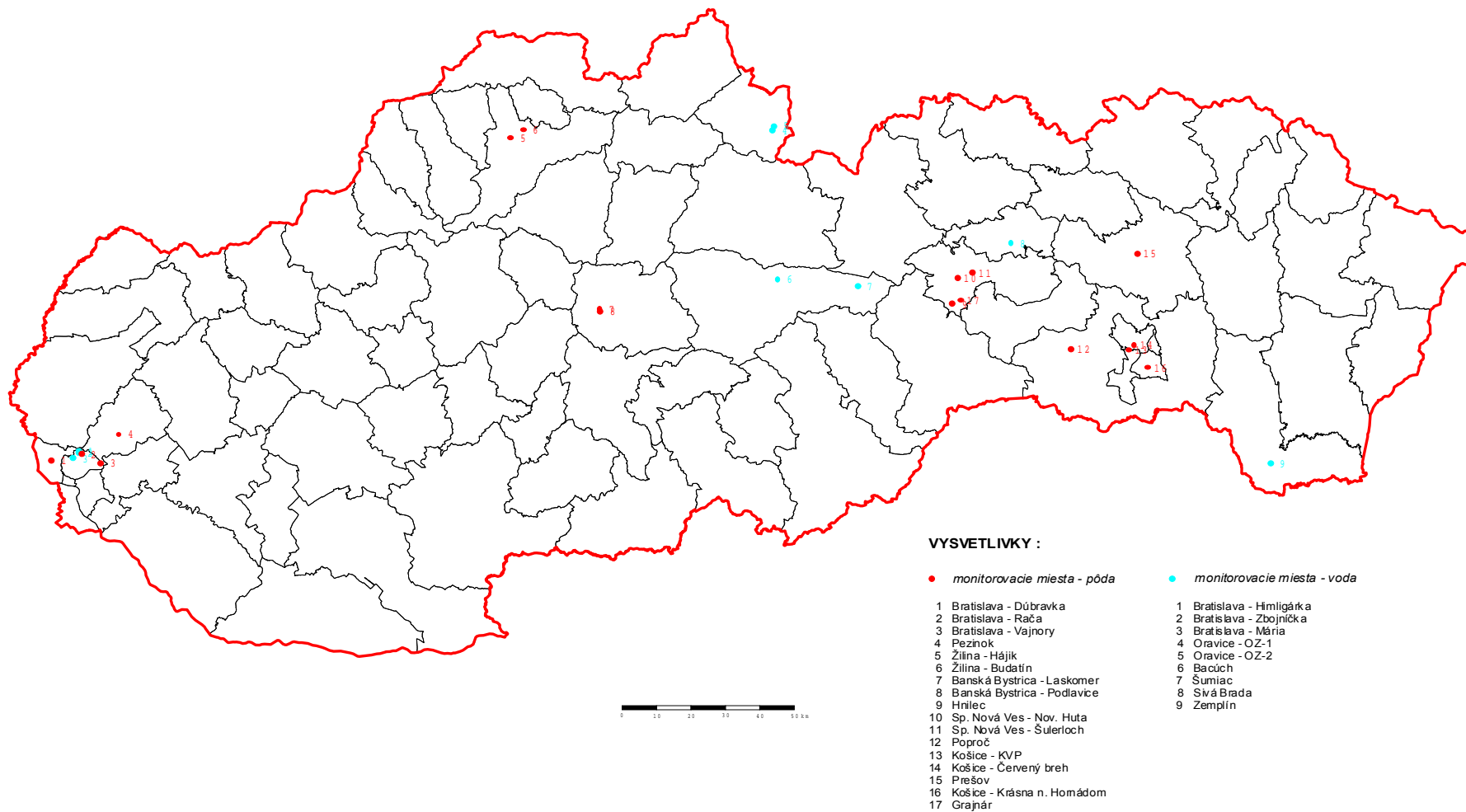
Pri výbere lokalít na monitorovanie pôdneho radónu bola snaha zachytiť prípadné zmeny objemovej aktivity radónu v rôznych geologických jednotkách s najväčším výskytom radónu a v oblastiach zvýšeného radónového rizika obytných zón väčších miest Slovenska. Vybrané boli mestá a obce: Bratislava (Dúbravka, Vajnory, Rača), Košice (KVP, Červený Breh, Krásna nad Hornádom), Banská Bystrica (Podlavice, Laskomer), Prešov, Žilina (Hájik, Budatín), Pezinok, Spišská Nová Ves (Šulerloch, Novoveská Huta), Hnilec a Poproč.

Monitorovacie miesto - tzv. referenčná plocha (RP) - je plocha, resp. profil, či nepravidelná sieť bodov pre odber pôdneho vzduchu a zmeranie objemovej aktivity radónu (OAR). Základný počet bodov v rámci RP je 16 bodov t.j. minimálny štatistický súbor pre zhodnotenie radónového rizika RP. Vzdialenosť jednotlivých bodov navzájom je do 20 m. Okrem toho je tiež jeden bod kontrolný, ktorý je vzdialený maximálne 1 m od základného bodu. Pozícia jednotlivých bodov v rámci RP pri opakovaných monitorovacích prácach je zrovnateľná. RP sú monitorované raz ročne, jedna RP Spišská Nová Ves - Novoveská Huta bola monitorovaná za účelom lepšieho posúdenia klimatických vplyvov raz mesačne v období marec až november, t.j. osem krát za rok.

Monitoring objemovej aktivity radónu na zlomoch bol realizovaný na základe výsledkov zhodnotenia základných meraní OAR v pôdnom vzduchu na niektorých zlomoch Slovenska s krokom merania 20 m. Pre opakované monitorovanie raz ročne, s krokom merania 10m, bol vybraný v súlade s projektom úsek 1 km na lokalite Grajnár. Metodika odberu pôdneho vzduchu a merania OAR je rovnaká ako pri monitorovaní miest.

Pre monitoring obsahov radónu v podzemných vodách bol projektom stanovený počet – 6 zdrojov vôd. Celkový počet monitorovaných prameňov bol nad rámec projektu – 9 prameňov, väčšinou s anomálnymi hodnotami OAR. Sú to vodné zdroje v nasledovných lokalitách: Spišské Podhradie – prameň sv. Ondreja na Sivej Brade, Šumiac – pramenisko Šumiacky potok, Bacúch – prameň Boženy Nemcovej, Oravice – prameň Jašterčie (pri vrte OZ – 1) a vrt OZ – 2 napájajúci miestny termálny bazén, Bratislava – 3 pramene v oblasti Malých Karpát (prameň Mária, prameň Zbojníčka a prameň Himligárka), Zemplín – vrt s prelivom pri Ladmovciach. Päť lokalít bolo monitorovaných dvakrát do roka, jedna lokalita – prameň Sv. Ondreja na Sivej Brade bol monitorovaný raz mesačne. Takmer všetky odbery boli kontrolované, súčasne boli odoberané a následne aj vyhodnocované dve vzorkovnice.

Schematická situácia monitorovacích miest objemovej aktivity radónu na území Slovenska je na obr. č. 5.13.1.



Obr. 5.13.1. Situácia monitorovacích miest v rokoch 1998 – 2000

5.13.3. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov

Hlavné ciele úlohy boli napĺňané v súlade s projektom. Realizácia geofyzikálnych prác prebiehala podľa harmonogramu.

5.13.3.1. Pôdny radón - v mestách s prognózou zvýšeného radónového rizika

Monitorovanie pôdneho radónu v mestách bolo realizované na referenčných plochách (RP) s prognózou zvýšeného radónového rizika na lokalitách uvedených v predchádzajúcej kapitole. Obsahy radónu v pôde a základné charakteristiky jeho štatistického spracovania v jednotlivých lokalitách sú uvedené v tab. č. 5.13.1. a č. 5.13.2.

V tab. č. 5.13.1 sú prezentované výsledky z monitorovania RP, ktoré sú merané raz ročne. Vyhodnotená rizikovosť meraných plôch sa pohybuje v kategórii stredného a vysokého radónového rizika. Výsledky potvrdzujú variabilitu radónu v pôde s diferencovaným rozsahom v jednotlivých lokalitách, čo je pravdepodobne dôsledok existencie vplyvu lokálnych klimatických zmien. Najlepšia zhoda obsahov radónu v období 1998 – 2000 ($S_{\phi Av}$ do 20%) bola dosiahnutá v meraniach RP na lokalitách Bratislava – Vajnory, Banská Bystrica – Podlavice, Hnilec a na obidvoch plochách pri Spišskej Novej Vsi – Novoveská huta a Šulerloch. Zatiaľ sa javí, že odchýlky koncentrácií radónu sú výraznejšie v málo priepustných pôdach, zrejme pre väčší vplyv vlhkosti. Napriek určitým rozdielom v absolútnych hodnotách obsahov radónu v rámci jednotlivých RP, stupeň radónového rizika sa väčšinou zachováva.

Monitorovanie radónu na viacerých RP, (v tabuľke sú označené v poznámke *) bolo narušené antropogénnymi vplyvmi ako sú rôzne terénne úpravy, výstavba, znečisťovanie plôch divokým skládkovaním odpadov a pod. Ide predovšetkým o plochy, ktoré sú v tesnej blízkosti obytných zón väčších miest. Na takýchto plochách sa monitoring znefunkčnil a v budúcnosti nemôže monitorovanie na týchto miestach pokračovať.

Významným prínosom pre napĺňanie cieľov úlohy sú výsledky z monitoringu referenčnej plochy vo vysokom radónovom riziku Spišská Nová Ves – Novoveská Huta. Plocha je situovaná na južnom okraji obce, pozdĺž miestnej cesty, idúcej od kostola smerom na Rybníky. Referenčnú plochu tvoria dva súběžné profily dlhé 80 m, vzájomne vzdialené 10 m. Jednotlivé sondy pre odber pôdneho vzduchu sú realizované s krokom 10m. Táto plocha bola monitorovaná v širšom období klimatických zmien roka (marec – november), 8x za rok. Vzorky pôdneho vzduchu boli odberané prevažne v ranných hodinách. Zimné mesiace boli z monitorovania vylúčené, pretože technické problémy odberu vzduchu v premrznutých pôdach majú negatívny vplyv na objektívne zistenie radónu v tomto prostredí. V tab. 5.13.2

sú výsledky z monitorovania uvedenej plochy a ich štatistické spracovanie. Z tabuľky je vidieť, že:

- a) maximálne hodnoty OAR boli namerané začiatkom jari v apríli, ale aj v júni (r.1999), ba i koncom júla (r.2000) v období intenzívnejších zrážok a tým i zvýšenej vlhkosti pôdy; extrémne sucho v máji a júni v r. 2000 sa naopak prejavilo znížením OAR v pôdach
- b) stredná hodnota OAR za obdobie 1998 - 2000 je 78 kBq.m^{-3} s koeficientom variácie 26 %
- c) parameter hodnotiaci radónové riziko monitorovanej plochy ($\phi+\sigma$) za celé obdobie 1998 - 2000 sa pohybuje okolo hodnoty 146 kBq.m^{-3} s koeficientom variácie 41 %
- d) vysoké radónové riziko je zachované v relatívne zrovnateľných klimatických podmienkach
- e) pri nástupe prvých mrazov (meranie 6.11.1998, 19.10.1999 a 23.11.2000) nastáva radikálny pokles OAR, ktorý je tak výrazný, že sa mení aj kategória radónového rizika plochy; tento jav je pravdepodobne dôsledkom značného teplotného gradientu medzi ešte nepremrznutou, relatívne teplou pôdou a nízkou teplotou vzduchu v prízemných vrstvách, za takejto situácie dochádza k silnému odsatiu radónu z pôdy do atmosféry, uvedený stav má zrejme len krátkodobé trvanie, avšak meranie v týchto podmienkach môže viesť k významným chybám pri stanovení kategórie radónového rizika, tento poznatok je závažným zistením monitorovania radónu v pôde.

Na obr. 5.13.2 je prezentovaný grafický priebeh OAR v pôde, ktorý názorne vystihuje variabilitu sledovaného parametra na lokalite Spišská Nová Ves – Novoveská Huta.

Výsledky doterajších prác dokazujú, že zmena objemových aktivít radónu v pôde počas roka je zložitejšia, než sa pôvodne predpokladalo. Pri vzájomnom porovnaní monitorovacích meraní v jednotlivých rokoch vyplýva, že charakter variácií OAR v rovnakých ročných obdobiach rôznych rokov nemusí byť celkom rovnaký. Dokazuje to významnosť vplyvu meteorologických faktorov (najmä zrážok ovplyvňujúcich vlhkosť pôdy) na šírenie radónu v geologickom prostredí a tým aj na výsledky meraní jeho koncentrácií.

