



ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

Názov geologickej úlohy:	Rýchlostná cesta R2 Zvolen západ – Zvolen východ
Druh geologických prác :	Hydrogeologický prieskum
Etapa geologických prác :	Podrobný prieskum
Evid. č. ŠGÚDŠ-OG :	642/2011
Číslo úlohy zhotoviteľa :	2011/09
Objednávateľ geologickej úlohy: Sídlo :	Národná diaľničná spoločnosť, a.s. Bratislava Mlynské nivy 45, 82109 Bratislava
Zhotoviteľ geologickej úlohy :	HydroGEP, s.r.o. Hájnická 12/149, 962 31 Sliač
Zodpovedný zástupca :	RNDr. Marian Klúz – konateľ Mgr. Matúš Klúz – konateľ
Zodpovedný riešiteľ :	RNDr. Marian Klúz
Spoluriešitelia :	Mgr. Matúš Klúz – hydrogeologická časť doc. RNDr. Vojtech Gajdoš, CSc – geofyzika RNDr. Jozef Komoň - karotáž RNDr. Zdeněk Potyš – hydrogeochemická časť Mgr. Martin Knietel – geologická časť Ing. Marian Gierl – geodetická časť
Dátum vypracovania :	Jún 2014

RNDr. Marian Klúz
Štatutárny orgán zhotoviteľa

RNDr. Marian Klúz
Zodpovedný riešiteľ

OBSAH

1. VYMEDZENIE GEOLOGICKEJ ÚLOHY	5
1.1 Úvod	5
1.2 Identifikácia územia	5
1.3 Vymedzenie územia	5
2. ÚDAJE O PROJEKTE A JEHO ZMENÁCH	5
3. CHARAKTERISTIKA SKÚMANÉHO ÚZEMIA	6
3.1 Geomorfologické pomery	6
3.2 Klimatické a hydrologické pomery	6
3.3 Geologické pomery	8
3.4 Hydrogeologické pomery	13
4. GEOLOGICKÁ PRESKÚMANOSŤ	15
4.1 História Sliačskych kúpeľov	15
4.2 Preskúmanosť územia	17
5. ÚDAJE O REALIZOVANÝCH GEOLOGICKÝCH PRÁČACH	18
5.1 Náplň jednotlivých etáp	18
5.2 Geofyzikálne práce	19
5.3 Vrtné práce	22
5.4 Hydrodynamické skúšky	24
5.4.1 Overovacie hydrodynamické skúšky	24
5.4.2 Spoločná hydrodynamická skúška	27
5.5 Karotážne merania	27
5.5.1 Výsledky karotážnych meraní	28
5.5.2 Metóda nabitého telesa	30
5.6 Výsledky terénnych meraní	31
6. VÝSLEDKY A GEOLOGICKÉ POZNATKY	33
6.1 Geologické vyhodnotenie	33
6.2 Hydrogeologické vyhodnotenie	36
6.3 Hydrogeochemické vyhodnotenie	38
6.3.1 Chemické zloženie minerálnych a termálnych vôd v Sliači a blízkom okolí	38
6.3.2 Chemické zloženie monitorovaných podzemných a povrchových vôd	39
6.3.3 Chemické zloženie podzemných vôd vo vrtoch variantu C3	40
6.3.4 Chemické zloženie podzemných vôd vo vrtoch variantu C5	42
6.3.5 Izotopové zloženie podzemných a povrchových vôd skúmanej oblasti	43
6.3.6 Posúdenie genézy podzemných vôd skúmanej oblasti	49

7. ZHODNOTENIE SPOLOČNEJ 60-DŇOVEJ ČERPACEJ SKÚŠKY	51
7.1 Všeobecné údaje	51
7.2 Metodika a rozsah	51
7.3 Výsledky 60-dňovej spoločnej čerpacej skúšky	52
7.4 Hydrogeochemické vyhodnotenie vôd počas 60-dňovej čerpacej skúšky	54
7.5 Zhodnotenie 60-dňovej čerpacej skúšky z hľadiska cieľov úlohy	62
8. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV Z HLADISKA CIEĽOV ÚLOHY	64
8.1 Zhrnutie poznatkov	64
8.2 Posúdenie vplyvu rýchlostnej cesty na minerálne a termálne vody v Sliači	66
8.2.1 Identifikácia rizík rýchlostnej cesty (variant C3) z hľadiska cieľov úlohy	66
8.2.2 Identifikácia rizík rýchlostnej cesty (variant C5) z hľadiska cieľov úlohy	69
8.3 Prehľad rizikových úsekov rýchlostnej cesty R2 z hľadiska cieľov úlohy	70
8.4 Monitoring podzemných a povrchových vôd	71
9. ZÁVER	72
10. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	74

PRÍLOHOVÁ ČASŤ :

- 1. Mapová časť príloh**
 - 1.1 Situovanie záujmového územia v mape M = 1 : 25 000**
 - 1.2 Situovanie prieskumných vrtov v mape M = 1: 10 000**
 - 1.3 Situovanie prieskumných objektov v ortofotomape**
 - 1.4 Výsek z geologickej mapy M = 1 : 50 000 (podklad GÚDŠ, 2011)**
 - 1.5 Geologická mapa I. ochranného pásma kúpeľov Sliač (Bondarenková Z., 1986)**
 - 1.6 Situovanie geofyzikálnych profilov (metóda VES)**
- 2. Správa o výsledku karotážnych meraní a metóde nabitého telesa**
- 3. Geologická a hydrogeologická dokumentácia vrtov**
 - Vrty variantu C3**
 - 3.1 Súhrnná dokumentácia vrtu C3-1**
 - 3.2 Súhrnná dokumentácia vrtu C3-2**
 - 3.3 Súhrnná dokumentácia vrtu C3-3**
 - 3.4 Súhrnná dokumentácia vrtu C3-4**
 - 3.5 Súhrnná dokumentácia vrtu C3-5**
 - 3.6 Súhrnná dokumentácia vrtu C3-7**
 - 3.7 Súhrnná dokumentácia vrtu C3-10**
 - Vrty variantu C5**
 - 3.8 Súhrnná dokumentácia vrtu C5-2**
 - 3.9 Súhrnná dokumentácia vrtu C5-3**
 - 3.10 Súhrnná dokumentácia vrtu C5-4**
- 4. Geologické profily**
 - 4.1 Geologický profil trasy - variant C3**
 - 4.2 Geologický profil trasy - variant C5**
- 5. Grafická časť príloh**
 - 5.1 Grafická dokumentácia spoločnej čerpacej skúšky na vrtoch variantu C3**
 - 5.2 Grafická dokumentácia spoločnej 60-dňovej čerpacej skúšky na vrtoch C3-1, C3-2, C5-2 a C5-4**
 - 5.3 Grafické vyhodnotenie terénnych meraní**
 - 5.4 Grafické vyhodnotenie meraní prameňov v Kúpeľoch Sliač**
- 6. Výsledky chemických analýz**
 - 6.1 Protokoly z chemického laboratória INGEO-ENVILAB, s.r.o., Žilina**
 - 6.2 Protokoly z chemického laboratória ŠGÚDŠ, Bratislava**
 - 6.3 Protokoly z chemického laboratória VÚVH, š.p., Bratislava**
 - 6.4 Zostavy chemických analýz**
- 7. Geodetická správa**
- 8. Fotodokumentácia**
 - 8.1 Fotodokumentácia vybudovania merných objektov v I. etape prieskumu**
 - 8.2 Fotodokumentácia vrtných prác**
 - 8.3 Fotodokumentácia čerpacích skúšok a odberov vzoriek vôd**
- 9. Dokumentácia**

1. VYMEDZENIE GEOLOGICKEJ ÚLOHY

1.1 Úvod

V záverečnej správe sú zhodnotené výsledky obidvoch etáp podrobného hydrogeologického prieskumu na úlohe: „**Rýchlostná cesta R2 Zvolen západ – Zvolen východ**“, realizovanej na základe zmluvy o dielo č.: ZM/2011/0436, uzavretej dňa 8.11.2011 medzi Národnou diaľničnou spoločnosťou, a.s. Bratislava a zhotoviteľom HydroGEP, s.r.o., Sliač.

Úlohou prieskumu bolo overiť režim podzemných vôd v trase odporúčanej rýchlostnej cesty R2 a zdokumentovať jej vplyv na minerálne a termálne vody v Sliači. Práce sme realizovali v súlade so schváleným projektom geologických prác.

1.2 Identifikácia územia

Názov okresu:	Zvolen
Názov VÚC	Banskobystrický
Kód okresu:	611
Katastrálne územie:	Rybáre, Lieskovec
Kód obce:	518808, 518158

1.3 Vymedzenie územia

Rýchlostná cesta R2 (obchvat mesta Zvolen) bude súčasťou medzinárodného európskeho cestného ťahu E58 v smere západ – východ a cestného ťahu E571, ktorý spojí hlavné mesto SR s južnými časťami stredného a východného Slovenska. Cesta je riešená ako štvorpruhová smerovo rozdelená komunikácia a jej trasa bola navrhnutá vo viacerých variantoch, z ktorých boli pre hydrogeologický prieskum vybraté varianty C3 a C5 v km 7,000 - 10,500. Celková dĺžka úsekov je:

- variant C3 17,183 km
- variant C5 17,119 km

Začiatok úseku oboch variantov je v križovatke „Zvolen – západ“ (v súčasnosti správcom označená ako „Zvolen – centrum“). Až po km 5,400 je úsek oboch variantov v „peáži“ s rýchlostnou cestou R1. V úseku 5,400 – 7,500 bude trasa vedená v aluviálnej nive Hrona. V križovatke „Sliač“ sa bude trasa stáčať východným smerom a mostným objektom preklenie Hron, železničnú trať, poľnú cestu a údolie. V úseku 7,500 km až 12,000 km bude prechádzať členitým terénom severne od Zvolena, ponad Borovú horu a Bakovu jamu. V morfológicky exponovanom území vojde komunikácia pri variante C3 do tunela (dĺžky 340 m) v km 9,119 a pri variante C5 do tunela (dĺžky 2120 m) v km 7,640. Ďalej bude pokračovať menej členitým terénom k Lieskovcu a k obci Zvolenská Slatina. Územie je zobrazené v prílohách č.1.1, 1.2 a 1.3.

2. ÚDAJE O PROJEKTE A JEHO ZMENÁCH

Geologická úloha bola rozdelená na dve etapy:

- ❖ Úlohou *prvej etapy* bolo zistiť geologické, hydrogeologické a geochemické pomery pred vlastnou simuláciou vplyvu cestného telesa na minerálne a termálne vody v Sliači, geofyzikálnymi, geochemickými, laboratórnymi prácami a terénnymi meraniami. Projekt objednávatel' schválil 27.1.2011, avšak s pripomienkou Štátnej kúpeľnej komisie Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky (ŠKK MZ), v ktorej odporučila vykonať v mieste vrtov atmogeochemický prieskum.

Práce sme realizovali počas roka 2012 a zhodnotili v čiastkovej záverečnej správe v januári 2013.

- ❖ Úlohou *druhej etapy* bolo simulovať vplyv cestného telesa na minerálne a termálne vody v Sliači technickými prácami, najmä hydrodynamickými skúškami na vrtoch vybudovaných v rámci tejto etapy. Práce sme realizovali v roku 2013 a zhodnotili v čiastkovej záverečnej správe v januári 2014.

Po zistení významných zdrojov minerálnych vôd v blízkosti I. ochranného pásma kúpeľov Sliač Štátna kúpeľná komisia Ministerstva zdravotníctva (ŠKK MZ) pozastavila prieskum s tým, že o jeho pokračovaní rozhodne až na základe výsledkov priebežného vyhodnotenia.

V novembri 2013 bolo predložené priebežné vyhodnotenie prieskumu zástupcom ŠKK MZ, ktorí dospeli k záveru, že trvanie spoločnej dlhodobej hydrodynamickkej skúšky na vrtoch variantu C3 bolo nedostatočné pre dosiahnutie cieľov prieskumu, preto odporučila namiesto realizácie subhorizontálnych vrtov vykonať dlhodobú čerpaciu skúšku na vrtoch C3-1, C3-2, C5-2 a C5-4 v trvaní 60 dní.

3. CHARAKTERISTIKA SKÚMANÉHO ÚZEMIA

3.1 Geomorfologické pomery

Podľa geomorfologického členenia (E. Mazúr, M. Lukniš, 1986 in Atlas krajiny SR, 2002), patrí predmetné územie do:

Provincie	Západné Karpaty
Subprovincie	Vnútorne Západné Karpaty
Oblasti	Slovenské stredohorie
Celku	Zvolenská kotlina

Zvolenská kotlina je rozdelená do troch podcelkov: západná časť územia (po cca 7,8 km) patrí podcelku Sliačska kotlina, v úseku 7,8 – 12,1 km prechádza trasa rýchlostnej cesty podcelkom Zvolenská pahorkatina a v úseku 12,1 – 17,0 km patrí podcelku Slatinská kotlina.

3.2 Klimatické a hydrologické pomery

Údaje sme čerpali z databázy SHMÚ, ktorý má meteorologickú stanicu na letisku Sliač a zo Zborníka prác SHMÚ v Bratislave (Zväzok 33/I Klimatické pomery Slovenska). Údaje o zrážkach a ich porovnanie s dlhodobými zrážkovými úhrnmi (1961-1990), sú spracované v tab. 3.1.

Najnižšia časť Zvolenskej kotliny patrí do teplej a vyššia pahorkatinná časť do mierne teplej klimatickej oblasti. Hlavným klimatickým znakom kotliny je malá veternosť s prevládajúcimi severnými, v dolnej časti kotliny východnými až západnými smermi vetra. Priemerné januárové teploty sa pohybujú od -4 do -5°C, priemerné júlové teploty sú v rozmedzí 17 až 18,8°C. Kotlina má v pahorkatinných častiach 60-80 dní so snehovou pokrývkou.

Tab. 3.1: Vyhodnotenie mesačných zrážkových úhrnov

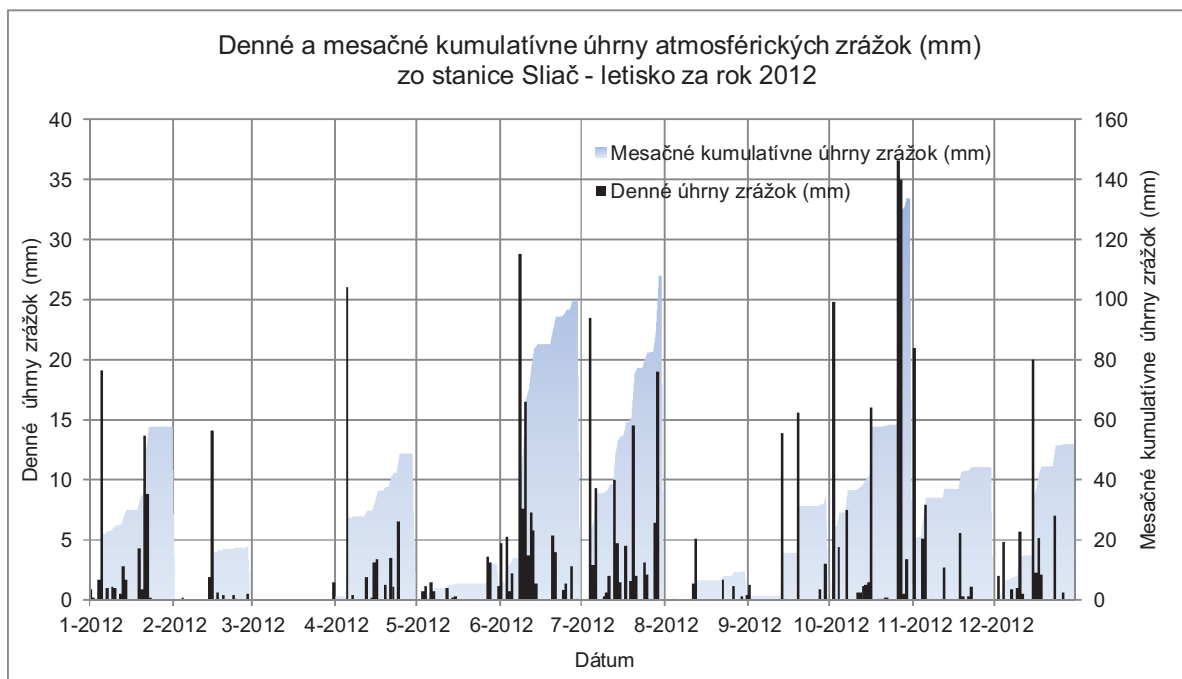
	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Rok
Dlhodobé priemerné (DP) mesačné úhrny zrážok (mm) 1961-1990													
1961–1990	68	58	44	44	42	48	65	86	68	71	58	49	701
Mesačné úhrny zrážok (mm) - hydrologický rok 2011-2012 a ich porovnanie s dlhodobými priemermi (%)													
2011 -2012	1,1	63,2	57,9	18,2	1,6	47,4	13,5	98,5	108,1	10,2	34,8	134	588,5
% z DP	2	109	132	41	4	99	21	115	159	14	60	274	84
Mesačné úhrny zrážok (mm) - hydrologický rok 2012-2013 a ich porovnanie s dlhodobými priemermi (%)													
2012 -2013	44,4	52,1	131,1	80,1	118,6	29,4	156,2	102,9	13,3	101	48,7	29,7	907,5
% z DP	65	90	298	182	282	61	240	120	20	142	84	61	129

Tab. 3.1 dokumentuje zrážkovo odlišné roky. Hydrologický rok 2011-2012 bol mierne suchý. Jedine v júli a v októbri spadli extrémne zrážky, pri ktorých úhrny dosiahli 159% a 274% dlhodobých priemerov (1961-1990). Päť mesiacov bolo extrémne suchých, z nich v novembri, februári, marci, máji a auguste spadlo od 2 do 41% dlhodobých priemerných zrážkových úhrnov.

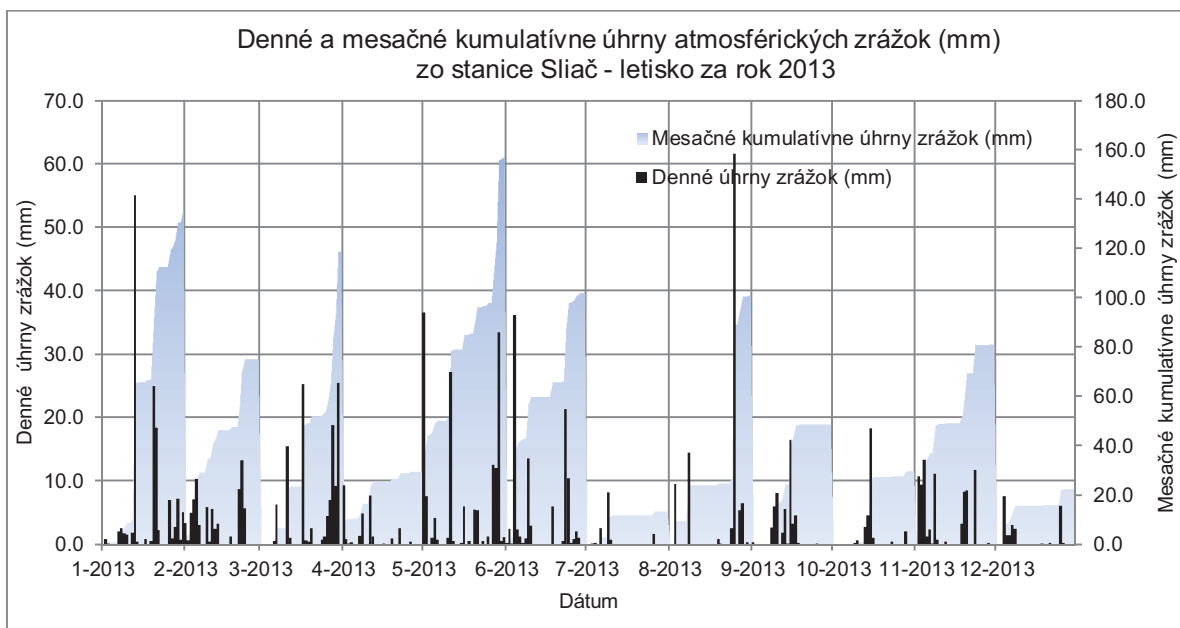
Hydrologický rok 2012-2013 mal nadpriemerné zrážky, ktoré presiahli 129 % celoročného priemeru. Zrážkovo mimoriadne bohaté boli mesiace: január, február, marec a máj. Mimoriadne suchým bol mesiac júl.

Graf 3.1 a graf 3.2 dokumentujú denné zrážkové úhrny a ich mesačné kumulatívne hodnoty, t.j. súčet zrážkových úhrnov vrámci jednotlivých mesiacov.

Graf 3.1: Denné a mesačné kumulatívne zrážkové úhrny za rok 2012

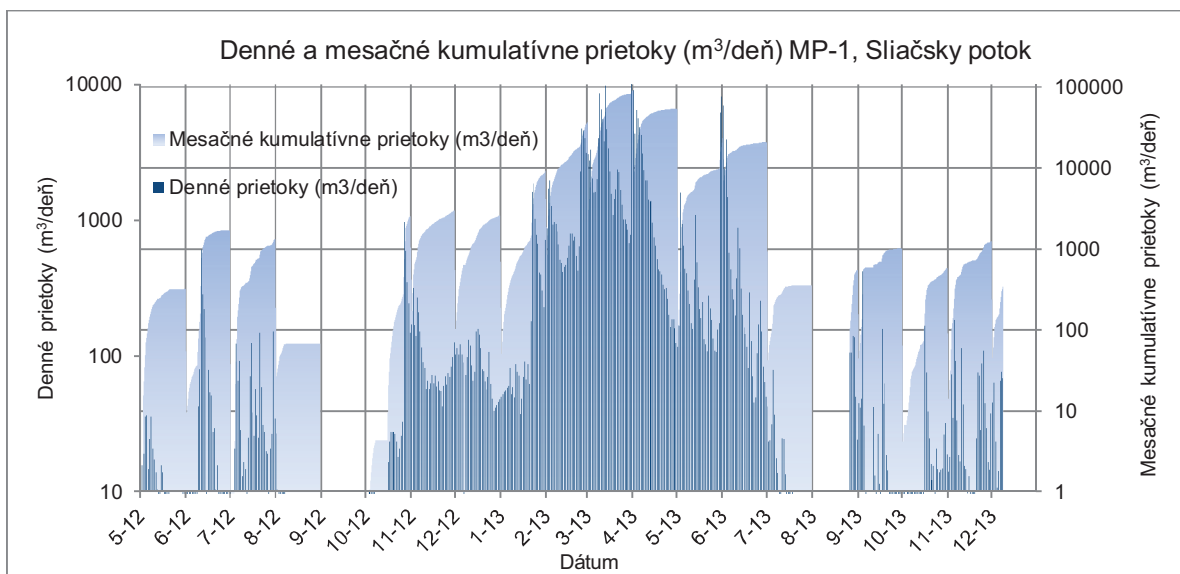


Graf 3.2: Denné a mesačné kumulatívne zrážkové úhrny za rok 2013



Záujmové územie je odvodňované Sliačskym potokom do Sliačskej doliny a Lukovským potokom do Slatinskej kotliny. SHMÚ nemá ani na jednom z nich vodomernú stanicu, preto bol v rámci prvej etapy vybudovaný merný objekt MP-1 na Sliačskom potoku, spracovanie prietokov je znázornené v grafe 3.3.

Graf 3.3: Denné prietoky a mesačné kumulatívne prietoky Sliačskeho potoka (merný objekt MP-1) za obdobie máj 2012 – december 2013



3.3 Geologické pomery

Kapitola bola spracovaná podľa záverečnej správy: “Geologická stavba ochranného rájónu kúpeľov Sliač v mierke 1 : 25 000” (Dublan L., 1976).

Na geologickej stavbe územia (pozri prílohu č.1.4) sa podieľajú horniny:

- ❖ kryštalinika,
- ❖ mezozoika,
- ❖ neogénneho vulkanizmu,
- ❖ vulkanicko-sedimentárne horniny,
- ❖ sedimenty kvartéru.

Kryštalinikum je prevažne v podloží neovulkanických formácií a tiahne sa pozdĺž tektonickej línie ZJZ smeru od Lukového do okolia kúpeľov Sliač, k Budči a na východ do Zvolenskej kotliny. Tvoria ho granodiority a kremité biotitické diority, menej kryštalické bridlice so zvrásnenými horninami permu, ktoré sa pokladajú za postkinematické varijske intruzíva, alpínsky zbridličnatené. Na povrch vystupuje v lieskovskom ostrove vo forme vysunutých blokov, medzi obcami: Lieskovec, Lukové a Zolná. V JV časti ostrova sú varijske biotitické granodiority, ktoré sú nevýrazne hybridné a slabo porfyrické. V SZ časti sú paleozoické horniny charakteru kremenných porfýrov a porfyroidov s predpokladaným vekom karbón – perm.

Mezozikum - široký pruh spodnotriasových kremencov a brekciovitých dolomitov krížňanského príkrovu (obr. 3.1) vystupuje na povrch v SV časti územia a jeho litologicko-stratigrafické jednotky sa ponárajú pod neogéne sedimenty v údolí Hrona. Chočský príkrov nemá systematické rozšírenie, pretože jeho hrúbka je extrémne premenlivá. V oblasti Hornej Mičinej dosahuje stovky metrov, avšak v oblasti Dolnej Mičinej vystupuje v podobe šošoviek. Identifikovať tektonickú jednotku na základe petrografie je komplikované, pretože vrstevný sled triasu čiernovážskej fácie a krížňanského príkrovu (s výnimkou nóru) je zhodný. Najvyššou tektonickou jednotkou je príkrov Drienku, ktorý je zastúpený spodným triasom v podobe pestrých pieskovcov, bridlíc a vápencami. Jeho väčšie rozšírenie pod neogénom sa predpokladá východne od Vlkanej a menšie východne od Kremničky. Wettersteinské vápence sú odkryté len pri Dolnej Mičinej a ich rozšírenie môže byť v okolí Čerína a Lukavice.

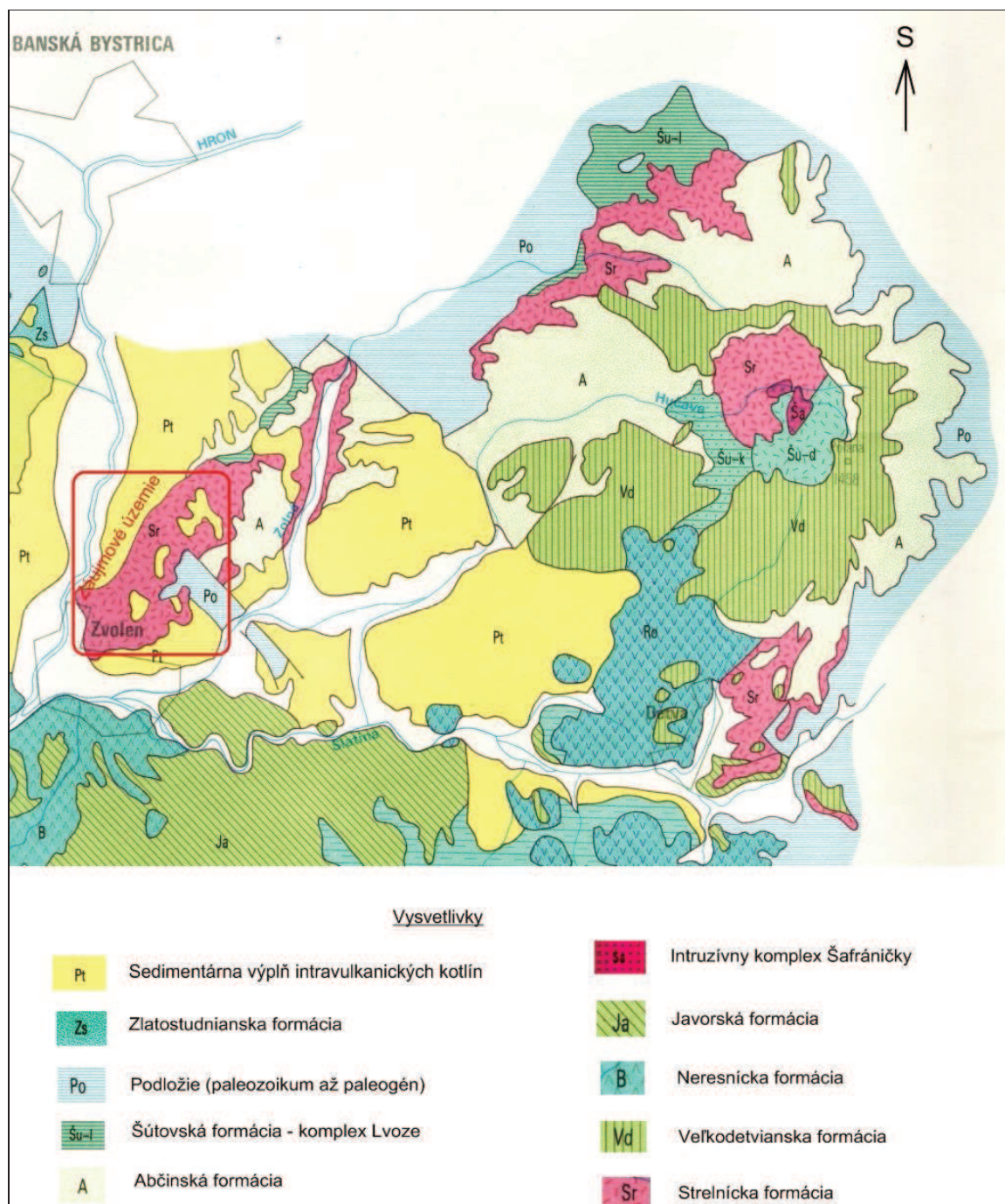
Obr. 3.1: Litostratigrafická kolónka veporíd Poľany a Zvolenskej kotliny (A. Bujanovský, 1997)

MEZOZOIKUM	JURA	MALM		150	sivé, ružovkasté, zelené bridličnaté vápence	50 m
		DOGER				
		LIAS				
	TRIAS	vrchný	RÉT			
			NORIK	151	KARPATSKÝ KEUPER	70 m
				152	DOLOMITY	50 m
		stredný	KARN		153 LUNZKÉ VRSTVY	20 m
			LADIN		155 RAMSAUSKÉ DOLOMITY	50 - 100 m
			ANIS		154 DOLOMITICKÉ VÁPENCE	100 m
		spodný	SKÝT		157 VERFÉNSKE VRSTVY	40 m
				158–161	LÚŽŇANSKÉ SÚVRSTVIE	pieskovce, kremence 80–150 m

Vulkanicko-sedimentárny neogén tvoria zväčša komplexy a formácie *neogénneho vulkanizmu*. Vo Zvolenskej kotline sú zastúpené materiálom produkovaným z rôznych vulkanických centier. Jej južnú časť buduje komplex Javoria, v rámci ktorého bola vymedzená formácia

cia Breziny s prevahou vulkanoklastík rôznych genetických typov, najčastejšie sa jedná o hrubo úlomkovité epiklastické brekcie, stratigraficky zaraďované do bádenu. V nadloží sa nachádza stratovulkanický komplex explozívno-efuzívnych hornín (amfibolicko-pyroxénické andezity a vulkanoklastiká s prevahou epiklastík) formácie Javoria. Východnú časť územia budujú horniny patriace statovulkánu Poľana (obr. 3.2). Okolie Sliača predstavuje jeho externú zónu, vzdialenú 15–20 km od centra s typickými psamitickými litofáciami s výraznou vstevnatosťou.

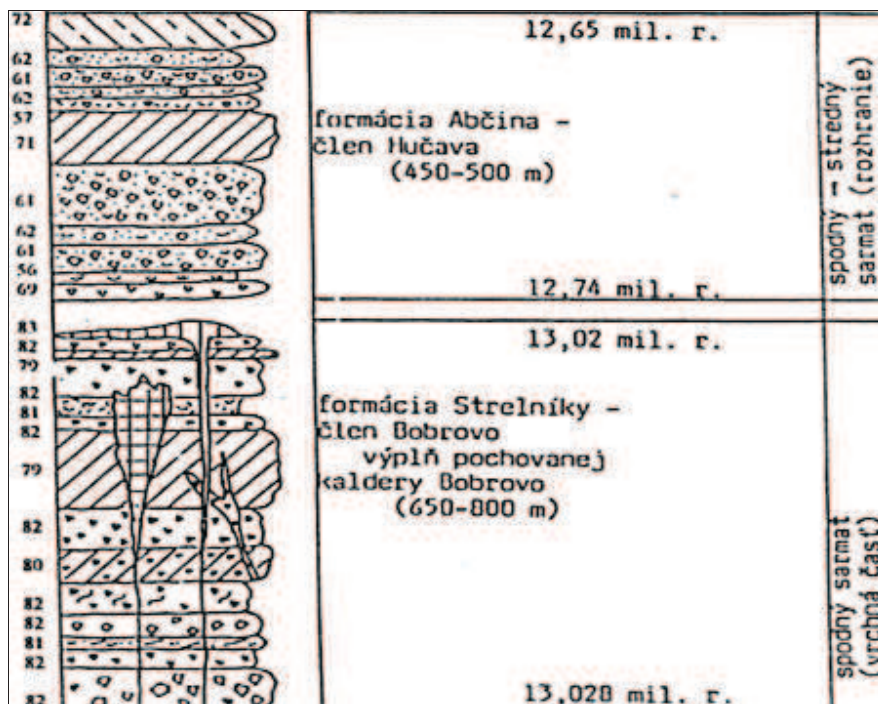
Obr. 3.2: Schéma formácií a komplexov stredoslovenských neovulkanitov (V. Konečný, J. Lexa, 1984)



Vyvinuté sú tu dva litostratigrafické typy: epiklastické vulkanické psamity a redeponované vulkanické tuфы. Litogenetické typy hornín (obr. 3.3) sú zaradené do:

- ❖ formácie Šútovka (báden), ktorú budujú prevažne epiklastiká andezitov,
- ❖ Strelnícka formácia (spodný sarmat), ktorá je zložená z redeponovaných tufov dacitového až ryodacitového zloženia, vo vzdialenejšej zóne sú aj konglomeráty s andezitovým materiálom.

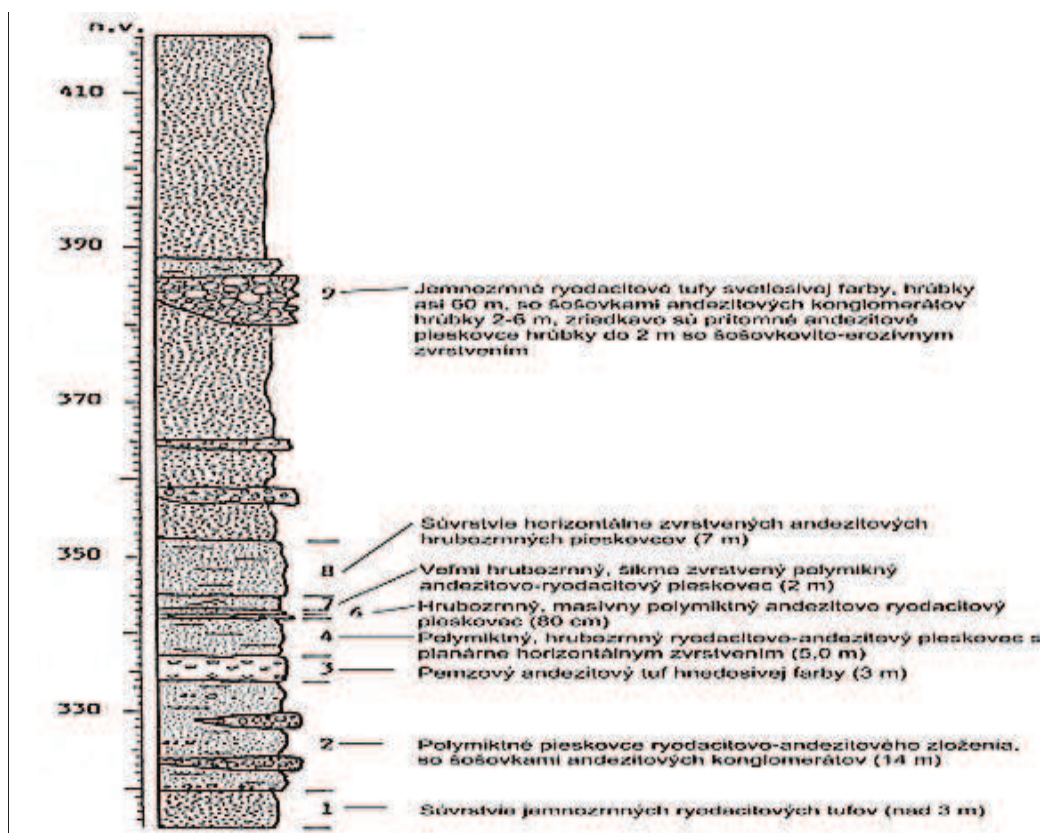
Obr. 3.3: Litostratigrafické kolónky neovulkanitov Poľany, formácie Šútovka a Strelníky (L. Dublan, 1997)



Formácia Šútovka sa nachádza v podloží strelníckej formácie a jej externá zóna predstavuje komplex Lvoze, ktorý sa skladá z psamiticko-aleuritických tufov, uložených na predvulkanickom podloží. Vyskytuje sa napríklad v obci Lukavica. Farba hornín je hnedo sivá, bez znakov vrstevnatosti s typickou malou memou hmotnosťou. Hornina predstavuje explozívny vytriedený popol, ktorý bol redeponovaný a uložený v externej zóne masovým transportom, pravdepodobne laharovými prúdmi. Obsah úlomkov nad 30 cm je cca 5 – 10%, najväčšie zastúpenie majú úlomky 1 – 5 cm, fragmenty prevládajú nad matrix. Stupeň diagenetickej litifikácie je malý, na odkryvoch je hornina málo súdržná. Hrúbka sedimentov sa predpokladá v rozmedzí 30 – 50 m.

V externej zóne strelnícku formáciu budujú aleuriticko-psamitické redeponované tuфы, ktoré vystupujú na rozľahlých plochách od Lukavice smerom na Lukové, Zvolen, Sliač a Veľkú Lúku. Typické je striedanie vrstiev aleuritických a psamitických redeponovaných tufov s premenlivou hrúbkou (obr. 3.4) od niekoľkých decimetrov do 5 až 10 m. Redeponované tuфы sprevádzajú autochtónne pemzové tuфы a v oblasti Sliača pribúdajú epiklastické andezitové pieskovce a konglomeráty s dobre opracovanými obliakmi andezitu s tufovou matrix. V nadloží vystupuje strednepsamitický tuф s gradačným zvrstvením hrúbky do 1,0 m a vyššie pliocénne štrky zložené z neovulkanického materiálu.

Obr. 3.4: Litostratigrafický profil formácie Strelníky - člen Bečov, J od Veľkej Lúky s vyústením do Sliačskej doliny – (L. Dublan et al., 1997)



Formácia Abčiny vystupuje v nadloží strelníckej formácie. Okolie Sliača predstavuje jej najvzdialenejšiu zónu akumulácie, ktorá pozostáva z vrstevnatých epiklastických psamitov s vložkami konglomerátov. Smerom od vulkanického centra sa zvyšuje obsah psamitickej zložky a v oblasti Samporského vrchu majú psamity absolútnu prevahu. Epiklastické pieskovce sú dobre vytriedené, s výraznou vrstevnatosťou a pórovitosťou.

Sedimentárny neogén - rozdelil M. Pulec (1966) na základe odlišného litostratigrafického a geotektonického vývoja Zvolenskej kotliny na časť:

- ❖ Zvolensko – slatinskú (báden – pliocén)
- ❖ Banskobystricko - zvolenskú (sarmat – pliocén)§

Vývoj zvolenskej kotliny sa uskutočnil v piatich stupňoch, z ktorých pre riešenie úlohy pokladáme za najdôležitejší posledný. Výplň Banskobystrickej a Zvolenskej kotliny tvoria sedimenty neogénu, ktoré sú zastúpené v podloží bazálnymi zlepenkami a hrubozrnnými pieskovcami s polohami tufitických pieskovcov bádenského veku. V ich nadloží je súvrstvie ílov, pieskovcov, tufitov a epiklastických brekcií s uhoľnými slojmi (sarmat). Sedimentácia bola ukončená v období panón-pliocén a súvisí so zvýšenou tektonickou aktivitou, v ktorej dochádzalo k vzniku tzv. „prietokových jazier“. Andrusov (1954) začlenil sedimenty tohto vývojového obdobia na základe petrografických kritérií do „kordickej a banskobystrickej štrkovej formácie“.