Tab. 5.13.1. Pôdny radón – vyhodnotenie meraní objemovej aktivity, roky 1998 - 2000

p. č.	Lokalita	Dátum	A _v - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m ⁻³]							Rn riziko	S _{φA_v} [%]	S _{φ+σ} [%]	Poznámka
			N	min A _v	max A _v	φ A _v	σ A _v	φ + σ	priepust- nosť				
	Bratislava – Dúbravka	29.09.98	14	8	294	91	71	162	stredná	III			
		30.06.99	17	14	143	56	29	85	stredná	III	34	44	zmena podmienok *
	Bratislava – Vajnory	28.09.98	13	7	123	60	37	97	stredná	III			
		29.06.99	16	19	198	69	47	116	stredná	III			
		09.05.00	16	6	217	87	73	160	stredná	III	19	26	
	Bratislava – Rača	30.09.98	14	10	46	30	11	41	stredná	II			
		30.06.99	17	2	44	20	14	34	stredná	II			
		09.05.00	17	1	32	13	8	21	stredná	II	41	32	zmena podmienok *
	Banská Bystrica – Podlavice	08.09.98	17	17	170	48	36	84	stredná	III			
		16.06.99	17	5	107	48	30	78	stredná	III			
		11.05.00	16	18	116	47	25	72	stredná	III	1	8	
	Banská Bystrica – Laskomer	08.09.98	17	19	53	33	9	42	stredná	II			
		16.06.99	16	24	83	51	17	68	stredná	II-III			
		11.05.00	16	9	49	24	10	34	stredná	II	38	37	
	Hnilec	08.07.98	17	176	1413	501	273	774	stredná	III			
k		08.07.98	17	196	1388	494	267	761	stredná	III			kontrolné meranie
		28.04.99	17	111	769	332	145	477	stredná	III			

pokračovanie tab. č. 5.13.1

p. č.	Lokalita	Dátum	A _v - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m ⁻³]							Rn riziko	S _{0Av} [%]	S _{0+σ} [%]	Poznámka
			N	min A _v	max A _v	φ A _v	σ A _v	φ + σ	priepust- nosť				
3	Hnilec	26.04.00	17	158	1015	409	200	610	stredná	III			
4		20.06.00	17	254	842	414	164	577	stredná	III			
5		22.08.00	17	163	1132	463	249	712	stredná	III			
6		18.10.00	17	234	1148	408	218	626	stredná	III	14	17	
1	Košice – KVP	08.07.98	17	15	87	46	20	66	stredná	II-III			
1k		13.10.98	17	9	99	45	26	71	stredná	III			
2		20.04.99	20	2	43	23	13	36	stredná	II			Zmena podmienok *
2k		15.06.99	20	8	31	22	5	27	stredná	II	49	51	
	Košice – Červený Breh	08.07.98	15	8	90	33	23	56	stredná	II			
		15.06.99	17	4	39	17	9	26	stredná	II			
		25.05.00	17	7	29	14	7	21	stredná	II	48	55	
	Košice – Krásna n. Hornádom	08.07.98	17	14	91	45	22	67	stredná	II-III			
		15.06.99	17	9	45	21	11	32	stredná	II			Zmena podmienok *
		25.05.00	17	13	45	23	11	34	stredná	II	45	44	
	Pezinok	30.09.98	13	2	134	40	35	75	stredná	III			
		25.06.99	15	3	144	57	43	100	stredná	III			
		09.05.00	15	9	122	39	32	71	stredná	III	22	19	
	Prešov	13.10.98	17	5	165	56	41	97	malá	II-III			
		20.04.99	17	2	127	40	36	76	malá	II-III			

pokračovanie tab. č. 5.13.1

p. č.	Lokalita	Dátum	A _v - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m ⁻³]							Rn riziko	S _{0Av} [%]	S _{0+σ} [%]	Poznámka
			N	min A _v	max A _v	φ A _v	σ A _v	φ + σ	priepust- nosť				
3	Prešov	05.05.00	20	3	68	29	19	48	malá	II-III	33	33	Zmena podmienok *
1	Poproč	08.10.98	17	12	122	54	32	86	stredná	III			
2		08.07.99	17	3	52	19	14	33	stredná	II			Zmena podmienok *
2k		27.07.99	17	2	89	24	22	46	stredná	II	60	52	
1	Spišská Nová Ves – Šulerloch	02.06.98	14	14	108	51	27	78	stredná	III			
2		28.07.99	16	3	128	62	35	97	stredná	III			
3		19.04.00	17	36	125	70	24	95	stredná	III	16	12	
	Žilina – Budatín	22.10.98	16	9	103	48	29	77	malá	II			
		07.07.99	18	11	73	29	13	42	malá	II			
		15.08.00	17	12	125	70	35	105	malá	III	42	42	
	Žilina – Hájik	14.07.98	10	2	91	52	26	78	malá	II			
		07.07.99	11	2	72	22	19	40	malá	II			
		16.08.00	15	1	46	14	15	29	malá	I-II	68	52	Zmena podmienok *
1.rok	Spišská Nová Ves – N. Huta	rok 1998	17 x 5	8	194	73	41	114	stredná	III			
2.rok		rok 1999	17 x 9	2	330	72	63	135	stredná	III			
3.rok		rok 2000	17 x 8	4	596	89	88	177	stredná	III	12	23	

Tab. 5.13.2 Pôdny radón – vyhodnotenie meraní objemovej aktivity, roky 1998 – 2000 Lokalita: Spišská Nová Ves – Novoveská Huta

p. č.	Dátum	A_v - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [$\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$]							$S_{\phi A_v}$ [%]	$S_{\phi + \sigma}$ [%]	Poznámka
		N	min A_v	max A_v	ϕA_v	σA_v	$\phi + \sigma$	Rn riziko			
	26.06.98	17	23	137	69	34	103	III			
	03.08.98	17	29	194	92	49	141	III			
	14.09.98	17	18	155	67	36	103	III			
	12.10.98	17	8	167	63	43	106	III			
	06.11.98	17	9	138	29	29	58	II	extrém	#	Prvé chladenie, mráz -6 °C
	rok 1998				64	38	102	III	35	29	
	rok 1998				73	41	114		18	17	štatistika bez extrému #
	08.04.99	17	4	132	76	42	118	III			
	11.05.99	17	12	322	75	82	157	III			
8	21.06.99	17	41	303	105	75	180	III			
9	21.07.99	17	24	330	93	78	171	III			
10	06.08.99	17	17	313	89	79	168	III			
11	26.08.99	17	7	206	43	48	91	III			
12	23.09.99	17	16	209	50	46	96	III			
13	19.10.99	17	2	46	13	14	27	II	extrém	#	Prvé chladenie, mráz -9 °C
14	26.10.99	17	6	243	46	53	99	III			Oteplenie +15°C
	rok 1999				66	57	123	III	45	41	
	rok 1999				72	63	135		30	27	štatistika bez extrému #
15	16.04.00	17	5	596	104	148	252	III			
16	31.05.00	16	18	272	74	64	138	III			
17	29.06.00	17	5	273	62	70	132	III			
18	31.07.00	17	17	422	114	96	210	III			
19	24.08.00	17	27	347	95	78	172	III			

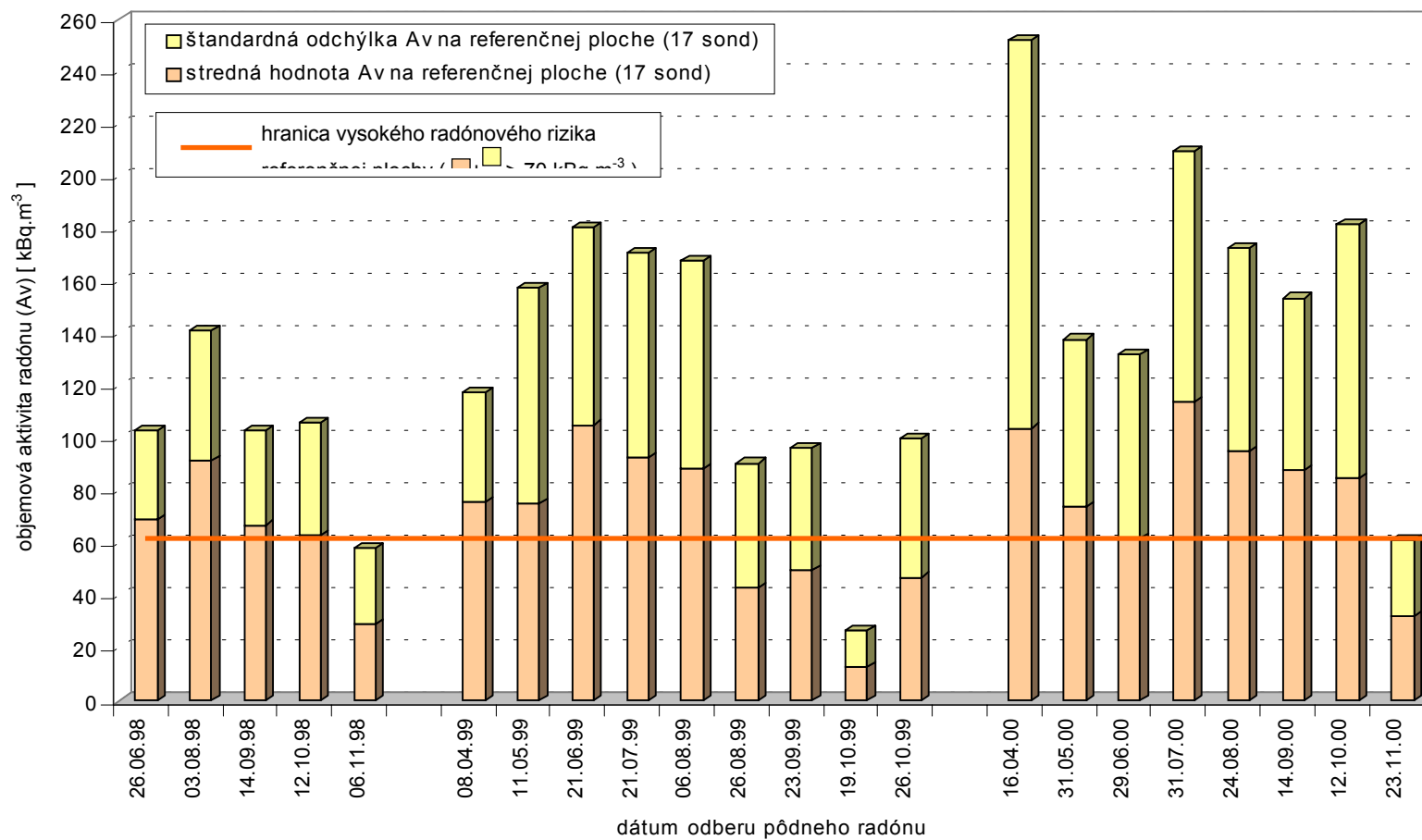
pokračovanie tab. 5.13.2

p. č.	Dátum	A_v - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [$\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$]							$S_{\phi A_v}$ [%]	$S_{\phi + \sigma}$ [%]	Poznámka
		N	min A_v	max A_v	ϕA_v	σA_v	$\phi + \sigma$	Rn riziko			
20	14.09.00	17	26	302	88	66	153	III			
21	12.10.00	17	13	375	85	97	181	III			
22	23.11.00	17	4	93	32	27	59	II	extrém	#	Prvé chladenie, mráz $-3\text{ }^\circ\text{C}$
	rok 2000				82	81	163		32	43	
	rok 2000				89	88	177	III	20	33	štatistika bez extrému #
	1998-2000				78	68	146	III	26	41	štatistika bez extrému #

Vysvetlivky k tabuľkám 5.13.1, 5.13.2 a k obr. 5.13.2:

- A_v objemová aktivita radónu v pôde [$\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$]
 N počet meraných sond na referenčnej ploche (RP)
 min A_v minimálna hodnota objemovej aktivity radónu OAR z N
 max A_v maximálna hodnota objemovej aktivity radónu OAR z N
 ϕA_v stredná hodnota z N meraných hodnôt A_v
 σA_v smerodatná odchýlka z N meraných hodnôt A_v
 priepustnosť: malá, stredná, dobrá
 Rn riziko: I – nízke, II – stredné, III – vysoké
 $S_{\phi A_v}$ stredná hodnota pre parameter ϕA_v období 1998 – 2000
 $S_{\phi + \sigma}$ smerodatná odchýlka pre parameter $(\phi + \sigma)$ v období 1998 – 2000
 * monitoring narušený antropogénnymi vplyvmi

Pôdny radón - vyhodnotenie meraní objemovej aktivity radónu (A_v) v rokoch 1998 - 2000
Lokalita: Spišská Nová Ves - Novoveská Huta



Obr. 5.13.2 Pôdny radón – vyhodnotenie meraní objemovej aktivity radónu v rokoch 1998 – 2000
 Lokalita: Spišská Nová Ves – Novoveská Huta

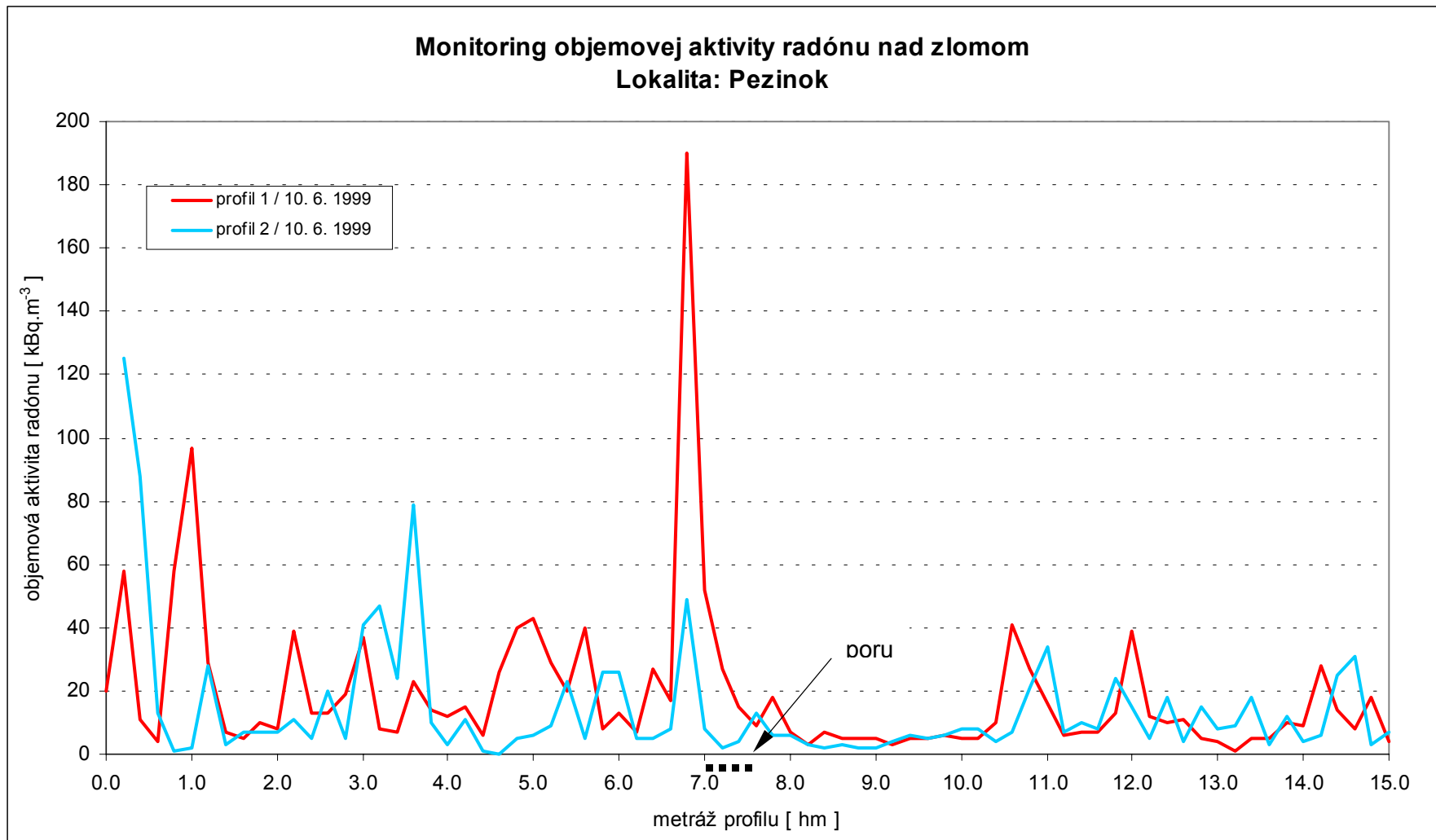
Pôdny radón na zlomoch

Pre monitorovanie pôdneho radónu na tektonicky porušených zónach, zlomoch, prípadne na kontaktoch hornín s odlišnou plynopriepustnosťou, boli v úlohe realizované základné merania s krokom 20 m v nasledujúcich lokalitách: cajlanský zlom - Pezinok 3 km; muráňsky zlom a kontakt mezozoika s kryštalinikom - Červená Skala 1,5 km, Čuntava - sedlo Besník 2,5 km, Muráňska Huta - sedlo Javorinka 1 km; hornádske zlomové systémy - Muráň-Hnilčák 0,5 km, Grajnár 1 km, Prešov - Záborské 2 km; pozdišovský zlom - Pozdišovce - Rakovec 2 km; zlomy Turčianskej kotliny východ - Žabokreky 2 km, západ - Trnovo 2 km.