Nemčok (1957) a M. Pulec a J. Séneš (1961) zaraďujú obidve formácie do pohronskej štrkovej formácie (pliocén) budovanej hrubozrnnými pieskami, menej piesčitými štrkami, zloženými prevažne z kremenca a kremeňa. Najväčšiu hrúbku má v oblasti Veľkej Lúky (200 m).

Rozdiely v zložení piesčitých štrkov ovplyvňovala najmä znosová oblasť v rôznom stupni vývoja kotliny. Koncom pliocénu sa oblasť Hrona vyzdvihla a systém jazier zanikol.

Vo štvrtohorách sa v kotline vytvorili riečne terasy, ktoré patria k dôležitejším geologickým a geomorfologickým útvarom. Na základe veku sa členia na:

- skupinu vysokých terás (donau - günz) reprezentovanú strednými až drobnými, miestami dobre opracovanými, polymiktnými, piesčitými až hlinito-piesčitými štrkami. Staršiemu sedimentačnému cyklu zodpovedá stupeň s povrchom na úrovni 410 – 415 m n.m, t.j. 120-125 m nad úrovňou Hrona. Vyskytuje sa na svahoch Zvolenskej kotliny a SV od Zvolena. Mladšiemu cyklu patrí základný terasový stupeň v relatívnej výške 100-105 m, resp. 90-95 m nad úrovňou Hrona, ktorý je rozšírený v okolí Kováčovej až po Turovú a na Bakovej jame,
- skupinu vrchných „vyšších“ terás (donau - günz), ktorá má podobné priestorové rozšírenie ako vysoké terasy. Reprezentujú ju tri vekovo odlišné štrkové formácie v úrovniach 80-85 m, 60-65 m a 40-45 m nad úrovňou Hrona. Štrky sú drobnejšie, piesčité, občas zahlinené, obliaky sú dobre opracované, polymiktné. Ich charakter poukazuje na fluviálno-limnickú sedimentáciu,
- skupinu stredných terás (mindel - riss), ktorá je vyvinutá iba na dne Sliačskej kotliny a je zastúpená tromi terasovými stupňami, ktoré sú v nadloží erodovaných štrkov hronskej formácie. Terasy sú v úrovniach: 20-22 m, 8-13 m a 1-3 m nad úrovňou Hrona. Jedná sa o stredne opracované, polymiktné, hrubo až strednozrné zahlinené, piesčité štrky. Stredná terasa, tzv. hlavná terasa, sa rozprestiera v úseku Vlkanová-Sliač-Sielnica. Tretia terasa je vyvinutá v úseku Vlkanová-Sliač,
- skupinu spodných terás (würm - holocén), ktoré tvoria pásмо poriečnej nivy Hrona a jeho prítokov. Medzi Sliačom a Vlkanovou sú uložené na erodovanom povrchu poklesnutej štrkovej formácie. Báza dnovej akumulácie sa nachádza 3-4 m pod úrovňou Hrona a tvoria ju piesčité a ílovité hliny.

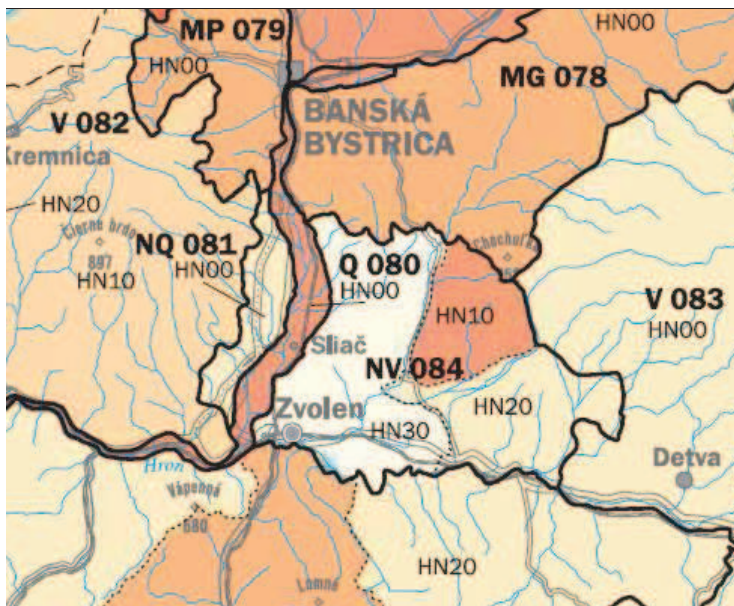
Terestrické sedimenty zastupujú rôzne typy svahových uloženín. Travertíny a travertínové vápence v kúpeľoch Sliač a na Borovej hore vznikli na výstupných cestách minerálnych a termálnych vôd pozdĺž aktívnej poruchovej zóny SV-JZ. Na Borovej hore vznikli travertínové zlepenice v štrkoch strednej terasy Hrona. Vek travertínov je pleistocén s maximom v strednom až mladšom pleistocéne. V starších štvrtohorách dochádzalo k poklesu v strede kotliny s následným zarezávaním Hrona do neogénnej výplne a náplavové kužele Badínskeho, Sielnického a Kováčovského potoka zatlačali koryto Hrona ku Zvolenskej pahorkatine.

Tektonická stavba je zložitá, podmienená predovšetkým kriedovým príkrovovým systémom hronskeho synklinória so zastúpením krížanskej a chočskej jednotky. Za výrazné prejavy kvartérnej zlomovej tektoniky možno považovať zlomy SV-JZ smeru (staršia etapa) a v mladšej etape zlomy S-J až SSZ-JJV smerov. V pliocéne sa dotvorila Sliačska kotlina a uskutočnil sa pokles hronskej štrkovej formácie.

3.4 Hydrogeologické pomery

Podľa „Hydrogeologickej rajonizácie Slovenska“ (Šuba et al., 1984) sa záujmové územie nachádza na rozhraní hydrogeologických rajónov NV 084 „Neogén Zvolenskej kotliny – východná časť“ a Q 080 „Kvartérna niva Hrona a Slatiny od Slovenskej Ľupče po Tlmače“ (obr. 3.5).

Obr. 3.5: Hydrogeologické rajóny



Rajón „NV 084“ zaberá východnú časť zvolensko-slatinskej panvy a budujú ho tufitické a piesčité íly, piesky s vložkami tufov, aglomeratické tufy a aglomeráty. Zásoby podzemných vôd sa dopĺňajú prevažne prestupmi z okolitých pohorí. Výdatnosť vrtov málokedy prekročí $1,0 \text{ l.s}^{-1}$. Rajón „Q 080“ sa rozkladá pozdĺž rieky Hron. Hrúbka kvartérnych sedimentov dosahuje 4 – 8 m. Zvodnený horizont tvoria štrkovito-piesčité náplavy, ktoré sú prekryté hlinami hrúbky 0,5 – 3,0 m. Koeficienty filtrácie kolektora sa pohybujú medzi $3 \cdot 10^{-3}$ až $2 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$. Najpriepustnejšie sú v oblasti medzi Rakytovcami a Sliačom.

V širšom okolí Sliača sa vyskytujú podzemné vody, ktoré možno rozdeliť podľa fyzikálno-chemických vlastností na:

- ❖ obyčajné vody,
- ❖ studené obyčajné vody s mineralizáciou do 1000 mg.l^{-1} ,
- ❖ studené uhličité vody s mineralizáciou nad 1000 mg.l^{-1} ,
- ❖ termálne vody s obsahom CO_2 do 1000 mg.l^{-1} ,
- ❖ termálne vody s obsahom CO_2 nad 1000 mg.l^{-1} .

Obyčajné vody sa viažu na všetky stratigrafické jednotky: predmezozoické útvary, mezozoické hominy, neogénne sedimenty a kvartérne sedimenty - pozri prílohu č. 1.4.

Podzemné vody spojené s *predmezozoickými horninami* vystupujú na povrch v okolí Sliača a Lieskovca a sú viazané na pásmo puklín, ktoré sú utesnené hlinami vznikajúcimi zvetrávaním. Pramene majú puklinovo-sutinový charakter, s výdatnosťami $0,1 - 0,2 \text{ l.s}^{-1}$. Z chemického hľadiska sú nízko mineralizované, s možnosťou zvýšeného obsahu CO_2 a SO_4^{2-} iónov.

Podzemné vody *mezozoika* sú spojené s *karbonatickým komplexom*, ktorý vystupuje na povrch v severnej časti ochranného pásma. Množstvo podzemných vôd je závislé na plošnom rozsahu karbonátov a ich pozícií k menej priepustným pieskovcom a kremencom. Strednotriasové a vrchnotriasové vápence podliehajú skrasovateniu, ktoré umožňuje vytvárať spojité systémy otvorených puklín a dutín. Mineralizácia sa pohybuje v rozmedzí 300-600

mg.l⁻¹, hlavnými zložkami sú HCO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, reakcia pH je neutrálna až slabo zásaditá, obsahy Fe²⁺ sú nižšie až nulové.

V *neogénne* prevládajú vulkanické brekcie, tufitické pieskovce a tufity. Rýchle striedanie priepustnejších a menej priepustných polôh, zväčša horizontálneho uloženia, spôsobuje nerovnomerné zvodnenie jednotlivých vrstiev. Vulkanoklastiká sú bohaté na pramene malých výdatností. Jedná sa o vrstevnaté a puklinovo-vrstevnaté typy prameňov s výdatnosťou 0,1 - 0,2 l.s⁻¹. Po chemickej stránke sú nízko mineralizované (200-300 mg.l⁻¹).

Pliocénne sedimenty umožňujú tvorbu rozsiahlych nádrží podzemných vôd s plytkým obehom v pórovom prostredí. Pokiaľ sú tieto sedimenty nad riečnou nivou, je dotácia prevažne zo zrážok. Odvodňované sú vrstevnatými prameňmi, ktoré lemujú bázu štrkov. Výdatnosť prameňov obyčajne nepresahuje 0,5 l.s⁻¹. Vody majú vyššiu mineralizáciu ako vo vulkanoklastikách (pohybuje sa okolo 500 mg.l⁻¹), jedná sa o vody HCO₃-Ca typu so zvýšenými obsahmi Fe²⁺ a Mn²⁺. Polohy poklesnutých štrkov pod úrovňou miestnej eróznej bázy môžu byť prostredníctvom kvartérnych štrkov napájané aj z povrchových tokov.

Kvartérne terasové štrky v rôznych úrovniach a pozíciach vytvárajú nádrže podzemnej vody, často izolované, s dotáciou hlavne zo zrážok. Sedimenty nižších a stredných terasových stupňov sú naproti tomu v priamej hydraulikej spojitosti s povrchovými vodami Hrona. Bežným javom je mierne napätá hladina v období zvýšených vodných stavov. Chemický charakter týchto vôd určuje HCO₃⁻ - Ca²⁺, so zvýšeným obsahom Fe²⁺ a Mn²⁺. Zvýšené obsahy NO₃⁻, Cl⁻, NH₄⁺ a SO₄²⁻ poukazujú na sekundárne znečistenie. Obsah SO₄²⁻ poukazuje na skryté vývery hlbších obehov z karbonatických komplexov a spolu so zvýšeným obsahom CO₂ môže byť indikátorom tektonických línii a zakrytých výverových oblastí, ktoré sú prekryté kvartérnymi sedimentmi. Výdatnosť vrtov v poriečnej nive sa pohybuje v rozpätí 1,0 – 10 l.s⁻¹.

Typickým príkladom *studenéj obyčajnej* kyselky s mineralizáciou do 1000 mg.l⁻¹ je prameň Štefánik (ZV-5) v Sliači s mineralizáciou 500-600 mg.l⁻¹, obsahom CO₂ 1400-2600 mg.l⁻¹ a teplotou 11,5 °C. Jedná sa o vodu HCO₃-Ca-Mg typu s výrazným obsahom CO₂ z vulkanitov poruchového pásma. Studené kyselky s mineralizáciou nad 1000 mg.l⁻¹ sú zastúpené vo vodách výverových oblastí Čerín – Čačín a v oblasti Zvolen- Lieskovec.

Termálne vody s obsahom CO₂ do 1000 mg.l⁻¹ sa viažu na karbonatický komplex s výverovými centrami v Sliači a na Borovej hore. Nachádzajú sa západne od zlomu oddeľujúceho Sliačsku kotlinu od Zvolenskej pahorkatiny. Jedná sa o SO₄-HCO₃-Ca, resp. SO₄-Ca typ vôd. Ich teplota je ovplyvňovaná hĺbkou obehu a kolíše od 27 do 48,5 °C. Podľa výsledkov separačných testov (Z. Bondarenková et al., 1986) je v akumulačnej oblasti jednofázové prúdenie, na výstupe termálnych vôd na povrch sa uplatňuje predovšetkým tlak v kolektore a účinky termoliftu. Vývery na Borovej hore sú viazané na terasový stupeň nad okrajom ľavobrežnej poriečnej nivy, na úrovni 330 m n.m. a podľa hĺbky zachytenia je aj rozdielna teplota 19-22 °C.

Z výsledkov meraní jednoznačne vyplýva hlavný prítok termálnej vody do výverovej oblasti Sliača a Borovej hory zo ZSZ smeru – z oblasti Kremnických vrchov (Z. Bondarenková et. al, 1986).

4. GEOLOGICKÁ PRESKÚMANOSŤ

4.1 História Sliačskych kúpeľov

O výnimočnosti sliačskych minerálnych vôd a potrebe ich trvalej ochrany svedčí ich jedinečná história, ktorú komplexne spracoval vo svojej štúdii A. Rebro et al. (jún 1971) a jej rešerš je obsahom tejto kapitoly. Najstaršia písomná zmienka o sliačskych termách siaha do raného stredoveku, keď v roku 1244 uhorský kráľ Belo IV. povýšil Zvolen na slobodné kráľovské mesto a v rámci opisu jeho hraníc spomína minerálne pramene v Sliači (Šípoš, 1966

a Hudák, 1970). Ďalšia je z druhej polovice 15. storočia od pápežského nuncia na uhorskom dvore Aeneasa Silviusa Piccolominiho, neskoršie pápeža Piusa II, ktorý vo svojom geografickom diele „Cosmografia“ popisuje pri Rybároch prameň vody, smrtiacej svojimi výparmi (Šípoš, 1966 a Hudák, 1970).

Známy fyzik a mešťan z B. Štiavnice Juraj Agricola sa v diele „De natura fossilium“ z roku 1546 zmieňuje o týchto prameňoch a rovnako poukazuje na ich nebezpečné účinky (Šípoš 1966, Mulík 1968).

Vôbec v prvom našom balneografickom diele, ktoré zostavil kráľovský radca Juraj Werner: „De admirandis Hungariae aquis hypomnematum“ z roku 1551 popisuje sliačske pramene a ich smrtiace účinky, ale už sa zmieňuje aj o medokýši, ktorý má príjemnú chuť a ozdravujúce účinky, popisuje strž v zemi povestnú pre otravné výpary a smrtiace účinky na vtáky. V sedemnástom storočí sa sliačske pramene spomínajú ako liečivé v rôznych úradných záznamoch a to ako Thermae Ribariensis - Rybárske kúpele (v prosbopise rybárskeho starostu).

Gróf Alojz Marsigli uvádza v diele „Danubius Pannonico Moesicus“ z roku 1726, že vody sa používajú na liečenie a v roku 1711 zvolenská župa dokonca ustanovila pre kúpele kúpeľného inšpektora (Duben, 1936).

Matej Bel Funtík ich spomína vo svojom diele „Notitia Hungariae novae historico - geographica“ (Viedeň, 1735-1742) ako kúpele a hovorí o mimoriadne liečivej sile prameňov.

Prvé monografické dielo o sliačskych kúpeľoch napísal David Wipacher (Lipsko, 1768) pod názvom: „De thermis Ribariensibus in Hungaria“ (Lipsko, 1768). V roku 1777 prof. J. H. von Cranz vydáva balneografické dielo „Gesundbrunnen der oesterreichen Monarchie (Wien, 1777), v ktorom sa nachádza chemický rozbor sliačskych vôd. V tom čase tu prevládajú kúpele, ktoré majú tri kúpeľné bazény s rôznou teplotou.

Devätnáste storočie je pre kúpele Sliač mimoriadne priaznivé, o čom svedčí aj návšteva arcikniežaťa Jozefa Habsburského v roku 1823.

Prvé podrobnejšie chemické rozborý robil peštiansky lekárnik D. Wagner v roku 1834. Kúpeľné pramene pozostávali z troch bazénov: panský, meštiansky a sedliacky, ktoré mali rozdielne teploty. Voda sa privádzala do kúpeľných objektov drevenými žľabmi a to dokonca aj do novovybudovaného, ešte dreveného kúpeľného domu (1819).

V roku 1825 pribudol tzv. „Studený prameň“, určený pre pospolitý ľud a od roku 1834 aj prameň Lenkey, ktorý bol vyhlásený v blízkom močarisku.

Množstvo literatúry o sliačskych kúpeľoch, najmä z prvej polovice 19. storočia, svedčí o mimoriadnom záujme odborníkov o tento žriedelný fenomén (Zipser 1827, Czilchert 1838, Wagner 1834, Schöpf 1841, Szuchy 1843, Fischhof 1847, Török 1848, Lengyel de Przemysl 1853, Habermann 1855, Hauch 1855 atď.).

Názvy prameňov sa udržali až do začiatku dvadsiateho storočia a k ich zmene dochádza začiatkom 20. storočia, napr.: Adam (Sliačanka), Štefánik (Jozef, Partizán), Bystrica (Dorota).

V tom čase sa jednalo stále o plytké kopané studne do hĺbky cca 1,0 – 3,0 m. Najobľúbenejším bol prameň v panskom kúpeľi s teplotou 32,25°C a s výdatnosťou 344,28 m³/deň (Dr. Habermann, 1855), ale ako spresňuje Steiner (1881), jednalo sa o výdatnosť všetkých kúpeľných prameňov. K tomuto údaju sa prikláňa Zipser (1846), ktorý uvádza jeho výdatnosť 78,06 m³/deň.

Voda v meštianskom kúpeľi sa pokladala za „najsilnejšiu“, najbohatšiu na CO₂. Jej teplota bola 29,9–31,3°C. Údaje o výdatnosti neboli zistené v žiadnej dokumentácii, podľa Steinera (1881) bola menšia ako v panskom kúpeľi. Sedliacky kúpeľ mal teplotu 27,6 – 28,7°C, výdatnosť nebola zdokumentovaná. Studený kúpeľ mal teplotu 25,0 – 25,4°C, no podľa Szontágha (1989) 27,0°C. Výdatnosť nebola zmeraná, avšak podľa predošlého autora bola väčšia ako u predchádzajúcich dvoch. Bazény sa denne vypúšťali a následne sa podával plynový kúpeľ (Dunstbad) v uvoľnenom CO₂. Majiteľ kúpeľov J. E. Lenoir si dal po roku

1881 urobiť odborný geologický posudok Dr. Tomášovi Szontághovi za účelom presadenia legálnych ochranných pásiem a tak na základe nariadenia ministerstva vnútra č.19422/VIII-1889 boli sliačske minerálne vody uznané za liečivé. V tomto čase kúpele tvorili štyri kúpeľné bazény a päť minerálnych prameňov: Jozef (Štefánik), Dorota (Bystrica), Adam a od roku 1834 Nový (Lenkey) a Medokýš. Tým sa prakticky končí ich prvé veľké obdobie.

4.2 Preskúmanosť územia

V skúmaní sliačskych prameňov pokračoval A. Matějka (1936), ktorý spresnil geologickú stavbu výverovej oblasti tým, že minerálne vody vyvierajú zo spodnotriasových kremencov, ktoré sú prekryté vulkanicko-sedimentárnymi horninami a travertínmi. A. Matějka a J. Koutek (1930) vypracovali geologický posudok, v ktorom navrhujú rozšíriť Szontághov ochranný rájón tak, aby sa v ňom nachádzali všetky výstupy mezozoika, pretože umelé záchyty môžu mať nepriaznivý vplyv na sliačske pramene.

D. Andrusov (1942) detailne rozčlenil andezitové pyroklastiká a štrky začlenil do pleistocénu. V šesťdesiatych rokoch minulého storočia sa výstupovými cestami sliačskej termálnej vody a jej hydraulickými vzťahmi s kúpeľmi v Kováčovej zaoberali O. Franko (1964, 1968), M. Matula (1965) a V. Bohm (1961). Najucelenejší obraz o hydrogeologických pomeroch Sliača podal O. Hynie (1963).

Územie sa nachádza na Generálnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000 na liste M-34-XXXII Zvolen. Vysvetlivky k tomuto listu zostavil Miroslav Kuthán s kol. autorov (1963, Geofond - Bratislava). Autori uvádzajú, že územie študovali pracovníci Rišskeho geologického ústavu vo Viedni, najmä Foetterele a D. Štúr (1859) už v druhej polovici devätnásteho storočia. Ďalšiu etapu geologického výskumu charakterizuje hromadenie faktografického materiálu viacerými riešiteľmi. Nový pohľad priniesla práca V. Konečného a J. Lexu (1984) „Geologická mapa stredoslovenských neovulkanitov v mierke 1 : 100 000 a jej vysvetlivky“. Na ňu naviazal regionálnym geologickým výskumom neovulkanitov Západných Karpát L. Dublan (1997) v časti „Geologická stavba ochranných pásiem Sliača v merítke 1 : 25 000“ a „Vysvetlivkami ku geologickej mape 1 : 50 000“ (pozri prílohu č. 1.4), v ktorej uvádza prehľad geologických výskumov a prác realizovaných v širšom okolí Poľany a v územiach Sliačskej kotliny a Zvolenskej pahorkatiny.

Historický vývoj kúpeľov, prehľad preskúmanosti a súhrn dovtedajších geologických poznatkov spracoval A. Rebro et al. (jún 1971). V rámci regionálneho geologického výskumu neovulkanitov Západných Karpát riešili L. Dublan a kol. (1976) čiastkovú úlohu: „Geologická stavba ochranného pásma rajónu kúpeľov Sliač v mierke 1 : 25 000“, v ktorej sú zhrnuté najnovšie poznatky z geologickej stavby neovulkanitov. Jej súčasťou je „Geofyzikálna morfoštruktúrálna–geologická schéma Zvolenskej kotliny“, ktorú zhotovili M. Zakovič a R. Barta (1979) v rámci samostatnej úlohy. Hydrogeologický prieskum zameraný na ochranné pásma kúpeľov Sliač a Kováčová robila Z. Bondarenková et al. (1986). V rámci neho bol vyhlásený okrem iných aj vrt BO-3 (hĺbka 252 m), ktorý sa nachádza na SV okraji kúpeľného areálu, v ktorom boli kremence zistené v hĺbke 240 m.

Ložiskovým prieskumom, zameraným na zásoby hnedého uhlia, sa zaoberali Klubert J., Juriš F.: „Sliač – Kováčová, VP-hnedé uhlie“ (jún 1981).

Geofyzikálne práce zamerané na výskum minerálnych vôd v Pohroní realizovali Májsky, Husák (1972) a Barta et al. (1977).

Hydrogeologickej problematike sa venovali: Cibulka (1973), Hotra (1974) Jendrašák (1977) Zakovič (1980, 1981) a Klúz et al. (1986).

Prieskumy minerálnych a termálnych vôd v Sliači sú spracované v záverečných správach:

- „Návrh dočasných ochranných pásiem pre kúpele a žriedla patriace pod Poverenieťvo zdravotníctva (kúpele a žriedla: Korytnica, Nosice, Sliač - Kováčová, Dudince – Slatina – Santovka - Malinovec, Sobrance, Rojkov, Oravská Polhora, Bojnica“, (Franko O., 1959),

- „Rozpuštné plyny v termálnych a minerálnych vodách Liptovskej kotliny (Lúčky, Liptovský Ján) a Pohronia (Brusno, Sliač, Kováčová), čiastková záverečná technická správa“, (Krajča J. et al., 1969),
- „Sliač – Kováčová, povrchová separácia, zhodnotenie výskumov plynov, rozpustených v podzemnej vode vo vrtoch K-1, K-2 Kováčová a BO-7 Sliač“, (Haluša J., 1984),
- „Štúdia hydrogeologických pomerov žriedelnej oblasti Sliač a minerálnych prameňov vo Zvolenskej kotline“, (Rebro A., Malatinský K., 1971),
- „Geologická stavba ochranného rajónu kúpeľov Sliač v mierke 1 : 25 000“, (Dublan L., Konečný V., Lexa J., Biely A., Miko O., Halouzka R., Pulec M., 1979),
- „Sliač-Kováčová, vyhľadávací hydrogeologický prieskum“, (Bondarenková Z., Dzúrik J., 1986).

5. ÚDAJE O REALIZOVANÝCH GEOLOGICKÝCH PRÁČACH

5.1 Náplň jednotlivých etáp

Geologická úloha bola rozdelená na dve etapy. V prvej z nich sa vybudovali merné objekty pre sledovanie režimu a kvality minerálnych, termálnych, obyčajných a povrchových vôd tak, aby v druhom roku riešenia bolo možné kvalifikovane posúdiť vplyv uvažovanej rýchlostnej cesty na útvár podzemnej vody v Sliači.

⇒ v prvej etape sa vykonali nasledujúce práce:

- ❖ rekognoskácia terénu,
- ❖ archívna excerpčia,
- ❖ spracovanie projektu geologickej úlohy,
- ❖ geodetické vytýčenie prieskumných vrtov,
- ❖ vybudovanie merných objektov na prameňoch a povrchovom toku,
- ❖ režimové merania podzemných a povrchových vôd, vrátane minerálnych a termálnych vôd kúpeľov,
- ❖ geofyzikálne práce - povrchové merania,
- ❖ hydrogeochemické práce - odbery vzoriek a režimové sledovanie fyzikálno-chemických vlastností a izotopového zloženia podzemných vôd zachytených prameňov a povrchovej vody potoka v Sliačskej doline,
- ❖ laboratórne práce – analýzy na základný fyzikálno-chemický rozbor a stanovenie izotopového zloženia podzemných vôd režimovo sledovaných prameňov a povrchovej vody potoka v Sliačskej doline,
- ❖ geologické práce – sled, riadenie, koordinácia, dokumentácia, vyhodnotenie prác a spracovanie čiastkovej záverečnej správy z poznatkov získaných v prvej etape riešenia geologickej úlohy,
- ❖ plynometrické merania.

⇒ v druhej etape sa vykonali nasledujúce práce:

- ❖ vybudovanie hydrogeologických vrtov,
- ❖ geodetické zameranie vrtov,
- ❖ hydrodynamické skúšky na novovybudovaných hydrogeologických vrtoch (overovanie a spoločné),
- ❖ režimové merania podzemných a povrchových vôd, vrátane minerálnych a termálnych vôd kúpeľov a podzemných vôd vo vrtoch vybudovaných v druhej etape realizácie hydrogeologického prieskumu,

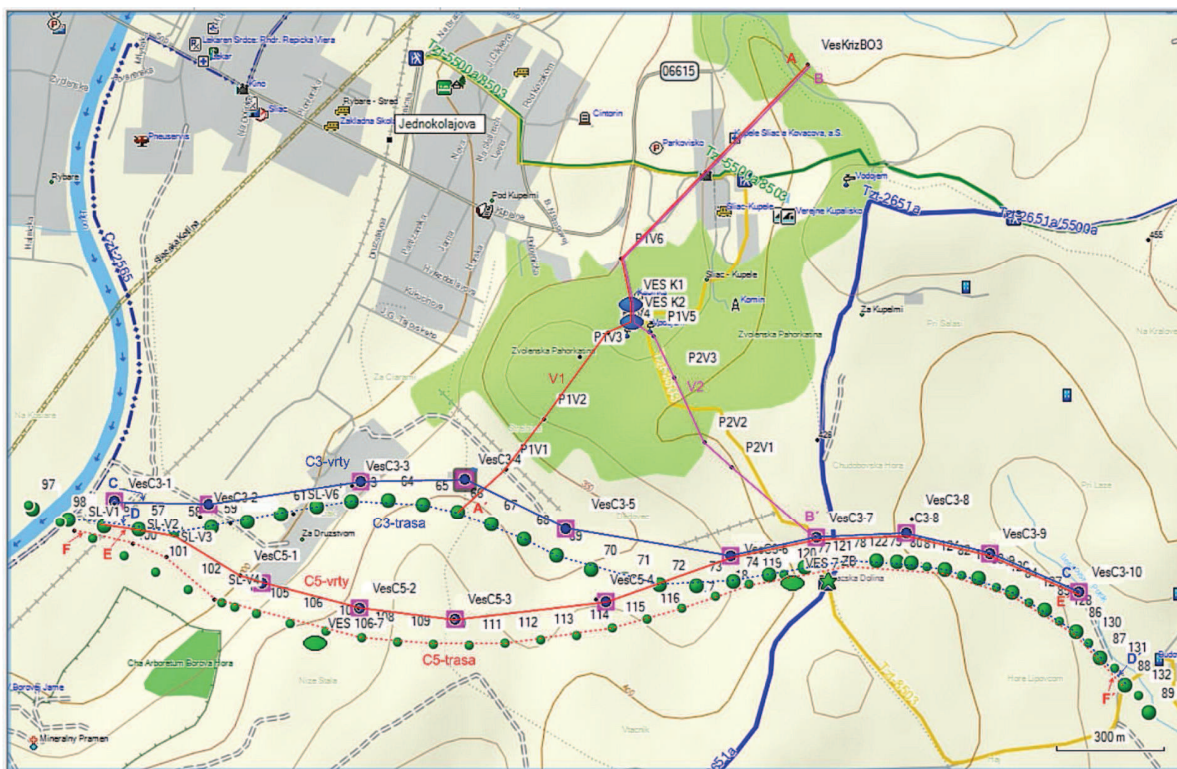
- ❖ karotážne merania v novovybudovaných vrtoch,
- ❖ hydrogeochemické práce - odbery vzoriek a režimové sledovanie fyzikálno-chemických vlastností a izotopového zloženia podzemných vôd zachytených prameňov, novovybudovaných vrtov a povrchovej vody potoka v Sliačskej doline,
- ❖ laboratórne práce – analýzy na základný fyzikálno-chemický rozbor a stanovenie izotopového zloženia podzemných vôd režimovo sledovaných prameňov, novovybudovaných vrtov a povrchovej vody potoka v Sliačskej doline,
- ❖ geologické práce – sled, riadenie, koordinácia, dokumentácia, vyhodnotenie prác a spracovanie čiastkovej záverečnej správy z poznatkov získaných v druhej etape riešenia geologickej úlohy a záverečnej správy z celého podrobného hydrogeologického prieskumu.

5.2 Geofyzikálne práce

V zadaní investor (NDS a.s., Bratislava) požadoval vykonať na trasách rýchlostnej cesty geofyzikálne práce metódami VES (vertikálne elektrické sondovanie) a OP (odporové profilovanie). Merania VES boli realizované s cieľom získať poznatky o stavbe horninového prostredia ešte pred realizáciou vrtných prác. Ako doplnková metóda bola aplikovaná metóda odporového profilovania (OP). Na základe meraní je možné zostaviť vertikálne rezy, v ktorých sa odporové nehomogenity prejavujú výrazným anomálnym efektom indukujúcim charakter kvartérnych sedimentov, respektíve lokalizáciu výraznejších tektonických línií. Situovanie geofyzikálnych sond je znázornené na obr. 5.1 a prehľadnejšie v prílohe č. 1.6.

Logickým spojením výsledkov geofyzikálnych meraní boli skonštruované geofyzikálne profile: C-C' a D-D' (obr. 5.2), E-E' a F-F' (obr. 5.3) a A-A' a B-B' (obr. 5.4) a následne boli skonštruované geologické rezy (obr. 6.1 a 6.2), ktoré sú prezentované v kapitole č. 6.1.

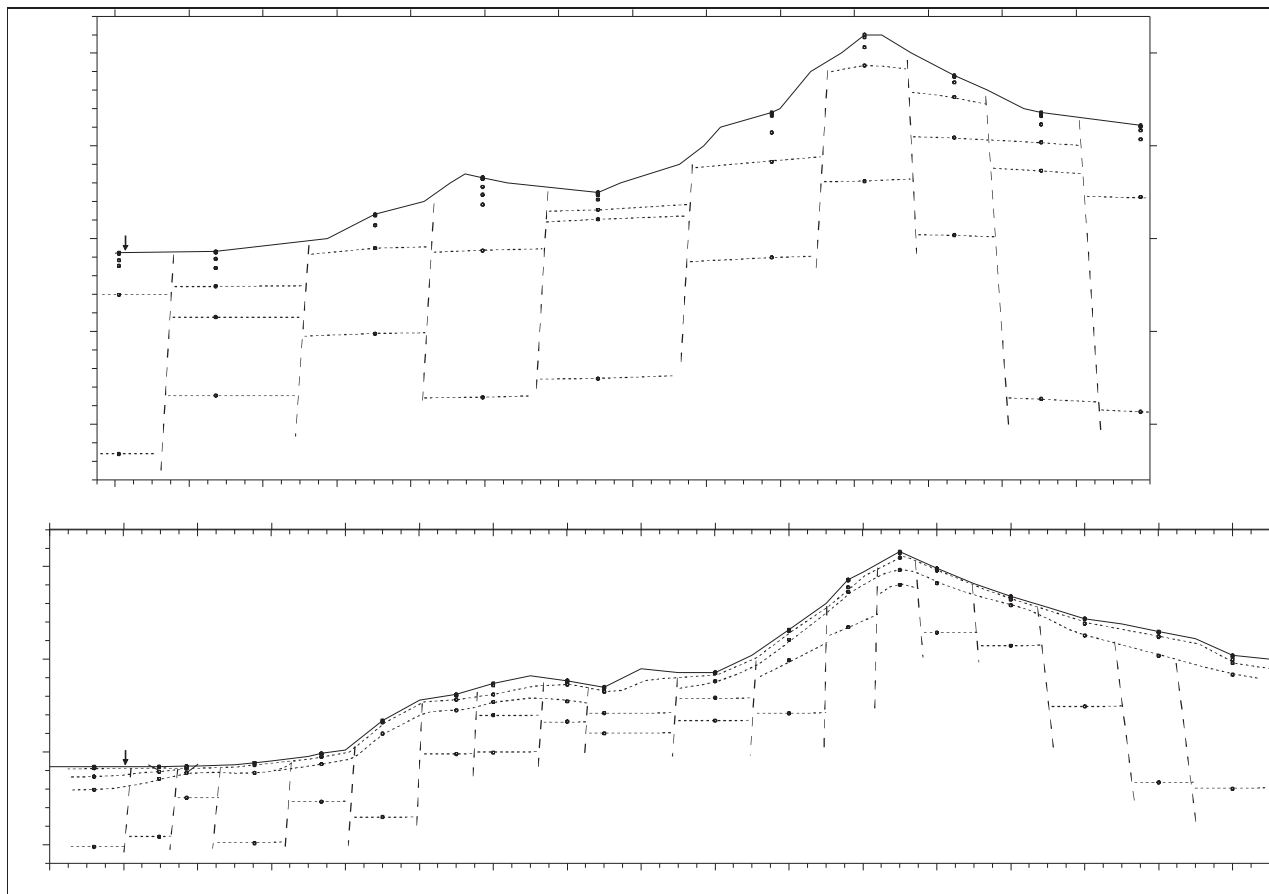
Obr. 5.1: Situovanie geofyzikálnych profilov (metóda VES)



Číslami v profiloch na obr. 5.2, 5.3 a 5.4 sú uvedené hodnoty elektrickej rezistivity jednotlivých litologických polôh v Ωm , kvantitatívna interpretácia údajov z meraní VES je v tabuľke 6.1 v kapitole 6.1.

Merania VES variantu C3 sú interpretované na obr. 5.2. v dvoch súbežných profiloch. Profil D-D' je vedený v trase uvažovanej stavby rýchlostnej cesty a profil C-C' v trase situovania vrtov variantu C3.

Obr. 5.2: Geofyzikálne profile C-C' (variant C3 – línia vrtov) a D-D' (variant C3 – línia trasy rýchlostnej cesty), skonštruované na základe meraní VES



Z interpretácii meraní vyplýva, že horninové prostredie budujú epiklastiké tufy, ktoré lokálne prechádzajú do epiklastík s diferencovaným podielom ílovej, prachovej a piesčitej zložky. To spôsobuje na pohľad pestré striedanie rôznych litologických typov, avšak v pomerne malom rozsahu elektrickej rezistivity, ktorá sa pohybuje od 3 do 40 Ωm . Zvýšené hodnoty boli pozorované v okolí sedla nad Sliáčskou dolinou a v aluviálnej nive Hrona.

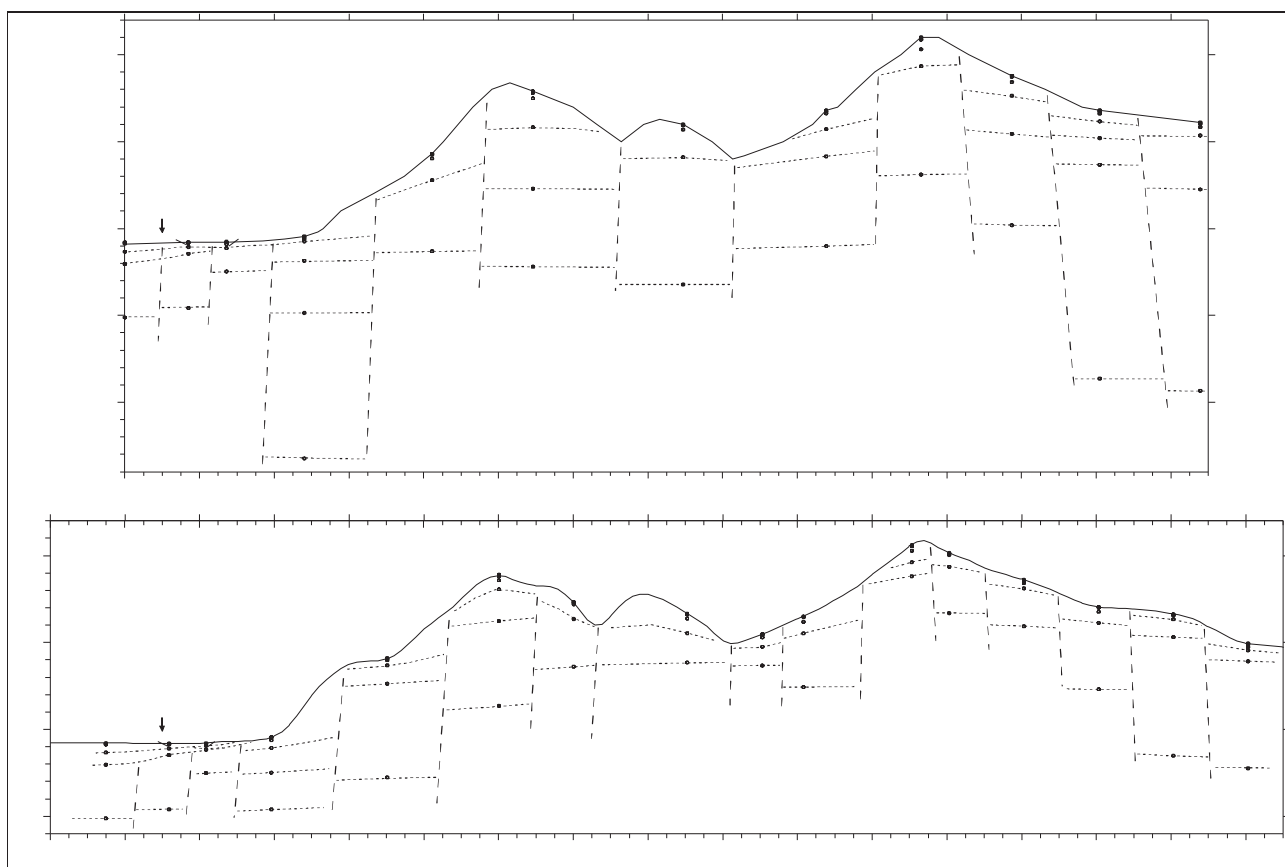
Vyššie rezistivity sa nachádzajú v oblasti hronského alúvia, ktoré budujú sedimenty Hrona a jeho terás (štrk, štrk piesčitý s premenlivým obsahom hĺn). Štrky sú dobre vytriedené a majú relatívne malú hrúbku (okolo 5 m).

Väčšia časť profilov je vedená horským terénom, ktorý budujú vulkanicko-sedimentárne komplexy terciéru s psefiticko-psamitickými frakciami. Z hľadiska rezistivity sa vyskytujú vrstvy so zvýšeným obsahom hrubých frakcií (piesok a štrk), napríklad v okolí VES: „C3-3“, „C3-4“, „C3-7“, a „C3-8“ (obr. 5.1, profil C-C') a v okolí VES: „C3-66“ až „C3-72“ a „C3-78“ až „C3-82“ (obr. 5.1, profil D-D'). Ich nadložie je v hĺbke od 4 do 12 m a dosahuje hrúbku od 10 do

25 m. Totožnú stavbu overili merania OP, ktoré v dosahu metódy (cca 7,0 m) zistili prevahu piesčitej až kamenitej zložky so zvýšenou rezistivitou. Na vyššie uvedené vrstvy sú viazané zásoby podzemných vôd prameňa Dedovec. Interpretácie meraní VES vo variante C5 dokumentuje obr. 5.3.