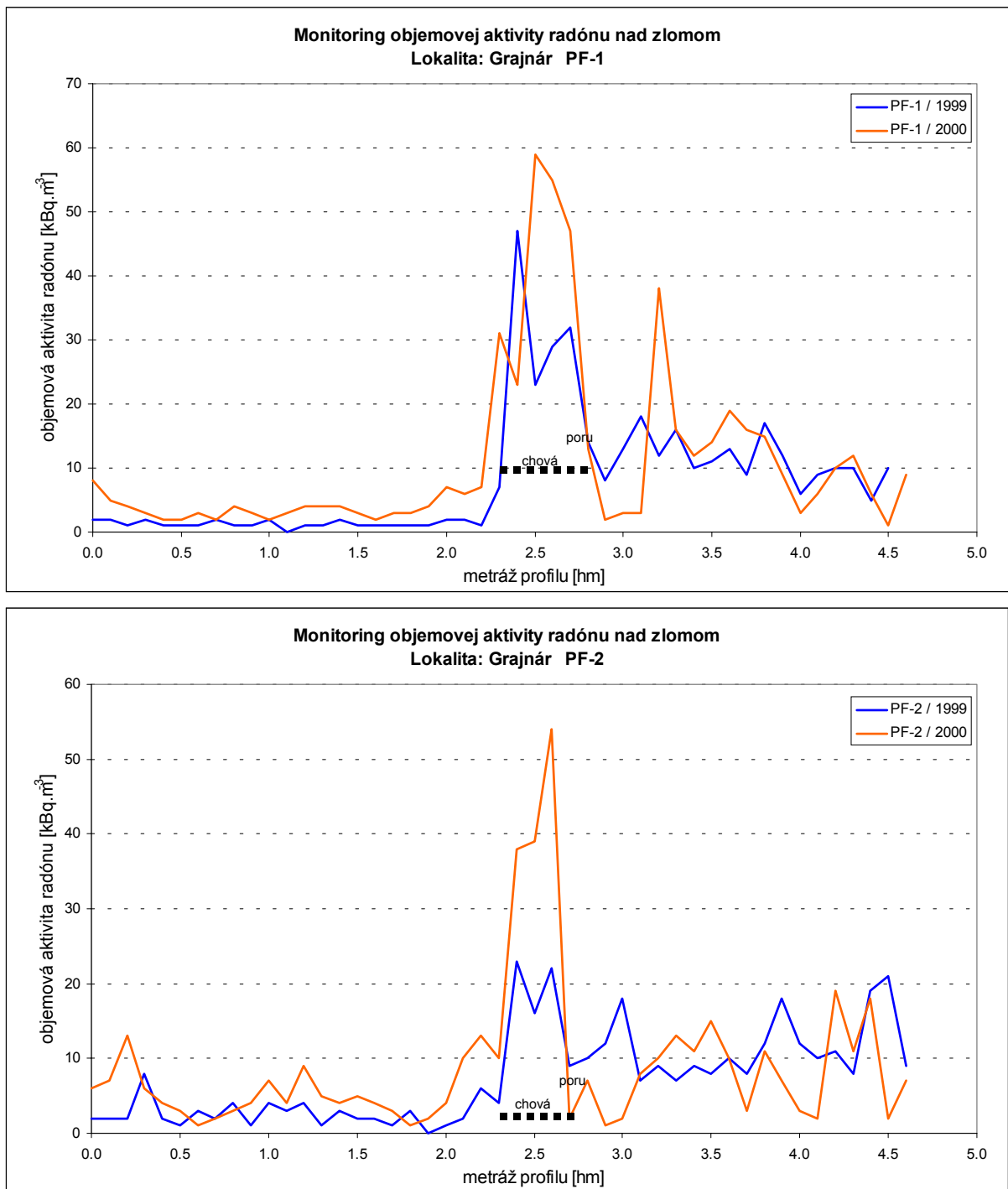
Základné merania prebiehali za účelom výberu najvhodnejšej lokality pre opakovaný monitoring radónu na tektonike v nasledujúcich rokoch. Z výsledkov týchto meraní vyplynuli dve lokality s najvýraznejšími radónovými anomáliami a to Pezinok (obr. 5.13.3) a Grajnár. Pre opakovaný monitoring bol vybraný anomálny úsek dĺžky 1 km na lokalite Grajnár, ktorý bol v rokoch 1999 - 2000 detailnejšie monitorovaný so štandardnou vzdialenosťou sond 10m. Monitorovaný úsek predstavujú vlastne dva súbežné, 500 m dlhé profily P1 a P2, ktoré sú od seba vzdialené 15 m. Na obr. 5.13.4 je graficky dokumentovaný priebeh koncentrácií radónu pozdĺž týchto profilov. Tektonika sa prejavuje výraznými anomálnymi koncentraciami radónu v kontaktnej zóne, ktoré sú v rokoch 1999 a 2000 dobre korelovateľné. Na grafe je možné vidieť, že napriek určitým rozdielom v absolútnych hodnotách obsahov radónu v jednotlivých rokoch, charakter poľa sa zachováva.

Radón vo vodách

Výsledky z monitorovania radónu vo vodách a ich štatistické spracovanie za obdobie 1998 - 2000 sú zhrnuté v tab. 5.13.3 a 5.13.4. V tab. 5.13.3. sú spracované merania vodných zdrojov, ktoré boli vzorkované 2 razy ročne. Z tabuľky je vidieť, že všetky monitorované zdroje vody, okrem lokality Zemplín, majú obsah radónu prevyšujúci odvedenú zásahovú úroveň 50 Bq.l^{-1} , platnú pre radón vo vode dodávanej do verejných vodovodov, podľa vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 12/2001 Zb. Najväčšie objemové aktivity radónu boli zaznamenané na lokalite Oravice, Bacúch a Bratislava – prameň Zbojníčka. V termálnom prameni Jašterčie v Oraviciach - Bobroveckej doline sme zaregistrovali dosiaľ najvyššiu hodnotu radónu vo vode na Slovensku - 1407 Bq.l^{-1} , ktorá bola potvrdená i na kontrolnej vzorke. Tento prameň sa nachádza v blízkosti vrtu OZ - 1, ktorý v r. 1999, zrejme v dôsledku korózie a tlaku vyrazil uzáver na úvodnej pažnici vrtu s následným silným výronom vody priamo na pramenisko, čím sa určitým spôsobom znehodnotil aj výsledok monitorovania.



Obr. 5.13.3. Monitoring objemovej aktivity radónu nad zlomom Lokalita: Pezinok, vzdialenosť profilov 50 m



Obr. 5.13.4. Monitoring objemovej aktivity radónu nad zlomom, lokalita Grajnár

Hodnoty obsahov R_n na tomto monitorovacom mieste v roku 1999 poklesli, ale stále patria medzi najvyššie na Slovensku. V Oraviciach bol monitorovaný tiež zdroj z vrtu OZ - 2, ktorý zásobuje tamojšie termálne kúpalisko. Tento je zaujímavý tým, že obsahy radónu má zvýšené len nevýrazne, avšak koncentrácie rádia má veľmi vysoké (3 Bq.l^{-1}) - vôbec najvyššie zo všetkých monitorovaných lokalít.

Monitorovaním radónu vodných zdrojov sa preukázalo, že na konci zimy v jarých mesiacoch (prakticky na každej lokalite), sú obsahy radónu vyššie ako v lete a v jeseni. Podobný trend majú aj výdatnosti. Najvýraznejšie, niekoľkonásobné rozdiely výdatností boli zaregistrované na prameňoch Malých Karpát - Zbojníčka, Himligárka a Mária, pričom zmeny v obsahoch radónu neboli až tak významné (std Rn do 25 %).

Doterajšie výsledky z monitorovania radónu vo vodách naznačujú, že objemová aktivita radónu tohto geologického prostredia nebude stabilným parametrom. Za najlepší dôkaz týchto predpokladov môžeme považovať monitorovanie na lokalite Spišské Podhradie – Sivá Brada - prameň sv. Ondreja. Tento zdroj je monitorovaný každý mesiac. Výsledky meraní a ich vyhodnotenie pre uvedený objekt monitoringu názorne prezentujú existenciu variácií radónu vo vodách (tab. 5.13.4, obr. 5.13.5). Tieto výsledky potvrdzujú variačný charakter zmien koncentrácií radónu vo vodách. Variačná krivka na obr. 5.13.5 má relatívne plynulejší sínusoidný priebeh počas roka. Koncom zimy, v mesiacoch február – apríl, sú registrované maximálne hodnoty objemovej aktivity ^{222}Rn , ktoré predstavujú až cca 3-násobok minima radónu vo vode, nameraného v lete. Z tabuľky je vidieť, že v sledovanom období sa hodnoty obsahov radónu pohybovali v rozmedzí 80 - 312 Bq.l⁻¹. Stredná hodnota pre daný súbor pozorovaní bola 192 Bq/l, smerodatná odchýlka 63 Bq.l⁻¹ a variačný koeficient dosiahol 33 %. Výdatnosť prameňa bola v intervale 0,017 – 0,600 l.s⁻¹.

V tab. 5.13.5 sú aj výsledky štatistického spracovania obsahov rádia v prameni sv. Ondreja. Rádium bolo skúmané ako vedľajší parameter. Koncentrácie ^{226}Ra sú taktiež premenlivé, dosahujú hodnoty $0,900 \pm 0,354$ Bq/l s variačným koeficientom 39 %. Obsah rádia bol sledovaný s cieľom preskúmania možnej korelácie medzi ^{222}Rn a ^{226}Ra . Priama korelácia medzi týmito prvkami sa nepotvrdila nielen na uvedenom prameni, ale i na ostatných monitorovaných vodných zdrojoch. Dôkazom toho je obr. 5.13.6 a koeficient korelácie 0,1086.

5.13.4. Úprava dizajnu monitoringu

Dosiahnuté výsledky monitorovania potvrdzujú existenciu variácií radónu v geologickom prostredí a prinášajú aj nové poznatky, ktoré si vyžadujú určité korekcie v prístupe k monitoringu radónu. Úprava dizajnu monitoringu tohto média smeruje k lepšiemu a kvalitnejšiemu naplneniu cieľov daných projektom. Spočíva vo zvýšení frekvencie monitorovania a znížení počtu monitorovacích miest. U pôdneho radónu dochádza k rozšíreniu sledovaných doplnujúcich prvkov (teplota pôdy, teplota vzduchu, atmosférický tlak).