V časti rýchlostnej cesty variantu C5 vedenej aluviálnou nivou Hrona bola zistená obdobná geologická stavba ako v prípade variantu C3. Tvorená je polohami štrkov a piesčitých štrkov s premenlivým obsahom hĺn. V profiloch prechádzajúcich masívom Zvolenskej pahorkatiny sa jedná o vulkanicko-sedimentárny komplex, v ktorom prevládajú jemné frakcie s prevahou ílovitkej zložky. Lokálne sa v nich vyskytuje zvýšený podiel piesčitej frakcie (od km 9300 trasy rýchlostnej cesty vyššie).

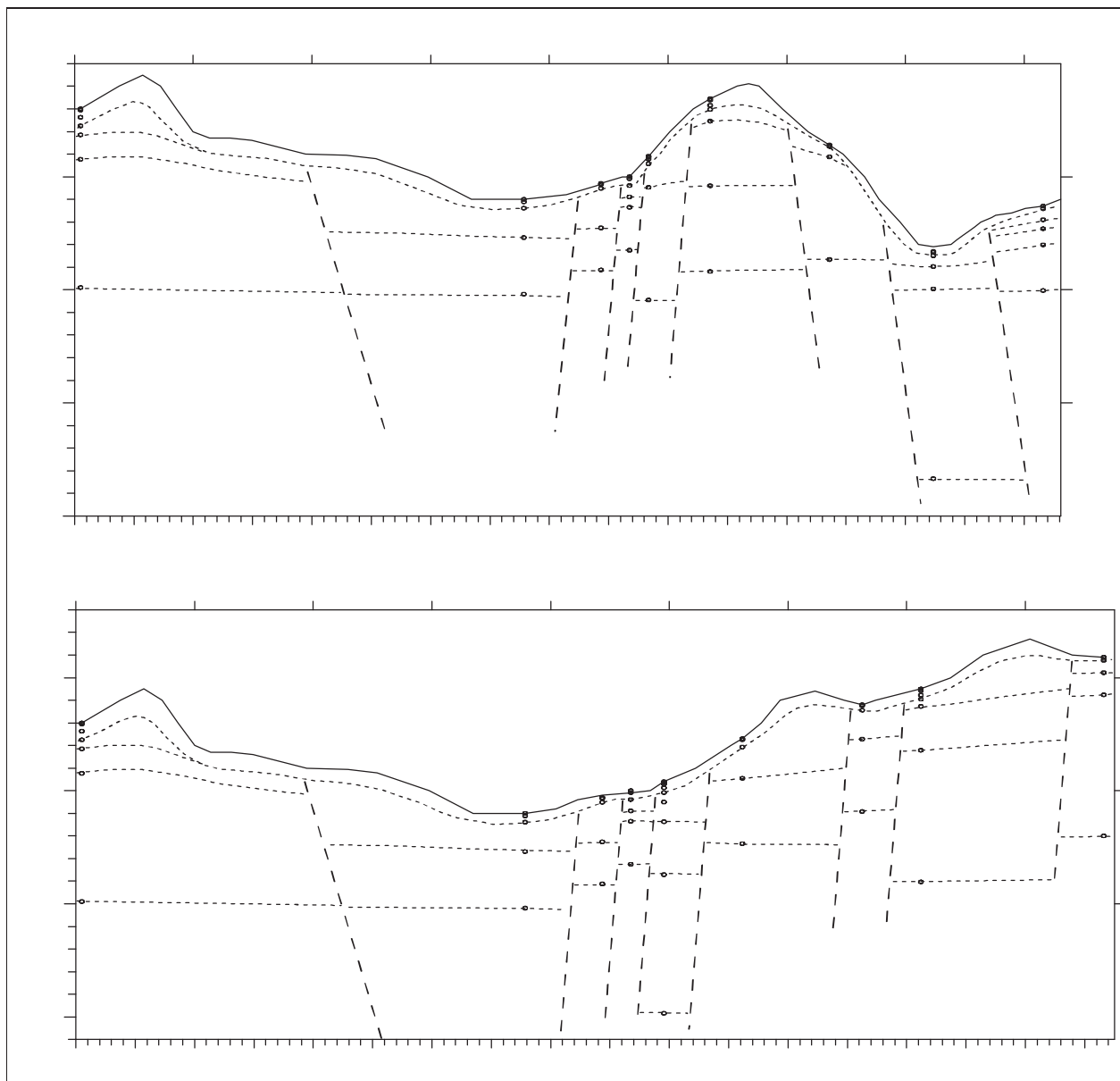
Obr. 5.3: Geofyzikálne profile E-E' (variant C5 – línia vrtov) a F-F' (variant C5 – línia trasy rýchlostnej cesty), skonštruované na základe meraní VES



Výsledky merania na profiloch V1 (A-A') a V2 (B-B') sú prezentované na obr. 5.4. Ich úlohou bolo posúdiť možnosť prepojenia sliačskej žriedelnej oblasti so štruktúrami, ktoré sa podieľajú na geologickej stavbe oblastí rýchlostnej cesty. Profily boli vedené od vrtu BO-3 smerom k obidvom variantom obchvatu. Situovanie profilov - pozri obr. 5.1 a prílohu č. 1.6.

Je potrebné zdôrazniť, že hrubšie frakcie (charakteru pieskov), vyskytujúce sa v hornej časti rezov variantu C3 (medzi km 8150 až 8700 trasy rýchlostnej cesty) a variantu C5 chýbajú a ako je zrejmé z profilov V1 a V2, nepokračujú ani k štruktúram kúpeľov Sliač. Podobne ako pri variante C3, výsledky merania metódou OP aj v prípade variantu C5 vykazujú prakticky ekvivalentný priebeh s tým, že hodnoty rezistivity v úseku, v ktorom variant C5 prechádza cez arborétum, sú mierne zvýšené.

Obr. 5.4: Geofyzikálne profily V1 (A-A') a V2 (B-B'), skonštruované na základe meraní VES



Merania metódou OP ukázali vysokú mieru premenlivosti elektrickej rezistivity pozdĺž trasovania, s malou dynamikou a vertikálnou diferenciáciou, ktorá svedčí skôr o lokálnej pestrosti striedania piesčitej zložky v svahových materiáloch. Prejavy tektoniky sa jednoznačne neprejavili v priebehu horizontálnych zmien rezistivity.

5.3 Vrtné práce

V rámci úlohy bolo vybudovaných desať hydrogeologických vrtov (pozri tab. 5.1), ktoré boli polohovo a výškovo zamerané. Ich geologické vyhodnotenie sa nachádza v prílohe č. 3.

Tab. 5.1: Technické parametre vrtov – variant C3

Vrt	Hĺbka	Priemery vŕtania (mm)		Vystrojenie vrtov (mm)			
	(m)	nástroja	zárubnice	plná	perforovaná	kalník	priemer
1. etapa – variant C3							
C3-1	40	345/241	245	0,0 – 5,0	5,0 – 35,0	35,0 – 40,0	200/8,0
C3-2	40	345/241	245	0,0 – 10,0	10,0 – 35,0	35,0 – 40,0	200/8,0
C3-3	40	345/241	245	0,0 – 5,0	5,0 – 35,0	35,0 – 40,0	200/8,0
C3-4	40	345/241	245	0,0 – 5,0	5,0 – 35,0	35,0 – 40,0	200/8,0
C3-5	40	345/241	245	0,0 – 5,0	5,0 – 35,0	35,0 – 40,0	200/8,0
C3-7	70	345/241	245	0,0 – 12,0	12,0 - 65,0	65,0 – 70,0	200/8,0
C3-10	40	345/241	245	0,0 – 5,0	5,0 – 35,0	35,0 – 40,0	200/8,0

Tab. 5.2: Technické parametre vrtov – variant C5

Vrt	Hĺbka	Priemery vŕtania (mm)		Vystrojenie vrtov (mm)			
	(m)	nástroja	zárubnice	plná	perforovaná	kalník	priemer
2. etapa – variant C5							
C5-2	70	345/241	245	0,0 – 12,0	12,0 - 65,0	65,0 – 70,0	200/8,0
C5-3	70	345/241	245	0,0 – 12,0	12,0 - 65,0	65,0 – 70,0	200/8,0
C5-4	70	345/241	245	0,0 – 12,0	12,0 - 65,0	65,0 – 70,0	200/8,0

Tab. 5.3: Geodetické údaje o vrtoch

Vrt	X_JTSK (m)	Y_JTSK (m)	Z (m n.m.)
C3-1	419 384.23	1 243 112.87	292.11
C3-2	419 135.44	1 243 154.78	293.23
C3-3	418 706.42	1 243 103.96	311.62
C3-4	418 421.66	1 243 146.84	339.67
C3-5	418 203.15	1 243 296.44	330.18
C3-7	417 431.04	1 243 359.09	412.05
C3-10	416 733.17	1 243 602.44	356.83
C5-2	418 732.64	1 243 449.33	344.77
C5-3	418 481.02	1 243 507.34	382.49
C5-4	418 063.52	1 243 511.54	360.99

Projekt uvažoval aj s realizáciou štyroch 100-metrových subhorizontálnych vrtov, ktoré mali mať sklon minimálne 5° od horizontálnej roviny. Ich realizáciu skomplikovalo stanovisko miestneho urbaniátu, ktorý nepovolil vstup na pozemky v ich vlastníctve. Po prekonaní administratívnych obštrukcií so vstupmi, ktoré musela riešiť komisia Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) v septembri 2013, sme dostali rozhodnutie Štátnej kúpeľnej komisie Ministerstva zdravotníctva (ŠKK MZ) o pozastavení prieskumu, ktorého ďalšie pokračovanie bolo podmienené predbežným zhodnotením dovtedy zrealizovaných prác. Komisia napokon odporučila upustiť od hĺbenia subhorizontálnych vrtov a namiesto toho realizovať 60-dňovú čerpaciu skúšku na vrtoch C3-1, C3-2, C5-2 a C5-4.

5.4 Hydrodynamické skúšky

5.4.1 Overovacie hydrodynamické skúšky

Pre overenie kapacitných možností vrtov a hydraulických parametrov zvodne sme urobili 48-hodinové hydrodynamické skúšky vo všetkých vrtoch. Z toho pripadlo 12 hodín na čerpaciu skúšku (ČS) a 36 hodín na stúpaciu skúšku (SS). Úvodná časť ČS bola robená metódou postupného zvyšovania výdatnosti, následne sa nechala hladina vystúpiť zhruba na pôvodnú úroveň a pokračovalo sa metódou konštantnej výdatnosti. Hydrodynamická skúšky boli ukončené stúpacou skúškou. Základné parametre overené týmito skúškami - pozri tabuľky 5.4. až 5.13 a ich grafické vyhodnotenie (príloha č.3).

Počas skúšok sme dataloggermi merali: hĺbky hladín, merné elektrické vodivosti a teploty podzemných vôd a v štvorhodinových intervaloch aj výdatnosť.

Tab. 5.4: Základné parametre overené počas overovacích hydrodynamických skúšok

Vrt	Úroveň HPV	Hĺbka HPV (m p.t.)		Čerp. množ. (l/s)		Trvanie HDS (hod.)	
	(m n.m.)	pred CS	po CS	min.	max.	čerpacia	stúpacia
Variant C3							
C3-1	289,848	2,26	20,269	0,48	1,10	12	36
C3-2	291,908	1,40	1,592	5,88	6,80	12	36
C3-3	300,240	11,46	25,547	0,23	0,29	12	36
C3-4	316,414	23,33	29,021	0,03	0,14	12	36
C3-5	320,900	9,28	15,597	0,45	2,00	12	36
C3-7	381,554	30,498	42,28	0,07	0,08	12	36
C3-10	348,31	8,52	22,779	0,16	0,18	12	36
Variant C5							
C5-2	316,384	28,39	54,226	0,10	0,22	12	36
C5-3	321,097	61,40	*	*	*	*	*
C5-4	332,018	28,972	38,746	0,11	0,30	12	36

Overovaciu čerpaciu skúšku na vrte C5-3 nebolo možné uskutočniť v plnom rozsahu, pretože po nastavení minimálnej výdatnosti čerpania hladina vody prudko klesala.

Tab. 5.5: Overovacia hydrodynamická skúška - vrt C3-1

Vyhodnotenie HD skúšky				
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti		Stupňovitá skúška		
		Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	0.77	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.48	0.72
T (m²/s)	1.20.10 ⁻⁴	II.st.	0.66	24.63
		III.st.	1.10	33.11
		IV.st.	0.77	30.85

Tab. 5.6: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C3-2

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	5.88	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	5.88	2.60
T (m²/s)	$8.56 \cdot 10^{-4}$	II.st.	6.88	3.06

Tab. 5.7: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C3-3

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	0.23	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.26	19.10
T (m²/s)	$1.24E \cdot 10^{-5}$	II.st.	0.29	19.49
		III.st.	0.23	14.33

Tab. 5.8: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C3-4

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	0.14	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.03	1.08
T (m²/s)	$4.01 \cdot 10^{-5}$	II.st.	0.07	1.56
		III.st.	0.14	5.59

Tab. 5.9: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C3-5

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	1.93	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.45	1.21
T (m²/s)	$9.04 \cdot 10^{-5}$	II.st.	0.83	2.48
		III.st.	2	6.13
		IV.st.	1.93	10.55

Tab. 5.10: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C3-7

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	0.02	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.07	0.44
T (m²/s)	1.55.10 ⁻⁵	II.st.	0.075	1.27
		III.st.	0.08	12.96
		IV.st.	0.02	9.23

Tab. 5.11: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C3-10

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	0.17	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.16	4.77
T (m²/s)	8.46.10 ⁻⁵	II.st.	0.18	16.67
		III.st.	0.17	13.14

Tab. 5.12: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C5-2

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	0.22	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.10	2.49
T (m²/s)	6.29.10 ⁻⁵	II.st.	0.15	3.53
		III.st.	0.22	6.91

Tab. 5.13: Overovacia hydrodynamická skúška – vrt C5-4

Vyhodnotenie HD skúšky				
		Stupňovitá skúška		
Výdatnosť použitá pre výpočet koeficientu prietochnosti	Hodnota	Stupeň	Výdatnosť čerpania Q (l/s)	Zníženie s (m)
Q (l/s)	0.22	0	0	0
Koeficient prietochnosti		I.st.	0.11	6.26
T (m²/s)	2.17.10 ⁻⁵	II.st.	0.20	8.63
		III.st.	0.3	11.05
		IV.st.	0.22	10.99

5.4.2 Spoločná hydrodynamická skúška

Projekt uvažoval s realizáciou dvoch spoločných hydrodynamických skúšok (SHS) v trvaní 27 dní, a to spoločným čerpaním siedmich vrtov, situovaných v trase variantu C3 a piatich vrtov situovaných v trase variantu C5. Napokon bola podľa projektu zrealizovaná skúška na všetkých vrtoch variantu C3 a na základe odporúčenia ŠKK MZ bola urobená čerpacia skúška v trvaní 60 dní na vrtoch: C3-1, C3-2, C5-2 a C5-4. Výsledky SHS na vrtoch variantu C3 sú spracované v tab. 5.14 a v prílohe č. 5.1.

Tab. 5.14: Prehľad výsledkov spoločnej hydrodynamickej skúšky na vrtoch variantu C3

Vrt	Hĺbka HPV (m)		Max. zníženie (m)	Výdatnosť čerpania (l/s)	
	pred HDS	po HDS		min.	max.
C3-1	2,31	2,02	34,24	0,36	0,77
C3-2	1,40	1,29	9,90	13,00	13,00
C3-3	11,34	11,71	21,31	0,023	0,19
C3-4	23,34	23,99	14,78	0,026	0,30
C3-5	9,11	10,07	6,24	0,35	1,00
C3-7	30,15	33,62	18,14	0,015	0,20
C3-10	8,13	9,55	29,39	0,10	0,15

Skúška bola realizovaná metódou konštantného čerpaného množstva, ktoré bolo na viacerých vrtoch modifikované vzhľadom na kolísanie hladín a s tým spojenými technickými komplikáciami.

5.5 Karotážne merania

Karotážne merania (pozri tab. 5.15) a povrchové geofyzikálne merania metódou nabitého telesa realizovala spoločnosť KORAL, s.r.o. (situovanie meraní - pozri obr. 5.5). Metodika merania a ich podrobná dokumentácia je predmetom prílohy č.2.

Úlohou karotážnych meraní bolo:

- spresnenie litologických rozhraní vo vrte,
- sledovanie fyzikálnych vlastností (teplota a odpor) a určenie celkovej mineralizácie (TDS) vody,
- určenie hydrodynamických pomerov a hydrogeologických parametrov vo vrte.

Úlohou aplikácie metódy nabitého telesa bolo:

- určenie smeru a rýchlostí filtrácie podzemných vôd v hydrogeologických vrtoch.

Prehľad karotážnych metód je prehľadne spracovaný v tab. 5.15.

Tab. 5.15: Prehľad realizovaných karotážnych meraní

Vrt	Dátum merania	Karotážne metódy
C3-1	20.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie
C3-2	20.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie
C3-3	20.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie, RM nálev
C3-4	21.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie
C3-5	21.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie
C3-7	22.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM nálev
C3-10	21.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie
C5-2	15.9.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie
C5-3	15.9.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM nálev
C5-4	15.9.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie

5.5.1 Výsledky karotážnych meraní

Vrt C3-1

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 3,7 m, 10,1 m, 20,5 m, 24,4 m, 29,0 m

Hladina vody vo vrte: 2,50 m

Teplota vody pri hladine: 12,24 °C

Odpor vody pri hladine: 13 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine (od hladiny do 5,5 m): 668 mg/l

Celková mineralizácia vody od 5,5 m nižšie: až do 1759 mg/l

Horizontálny pohyb vody vo vrte v: 5,0-10,1 m

Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: priem. 0,2 m/deň

Rýchlosť filtrácie vody pri odčerpaní vody (15,0 l/min): priem. 0,44 m/deň

Vrt C3-2

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 13,7 m, 15,4 m, 17,9 m

Hladina vody vo vrte: 1,90 m

Teplota vody pri hladine: 13,29 °C

Odpor vody pri hladine: 13,6 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 604 mg/l

Celková mineralizácia vody smerom dole: do 1092 mg/l

Horizontálny pohyb vody vo vrte v: 5,0-32,0 m

Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: priem. 0,53 m/deň

Rýchlosť filtrácie vody pri odčerpaní vody (15,0 l/min): priem. 0,24 m/deň

Vrt C3-3

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 4,4 m, 9,1 m

Hladina vody vo vrte: 10,70 m

Teplota vody pri hladine: 11,42 °C

Odpor vody pri hladine: 41,6 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 216 mg/l

Horizontálny pohyb vody vo vrte nebol zistený

Vertikálny pohyb vody smerom dole v: 12,0-35,0 m

Vertikálna rýchlosť pohybu vody pri prírodnom prúde: $5,1 \times 10^{-3}$ m/s

Vertikálna rýchlosť pohybu vody pri odčerpaní vody (15,0 l/min): $2,7 \times 10^{-3}$ m/s

Vrt C3-4

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 21,6 m

Hladina vody vo vrte: 23,20 m

Teplota vody pri hladine: 15,0 °C

Odpor vody pri hladine: 49,0 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 164 mg/l

Horizontálny pohyb vody vo vrte: 23,2-25,0 m

Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: 0,36 m/deň

Vrt C3-5

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 8,8 m, 11,6 m, 14,1 m, 20,8 m, 32,4 m

Hladina vody vo vrte: 8,90 m

Teplota vody pri hladine: 9,89 °C

Odpor vody pri hladine: 36,8 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 253 mg/l

Celk. min. pod hĺbkou 19,0 m: 425 mg/l

Horizontálny pohyb vody vo vrte: 8,9-17,0 m

Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: 0,23 m/deň

Vrt C3-7

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 20,0 m, 32,0 m, 33,3 m

Hladina vody vo vrte: 33,3 m

Teplota vody pri hladine: 11,57°C

Odpor vody pri hladine: 24,1 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 367 mg/l

Slabý vertikálny pohyb vody od hladiny smerom dole

Vertikálna rýchlosť pohybu vody: cca. $4,2 \times 10^{-4}$ m/s

Nálev vody (1000 l) nezvýšil vertikálnu rýchlosť

Vrt C3-10

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 7,2 m, 21,7 m, 22,6 m, 35,0 m, 35,9 m

Hladina vody vo vrte: 8,60 m

Teplota vody pri hladine: 9,83 °C

Odpor vody pri hladine: 23,9 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 386 mg/l

Prírodné prúdenie počas merania sa neprejavilo

Pri čerpaní vody (15 l/min) hladina klesla na úroveň čerpadla v 20,0 m. Prítoky neboli zistené.