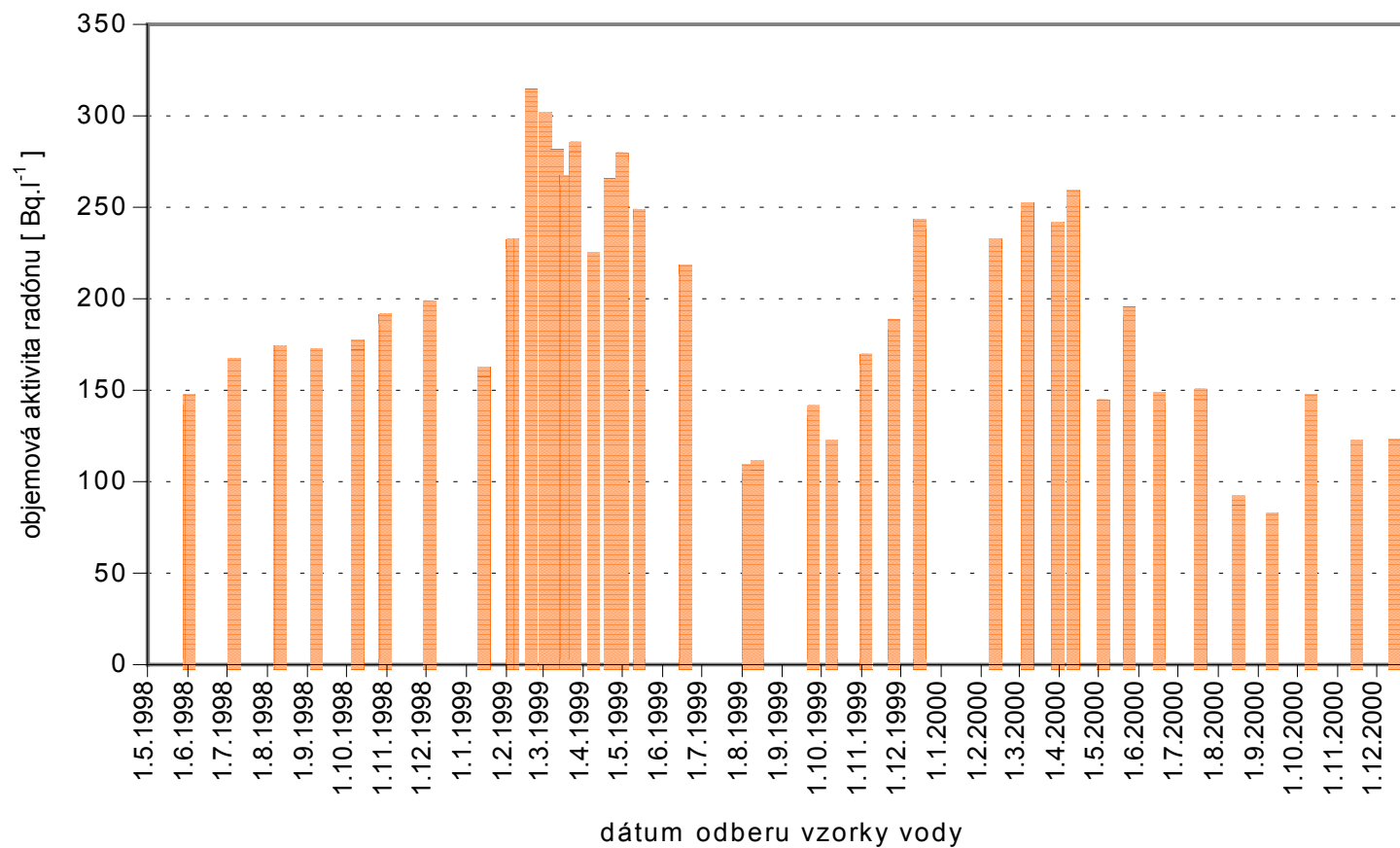
Tab. 5.13.3 Radón vo vodách – monitorovanie v rokoch 1998 – 2000

por. č.	Lokalita	Výdatnosť [l.s ⁻¹]	Rn _{min}	Rn _{max}	avg Rn	std Rn	Ra _{min}	Ra _{max}	avg Ra	std Ra
			[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[%]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[%]
1	Bacúch – prameň Boženy Němcovej	0,026 - 0,036	214	613	345	36	0,528	1,846	1,080	43
2	Bratislava – prameň Mária	0,062 - 1,001	32	63	46	22	0,107	0,332	0,228	43
3	Bratislava – prameň Zbojnička	0,019 - 0,313	258	361	300	12	0,145	0,597	0,444	39
4	Bratislava – prameň Himligárka	0,013 - 0,833	126	284	209	25	0,176	0,782	0,442	51
5	Oravice – prameň Jašterčie	-	970	1407	1212	15	0,490	1,211	0,795	47
6	Oravice – vrt OZ-2	120	16	104	59	60	1,691	3,249	2,765	21
7	Šumiac – pramenište Šumiac. potok	0,129 - 0,557	145	248	181	23	0,151	0,525	0,290	48
8	Zemplín – vrt Ladmovce	0,084 - 0,093	10	18	13	26	0,015	0,170	0,063	112

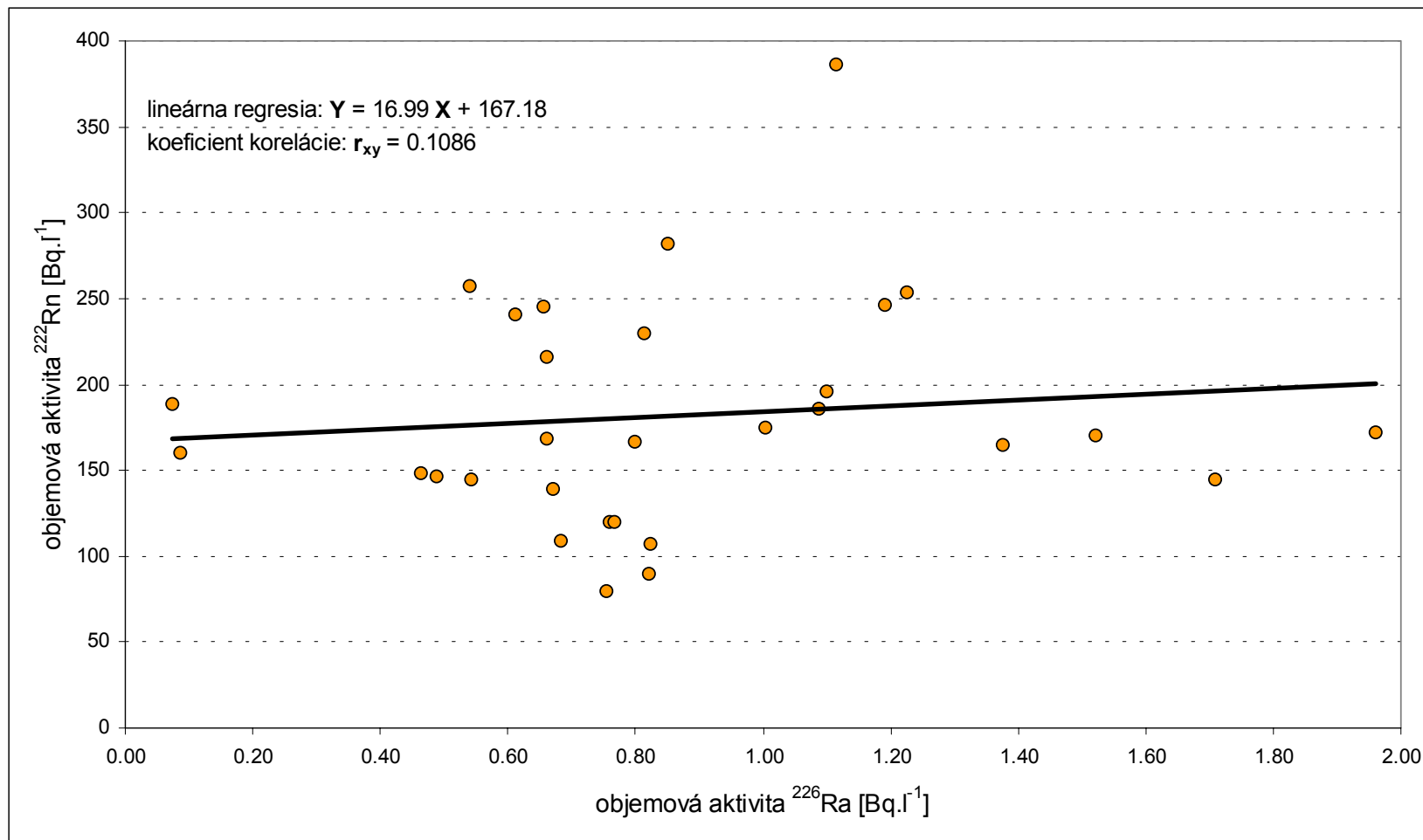
Vysvetlivky k tabuľkám 5.13.3 a 5.13.4 :

Rn	objemová aktivita radónu vo vode [Bq.l ⁻¹]
Ra	objemová aktivita rádia vo vode [Bq.l ⁻¹]
Rn _{min} , Ra _{min}	minimálna hodnota Rn, Ra za obdobie 1998 -2000
Rn _{max} , Ra _{max}	maximálna hodnota Rn, Ra za obdobie 1998 -2000
avgRn, avgRa	stredná hodnota Rn, Ra za obdobie 1998 -2000
stdRn, stdRa	smerodatná odchýlka Rn, Ra za obdobie 1998-2000

**Monitoring objemovej aktivity radónu v podzemných vodách
Lokalita: Spišské Podhradie - prameň sv. Ondreja**



Obr. 5.13.5 Monitoring objemovej aktivity radónu v podzemných vodách
Lokalita: Spišské Podhradie, Sivá Brada – prameň svätého Ondreja



Obr. č. 5.13.6. Regresná závislosť medzi ^{222}Rn a ^{226}Ra - prameň svätého Ondreja

Tab. 5.13.4. Radón vo vodách – monitoring, roky 1998 – 2000
Lokalita: Spišské Podhradie – prameň Sv. Ondreja

Por. č.	Mesiac	Rok 1998	Rok 1999	Rok 2000
		^{222}Rn [Bq.l ⁻¹]	^{222}Rn [Bq.l ⁻¹]	^{222}Rn [Bq.l ⁻¹]
1	január		160	241
2	február		230; 312	230
3	marec		299; 279; 265; 283	250; 239
4	apríl		223; 263; 277	257
5	máj		246	142; 193
6	jún	145	216	146
7	júl	165	107	148
8	august	172	109	90
9	september	170	139	80
10	október	175	120	145
11	november	189	167	120
12	december	196	186	121

Tab.č. 5.13.5. Štatistické vyhodnotenie

Obdobie	Rn _{max} [Bq.l ⁻¹]	Rn _{min} [Bq.l ⁻¹]	avg Rn [Bq.l ⁻¹]	std Rn [Bq.l ⁻¹]	std Rn [%]
II. polrok 1998	196	145	173	17	10
rok 1999	312	107	216	68	31
rok 2000	257	80	166	62	38
1998 + 2000	312	80	192	63	33
Obdobie	Ra _{max} [Bq.l ⁻¹]	Ra _{min} [Bq.l ⁻¹]	avg Ra [Bq.l ⁻¹]	std Ra [Bq.l ⁻¹]	std Ra [%]
II. polrok 1998	1,960	0,750	1,346	0,423	31
rok 1999	1,392	0,660	0,911	0,236	26
rok 2000	0,820	0,463	0,649	0,116	18
1998 + 2000	1,960	0,463	0,900	0,354	39

Pri vyhodnocovaní radónového rizika bude navyše hodnotený aj parameter *tretí kvartil* v súlade s novou vyhláškou MZ SR č. 12/2001 Z.z. „O požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany“, ktorá definuje postup stanovenia objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu pre hodnotenie radónového rizika (odvodené zásahové úrovne) zo súboru nameraných hodnôt.

Celkový rozsah vzoriek merania pôdneho radónu i vôd v roku bude zrovnateľný s pôvodným projektom.

Pri sledovaní koncentrácií Rn v pôdach sú registrované väčšie výkyvy (i krátkodobé) s možnosťou extrému maxima a minima aj v rovnakom ročnom období, väčšinou so zachovaním stupňa radónového rizika. Predpokladáme, že je to v dôsledku klimatických zmien, ktoré sa nejavia celkom rovnako v rôznych lokalitách. Za veľmi závažný poznatok

z monitorovania pôdneho radónu na lokalite Novoveská Huta považujeme zistenie, že v jeseni pri nástupe prvých ranných mrazov nastáva tak výrazný pokles objemovej aktivity radónu, že sa mení - znižuje aj kategória radónového rizika meranej plochy. Predpokladáme, že za takejto situácie zrejme dochádza k silnému odsatiu radónu z pôdy do atmosféry, pravdepodobne v dôsledku značného teplotného rozdielu medzi ešte nepremrznutou, relatívne teplou pôdou a nízkou teplotou vzduchu v prízemných vrstvách. Pre lepšie overenie uvedených poznatkov a potvrdenie našich predpokladov je potrebné zvýšiť frekvenciu meraní na viacerých lokalitách, nakoľko jedno meranie v roku (podľa pôvodného projektu) na lokalite je absolútne nereprezentatívne a nepostačujúce pre všeobecnejšie a objektívne zhodnotenie zmien obsahov Rn v pôde v priebehu roka. Bude účelné znížiť počet monitorovacích miest a zvýšiť frekvenciu meraní. Preto antropogénnou činnosťou znefunkčnené monitorovacie referenčné plochy navrhujeme nahradiť zvýšenou frekvenciou monitoringu na lokalitách, kde je predpoklad, že zásahy človeka v monitorovacích miestach sa nevyskytnú t.j. skôr do oblasti v blízkosti menších aglomerácií. Pre nasledujúce roky navrhujeme pôdny radón monitorovať nasledovne:

- pokračovať v monitorovaní plochy v Novoveskej Hute - 6x za rok
- RP na lokalite Hnilec v extrémne vysokom radónovom riziku (zatiaľ najvyššie v SR) monitorovať 4x za rok
- RP v lokalite Teplička v blízkosti Spišskej Novej Vsi, kde bývajú realizované medzilaboratórne porovnávaná meraní radónu autorizovaných organizáciami pod záštitou Združenia pre reguláciu rizika z radónu pri fakulte ekológie a environmentalistiky TU Zvolen – monitorovať 2x6x za rok; na tejto lokalite budú v jeden monitorovací deň realizované dve série odberov a meraní radónu pôdneho vzduchu (ráno a okolo poludnia) s dôkladným zdokumentovaním fyzikálnych parametrov monitorovaného prostredia, ktoré dosiaľ sledované neboli t.j. teplota pôdy, teplota ovzdušia a barometrický tlak
- pokračovať na profiloch v lokalite Grajnár na tektonike – 1x za rok.

Rozsah monitorovacích prác pôdneho radónu v jednom roku je úmerný prácam, ktoré boli realizované za rok dosiaľ. Celkový počet sond a počet odberov pôdneho vzduchu za jeden rok bude 474 bodov.

Zmeny koncentrácií radónu vo vodách, počas doteraz monitorovanej doby v prameni sv. Ondreja majú relatívne plynulý sínusoidný priebeh v roku s maximom hodnoty objemovej aktivity Rn vždy koncom zimy. Tieto maximá predstavujú 2 – 3 násobok minima radónu vo vode nameraného v lete. Overenie a zobecnenie takýchto poznatkov si však žiada rozšíriť frekvenciu merania ešte aspoň na jednom ďalšom vodnom zdroji. Pre tento účel

navrhujeme prameň B. Němcovej – Bacúch, kde výsledky doterajších monitorovacích prác vykazujú vysokú variabilitu obsahov radónu.