Vrt C5-2

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 13,2 m, 16,0 m, 46,6 m, 52,6 m, 54,6 m

Hladina vody vo vrte: 46,5 m

Teplota vody pri hladine: 12,2°C

Odpor vody pri hladine: 12,4 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 701 mg/l

Vertikálne prúdenie vody v intervale 46,5-65,0 m

Vertikálna rýchlosť prúdenia vody: $1,7 \times 10^{-3}$ m/s

Vrt C5-3

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 37,6 m, 39,3 m, 53,2 m, 59,9 m

Hladina vody vo vrte: 61,6 m

Teplota vody pri hladine: 16,12°C

Odpor vody pri hladine: 16,2 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 483 mg/l

Prírodné prúdenie vody počas merania nebolo zistené

Po náleve vody do vrtu pomalé pohltenie vody v 59,9-67,0 m

Vrt C5-4

Litologické rozhrania: 16,9 m, 23,6 m, 26,3 m, 27,9 m, 29,0 m, 38,3 m, 46,9 m

Hladina vody vo vrte: 28,0 m

Teplota vody pri hladine: 9,71 °C

Odpor vody pri hladine: 54,8 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 171 mg/l

Prítok vody do vrtu pri hladine

Horizontálne prúdenie pri hladine: 0,54 m/deň

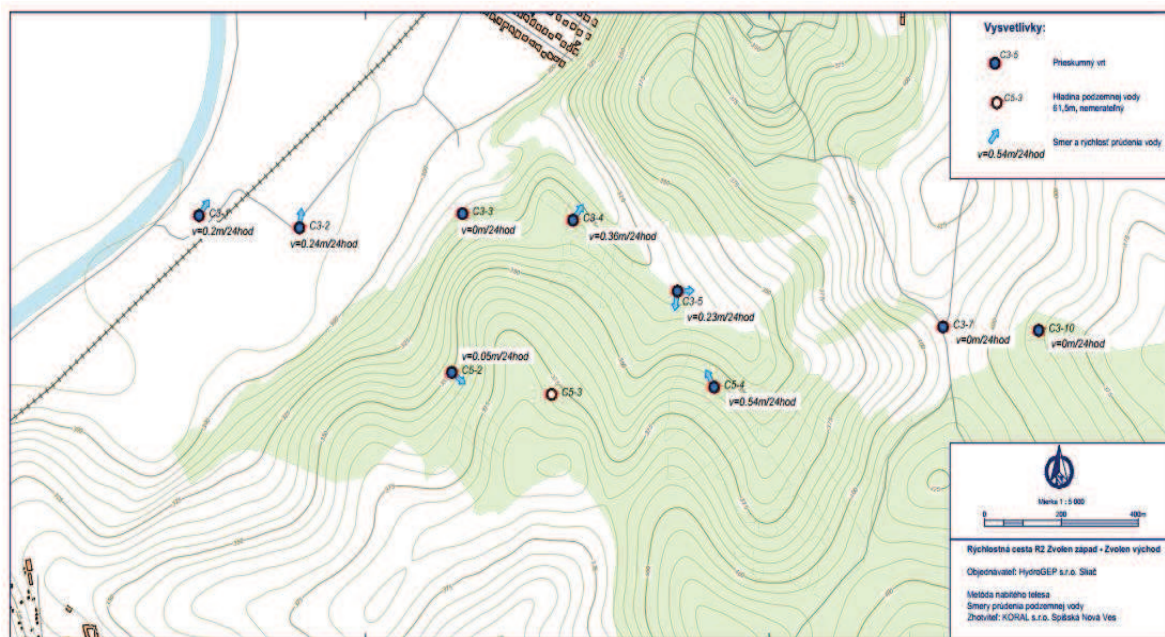
Vertikálne prúdenie od hladiny smerom dole s rýchlosťou $W = 1,2 \times 10^{-3}$ m/s

5.5.2 Metóda nabitého telesa

Metóda nabitého telesa (NT) je povrchovou geofyzikálnou metódou na stanovenie rýchlostí a smeru prúdenia podzemných vôd. Princíp tejto metódy (Gruntorád, Karous 1973) spočíva v tom, že podzemná voda je nasýtená elektrolytom (roztokom NaCl), ktorý vytvára vodivé teleso, ktorého rozmery časom narastajú v smere prúdenia. Zo zmien ekvipotenciálnych línií meraných na teréne sa určí rýchlosť a z pretiahnutia línií smer prúdenia podzemnej vody, podrobnejšie - pozri prílohu č.2.

Prehľad smerov a rýchlostí filtrácie je prehľadne spracovaný na obr. 5.5 a v tabuľke 5.16. Vo vrte C5-3 bola hladina vody príliš hlboko na to, aby sa dali na povrchu merať zmeny potenciálov.

Obr. 5.5: Smery a rýchlosti filtrácie podzemných vôd, určených metódou nabitého telesa



Tab. 5.16: Prehľad smerov a rýchlostí filtrácie podzemných vôd

Vrt	x	y	Hladina (m)	V (m/24hod)	Smer prúdenia
C3-1	-419385.50	-1243113.50	2.5	0.20	SV
C3-2	-419124.60	-1243140.80	1.9	0.24	SSV
C3-3	-418700.00	-1243109.00	10.7	0.00	-
C3-4	-418412.50	-1243123.80	23.2	0.36	SV
C3-5	-418141.00	-1243280.20	8.9	0.23	V
C3-7	-417450.00	-1243359.00	33.3	0.00	-
C3-10	-417201.00	-1243367.00	8.6	0.00	-
C5-2	-418728.00	-1243459.30	46.5	0.05	JV
C5-4	-418045.50	-1243493.00	28.0	0.54	SZ

5.6 Výsledky terénnych meraní

Počas obidvoch etáp prieskumu merali pracovníci kúpeľov Sliač dvakrát týždenne základné fyzikálno-chemické parametre (teplota vody, merná elektrická vodivosť, obsah CO₂) a výdatnosti prelivov minerálnych vôd obidvoch pramenných línii v Sliači. Výsledky meraní sú graficky spracované v prílohe č. 5.4 a ich štatistické vyhodnotenie v tabuľkách 5.17 a 5.18. Merania základných fyzikálno-chemických parametrov a výdatností prelivov minerálnych vôd počas 60-dňovej čerpacej skúšky sú samostatne spracované a vyhodnotené v kapitole č. 7 a v prílohe č. 5.2.

Tab. 5.17: Kúpeľné pramene – štatistické vyhodnotenie terénnych meraní za rok 2012

Kúpeľné pramene				
Parameter	Vodivosť	Teplota	CO ₂	Preliv
Jednotka	μS/cm	°C	mg/l	l/s
Kúpeľný I.A				
Min	3 260	18,84	1000	4,570
Max	3767	33,34	1393	6,090
Priemer	3 598	32,01	1221	4,974
Štefánik				
Min	452	12,10	2200	0,0038
Max	738	12,60	2765	0,068
Priemer	628	12,32	2444	0,04472
Adam				
Min	1 525	16,70	1030	0,0023
Max	3 920	23,10	1522	0,0270
Priemer	3 510	21,82	1313	0,0127
Lenkey				
Min	2 000	22,30	1299	0,0000
Max	4 000	23,20	1721	0,1300
Priemer	3 328	22,54	1495	0,0954
Bystrica				
Min	2 000	12,80	968	0,00080
Max	3 970	22,80	1703	0,04600
Priemer	3 415	18,63	1342	0,01369

Poznámka: Prameň Bystrica prestal tiecť 9.6.2012 a netečie až do súčasnosti

Tab. 5.18: Kúpeľné pramene – štatistické vyhodnotenie terénnych meraní za rok 2013

Kúpeľné pramene				
Parameter	Vodivosť	Teplota	CO ₂	Preliv
Jednotka	μS/cm	°C	mg/l	l/s
Kúpeľný I.A				
Min	3480	29,8	1039	4,7
Max	3649	33,0	1270	5,6
Priemer	3587	31,8	1150	5,2
Štefánik				
Min	474	12	2297	0,028
Max	882	12,7	2693	0,071
Priemer	613	12,4	2449	0,05
Adam				
Min	2280	20,2	1013	0,000
Max	3990	22,6	1419	0,022
Priemer	3206	21,3	1227	0,010
Lenkey				
Min	2133	22,2	1212	0,067
Max	3980	22,4	1619	0,092
Priemer	3143	22,3	1432	0,081

Počas obidvoch etáp prieskumu sme kontinuálne merali základné fyzikálno-chemické parametre (teplota vody, merná elektrická vodivosť, obsah CO₂) a výdatnosti vôd v merných objektoch vybudovaných v I. etape. Voľný CO₂ sa v týchto vodách počas trvania obidvoch etáp prieskumu nevyskytoval. Výsledky meraní sú graficky spracované v prílohe č. 5.3 a ich štatistické vyhodnotenie v tabuľkách 5.19 a 5.20. Merania výdatností prameňov počas 60-dňovej čerpacej skúšky sú samostatne spracované a vyhodnotené v kapitole č. 7 a v prílohe č. 5.2

Tab. 5.19: Merné objekty – štatistické vyhodnotenie terénnych meraní za rok 2012

Merné objekty vybudované v I. etape			
Parameter	Vodivosť	Teplota	Q
Jednotka	μS/cm	°C	l/s
MP-1 (Sľiačsky potok)			
Min	121	0,1	0,00
Max	459	24,6	11,21
Priemer	216	11,4	0,78
prameň Dedovec			
Min	116	7,1	0,05
Max	155	10,1	0,12
Priemer	136	8,9	0,07
prameň Pri Laze			
Min	608	9,3	0,09
Max	686	13,3	0,24
Priemer	657	10,4	0,19
vrt Vtáčnik			
Parameter	Vodivosť	Teplota	Hladina
Jednotka	μS/cm	°C	m n.m.
Min	322	8,5	344,60
Max	625	9,7	348,00
Priemer	560	9,5	342,40

Tab. 5.20: Merné objekty – štatistické vyhodnotenie terénnych meraní za rok 2013

Merné objekty vybudované v I. etape			
Parameter	Vodivosť	Teplota	Q
Jednotka	μS/cm	°C	l/s
MP-1 (Sľiačsky potok)			
Min	98	0,1	0,00
Max	256	18,1	124,10
Priemer	166,3	6,8	8,80
prameň Dedovec			
Min	86	7,3	0,05
Max	177	9,9	0,29
Priemer	119,3	8,8	0,13
prameň Pri Laze			
Min	415	5,3	0,16
Max	655	11,1	2,55
Priemer	625	10,1	1,10
vrt Vtáčnik			
Parameter	Vodivosť	Teplota	Hladina
Jednotka	μS/cm	°C	m n.m.
Min	145	4,7	342,20
Max	653	9,6	361,61
Priemer	450,6	8,4	346,14

Počas spoločnej čerpacej skúšky na vrtoch variantu C3 boli merané základné fyzikálno-chemické parametre (teplota vody, merná elektrická vodivosť, pH, obsah CO₂) vo všetkých vybudovaných vrtoch (variant C3 aj variant C5). Výsledky meraní sú štatisticky spracované v tabuľke 5.21. Merania základných fyzikálno-chemických parametrov podzemných vôd vo všetkých vrtoch počas 60-dňovej čerpacej skúšky sú samostatne spracované a vyhodnotené v kapitole č. 7 a v prílohe č. 5.2.

Tab. 5.21: Vrty variantu C3 a C5 - vyhodnotenie terénnych meraní

Vrty variantu C3 a C5					
Parameter	Vodivosť	Mineralizácia	Teplota	CO ₂	pH
Jednotka	μS/cm	mg/l	°C	mg/l	(-)
C3-1					
Priemer	1619	1194	11,8	1802	6,7
C3-2					
Priemer	1144,7	1320	12,9	1542	6,5
C3-3					
Priemer	240,3	197	11,8	0	6,8
C3-4					
Priemer	215,7	147	10,9	0	6,5
C3-5					
Priemer	198,3	472	9,6	245	6,4
C3-7					
Priemer	500,3	446	11,5	0	8,3
C3-10					
Priemer	381,8	372	10,3	0	7
C5-2					
Priemer	1063,5	1094	12,1	237	6,8
C5-3					
Priemer	787,4	642	15,1	0	7,2
C5-4					
Priemer	281,4	9,4	9,4	0	7

6. VÝSLEDKY A GEOLOGICKÉ POZNATKY

6.1 Geologické vyhodnotenie

Pri hodnotení geologickej stavby sme sa zamerali na oblasť trasovania líniovej stavby vo variantoch C3 a C5 s prihliadnutím na výverovú oblasť sliačskych minerálnych a termálnych vôd. Rýchlostná cesta R2 v obidvoch variantoch (C3 a C5) prechádza cez územie ochranného pásma II. stupňa prírodných liečivých zdrojov v Sliači a v Kováčovej.

Vrty C3-1 až C3-10 boli situované v blízkosti trasy rýchlostnej cesty variantu C3. V blízkosti trasy variantu C5 boli umiestnené vrty: C5-2, C5-3 a C5-4. Vrty C3-7 a C3-10 sú spoločné pre obidva varianty. Situovanie vrtoz pozri - prílohu č.1.2 a prílohu č. 1.3.

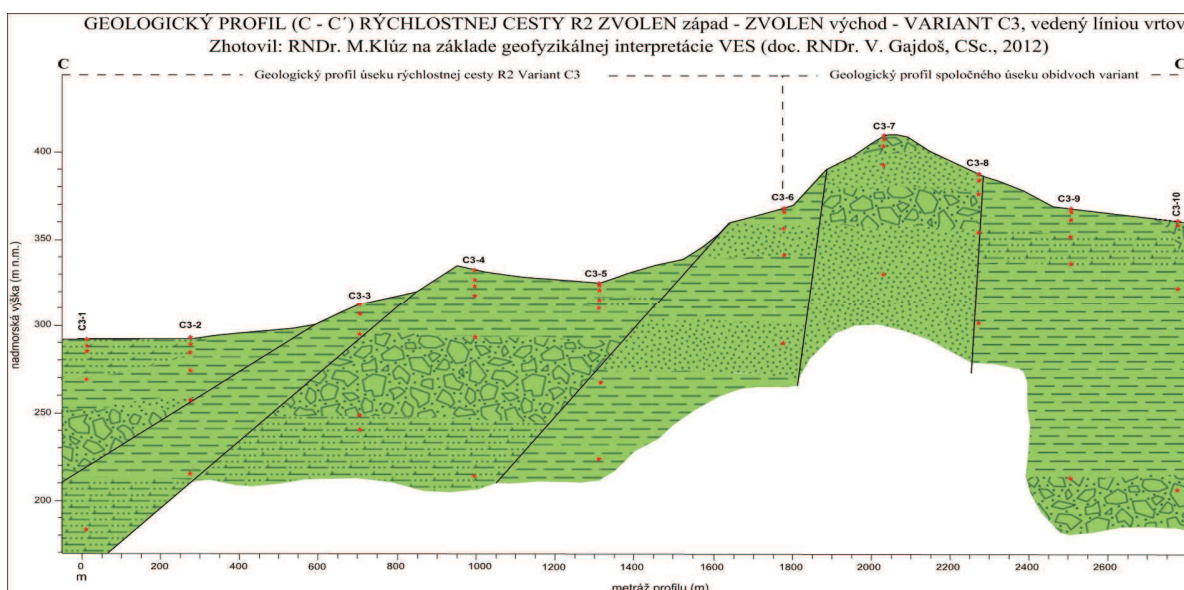
Geologické vyhodnotenie a fotodokumentácia (príloha č. 3) sa robili z úlomkov, ktoré sme odoberali do vzorkovník v metrových intervaloch.

Komplikovanú geologickú stavbu, typickú pre vulkanicko-sedimentárny komplex, preukázala metóda VES (pozri obr. 5.2 až 5.4). Výsledkom interpretácií VES na základe tab. 6.1 sú geologické rezy - obr. 6.1 a 6.2.

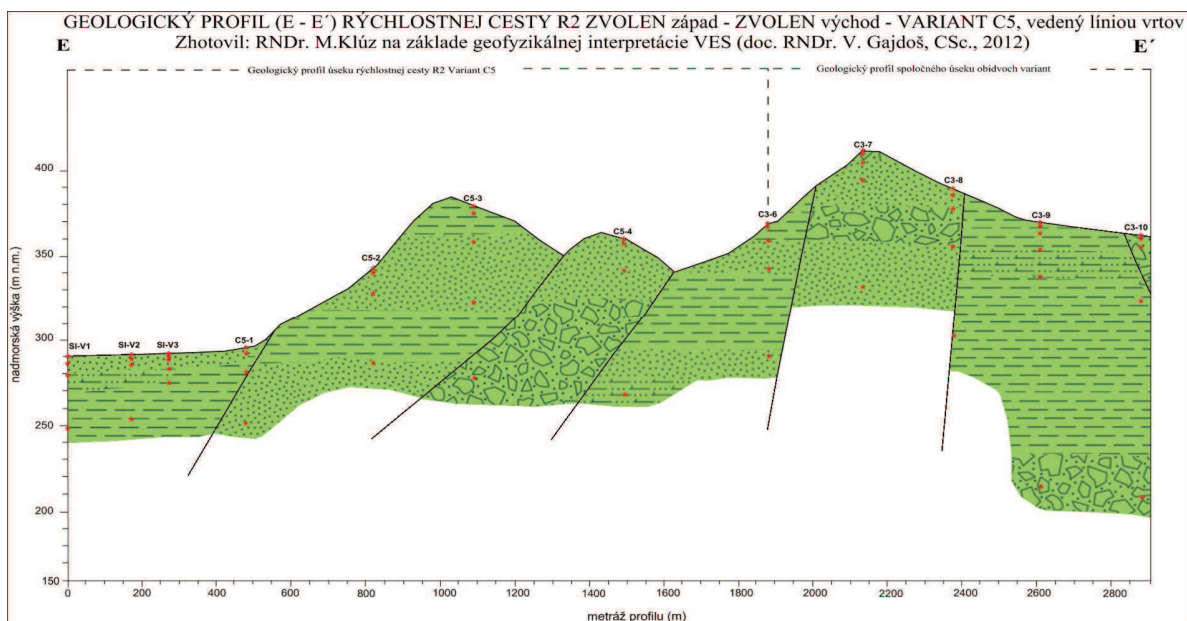
Tab. 6.1: Kvantitatívna interpretácia údajov z meraní VES

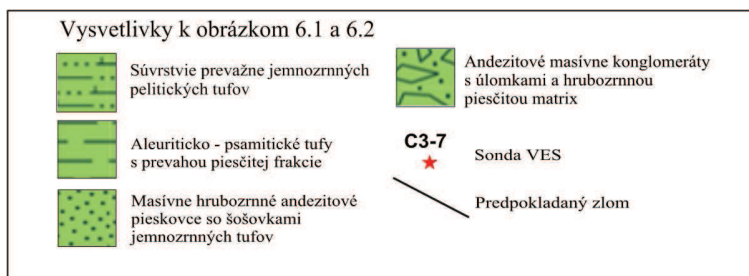
Elek. rezistivita	Litologický popis
$\leq 10 \Omega m$	Súvrstvie prevažne jemnozrnných pelitických tufov
11 – 20 Ωm	Aleuriticko-psamitické tufy s prímiesou piesčitej frakcie
21 – 30 Ωm	Hrubozrnné andezitové pieskovce so šošovkami jemnozrnných tufov
31 – 50 Ωm	Drobno-úlomkovité brekcie v tufovo-piesčitom matrix
$\geq 51 \Omega m$	Andezitové kglomeráty s úlomkami a hrubozrnnou piesčitou matrix
200 – 500 Ωm	Uľahnuté štrky v nive Hrona

Obr. 6.1: Geologický profil (C-C') rýchlostnej cesty R2 Zvolen západ – Zvolen východ, variant C3, vedený líniou vrtov, zhotovený na základe interpretácií VES



Obr. 6.2: Geologický profil (E-E') rýchlostnej cesty R2 Zvolen západ – Zvolen východ, variant C5, zhotovený na základe interpretácií VES





Z obrázkov 6.1 a 6.2 je zjavná bloková stavba s výraznou vrstevnatosťou redeponovaných tufov a poklesom blokov do Zvolenskej kotliny na západe a k Lukovému na východe územia. V dosahu VES neboli zistené mezozoické a predmezozoické horniny, ktoré budujú sliačsku výverovú oblasť.

Obdobnú geologickú stavbu potvrdili vrtné práce (geologické profily vrtov - pozri prílohu č. 3). Vo vrtoch sme diagnostikovali spevnené redeponované aleuriticko-psamitické tufy s prevahou aleuritckej frakcie, charakteru tufitických siltov až tufitických pieskov, tvrdej konzistencie, sivej až sivohnedej farby, V nadloží sú silno zvetrané, mäkkej až tuhej konzistencie. Smerom k podložíu sú diageneticky spevnené a majú charakter polosklanej horniny. Redeponované aleuriticko-psamitické tufy majú absolútnu prevahu v úseku variantu C5, vedenom horským terénom. V trase C3 ich zastúpenie závisí od výškového situovania. V aluviálnej nive Hrona (vrt C3-2) a v blízkosti tektonického zlomu, prebiehajúceho Sliačskou dolinou (vrt C3-5), tvoria vrstvy medzi kolektormi, na stavbe ktorých sa podieľajú štrky a hrubozrnné epiklastické pieskovce, zlepenca a brekcie. Vo Zvolenskej pahorkatine sa nachádzajú buď v nadloží zlepenčov (vrt C3-3), alebo sú zastúpené takmer v celom profile (vrt C3-4). V uzávere Sliačskej doliny sú pod kvartérnymi štrkami hronskej terasy a eluviálnymi ílmi. V tufoch vo vrte C3-7 sa nachádzajú úlomky travertínu a matrix je miestami vápniťá.

Psamitické a psefitické sedimenty sa vyskytujú v dvoch genetických vývoch. Prvú skupinu zastupujú vulkanicko-sedimentárne epiklastické pieskovce, zlepenca a brekcie a druhá je tvorená limnickými piesčitými štrkami. Rozdelenie psamitických a psefitických sedimentov na uvedené dva typy zohráva dôležitú úlohu tak pre pochopenie geologicko-tektonickej stavby, ako aj hydrogeologických pomerov.

Epiklastické vulkanické pieskovce, zlepenca a vulkanické brekcie sa nachádzajú vo Zvolenskej kotline (vrt C3-2), na rozhraní kotliny a pahorkatiny (vrt C3-3), v Sliačskej doline (vrt C3-5) a vo Zvolenskej pahorkatine (vrt C5-2). Rozdiely medzi nimi sú v tom, že kým vulkanické zlepenca obsahujú dobre opracované obliaky, tak vulkanické brekcie sú zložené z úlomkov andezitov a tufov. Matrix je tvorená pieskami. Vo vrte C3-2 sa striedajú brekcie so zlepencami, čo poukazuje na cyklické striedanie sedimentácie. Zlepenca s dobre opracovanými obliakmi andezitov a tufov boli transportované v období relatívneho klľudu. Vo vrte C5-2 sú andezitové zlepenca v hĺbke 69-70 m a nad nimi sú uložené aleuriticko-psamitické tufy.

Psefitické sedimenty zdokumentovali vrty C3-1 (niva Hrona) a C3-7 (uzáver Sliačskej doliny). V obidvoch sa nachádzali dobre opracované obliaky granitu, svoru, kremenca a andezitu priemeru 0,2 - 5,0 cm. Matrix tvorí piesok, v menšej miere íl. Oproti predchádzajúcim vulkanickým zlepencom majú pestrejšie petrografické zastúpenie. Napriek petrografickej podobnosti sa jedná o dva geneticky rozdielne typy hornín. Štrky vo vrte C3-7 sú súčasťou najvyššej terasy, ktorá bola tektonický vyzdvihnutá a nachádza sa na svahoch Zvolenskej pahorkatiny. Terasové štrky majú hrúbku 15 m a sú prekryté polohou ílov (hrúbka 20 m) s vysokou plasticitou, mäkkej až pevnej konzistencie. Íly obsahujú obliaky kremenca a granitu, veľkosti 0,5- 3,0 cm. Štrky vo vrte C3-1 predstavujú jazerno-riečnu sedimentáciu pohronskej štrkovej formácie.

Pre spresnenie litologického rozhrania boli vo vrtoch urobené merania metódou gama karotáže (GK). Fyzikálne hranice boli vyčlenené na základe zmien expozičného príkonu prirodzeného gama žiarenia (GK). Aplikácia metódy vyplynula z toho, že hydrogeologické vrty boli hĺbené nárazovým spôsobom na plný profil a vyhodnotenie sme robili z drobných úlomkov.

6.2 Hydrogeologické vyhodnotenie

Vrty obidvoch variantov (C3 a C5) zdokumentovali:

- A) vulkanicko-sedimentárny komplex neogénu, patriaci do strelnickej formácie,
- B) jazerno-riečne sedimenty pohronskej štrkovej formácie,
- C) kvartérne sedimenty a travertíny.

Vo vulkanicko-sedimentárnom komplexe sa striedajú aleuritické a psamitické frakcie rôznych hrúbok. V okolí Sliacha pribúdajú epiklastické andezitové pieskovce, zlepenca a brekie s medzizrnovou priepustnosťou. Striedanie frakcií poukazuje na pestrosť hydrogeologických pomerov, ktorú potvrdili aj overovacie hydrodynamické skúšky (ich výsledky sú spracované v prílohách č. 3. a v tab. 6.2 a 6.3. Na základe hydrodynamической skúšky a prevládajúceho petrografického typu v danom vrte sme určili priepustnosti petrografických typov hornín - pozri tab. 6.2.

Tab. 6.2: Priepustnosti petrografických typov hornín

	Výdatnosť (l/s)	Zníženie (m)	Memá výdatnosť (l/s/m)	Koeficient filtrácie (m/s)
Vulkanicko-sedimentárny komplex				
Aleuritické a psamitické tufy (C5-4)	0,30	11,52	0,0260	$9,524 \cdot 10^{-8}$
Vulkanické zlepenca (C3-5)	2,0	6,21	0,322	$3,573 \cdot 10^{-6}$
Vulkanické brekie (C3-2)	6,8	3,085	2,204	$1,393 \cdot 10^{-5}$
Pohronská štrková formácia				
Piesčité štrky (C3-1)	0,77	30,56	0,0251	$3,366 \cdot 10^{-5}$

Z tab. 6.2 vyplýva, že komplexy podieľajúce sa na geologickej stavbe územia, môžeme charakterizovať v zmysle klasifikácie priepustnosti hornín (J. Jetel, 1982) nasledovne:

Geologické pomenovanie horniny:

Označenie horniny podľa stup. priepustnosti:

Aleuritické a psamitické tufy

veľmi slabo priepustné

Vulkanické pieskovce a zlepenca

dost' slabo priepustné

Vulkanické brekie

miernie priepustné

Štrky piesčité (Pohronská formácia)

miernie priepustné

Rádovo menšia priepustnosť vulkanických zlepenecov v porovnaní s brekciami je spôsobená jemnozrnnejšou matrix a diagenetickým spevnením. Zhodné priepustností majú vulkanické brekie a piesčité štrky Pohronskej štrkovej formácie.

V tab. 6.3 uvádzame súhrnnú charakteristiku, napríklad údaje a kolektory. Kolektor predstavuje priepustnejšie vrstvy ako má ich okolie, preto v nich primárne dochádza k prúdeniu podzemných vôd. V skúmanom prostredí sú takými kolektormi podzemných vôd štrky Pohronskej štrkovej formácie (vrt C3-1) a vo vulkanicko-sedimentárnom komplexe vulkanické brekie a zlepenca (vrty C3-2, C3-3, C3-5, C5-2).

Tab. 6.3: Súhrnná charakteristika kolektorov podzemných vôd

Vrt	Hĺbka	Kolektor (m)		Úroveň kolektora	Koeficient prietochnosti	Hrúbka zvodne	Výdatnosť'
	(m)	od	do	m n.m.	(m ² /s)	(m)	l/s
VARIANT C3							
C3-1	40	27,0	40,0	292,11-252,11	4,040.10 ⁻⁴	37,90	0,77
C3-2	40	2,5	4,5	290,81-288,81	2,340.10 ⁻⁴	38,60	6,80
		11,50	14,20	281,81-279,11			
		25,5	40,0	267,81-243,31			
C3-3	40	26,0	40,0	285,70-271,70	7,180.10 ⁻⁶	26,30	0,29
C3-4	40	*	*	*	3,330.10 ⁻⁶	16,60	0,14
		*	*	*			
C3-5	40	15,50	40	314,68-290,18	1,090.10 ⁻⁴	30,70	2,0
SPOLOČNÉ VRTY PRE VARIANT C3 a C5							
C3-7	70	20,0	35,0	392,05-377,05	3,480.10 ⁻⁶	39,80	0,08
C3-10	40	*	*	*	3,150.10 ⁻⁵	31,50	0,18
VARIANT C5							
C5-2	70	69,0	70,0	275,77-274,77	3,480.10 ⁻⁶	23,40	0,22
C5-3	70	*	*	*	*	42,0	*
		*	*	*			
C5-4	70	*	*	*	4,00.10 ⁻⁶	8,50	0,30

- veľmi dobrá prietochnosť - zvodnené vrstvy vrtov: C3-1, C3-2, C3-5,
- dobrá prietochnosť - zvodnené vrstvy vrtu C3-10,
- slabá prietochnosť – zvodnené vrstvy vrtov: C3-3, C3-4, C5-2, C5-4, C5-3.

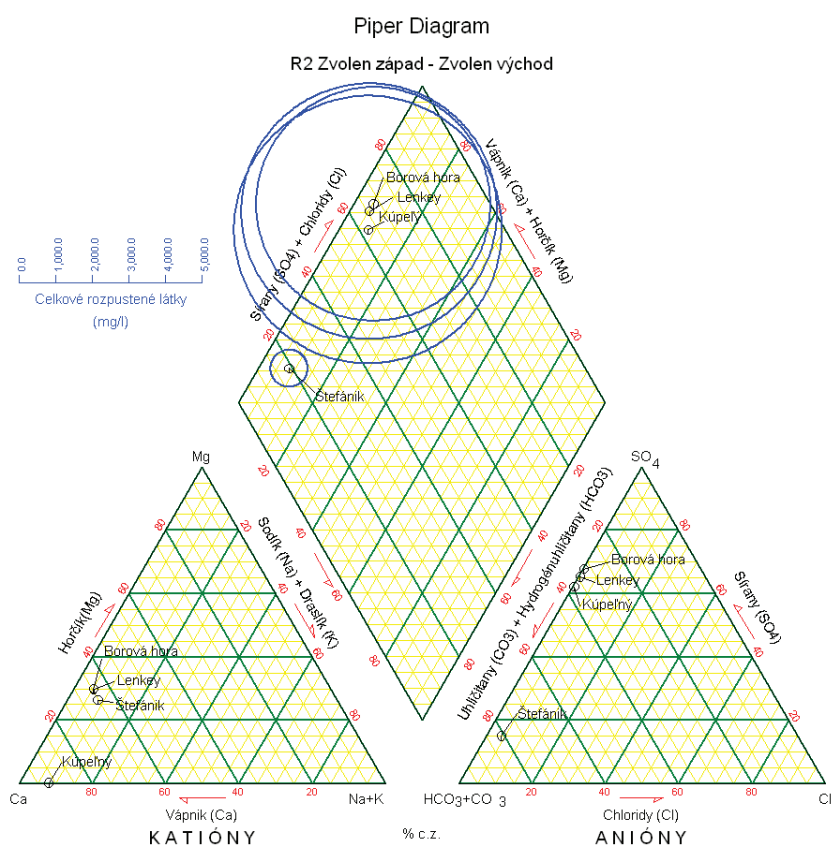
Na stanovenie filtračnej rýchlosti a smeru prúdenia podzemných vôd sme použili metódu nabitého telesa (NT). Výsledkom sú grafické prílohy s vyznačením izolínií potenciálov pred nasolením a po nasolení, s interpretovaním smerov prúdenia a rýchlosti filtrácie (príloha č.2). Relatívne veľké rýchlosti prúdenia boli namerané vo vrtach: C3-1, C3-2, C3-4, C3-5 a C5-4. Väčšinou sa jedná o vrty, v ktorých sa nachádzajú kolektory budované štrkami, vulkanickými zlepenkami, brekciami a pieskovcami. V ostatných vrtach je rýchlosť prúdenia o dva až tri rády nižšia.

6.3 Hydrogeochemické vyhodnotenie

6.3.1 Chemické zloženie minerálnych a termálnych vôd v Sliači a blízkom okolí

Z hľadiska prevádzky Kúpeľov Sliač je najdôležitejším zdrojom minerálnej a termálnej vody využívaným na balneologické účely vrt Kúpeľný I.A. V dolnej pramennej oblasti sa nachádzajú ešte pramene: Bystrica, Lenkey, Adam a Štefánik, ktoré sa využívajú pri pitnej terapii. Na severnom okraji mesta Zvolen sa vyskytuje prirodzený výver minerálnej vody s názvom Borová hora. Chemické zloženie vôd vrtu Kúpeľný I.A, prameňov Lenkey a Štefánik a výveru Borová hora, overené v roku 2013, dokumentujú laboratórne protokoly (príloha č. 6.1) a Piperov diagram na obr. 6.3.

Obr. 6.3: Známenie priemetu chemického zloženia kúpeľných zdrojov v Sliači a výveru Borová hora na Piperovom diagrame



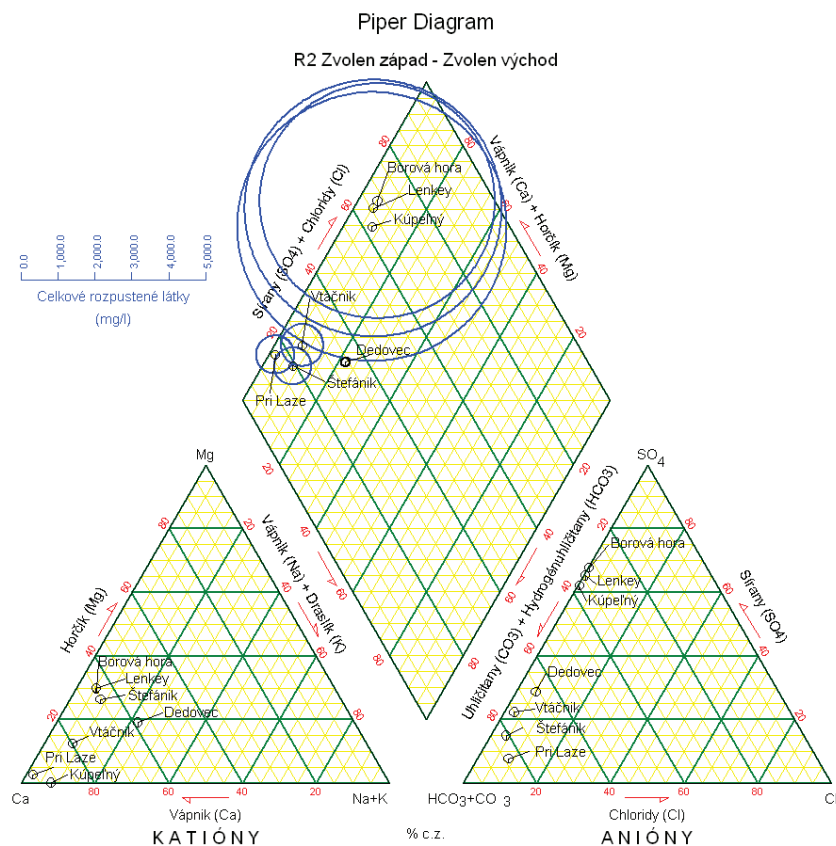
Z diagramu vyplýva, že vody vrtu Kúpeľný I.A, prameňa Lenkey a výveru Borová hora majú chemické zloženie základného nevýrazného Ca-SO₄ typu, pričom voda vrtu Kúpeľný I.A má mineralizáciu cca 3900 mg.l⁻¹, teplotu okolo 33°C a obsah voľného CO₂ okolo 1150 mg.l⁻¹. Voda prameňa Lenkey má mineralizáciu cca 3300 až 3500 mg.l⁻¹, teplotu okolo 22°C a obsah voľného CO₂ cca 1200 až 1600 mg.l⁻¹. Mineralizácia vody prirodzeného výveru Borová hora dosahuje cca 2900 mg.l⁻¹, teplota vody cca 19 až 22°C a obsah voľného CO₂ v 220 mg.l⁻¹. Je nesporné, že chemické zloženie vôd vyššie uvedených zdrojov sa formuje v identickom horninovom prostredí. Vzhľadom na dominujúcu kalcium - sulfátovú zložku, vyššiu mineralizáciu, zvýšené obsahy stroncia (cca 12 až 13 mg.l⁻¹) a preplynenie hlbinným oxidom uhličitým predpokladáme, že ide o vody, ktoré sú, resp. boli, v kontakte s evaporitmi triasu.

Oproti predchádzajúcim zdrojom sa výrazne odlišuje po stránke chemického zloženia voda prameňa Štefánik (obr. 6.3). Na rozdiel od minerálnych, resp. termálnych vôd vrtu Kúpeľný I.A, prameňa Lenkey a výveru Borová hora je podzemná voda prameňa Štefánik nízkomineralizovaná (600 až 650 mg.l⁻¹), so základným výrazným Ca-HCO₃ typom chemického zloženia a teplotou cca 12 °C. Jej charakteristickým znakom je prítomnosť pomerne vysokého obsahu voľného oxidu uhličitého v koncentráciách až do 2500 mg.l⁻¹. Nízke koncentrácie sulfátov a stroncia, oproti ich obsahom vo vodách vrtu Kúpeľný I.A, prameňa Lenkey a výveru Borová hora, nižšia teplota vody, výrazne nižšia mineralizácia a prevaha Ca-HCO₃ zložky a zvýšený obsah kyseliny kremičitej (cca 110 mg.l⁻¹) poukazujú na to, že pri prameni Štefánik sa jedná o vodu plytšieho obehu, formujúcu svoje chemické zloženie v neogénnych, prípadne kvartérnych sedimentoch so zvýšeným obsahom silikátových materiálov. Značné preplynenie vody prameňa Štefánik s CO₂ je zrejme výsledkom miešania sa tejto vody s plynom vystupujúcim k zemskému povrchu po zlomových líniiach.

6.3.2 Chemické zloženie monitorovaných podzemných a povrchových vôd

Chemické zloženie podzemných vôd prameňov Pri Laze a Dedovec, vrtu Vtáčnik a povrchových vôd potoka v Sliačskej doline (merný objekt MP-1) je za obdobie december 2012 až september 2013 dokumentované na laboratórnych protokoloch (príloha č. 6.1). Okrem toho je chemické zloženie vôd prameňov Pri Laze, Dedovec a vrtu Vtáčnik, overené v období septembra 2013, znázornené vo vzťahu k zdrojom minerálnych a termálnych vôd na Piperovom diagrame na obr. 6.4.

Obr. 6.4: Chemické zloženie vôd prameňov Dedovec, Pri Laze a vrtu Vtáčnik (september 2013)



Na základe fyzikálno-chemických vlastností možno podzemné a povrchové vody charakterizovať nasledovne:

Prameň Pri Laze – jedná sa o obyčajnú podzemnú vodu s celkovou mineralizáciou v rozsahu 521 až 572 mg.l⁻¹, s teplotou od 7,1 do 13,8 °C, s hodnotou pH v slabo-alkalickej oblasti a obsahom voľného CO₂ cca 11 až 40 mg.l⁻¹. Počas sledovaného obdobia mala podzemná voda stabilné chemické zloženie základného výrazného Ca-HCO₃ typu. Charakteristickými znakmi tejto vody je nízky obsah síranov (cca 24 až 32 mg.l⁻¹), stroncia (okolo 0,5 mg.l⁻¹) a kyseliny kremičitej (cca 13 až 15 mg.l⁻¹) a zvýšený obsah dusičnanov (cca 19 až 39 mg.l⁻¹).