V nasledujúcich rokoch navrhujeme v monitorovaní radónu vôd postupovať nasledovne:

- pokračovať v monitorovaní 12x za rok - prameň sv. Ondreja (Sivá Brada)
- rozšíriť frekvenciu monitoringu 6x za rok – prameň B. Němcovej (Bacúch)
- pokračovať v monitoringu 2x za rok – prameň Zbojníčka, prameň Mária a prameň Himligárka (Bratislava – okolie).

Navrhovaný rozsah monitorovania vôd je zrovnateľný s pôvodným projektom a predstavuje ročne 24 odberov vzoriek a meraní objemovej aktivity radónu. S ohľadom na doterajšie výsledky obsahov rádia, nepredpokladáme pokračovanie merania koncentrácií ^{226}Ra , nakoľko korelácia medzi ^{222}Rn a ^{226}Ra v monitorovaných vodách sa nepotvrdila.

Metodika prác a základne ciele stanovené projektom sa nemenia.

5.13.5. Závery a odporúčania

Skutočnosť, že radón je karcinogénny rádioaktívny plyn, oprávňuje odborné pracoviská na zvýšený záujem o tento negatívny fenomén životného prostredia so snahou jeho dôkladnejšieho poznania, čo najobjektívnejšieho stanovenia koncentrácií a určenia radónového rizika. Stále nie sú tieto otázky vo všetkých detailoch úplne jasné a preto zaradenie monitoringu radónu do monitorovacieho systému geofaktorov životného prostredia treba považovať za nanajvýš naliehavé a opodstatnené.

Realizovaný rozsah monitorovacích prác zatiaľ nedovoľuje robiť definitívne závery, avšak doterajšie výsledky jednoznačne potvrdzujú existenciu variácií radónu nielen v pôdnom vzduchu, ale aj vo vodách. Charakter variácií je však ovplyvňovaný viacerými faktormi, ktoré sú predmetom nášho záujmu.

Porovnanie výsledkov objemovej aktivity radónu v pôdach na RP, ktoré mali jedno meranie v roku, dokazujú len to, že variácie existujú a že nie sú rovnaké v rôznych lokalitách, nakoľko prírodné podmienky (klimatické, meteorologické, ...) pri realizácii terénnych prác neboli rovnaké. Ako už bolo v predchádzajúcich textoch uvedené, najzávažnejší a nový poznatok je z celoročného monitorovania pôdneho radónu a to zistenie, že pri nástupe prvých ranných mrazov nastáva zrejme krátkodobá, ale tak výrazný pokles objemovej aktivity radónu, že sa mení - znižuje - aj kategória radónového rizika meranej plochy.

Obsahy radónu vo vodách tiež podliehajú sezónnym variačným zmenám, avšak s odlišným charakterom. Variácie majú pozvoľnejší sínusoidný priebeh počas roka

s maximom na konci zimy a minimom objemovej aktivity radónu v lete, bez korelácie na rádium.

Od začiatku bol predpoklad o variabilite radónu, no výsledky monitoringu prevýšili naše očakávanie. Zmeny jeho koncentrácií za určitých podmienok sú tak významné, že pri ich podcenení a nezohľadnení by mohlo dôjsť k nesprávnej interpretácii dokonca až k hrubým chybám vo výsledkoch najmä pri hodnotení radónového rizika meraných plôch.. Preto musia byť jednoznačne definované hraničné podmienky pre kvalitné stanovenie obsahov radónu. K tomu je však potrebné pokračovanie v monitorovacích prácach podľa návrhov v predchádzajúcej kapitole 5.13.5.

Aj keď monitoring radónu v geologickom prostredí prebieha krátku dobu, výsledky potvrdzujú jeho opodstatnenie a tiež naznačujú, že charakter variácií bude zložitejší, než sa predpokladalo. V každom prípade môžeme považovať jeho výsledky za prínos pre hodnotenie radónu a radónového rizika v horninách a vodách.

6. PARCIÁLNY INFORMAČNÝ SYSTÉM GEOFAKTOROV ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Parciálne informačné systémy sú neoddeliteľnou súčasťou Čiastkových monitorovacích systémov životného prostredia. Ich nadstavbou je Informačný systém monitoringu (ISM), ktorý slúži na riešenie vnútorných a vonkajších väzieb medzi Čiastkovými monitorovacími systémami, ako aj v ich samostatných subsystémoch (Benko, 1999). ISM je zároveň súčasťou Rezortného informačného systému životného prostredia (RIS) a spĺňa požiadavky Štátneho informačného systému. Rezortný informačný systém zastrešuje 18 projektov informačných systémov, medzi ktorými prebieha tok informácií a zdieľanie dát. Informačný systém monitoringu (ISM) je predovšetkým úzko previazaný s dátami, ktoré sú obsahom Informačného systému o životnom prostredí SR (ISŽP), Informačného systému o území (ISÚ), Metainformačným systémom a Informáciami o stave životného prostredia.

Parciálny informačný systém geologických faktorov (PIS GF) slúži na zber a archivovanie komplexných informácií o monitorovaných lokalitách. Na základe jednotného prístupu v spracovávaní dát vo forme geografického informačného systému (GIS) vytvára ucelený súbor informácií o vývoji negatívnych vplyvov geologických faktorov na životné prostredie. PIS GF okrem archivácie dát Čiastkového monitorovacieho systému je nástrojom na riešenie priestorového zobrazenia vplyvu monitorovaných procesov na životné prostredie a vyhodnotenie výsledkov monitorovania pomocou mapových výstupov, ktoré sú postupne spracovávané do digitálnej formy na báze GIS.

PIS ČMS GF pozostáva z dvoch úrovní:

- podrobnej (mierky 1:10 000 až 1:2 000)
- prehľadnej (mierky 1:200 000 až 50 000).

Podrobná úroveň PIS zahŕňa priestorové údaje o situácii konkrétnych monitorovacích prvkov na jednotlivých lokalitách (tj. lokalizácia meracích prístrojov, vrty, geodetické body, erózne ryhy, porušené stavebné objekty, skládky a pod.). K nim priradené údaje v tabuľkách sú konkrétnymi dátami získanými na základe monitorovacích aktivít v jednotlivých cykloch monitorovania. Informácie sú doplnené popisnými údajmi, ktoré slúžia na podrobnejšiu charakteristiku horninového prostredia a faktorov ovplyvňujúcich kvalitu a zraniteľnosť environmentálnej stability územia. Podrobnejšia charakteristika rozdelenia primárnych vstupných údajov, získaných monitorovaním, je uvedená v tab. 6.1.

Okrem súhrnnej informácie sú v rámci tejto úrovne PIS v jednotlivých subsystémoch ČMS GF vytvorené užívateľské moduly aplikačného softwarového produktu na vkladanie, prehľadávanie a editovanie dát. Na základe jednotnej filozofie ukladania a spracovania údajov v digitálnej forme je zabezpečená ich vzájomné zdieľateľnosť, prepojitelnosť a rýchla orientácia v archivovaných dátach.

PIS pomocou identifikácie základných charakteristík geologického a krajinného prostredia slúži ako údajová základňa a východisko pre prognózy a identifikáciu kritických stavov pri vývoji negatívnych následkov geologických činiteľov na životné prostredie. V *prehľadnej úrovni* Parciálny informačný systém poskytuje prehľadné informácie o dosiahnutých výsledkoch monitorovania ako aj o výsledkoch získaných spracovaním primárnych vstupných dát v jednotlivých lokalitách.

Lokalizácia je prevažne zobrazená bodovou formou, ktorá je znázornením monitorovanej lokality v rámci celého územia Slovenska. K jednotlivým bodom sú priradené tabuľky s uloženými údajmi o monitorovanej lokalite ako celku. Sú to:

- lokalizácia monitorovaných lokalít
- charakteristika geologickej stavby lokality
- súhrn monitorovaných faktorov, ktoré vplyvajú na degradáciu životného prostredia
- prehľad monitorovacích aktivít za časový interval
- vyhodnotenie a semikvantitatívna analýza vybraných monitorovaných dát za časový interval z údajov PIS.

Záujemcom z radov širokej verejnosti sú prezentované informácie o postupe monitorovacích aktivít Čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov na internetovej stránke s adresou http://dionysos.gssr.sk/ig_home/cms_gf. Touto formou je zabezpečený prístup k základným poznatkom o stave životného prostredia, ktoré sú získané procesmi monitorovania geologických faktorov. Vytvorená štruktúra stránky je rozčlenená pre prehľadnosť a jednoduchú orientáciu v poskytnutých údajoch do ucelených blokov:

- základná charakteristika monitorovacieho systému zahŕňa informácie o spôsobe a forme organizácie ČMS GF, o jeho zámeroch a cieľoch, predmete pôsobnosti a kontaktných adresách a o možnostiach prístupu k informačným zdrojom ČMS GF
- štruktúra ČMS GF prezentuje jednotlivé subsystemy monitorovania geologických faktorov, ich riešiteľskú organizáciu a riešiteľa
- monitorované lokality, zobrazená je ich lokalizácia na mape v rámci subsystemov, kritériá výberu pre reprezentatívne lokality, zdôvodnenie ich výberu na monitorovacie aktivity z pohľadu celospoločenskej významnosti a charakteristiku geologického prostredia lokality
- metódy monitorovania, informuje o používaných metódach v jednotlivých subsystemoch
- štruktúra dátovej základne PIS, definuje informácie parciálneho informačného systému ako sú vlastné vstupy, vstupné údaje z iných zdrojov a výstupnú formu spracovaných dát. Merané veličiny sú charakterizované názvom, identifikátorom, meraciou metódou na základe ktorej je veličina získaná, priestorovou identifikáciu v teréne a frekvenciu merania

- publikované práce s tematikou monitorovania geologických faktorov, obsahujú citácie publikovaných aj nepublikovaných informácií o výsledkoch monitoringu. V niektorých prípadoch je zabezpečený aj link na ich kompletné znenie.

Informácie tejto kategórie sú zverejňované na základe naplnenia zákona 171/1998 Z.z. o prístupe k informáciám o životnom prostredí.

Tab. 6.1. Štruktúra dát PIS podľa subsystémov ČMS GF

Názov meranej veličiny	Meraná veličina	Použitá metóda merania	Priestorová identifikácia v teréne	Frekvencia merania
subsystém 01: Zosuvy a iné svahové deformácie				
<i>Povrchové pohyby</i>				
zmena polohy meraného bodu v priestore	mm	geodetické zameranie	geodetická sieť na lokalitách	1x ročne
reziduálna napätosť	mm	metóda odľahčeného otvoru	meračské profily na lokalitách	1x ročne
<i>Podpovrchové pohyby</i>				
vektor posunu	mm, azimut	inklinometrické meranie	sieť pozorovacích vrtov na lokalitách	1x ročne
nepriame meranie napätosti	impulzy za sekundu	geofyzikálne meranie	sieť pozorovacích vrtov na lokalitách	2x ročne
<i>Režimné pozorovania</i>				
stavy hladín podzemnej vody	cm	pásmom	pozorovacie sondy	3x ročne, kontinuálne merania (4 lokality)
výtok z horizontálnych vrtov	l.s ⁻¹	zachytenie do odmernej nádoby	sieť vrtov (vybr. lokality)	3x ročne, 1x týžd. (2 lokality)
teplota vody z horizontálnych vrtov	°C	teplomerom	sieť vrtov (vybr. lokality)	3x ročne, 1x týžd. (2 lokality)
<i>Stabilita horninového masívu</i>				
pohyb horninových blokov	mm	pozemná fotogrametria	vybrané lokality	1x ročne
rozvoľňovanie masívu	mm	opticko-mechanický dilatometer TM-71	vybrané lokality	1x ročne
subsystém 02: Erózne procesy				
<i>Erózna ryha</i>				
Dĺžka erózných rýh	m	analýza leteckých snímok, porovnávacie analýzy	územie vybraných mapových listov	letecké snímky rok 1949, 1992
Plocha eróznej ryhy	m ²			
Vetvenie	počet			
Charakter hlavy erózneho výmoľa	kód. údaj			
Výška hlavy	m			
Vzdialenosť hlavy od hrebeňa	m			
Výška ústia	m			
Vzdialenosť ústia od päty svahu	m			
Voda	kód. údaj			
Vegetácia	kód. údaj			
<i>Svah</i>				
Morfometrické údaje	m, m ² , °, kód. údaj	analýza leteckých snímok, porovnávacie analýzy	územie vybraných mapových listov	letecké snímky rok 1949, 1992
Geológia podložia	kód. údaj			
Geológia pokryvných útvarov	kód. údaj			
Iné vplyvy	kód. údaj			

subsystém 03: Procesy zvetrávania				
<i>Horninový masív</i>				
mikronivelačné zmeny povrchu	mm	mikronivelačné meradlo, pozemná fotogrametria	vybrané lokality v rôznych typoch hornín	2x ročne
objem suťových kuželov	m ³	geodeticky, výpočtom z terénnych meraní	doplnkové merania na vybraných lokalitách	2x ročne
stupeň zvetrania	bezrozm. stupnica 1 – 10	Schmidt. kladivo, Poind Load test, klasifikačná hodnot. metóda	doplnkové merania na vybraných lokalitách	1x za 3 roky
<i>Modelovanie na vzorkách hornín</i>				
rozpadavosť	g	vážením straty hmotnosti	vzorky hornín, odberové miesta z celého územia SR	1x ročne
mikromorfológia povrchu vzoriek	kód. údaje	vizuálne hodnotenie	vybrané vzorky	doplnkové merania
subsystém 04: Presadenie zemín v základových pôdach				
<i>Poruchy objektov</i>				
rozmer poruchy	cm	porovnávacie meranie	poruchy objektov v typických lokalitách	1x ročne
počet porúch	bezrozmerné	vizuálne	poruchy objektov v typických lokalitách	1x ročne
<i>Charakteristika presadavých zemín</i>				
stupeň presadavosti	kód. údaj	laboratórne skúšky	odbery v okolí registr. objektov	priebežné dopĺňanie informácií
subsystém 05: Vplyv ťažby nerastných surovín na životné prostredie				
<i>Povrchové pohyby</i>				
zmena polohy meraného bodu	mm	geodetické zameranie	geodetická sieť na lokalitách	1x ročne
<i>Voda banská, priesak z odkalísk a háld</i>				
Na, K, Ca, Mg, NH ₄ , Fe, Mn, Al, Cl, NO ₂ , NO ₃ , SO ₄ , HPO ₃ , HCO ₃ , Hg, Sn, Zn, Pb, As, Sb, Se, Ni, Cd, Co, Cu, Cr, Ag, Ba, Min, pH	mg.l ⁻¹ , bezrozm.	chemická analýza	monitorovacie body na lokalitách	1x ročne
<i>Riečne sedimenty</i>				
Cr, Cu, Pb, Zn, Co, Cd, Hg, Sn, As, Sb, Se, Al, Fe, Mn, Ti, Ni, Sr, Li, Ca, Mg, Na, K, Bi	ppm	chemická analýza	monitorovacie body na lokalitách	1x ročne
alkalita	mmol.l ⁻¹			
acidita	mmol.l ⁻¹			

subsystém 06: Zmeny v antropogénnych sedimentoch				
<i>Terénne skúšky</i>				
medza presiometrického tlaku	Mpa	presiometrická skúška	vybrané lokality	1x za 3 roky
presiometrický modul	Mpa	presiometrická skúška		
uhol vnútorného trenia		presiometrická skúška		
N ₁₀	počet úderov na 10cm	penetračné skúšky dynamické		
<i>Inžinierskogeologické vlastnosti</i>				
zrnitosté zloženie zeminy	%	laboratórne skúšky	vybrané lokality	jednorazovo
vlhkosť hmoty sušiny	%			
medza tekutosti	%			
medza plasticity	%			
subsystém 07: Stabilita horninových masívov pod historickými objektami				
<i>Stabilita horninového masívu</i>				
pohyb horninových blokov	mm	dilatometer TM-71	vybrané lokality	2x ročne
subsystém 08: Antropogénne sedimenty pochované				
<i>Charakteristika ASP</i>				
lokalizácia	kód.údaj	porovnávací analýza topograf. podkladov	vybrané okresy	priebežná analýza
rozmer skládky	m ² , m ³	porovnávací analýza topograf. podkladov	vybrané okresy	priebežná analýza
vek skládky	kód.údaj	archívne a reprodukovateľné informácie	vybrané okresy	priebežná analýza
charakt. materiálu skládky	kód.údaj			
<i>Horninové prostredie úložiska</i>				
IG charakteristika podložia	kód.údaj	analýza archívnych informácií	vybrané okresy	priebežné dopĺňanie záznamov
priepustnosť	kód.údaj			
hladina podzemnej vody	kód.údaj			
vzťah skládky k povrch. vode	kód.údaj			
<i>Vplyv na ŽP</i>				
vhodnosť geolog. prostredia pre skládku	kód.údaj	analýza archívnych informácií	vybrané okresy	priebežné dopĺňanie záznamov
kontaminácia podzemnej vody	kód.údaj			
kontaminácia povrchovej vody	kód.údaj			
kontaminácia ovzdušia	kód.údaj			
aplikácia prieskumu a sanácie	kód.údaj			

subsystém 09: Tektonická a seizmická aktivita územia				
<i>Tektonická aktivita</i>				
zmeny úrovne povrchu územia	mm	presná nivelácia	nielačná sieť územia SR	1x za 3roky
<i>Seizmická intenzita</i>				
seizmická intenzita územia	°MSK	seizmologické mera	seizmologické stanice	priebežne
subsystém 10: Monitorovanie kvality snehovej pokrývky				
<i>Chemické zloženie</i>				
Na, K, NH ₄ , Mg, Ca, Sr, Mn, Fe, Al, Zn, Cu, H, Cl, F, NO ₃ , SiO ₂ , Min	mg.l ⁻¹	chemická analýza	nepravidelná sieť monitorovacích bodov, pokrýva celé územie SR	1x ročne
pH	bezrozm.			
alkalita	mmol.l ⁻¹			
acidita	mmol.l ⁻¹			
<i>Iné údaje</i>				
výška sneh. pokrývky (starý sneh),	cm	dĺžkové meradlo	nepravidelná sieť monitorovacích bodov, pokrýva celé územie SR	1x ročne
výška sneh. pokrývky (nový sneh)	cm	dĺžkové meradlo		
teplota vzduchu	°C	teplomer		
teplota snehu	°C	teplomer		
subsystém 11: Monitorovanie seizmických javov na území SR				
seizmický pohyb pôdy	m, m.s ⁻¹	meranie seizmometrom	sieť 7 stálych seizmických staníc	nepretržite
subsystém 12: Monitorovanie kvality riečnych sedimentov				
<i>Chemické zloženie</i>				
Na, K, Mg, Ca, Sr, Mn, Fe, Al, Zn, Cu, Si, Ti, Pb, Cd, As, Sb, V, Se, S, Ni, Co, Hg	ppm	chemická analýza	nepravidelná sieť monitorovacích bodov pokrýva celé územie SR	1x ročne
subsystém 13: Monitorovanie kvality riečnych sedimentov				
<i>Zvýšené radónové riziko vybraných miest</i>				
objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu	kBq.m ⁻³	geofyzikál.merania scintilačná metóda v luc. komorách	referenčné plochy na lokalitách	1x ročne 1 lokalita 8x ročne
<i>Radón v tektonicky porušených zónach</i>				
objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu	kBq.m ⁻³	geofyzikál.merania scintilačná metóda v luc. komorách	profily na lokalitách	1x ročne
<i>Radón, rádium vo vodných zdrojoch</i>				
objemová aktivita radónu	Bq.l ⁻¹	geofyzikál.merania scintilačná metóda v luc. komorách	pozorovacie zdroje (prameň, vrt)	2x ročne 1 lokalita 1x /mes. 1 lokalita 1x /2mes.

7. VNÚTORNÉ VÄZBY ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU

Vzájomné prepojenie monitorovania jednotlivých javov vo vnútri čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov je dané predovšetkým výberom spoločných lokalít.

V rámci vnútorného členenia monitorovacieho systému geologických faktorov životného prostredia je podsystem "Zosuvy a iné svahové deformácie" úzko prepojený na podsystemy 02 - Erózne procesy a 03 - Procesy zvetrávania. Uvedené podsystemy monitorujú geodynamické javy, ktoré bezprostredne súvisia a ich prejavy sa vzájomne dopĺňujú a ovplyvňujú. Vo vybraných okruhoch problémov je podsystem Zosuvy a iné svahové deformácie prepojený na podsystemy 05 - Vplyv ťažby nerastov na životné prostredie (problematika ovplyvnenia stability svahov antropogénnymi zásahmi pri podzemnej i povrchovej ťažbe nerastov) a 07 - Stabilita horninových masívov pod historickými objektami (predovšetkým monitorovanie plazivých deformácií, identifikovaných v priestore historických objektov - napríklad lokality Spišský hrad, Skalka a ďalšie). Priame prepojenie na podsystem 09 - Tektonická a seizmická rajonizácia územia vyplýva zo skutočnosti, že k významným zosuvotvorným faktorom patria i seizmické otrasy.

Komplexný prístup k hodnoteniu jednotlivých lokalít monitorovacieho systému zvetrávania sa prepája s monitorovacím systémom stability skalných stien a tiež procesov erózie. Procesy erózie, zvetrávania a odnosu majú priamu náväznosť na kvalitu aktívnych riečnych sedimentov. V minulosti boli chemické analýzy riečnych sedimentov úspešne využívané ako jedna z prospekčných metód vyhľadávania ložísk nerastných surovín.

Monitorovanie kvality snehovej pokrývky a aplikácia výsledkov má veľké uplatnenie hlavne v riešení problémov kyslých zrážok, procesoch chemického zvetrávania a odnosu látok a pod. Monitorovanie vplyvu zmien množstva a kvality roztokov vzniknutých topením snehovej pokrývky na vlastnosti objemovo nestálych sedimentov, zosúvania a pod.

8. VONKAJŠIE VÄZBY (VO VZŤAHU K INÝM ČMS)

Koncepcia monitorovacieho systému životného prostredia SR a Koncepcia integrovaného informačného systému o životnom prostredí SR definujú monitoring životného prostredia ako systematické, dôsledne v čase a priestore definované pozorovanie presne určených charakteristík (atribútov) zložiek životného prostredia alebo ich vplyvov naň pôsobiacich (spravidla v bodoch, tvoriacich monitorovaciu sieť), ktoré s určitou mierou výpovednej schopnosti reprezentujú sledovanú oblasť a v súhrne potom väčší územný celok.

V zmysle § 2 zákona č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí zložkami životného prostredia sú: ovzdušie, voda horniny, pôda a organizmy.

Hlavným cieľom monitoringu je sledovanie určeného javu, alebo parametra v presne definovaných časových a priestorových podmienkach. Slúži k objektívnemu poznaniu charakteristík životného prostredia a hodnoteniu ich zmien v sledovanej priestorovej oblasti. Základom monitorovacej činnosti je pozorovanie a následné hodnotenie stavu životného prostredia, čo je v súlade s čl. 35 Listiny základných práv a slobôd (Ústavný zákon č. 23/1991 Zb.).

V súčasnosti monitorovací systém životného prostredia pozostáva z nasledovných systémov:

	garant	stredisko
f) Ovzdušie	MŽP SR	SHMÚ Bratislava
g) Meteorológia a klimatológia	MŽP SR	SHMÚ Bratislava
h) Voda	MŽP SR	SHMÚ Bratislava
i) Geologické faktory	MŽP SR	ŠGÚDŠ Bratislava
j) Pôda	MP SR	VÚPOP Bratislava
k) Biota (fauna a flóra)	MŽP SR	SAŽP B.Bystrica
l) Lesy	MP SR	LVÚ Zvolen
m) Odpady	MŽP SR	SAŽP B.Bystrica
n) Cudzorodé látky v požívatinách a krmivách	MP SR	VÚP Bratislava
o) Rádioaktivita životného prostredia	MŽP SR	SHMÚ Bratislava

Pre monitorovanie geologických faktorov sú potrebné vstupy z iných čiastkových monitorovacích systémov:

Najdôležitejšími faktormi vzniku zosuvov v našich geologických a klimatických podmienkach sú zrážkové a teplotné anomálie. Preto je podsystém "Zosuvy a iné svahové deformácie" bezprostredne prepojený s inými čiastkovými monitorovacími systémami. – predovšetkým Voda, Meteorológia a klimatológia a Ovzdušie. Pri analýzach príčin vzniku svahových pohybov aplikovať i výsledky čiastkového monitorovacieho systému "Voda" (vplyv prietoku riek na rozvoj erózie brehov, ktorá predstavuje zosuvotvorný faktor).

Podsystém procesy zvetrávania je prepojený s monitorovacím systémom - Ovzdušie, Meteorológia a klimatológia, pretože klimatické podmienky sú dôležitým faktorom vplyvujúcim na intenzitu zvetrávania procesov.

Podsystém Zmeny antropogénnych sedimentov a Antropogénne sedimenty pochované súvisia s ČMS Odpady, pretože predmet záujmu – odkaliská a skládky odpadov je pre obidva systémy spoločný.

Poznanie potenciálneho prínosu atmosferických solí roztokov vzniknutých topením snehovej pokrývky za časové obdobie prispieva k poznaniu zaťaženia atmosféry (ČSM – Ovzdušie). Zhodnotenie chemického zloženia snehovej pokrývky v oblasti Slovenska predstavuje základný predpoklad pre poznanie mechanizmu vytvárania zásob a procesov tvorby chemického zloženia podzemných vôd (ČSM – voda).

Riečne sedimenty predstavujú ako nosné médium, tak aj zdroje vo vodnom systéme, ktoré môžu mať rôzne vplyvy na kvalitu prírodných vôd (podzemných aj povrchových) (ČSM – voda). a poľnohospodárske produkty v prípade väčšieho rozšírenia sedimentov povodňovými vlnami (ČSM – pôda). Výrazným spôsobom dopĺňujú informáciu o stave kontaminácie povrchových tokov, kde okrem vodnej zložky ju tvoria látky vo vznose a riečne sedimenty. Monitorovanie kvality aktívnych riečnych sedimentov má priamu návaznosť na monitorovanie kvality povrchových tokov, na kvalitu podzemných vôd, hlavne aluviálnych sedimentov a na kvalitu sedimentov vstupujúcich do vodných nádrží. Hodnotenie zloženia aktívnych riečnych sedimentov sa využíva pri štúdiu mechanizmov prenosu prvkov/zložiek do biologických systémov, na hodnotenie environmentálneho impaktu, v niektorých prípadoch je možné prispieť k hodnoteniu mortality bioty a nepriaznivých zdravotných účinkoch na človeka prostredníctvom potravinového reťazca.

Monitorovanie objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí priamo súvisí s ČMS Rádioaktivita životného prostredia, kde je monitorovaný dávkový príkon gama žiarenia v ovzduší a celková alfa aktivita vo vodách.

Požadované údaje sa môžu získavať priamou spoluprácou medzi jednotlivými strediskami čiastkových monitorovacích systémov alebo prostredníctvom Informačnej centrály monitorovacieho systému.

9. VZŤAH K TVORBE A OCHRANE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Monitorovanie zložiek životného prostredia patrí medzi dôležité metódy výskumu, ktoré nám prináša informácie o trendoch vo vývoji zaťaženia prostredia antropogénnou činnosťou.

Pre čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia boli vybraté také procesy, ktoré ohrozujú, resp, poškodzujú životné prostredie. Poznaním mechanizmu týchto procesov sa snažíme zabrániť nepriaznivým dopadom na životné prostredie, prípadne ich účinky znižovať na prijateľnú mieru. Typickým príkladom sú svahové deformácie.