Prameň Dedovec – v tomto prípade ide tiež o obyčajnú podzemnú vodu s celkovou mineralizáciou v rozsahu 118 až 202 mg.l⁻¹, teplotou od 8,7 do 11,4 °C, pH v slabo-kyslej až neutrálnej oblasti a obsahom voľného CO₂ cca 7 až 13 mg.l⁻¹. Počas hodnoteného obdobia mala podzemná voda prameňa Dedovec premenlivé chemické zloženie od zmiešaného typu s prevažujúcou Ca-Na-HCO₃-SO₄ zložkou cez základný nevýrazný Ca-HCO₃ typ až po základný výrazný Ca-HCO₃ typ. Charakteristickými znakmi vody prameňa Dedovec je nízky obsah síranov (cca 15 až 22 mg.l⁻¹), stroncia (okolo 0,1 mg.l⁻¹) a dusičnanov (cca 1,2 až 1,6 mg.l⁻¹) a zvýšený obsah kyseliny kremičitej (cca 54 až 90 mg.l⁻¹).

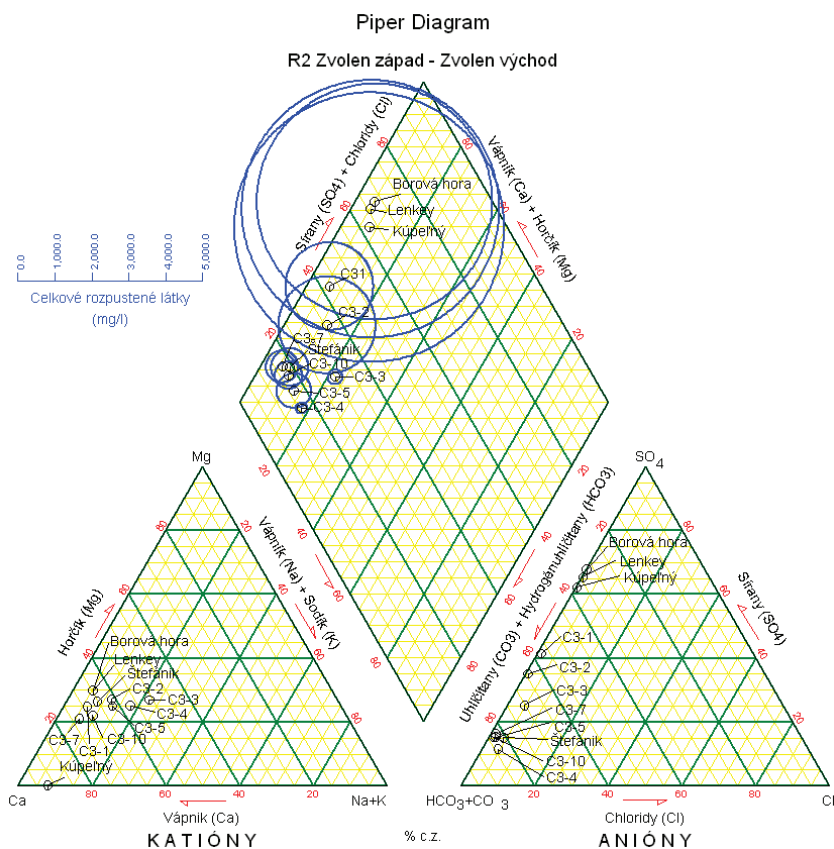
Vrt Vtáčnik – výsledky analýz preukázali, že sa jedná o obyčajnú podzemnú vodu s celkovou mineralizáciou v pomerne širokom rozpätí od 102 do 616 mg.l⁻¹, teplotou od 5,3 do 11,5 °C, s hodnotou pH v slabo-kyslej až slabo-alkalickej oblasti a obsahom voľného CO₂ cca 9 až 44 mg.l⁻¹. Počas sledovaného obdobia mala podzemná voda pomerne stabilné chemické zloženie základného výrazného Ca-HCO₃ typu, s výnimkou marca 2013, kedy mala zmiešaný typ chemizmu s prevažujúcou Ca-Na-HCO₃-SO₄ zložkou. Charakteristickými znakmi vody vrtu Vtáčnik je oproti prameňom Dedovec a Pri Laze jej zvýšený obsah síranov (až cca 79 mg.l⁻¹) a stroncia (až 1,2 mg.l⁻¹). Obsah dusičnanov vo vode vrtu Vtáčnik je (cca 1 až 12 mg.l⁻¹) a kyseliny kremičitej (cca 22 až 44 mg.l⁻¹).

Povrchová voda v mernom objekte MP-1 - je obyčajná voda s mineralizáciou 128 až 247 mg.l⁻¹ s hodnotou pH v kyslej až slabo-alkalickej oblasti. Jej charakteristickým znakom je značne premenlivé chemické zloženie od základného nevýrazného Ca-SO₄ typu cez prechodný typ s prevahou Ca-Na-HCO₃-SO₄ až po základný nevýrazný Ca-HCO₃ typ. Je nesporné, že premenlivosť chemického zloženia povrchovej vody je odrazom vplyvu klimatických pomerov. Charakteristickými znakmi povrchovej vody v mernom objekte MP-1 je obsah síranov od cca 35 do 54 mg.l⁻¹), nízky obsah stroncia (do 0,19 mg.l⁻¹). Obsah dusičnanov je vo vode merného objektu MP-1 (cca 1 až 5 mg.l⁻¹) a kyseliny kremičitej (cca 46 až 57 mg.l⁻¹).

6.3.3 Chemické zloženie podzemných vôd vo vrtoch variantu C3

Chemické zloženie podzemných vôd vyskytujúcich sa vo vrtoch variantu C3 bolo v zmysle zadania geologickej úlohy overené odbermi vzoriek v závere overovacích hydrodynamických skúšok. Výsledky analýz vzoriek podzemných vôd vo vrtoch variantu C3 sú uvedené na laboratórnych protokoloch (príloha č. 6.1) a ich chemické zloženie vo vzťahu k vyššie popísaným zdrojom minerálnych a termálnych vôd je znázomené na Piperovom diagrame na obr. 6.5.

Obr. 6.5: Znáoznenie priemetu chemického zloženia kúpeľných zdrojov v Sliachi, výveru Borová hora a podzemných vôd vo vrtoch variantu C3 na Piperovom diagrame



Na základe chemického zloženia môžeme podzemné vody overené vrtmi C3-1, C3-2, C3-3, C3-4, C3-5, C3-7 a C3-10 rozdeliť do dvoch skupín.

Prvú najpočetnejšiu skupinu tvoria podzemné vody overené vrtmi C3-3, C3-4, C3-5, C3-7 a C3-10. Pre túto skupinu je charakteristický základný výrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia. Vody týchto vrtov dosahujú mineralizáciu v rozsahu 147 až 472 mg.l^{-1} , pričom najnižšie mineralizované sú vody vo vrtoch C3-3 a C3-4. Teplota vody vo vrtoch C3-3 a C3-4 dosahuje cca 10 až 16 °C a hodnota pH je v slabo-kyslej oblasti. Charakteristickým znakom vôd oboch vrtov je nízky obsah stroncia (okolo 0,2 mg.l^{-1}) a zvýšený obsah kyseliny kremičitej (61 až 72 mg.l^{-1}). Pri síranoch, v prípade vody vrtu C3-3 ich obsah dosahuje cca 31 mg.l^{-1} a pri vode vrtu C3-4 cca 10 mg.l^{-1} . Podstatne vyššie mineralizované sú vody prítomné vo vrtoch C3-5, C3-7 a C3-10. V uvedených vrtoch mineralizácia vody dosahuje 372 až 472 mg.l^{-1} . Oproti vrtom C3-3 a C3-4 sa líšia zvýšeným obsahom síranov (cca 37 až 44 mg.l^{-1}) a stroncia (cca 0,6 až 0,9 mg.l^{-1}). Obsah kyseliny kremičitej je v nich rôzny. Vo vodách vrtov C3-5 a C3-10 dosahuje zhruba identickú koncentráciu ako vo vodách vrtov C3-3 a C3-4, v prípade vrtu C3-7 je jej obsah vo vode nižší (cca 28 mg.l^{-1}). Z hľadiska preplynenia podzemnej vody voľným CO_2 sa od vôd vrtov C3-3, C3-4, C3-7 a C3-10 odlišuje voda vo vrte C3-5. Vo vode tohto vrtu bol dokumentovaný obsah voľného CO_2 na úrovni 110 až 454 mg.l^{-1} , pričom v ostatných vrtoch sa voľný CO_2 nevyskytoval.

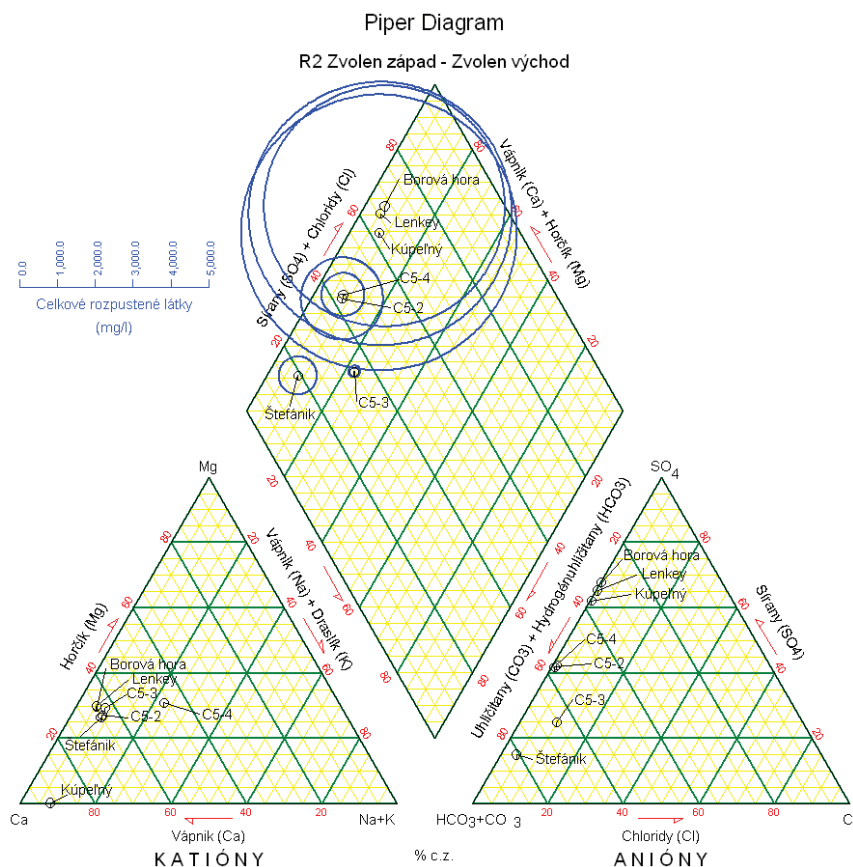
Druhú skupinu tvoria podzemné vody overené vrtmi C3-1 a C3-2. Pre túto skupinu je charakteristický základný nevýrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia. Vody týchto vrtov dosahujú mineralizáciu v rozsahu 1194 až 1320 mg.l^{-1} . Teplota vody dosahuje cca 11 až 14 °C

a hodnota pH je v slabo-kyslej až slabo-alkalickej oblasti. Význačným znakmi podzemných vôd uvedených vrtov je preplynenie vody voľným CO_2 na úrovni cca 1300 až 1940 mg.l^{-1} , prítomnosť vyšších obsahov síranov (okolo 300 mg.l^{-1}) a stroncia (cca 2,3 až 2,8 mg.l^{-1}) a nižší obsah kyseliny kremičitej (cca 38 až 55 mg.l^{-1}) ako v prípade vrtov C3-3, C3-4, C3-5, C3-7 a C3-10.

6.3.4 Chemické zloženie podzemných vôd vo vrtoch variantu C5

Chemické zloženie podzemných vôd vyskytujúcich sa vo vrtoch variantu C5 bolo v zmysle zadania geologickej úlohy overené odbermi vzoriek v závere overovacích hydrodynamických skúšok. Výsledky analýz vzoriek podzemných vôd vo vrtoch variantu C5 sú uvedené na laboratórnych protokoloch (príloha č. 6.1) a ich chemické zloženie vo vzťahu k vyššie popísaným zdrojom minerálnych a termálnych vôd je znázomené na Piperovom diagrame na obr. 6.6.

Obr. 6.6: Znázornenie priemetu chemického zloženia kúpeľných zdrojov v Sliači, výveru Borová hora a podzemných vôd vo vrtoch variantu C5 na Piperovom diagrame



Podzemné vody overené vrtmi C5-2, C5-3 a C5-4 sú charakteristické základným nevýrazným Ca-HCO_3 typom chemického zloženia. Odlišujú sa však celkovou mineralizáciou vody.

Vyššia mineralizácia vody bola zdokumentovaná vo vodách prítomných vo vrtoch C5-2 a C5-3, a to vody vrtu C5-2 na úrovni 1094 mg.l^{-1} a vody vrtu C5-3 na úrovni 624 mg.l^{-1} . Teplota vody vrtu C5-2 dosahuje cca 12 až 13 $^{\circ}\text{C}$ a vody vrtu C5-3 cca 14 až 15 $^{\circ}\text{C}$. Hodnota pH pri oboch vrtoch sa pohybovala v slabo-kyslej až slabo-alkalickej oblasti. Význačným znakom

vôd vrtov C5-2 a C5-3 je zvýšený obsah síranov (160 až 298 mg.l⁻¹), stroncia (cca 1,8 až 3,1 mg.l⁻¹) a kyseliny kremičitej (cca 67 až 86 mg.l⁻¹). Okrem toho bol vo vodách týchto vrtov prítomný voľný CO₂ na úrovni 57 až 99 mg.l⁻¹.

Výrazne nižšia mineralizácia vody ako vo vodách vrtov C5-2 a C5-3 bola zistená vo vode vrtu C5-4 a to na úrovni 223 mg.l⁻¹. Teplota vody tohto vrtu dosahuje cca 9 až 10 °C, hodnota pH sa pohybovala v neutrálnej až slabo-alkalickej oblasti a voľný CO₂ nebol vo vode prítomný. Význačným znakom vody vyskytujúcej sa vo vrte C5-4 je nízky obsah síranov (24 mg.l⁻¹) a stroncia (0,15 mg.l⁻¹) a zvýšený obsah kyseliny kremičitej (70 mg.l⁻¹).

6.3.5 Izotopové zloženie podzemných a povrchových vôd skúmanej oblasti

Súčasťou riešenia úlohy bol aj izotopový výskum. Jeho účelom je na základe poznatkov o izotopovom zložení kyslíka a vodíka vody a síry z rozpusteného síranu posúdiť genetickú príbuznosť, resp. rôznosť podzemnej vody v zdrojoch dotknutého územia a tak prispieť k ochrane minerálnych vôd prípadne dotknutých výstavbou rýchlostnej cesty.

Stanovenia izotopového zloženia a aktivity trícia podzemných a povrchových vôd

Izotopové zloženie kyslíka a vodíka molekuly vody a izotopové zloženie síry vo vode prítomného síranu bolo stanovené v 16-tich vzorkách podzemných a v 1 vzorke povrchovej vody. Vzorky zahŕňali zdroje minerálnej vody a to zdroje Lenkey, Borová hora a Štefánik, podzemnú vodu z vrtov C3-1, C3-2, C3-3, C3-4, C3-5, C3-7, C3-10, C5-2, C5-3 a C5-4 a opakované merania z podzemnej vody z prameňov Dedovec a Pri Laze, vrtu Vtáčnik a povrchovej vody v mernom objekte MP-1 (potok v Sliacskej doline). Izotopy kyslíka a vodíka vody boli merané na hmotnostnom spektrometri DELTA V Advantage (Thermo Fischer) metódou ekvibrácie na periférii GasBench. Presnosť meraní pre kyslík je lepšia ako 0,15 ‰, pre vodík lepšia ako 1,5 ‰. Postup preparácie a merania síry je uvedený na laboratórnych protokoloch (príloha č. 6.2) a podrobne popísaný v záverečnej správe z I. etapy prieskumu. Výsledky meraní sú uvedené na laboratórnych protokoloch (príloha č. 6.2) a zhrnuté v tab. 6.4.

Aktivita trícia bola stanovená vo vzorkách vody zdrojov Lenkey a Štefánik zo Sliacha, Borová hora a vo vode z vrtov C3-1, C3-2 a C5-2, v ktorých bola počas overovacích čerpacích skúšok nameraná merná elektrická vodivosť nad 1000 μS.cm⁻¹. Aktivitu trícia stanovili v NRL VÚVH Bratislava (príloha č. 6.3) a výsledky meraní zhŕňa tab. 6.4.

Tab. 6.4: Izotopové zloženie a aktivita trícia podzemných a povrchových vôd

V-SMOW:Vienna Standard Mean Oceanic Water (medzinárodný štandard pre izotopové zloženie vody)

CDT: Canyon Diablo Troilite (medzinárodný štandard pre izotopové zloženie síry)

- Vzorky boli odoberané súčasne s analytickými vzorkami vôd, aby bola molekula síranu presne definovaná ako z hľadiska koncentrácie vo vode, tak aj z hľadiska izotopového zloženia

Lab. číslo	Zdroj	Dátum odberu	Merná el. vodivosť [μS.cm ⁻¹]	δ ¹⁸ O _{H2O} [‰] V-SMOW	δ ² H _{H2O} [‰] V-SMOW	δ ³⁴ S _{SO4} [‰] CDT	SO ₄ [mg.l ⁻¹]	Sr [mg.l ⁻¹]	Aktivita ³ H [Bq.l ⁻¹]
7297	Borová hora	02.09.2013	2894	-11,18	-79,08	24,25	1500	12,49	< 0,28
7255	C3-1	15.08.2013	1230	-11,03	-73,61	18,83	324	2,333	< 0,28
7256	C3-2	16.08.2013	1309	-11,32	-74,52	25,86	299	2,774	< 0,28
7257	C3-3	17.08.2013	242	-10,33	-73,73	0,03	31,2	0,221	
7258	C3-4	13.08.2013	155	-10,16	-72,14	8,75	10,3	0,192	
7259	C3-5	14.08.2013	521	-9,73	-68,71	3,20	43,9	0,577	
7260	C3-7	20.08.2013	464	-10,41	-71,55	-15,12	41,0	0,908	
7261	C3-10	18.08.2013	429	-9,84	-70,98	20,68	36,9	0,665	

7302	C5-2	07.09.2013	1181	-10,71	-74,90	21,35	298	3,107	< 0,29
7335	C5-3	19.09.2013	624	-9,93	-69,66	22,32	160	1,782	
7336	C5-4	19.09.2013	223	-10,06	-70,17	6,61	24,4	0,154	
6865	Dedovec	12.09.2012	150	-9,93	70,38	6,40	15,1	0,121	
7298	Dedovec	02.09.2013	147	-10,44	-72,42	7,07	21,0	0,112	
7295	Lenkey	02.09.2013	2968	-12,13	-80,89	24,99	1570	12,22	< 0,29
6907	MP-1	24.10.2012	499	-8,76	-58,00	-3,42	46,9	0,135	
7301	MP-1	02.09.2013	225	-9,38	-67,64	0,47	54,0	0,189	
6866	Pri laze	12.09.2012	625	-10,04	-69,14	2,21	17,9	0,536	
7299	Pri laze	02.09.2013	643	-10,17	-70,88	4,22	24,2	0,534	
7296	Štefánik	02.09.2013	564	-9,99	-68,32	14,38	46,7	0,929	0,33
6867	Vtáčnik	12.09.2012	630	-9,75	-65,80	-16,30	62,6	1,263	
7300	Vtáčnik	02.09.2013	652	-10,02	-71,61	-17,34	79,2	1,169	

Stabilné izotopy kyslíka a vodíka

Väčšina podzemných vôd pochádza zo zrážok. O izotopovom zložení zrážok vody na území Slovenska máme poznatky na základe desaťročného (1988 – 1997) monitoringu $\delta^{18}\text{O}$ priemerných mesačných kumulovaných zrážok v ôsmich staniciach. Pre predmetné územie sa najvhodnejšou javí stanica Mochovce s nadmorskou výškou 260 m n. m. (Michalko 1998), tab. 6.5.

Tab. 6.5: Izotopové zloženie kyslíka mesačných kumulovaných zrážok na stanici SHMÚ Mochovce za obdobie rokov 1988 -1997 (podľa Michalka 1998, upravené).

Stanica Mochovce (260 m n.m.) Mesačné kumulované zrážky 1988 -1997												
$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
priemer	-11,4	-12,3	-9,24	-9,97	-6,88	-6,47	-5,61	-7,51	-7,82	-8,98	-10,5	-12