Sú najrozšírenejším a najnebezpečnejším geodynamickým procesom. Spôsobovali a každoročne spôsobujú značné škody na zastavaných územiach a dopravnej sieti, ohrozujú

prevádzku a výstavbu niektorých vodných diel a v širokom rozsahu znehodnocujú poľnohospodárske a lesné pozemky. Rozvoj svahových pohybov je podmienený buď pôsobením prirodzených prírodných faktorov (najčastejšie zrážkových anomálií) alebo nevhodnými antropogénnymi činnosťami (najčastejšie podrezaním potenciálne nestabilných svahov pri výstavbe komunikácií, alebo pozemných objektov). Z uvedených skutočností vyplýva, že poznanie príčin vzniku svahových pohybov, identifikácia ohrozených oblastí, resp, kritických stavov vybraných zosuvotvorných faktorov, umožňujú optimálne navrhovanie preventívnych opatrení a k postupnému ovládnutiu tohto veľmi nepriaznivého geodynamického javu. Každé zvýšenie stupňa kontroly vzniku a rozvoja svahových deformácií vedie úmerne k zvýšeniu kvality životného prostredia a optimalizácii postupu jeho využitia i ochrany. Uvedené skutočnosti možno dosiahnuť systematickým bodovým monitoringom vybraných typových lokalít (ktorý zabezpečuje dlhodobú kontrolu ich stavu) a odôvodnenou extrapoláciou získaných údajov na širšie územia s analogickou geologickou stavbou a klimatickými pomermi, so snahou pokryť čo najširšie oblasti územia štátu, ohrozené svahovými procesmi. Výsledky monitoringu sú súčasne aplikovateľné pre optimálne projektovanie technických diel z hľadiska citlivosti prostredia na vznik svahových deformácií. Vlastný program monitoringu je založený na maximálnom využití existujúcich monitorovacích zariadení a technických prác. Navrhnuté metódy monitoringu (inštalácia hladinomerov v existujúcich vrtoch, vybudovanie línií komplexných geodetických bodov, geofyzikálne merania a pod,) znamenajú minimálne, resp, žiadne zásahy do existujúceho stavu životného prostredia. Nové vrtné práce, resp, inštalácie geodetických sietí sa používali iba v minimálnom, nevyhnutnom rozsahu a po zohľadnení stretov záujmov. Nové miesta inštalácie dilatometrických prístrojov na dlhodobé zaznamenávanie plazivých pohybov sú posudzované spoločne so zástupcami oddelení ochrany životného prostredia miestnych správnych orgánov.

Erózne a abrázne procesy sú dynamické geologické procesy v najvrchnejšej časti zemskej kôry, ktorých dynamika je pozorovateľná v časových merítkach ľudského života. Každoročne sú dažďovou vodou a povrchovými tokmi splachované veľké množstvá poľnohospodárskej a lesnej pôdy. V kritických prípadoch je to viac ako 10-16 ton na hektár ornej pôdy ročne. Následkom zásahov človeka do prírodných pomerov (obrábanie pôdy, odlesňovanie, veľké stavebné úpravy, globálne klimatické zmeny, atď.), objem oderodovaného materiálu narastá. Erózia poľnohospodárskej a lesnej pôdy je predmetom dlhodobých intenzívnych pozorovaní odborníkov (pedológov, geológov, geografov). Erózia je komplexný fenomén viacerých faktorov rôzneho pôvodu a účinkov. Monitoring vodnej erózie má okrem poznávacieho aj praktický význam. Identifikácia oblastí citlivých na eróziu umožňuje zodpovedným orgánom prijať racionálne rozhodnutia pre výber lokalít predovšetkým pre väčšie stavby (napr. vodohospodárske), resp, upozorňuje na oblasti,

v ktorých je potrebné zabezpečiť protierózne opatrenia. Prínosom riešenia je posúdenie vývoja erózie za posledných 43 rokov, teda za obdobie najintenzívnejšieho hospodárskeho rastu Slovenska, počas ktorého sa značne zintenzívnil vplyv človeka na životné prostredie. Ďalším prínosom je posúdenie závislosti erózných javov na geologickej stavbe a inžinierskogeologických vlastnostiach hornín. Získané poznatky majú praktický význam pri prognózovaní vývoja erózie za súčasných klimatických podmienok a aktivity človeka v životnom prostredí v rôznych regiónoch Slovenska.

Ochrana a tvorba životného prostredia je jednou z hlavných úloh monitorovania procesov zvetrávania. Geologické práce, predovšetkým terénne meracie zariadenia, nepredstavujú také zásahy do prírodného prostredia, ktoré by viedli k jeho degradácii. Práve naopak, ich aplikáciou bude možné získať údaje, ktoré umožnia prognózovať vplyv antropogénnych zásahov na prírodné prostredie. Prognóza reakcie horninového prostredia na akýkoľvek umelý zásah vyvolá potrebu citlivejšieho prístupu projektantov pri plánovaní inžinierskych diel, v dôsledku čoho bude možné minimalizovať degradáciu exponovaných hornín.

Hoci problematikou objemovo nestabilných sedimentov sa zaoberá viacero autorov, veľký počet trhlín a puklín na objektoch, dokonca aj havárií stavieb spôsobených napríklad presadaním zemín poukazuje na skutočnosť, že riešeniu geotechnickým problémom presadavých sedimentov sa venuje málo pozornosti. Lepšia znalosť inžinierskogeologických vlastností zemín tvoriacich podzákladie by značne zefektívnila navrhovanie spôsobu výstavby i samotnú jeho realizáciu.

Využívanie nerastov má na Slovensku stáročné tradície, bezohľadné využívanie ťažby a nekvalitné spôsoby úpravy v minulosti sa výrazne pričínili o neadekvátne zhoršenie životného prostredia. Zvoleným postupom sme chceli napomôcť pri riešení stanovenia optimálnej cesty medzi spôsobom ťažby a znehodnocovaním životného prostredia. Škoda, že táto úloha bola pozastavená a obmedzená len na preberanie údajov od Geokomplexu, a.s, v rámci úlohy Systém zisťovania a monitorovania škôd na životnom prostredí, vznikajúcich banskou činnosťou.

V rámci úlohy 06 - Zmeny antropogénnych sedimentov navrhovaným postupom zistujeme ich skutočný fyzický stav (najmä charakter, vlhkosť a konzistencie v niekoľkých úrovniach odkaliska) v čase vykonávania meraní a porovnávaním opakovaných meraní prognózujeme ich zmeny. Minerálne a chemické rozborý umožňujú stanoviť obsahy škodlivých látok v sedimentoch, zmeny ich koncentrácií v závislosti na čase, čo umožňuje posúdenie možného znečistenia povrchových a podzemných vôd. Výsledkom je zhodnotenie fyzického stavu ukladaných materiálov.

Vybrané historické objekty patria do nášho kultúrneho dedičstva a preto sú i zákonite neoddeliteľnou súčasťou životného prostredia človeka. Záchranou historických objektov sa

zaoberajú špecialisti viacerých profesných zameraní, inžinierski geológovia, resp. výsledky ich výskumov napomáhajú odhaliť príčiny vzniku porúch a navrhnúť účinné sanačné opatrenia vedúce k záchrane objektu. Účel i zameranie tejto časti predmetnej práce má z tohto ohľadu priamy dosah na kvalitu životného prostredia.

Popri prírodných silách, má reliefotvorná činnosť človeka porovnateľný účinok, ktorý možno dokumentovať na územiach veľkých miest, pri výstavbe ciest, diaľnic, veľkých stavebných celkov, vodohospodárskych stavieb a pod. Jedna z činností je orientovaná na ukladanie prebytočných alebo odpadových materiálov, ktoré človek v priebehu jednej alebo viacerých generácií vytváral. Tie opäť pôsobením antropogénnych a prírodných faktorov bývajú zakrývané alebo pochované. Veľmi často sú zdrojom kontaminácie, pretože sú v nich koncentrované prvky alebo chemické látky, ktoré v prírodnom prostredí sú oveľa viac rozplýlené. Ich vyhľadávanie je prvým krokom pri stanovení ich nebezpečnosti, či je možné ponechať ich na mieste, či je potrebná ich sanácia, alebo priam likvidácia, t.j. odvezenie.

Stupeň seizmického ohrozenia je jedným z najvýznamnejších geologických faktorov životného prostredia. Problematikou jeho správneho stanovenia sa preto v ostatnom období u nás i v zahraničí zaoberá celý rad projektov. Svedčia o tom mnohé geofyzikálne i špeciálne seizmologické konferencie, i celý rad publikácií v odborných časopisoch. Základom pre správne stanovenie seizmického ohrozenia určitej lokality je pritom dôkladné seizmotektonické zhodnotenie územia rezultujúce do správneho vymedzenia seizmických oblastí charakterizovaných určitým stupňom seizmickej intenzity, resp. geologických štruktúr charakteristických určitým seizmotektonickým režimom. Na ich základe sa môže v ďalšom vykonávať mikroseizmická rajonizácia, alebo stanovovať iné seizmologické parametre ohrozenia životného prostredia. Sledovanie súčasných tektonických pohybov má okrem toho význam i z hľadiska možného priameho ohrozenia technosféry, najmä významných vodohospodárskych a energetických stavieb (priehrady, prečerpávacie elektrárne, jadrové elektrárne a i.). Význam pritom majú ako pohyby celých tektonických štruktúr, tak pohyby pozdĺž zlomov, ktoré môžu spôsobiť ako znefunkčenie stavieb, tak ich deštrukciu.

Významnú úlohu vo vodnom systéme majú aktívne riečne sedimenty. Interakcie medzi sedimentom, suspendovaným materiálom, povrchovým recipientom a biotou sa významne podieľajú na charaktere kvality vodných tokov, akumulovaní toxických komponentov v sedimentoch a biote a následne aj možnosti preniknutia toxických látok do podzemných vôd aluviálnych sedimentov a potravinového reťazca človeka.

Pre zníženie možného rizika ožiarenia ľudského organizmu radónom a jeho dcérskymi produktmi rozpadu je treba poznať nielen stupeň radónového rizika územia z prognózných odvodených máp radónového rizika, ale aj miesta možnosti vzniku anomálnych koncentrácií radónu v pôdnom vzduchu, spôsobených zvýšenou migráciou radónu v geologickom prostredí, ovplyvnenou hlavne anomálnymi koncentraciami uránu a tória v

horninách a stupňom ich štruktúrno - tektonického porušenia. Z výsledkov doposiaľ realizovaných prác, zameraných na zisťovanie radónu na Slovensku vyplýva, že v SR je cca 40 % územia s výskytom stredného radónového rizika a 3-4 % vysokého radónového rizika. Závislosť je aj na geologickej stavbe, tektonických štruktúrach, prípadne iných i antropogénnych vplyvoch (podrúbanie a p.).

10. TECHNICKÉ A ORGANIZAČNÉ ZABEZPEČENIE MONITORINGU

Technické zabezpečenie každého podsystemu je podrobnejšie rozpísané v kapitole 5 - Popis čiastkového monitorovacieho systému.

Organizačné zabezpečenie fungovania vlastného monitoringu je zrejmé z tab.1.1. Funkciu koordinátora Čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov vykonáva Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Zabezpečuje styk s Ministerstvom životného prostredia SR ako s garantom (sekcia geológie aprírodných zdrojov) a ako s hlavným koordinátorom Monitorovacieho systému životného prostredia (zoskupenie všetkých stredísk čiastkových monitorovacích systémov) a riešiteľských organizácií (Sekcia medziodvetvových vzťahov a informatiky). Na metodickom usmerňovaní riešenia sa podieľa Katedra inžinierskej geológie PF UK v Bratislave. Ako hlavné kooperujúce organizácie sú:

- Katedra inžinierskej geológie PF UK v Bratislave
- Geofyzikálny ústav SAV Bratislava
- INGEO, a.s. Žilina
- GEOCOMPLEX, a.s. Bratislava a iné.

Výber riešiteľských organizácií bol urobený na základe rozhodnutia výberovej konkurznej komisie (2.4.1992) ustanovenej na SKŽP a predložených návrhov riešenia monitoringu, ktoré boli použité ako podklady pre vypracovanie projektu geologickej úlohy.

Okrem uvedených organizácií do riešenia boli zapojené i organizácie, ktorých výber bol robený na základe platných zákonov týkajúcich sa konkurzných či výberových konaní.

11. EKONOMICKÉ ZDÔVODNENIE

Na stanovenie cien boli použité nasledovné cenníky:

- Ekonomicko organizační služby v Geologii EKOS - 904,50 - Výkony geologickej služby, Bílovice nad Svitavou - prosinec 1996

- Ceník velkoobchodních cen - Obor 904 - geologické výkony VC 20/108/89, 1.díl, 1989. Vydal ČGÚ Praha a SGÚ Bratislava. Ostatné ceny sú stanovené dohodou v zmysle zákona č. 526/1990 Zb. o cenách.

Literatúra

- Andráš, E., Dovičín, P., Hrazdilová, I., 1987: Poľné skúšky na odkalisku Banská Štiavnica. 7., Poľní geotechnické metódy, ZP ČSVTS Liberec, s. 42-55
- Babiaková, G., Bodiš, D., Cerovský, M., Závodský, D., 1987: Príspevok k možnostiam modelovania koncentrácie síranov v procese topenia a odtoku vody zo snehovej pokrývky a reprodukovateľnosti vstupných údajov. Vodohosp. čas., 35, č.2, Bratislava, s. 115-138
- Barnet, I., Kulajta, V., Neznal, M., Matolín, M., Prokop, P., 1992: Hodnocení základových půd z hlediska vnikání radonu do bytů. Geologický průzkum, 4, s. 114-115
- Benko, V., 1999: Informačný systém monitoringu. Projekt SAŽP, Banská Bystrica
- Bodiš, D., Rapant, S., Khun, M., Klukanová, A., Lexa, J., Mackových, D., Marsina, K., Pramuka, S., Vozár, J., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť VI: Riečne sedimenty. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, 146 s.
- Bodiš, D., Lopašovská, M., Lopašovský, K., Rapant, S., 2000: Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku – výsledky 25-ročného pozorovania. Podzemná voda, VI./2000, č.2, SAH Bratislava, s. 162-173
- Brouček, I., 1980: Maximálna intenzita zemetrasení. Mapa 1:2 000 000. In Atlas SSR. SAV a SÚGK Bratislava
- Cebecauer, I., Líška, M., 1972: Príspevok k poznaniu krasových foriem Spišských travertínov a ich kryhových zosunov. Slov. kras, X/72, s. 47-61
- Čížek P., Smolárová H., Gluch A., 1992: Odvozené mapy radónového rizika Slovenska v mierke 1:200 000, záverečná správa. Odbor informatiky ŠGÚDŠ Bratislava
- Čížek, P., Smolárová, H., Gluch, A., 1995: Podklady pre digitalizáciu mapy radónového rizika Slovenska v mierke 1:500 000, záverečná správa. Odbor informatiky ŠGÚDŠ Bratislava
- Dvořák, A., 1956: Mapa seizmických oblastí a hlavných zemetrasení pozorovaných v ČSR v období 1756–1956. ÚÚG Praha
- Feda, J., 1977: Základy mechaniky partikulárnych látok. Academia Praha, 348 s.
- Fussgänger, E., 1985: Poznatky z terénneho výskumu plazivých svahových pohybov travertínových blokov na Spišskom hrade. Mineralia Slovaca, 17, s. 15-24
- Fussgänger, E., Andor, L., Mahr, T., 1985: Poznatky z inžinierskogeologického prieskumu katastrálnej svahovej poruchy v Podhradí. Zb. Geotechnické problémy ťažby uhlia a urbanistického rozvoja Hornej Nitry, Nitrianske Rudno

- Gazda, S., Lopašovský, K., 1983: Chemické zloženie zrážok na území Slovenska. In: Hydrochemické problémy znečisťovania prírodných vôd. Konferencie-Sympóziá-Semináre, GÚDŠ, Bratislava. s. 63–71
- Grečula, P., Roth, Z., 1978: Kinematický model Západných Karpát v souborném řezu. Sborník geologických věd Geologie, 32, Praha
- Hók, J., Bielík, M., Kováč, P., Šujan, M., 2000: Neotektonický charakter územia Slovenska. Mineralia Slovaca, 32
- Hrašna, M., 1996: Rajonizácia seizmickej intenzity na území Bratislavy. Mineralia Slovaca, 28
- Ibrmajer, J., Plančár, J., Fusán, O., 1985: Základné prvky hlbinej stavby Západných Karpát, v mierke 1:500 000. GÚDŠ Bratislava, tlač Slovenská kartografia Bratislava
- Jadroň, D., Wagner, P., Jelínek, R., 1998: Monitoring sanovaného zosuvu v Dolnej Mičinej. Zborník referátov z 1. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. D. Štúra, Bratislava, s. 83-86
- Jadroň, D., Mokrý, M., Wagner, P., 2000: Practical applications of monitoring results of an active landslide. Proceed. Of 8th Conf. on Landslides " Landslides in research, theory and practice. Cardiff, Thomas Telford, London, p. 763-768
- Jadroň, D., Mokrý, M., Buček, L., Lenková, M., 2000b: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR – lokality Veľká Čausa, Malá Čausa, Bojnice, Okoličné, Fintice, Dolná Mičina, Handlová – staré zosuvy. Čiastková záverečná správa za rok 2000. INGEO, a.s. Žilina. Manuskript, Archív ŠGÚDŠ Bratislava, 28 s.
- Jadroň, D., Mokrý, M., Wagner, P., Fussgänger, E., 2001: Sanácia aktívneho zosuvu vo Veľkej Čausi. Zborník referátov z 2. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. D. Štúra, Bratislava, s. 29-33
- Jiránek M., Pospíšil S., 1993: Radon a dům, Nakladatelství ARCH, Praha
- Klukanová, A., 1998: Mapovanie a monitorovanie geologických faktorov životného prostredia. Zborník referátov z I. konferencie Geológia a životné prostredie, Bratislava, 25. a 26. november 1998, s.123-126
- Klukanová, A., Liščák, P., 1988: Monitoring of geological hazard of the Slovak Republic. 8th International Congress IAEG, Vancouver, Canada, pp. 1113-1120
- Klukanová, A., Modlitba, I., Iglárová, L., 1992: Atlas mikroštruktúr zemín Východoslovenskej nížiny. Čiastková záverečná správa. Archív ŠGÚDŠ
- Klukanová, A., Liščák, P., 1995: Monitoring of Geological Factors of the Environment. Zborník XV. Congress of the KBGA, 17.-20. September 1995, Athens, Greece, p. 1034-1037

- Klukanová, A., Frankovská, J., 1995: Monitoring of collapsible soils in Slovakia. Slovak Geological Magazine 3/95. Editor Klukanova A., Vozár J. Dionýz Stur Institute of Geology, Bratislava, SR. p. 179-190
- Klukanová, A. et al., 1997: Monitoring geofaktorov životného prostredia. Čiastková záverečná správa. Archív ŠGÚDŠ Bratislava
- Klukanová, A., Wágner, P., Iglárová, L., Ondrášik, M., Jánová, V., Liščák, P., Matys, M., Vlčko, J., Kováčiková, M., Hrašna, M., Bodiš, D., Moczo, P., Frankovská, J., Rapant, S., Jelínek, R., Pauditš, P., Petro, L., Polaščinová, E., Kováčik, M., Scherer, S., Kristeková, M., Labák, P., Dananaj, I., Spišák, Z., Jadroň, D., Vybíral, V., Holzer, R., Malgot, M., Baliak, F., Jánoš, J., Gajdoš, V., Letko, V., Míka, R., 1998: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky, stav k 31.12.1997. Čiastková záverečná správa, GSSR Bratislava
- Klukanová, A., Iglárová, L., Wagner, P., Ondrášik, M., Jánová, V., Matys, M., Vlčko, J., Kováčiková, M., Hrašna, M., Bodiš, D., Moczo, P., Smolárová, H., Antal, J., Ayele, T., Cipciar, A., Dananaj, I., Durmeková, T., Frankovská, J., Helma, J., Holzer, R., Jadroň, D., Jelínek, R., Kišová, M., Maas, P., Matejček, A., Míka, R., Labák, P., Letko, V., Liščák, P., Pauditš, P., Petro, L., Polaščinová, E., Rapant, S., Rozimant, K., Scherer, S., Slaninka, I., Socha, I., Vanko, J., Vybíral, V., Záhorová, L., 2000: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, stav k 31. 12.1999. Čiastková záverečná správa, GSSR Bratislava
- Konečný, V., Lexa, J., Šimon, L., Dublan, L., 2001: Neogénny vulkanizmus stredného Slovenska. Mineralia Slovaca, 33, 2001, 3, s. 159-178
- Košťák, B., 1977: Terčové měřidlo TM 71 a jeho užití pro měření pomalých pohybů na poruchách a trhlinách. Inženýrské stavby, 25, s. 213-218
- Košťák, B., Sikora, J., 2000: Ověření účinnosti sanačních opatření na Oravském hradě. Geotechnika, 3, s. 8-10
- Kováčiková, M. et al., 1997: Hodnotenie starých záťaží a ostatných zdrojov znečistenia v okrese Dunajská Streda. Záverečná správa, Archív ŠGÚDŠ Bratislava
- Kvitkovič, J., Vanko, J., 1972: Recent crustal movements in the region of eastern Slovakia. Geogr. časopis, 24
- Kvitkovič, J., Plančár, J., 1975: Analýza morfoštruktúr z hľadiska súčasných pohybových tendencií vo vzťahu k hlbinej geologickej stavbe Západných Karpát. Geogr. časopis, 27
- Kvitkovič, J., Plančár, J., 1977: Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry vo vzťahu k zemetraseniam a seizmoaktívnym zlomom v Západných Karpatoch. Geogr. časopis, 29

- Kvitkovič, J., Vanko, J., 1990: Recentné vertikálne pohyby Západných Karpát pre epochu 1951- 1976. Geogr. časopis, 42
- Lauková, I., Slabejová, S., Bogdan, P., Uhlár, T., Tomašíková, E., Schikor, K., Greschner, E., Michalík, J., 1998: Environmentálna správa HBP, a.s. Hornonitrianske bane, Prievidza, a.s.
- Malgot, J., Baliak, F., Mahr, T., 1973: Mapa svahových porúch Vtáčnika. Archív GSSR, Bratislava
- Malgot, J., Baliak, F., Mahr, T., Ondrášik, R., Sikora, J., Šajgalík, J., 1983: Inžinierskogeologický prieskum pre rekonštrukciu hradu Strečno. Geol. průzk. 25, s. 161-165
- Malgot, J., Baliak, F., 1991: Regionálne hodnotenie stability svahov. Zborník z vedeckej konferencie inžinierska geológia, výskum a prax, Bratislava, s.88 -92
- Malgot, J., Baliak, J., Bartók, J., Vlčko, J., 1992: Inžinierskogeologický prieskum a geotechnické opatrenia Spišského hradu. Zborník Zakládání staveb, ČSVTS Brno, s. 11-17
- Matys, M a kol., 1993-2000: Zmeny antropogénnych vlastností. Ročné správy úlohy, PriF UK, ŠGÚDŠ Bratislava
- Mazúr, E., Lukniš, M., 1980: Regionálne geomorfologické členenie, SÚGaK, Bratislava
- Mazúr, E. (ed.) et al., 1980: Atlas SSR. Vyd. SAV, Bratislava
- Nemčok, A., 1982: Zosuny v slovenských karpatoch. VEDA, Bratislava
- Nikodémová D., 1992: Radón v bytoch a jeho vplyv na zdravie človeka, ÚPKM Bratislava
- Onačila, D., Lexa, J., Marsina, K., Rojkovičová, Ľ., Káčer, Š., Hojstričová, V., Žáková, E., Štohl, J., Konečný, V., Nemčok, M., Koděra, P., Konečný, P., Repčok, I., Hurai, V., Háber, M., Jeleň, S., Maťo, Ľ., Sasváry, T., Smidt, R., Zvara, I., Grant, T., 1995: Metalogenetický model a prognózne zhodnotenie centrálnej zóny štiavnického stratovulkánu. MS, archív GÚDŠ
- Petro, Ľ., Košťák, B., Polaščinová, E., Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybov v Slanských vrchoch. Mineralia Slovaca, 5-6/31, s. 549-554
- Petro, Ľ., Wagner, P., Polaščinová, E., 2001: Výsledky dlhodobého monitoringu prúdového zosuvu pri Finticiach. Zborník referátov z 2. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. D. Štúra, Bratislava, s. 131-135
- Procházková, D., Brouček, I., Guterch, B., Lewandowska-Marciniak, H., 1978: Map and List of the Maximum Observed Macroseismic Intensities in Czechoslovakia and Poland. Institute of Geophysics of the Polish Academy of Sciences. PWN, Warszawa-Lodź
- Rapant, S., Vrana, K., Bodiš, D., 1996: Geochemical atlas of Slovakia - groundwater. Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava, 127s.

- Scherer, S., 2000: The application of hydrogeological expertise in the correction of landslide movements. *Mineralia Slovaca*, 4/32, s. 351-358
- Sikora, J., Bitterer, I., Frnčo, M., Slivovský, M., Fašiangová, M., 1986: Oravský zámok - ochrana, orientačný inžinierskogeologický prieskum. Odbor informatiky ŠGÚDŠ, Bratislava
- Smolárová H., 1998: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky, úloha IG-2, podsystém 13: Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území SR
- Szeidovitz, G., 1986: Earthquakes in the Region of Komárno, Mór and Várpalota. *Gophysical Transactions*, 32, No.3
- Šefara, J. et al., 1987: Štruktúrno-tektonická mapa vnútorných Západných Karpát pre účely prognózovania ložísk - geofyzikálne interpretácie. Geocomplex Bratislava
- Šimon, L., Elečko, M., Lexa, J., Kohút, M., Halouzka, R., Gross, P., Pristaš, J., Konečný, V., Mello, J., Polák, M., Vozárová, A., Vozár, J., Havrila, M., Köhlerová, M., Stolár, M., Jánová, V., Marcin, D., Szalaiová, V., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny, mierka 1:50 000. Geologická služba Slovenskej republiky, Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava
- Šimon, L., Konečný, V., Lexa, J., (ed.) 2001: *Mineralia Slovaca*, 33, 3, s. 159-312
- Terzaghi, K., Peck, R. B., 1967: *Soil mechanics in engineering practice*. J. Wiley & Sons, New York, 730 s.
- Vass, D. et al., 1973: Klasifikácia zlomov neogénnych panví. Manuskript. GÚDŠ Bratislava
- Vlčko, J. et al. 1992: Účelová inžinierskogeologická mapa Banskej Štiavnice. Manuskript, archív ŠGÚDŠ
- Vlčko, J., Petro, Ľ., Košťák, B., 1998: Monitorovanie pohybov skalných blokov na Spišskom hrade. Zborník referátov z 1. Konferencie Geológia a životné prostredie, Bratislava, s. 102-104
- Vrana, K., Bodiš, D., Lopašovský, K., Rapant, S., 1989: Regionálne – hydrogeochemické zhodnotenie kvality snehovej pokrývky na území Slovenska. Západné Karpaty, hydrogeológia a inž. geol. 7, GÚDŠ, Bratislava. s. 87 - 128
- Vrana, K. Bodiš, D., Lopašovský, K., Rapant, S., Girman, J., 1994: Regional evaluation of snow pack quality in Slovakia. Hydrogeochemical aspect. IAHS Publ. No 222, Wallingford, s. 105–113
- Vybíral, V., 2000: Meranie vrtným variantom metódy PEE. Čiastková záverečná správa za rok 2000. SENSOR spol. s r.o. Bratislava. Manuskript, Archív ŠGÚDŠ Bratislava, 67 s.
- Wagner, P., Iglárová, Ľ., Petro, Ľ., 2000: Methodology and some results of slope movement monitoring in Slovakia. *Mineralia Slovaca*, 4/32, s. 359-367

STN 73 1001: Zakladanie stavieb. Základová pôda pod plošnými základmi

STN 83 8106: Skládkovanie odpadov. Tesnenie skládok, navrhovanie, zhotovovanie, kontrola, technické požiadavky

STN 72 10...: ... pre jednotlivé laboratórne skúšky zemín

STN 72 1004: Presiometrická skúška

STN 72 1033: Dynamická penetračná skúška

Vyhláška ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 12/2001 Z.z. O požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany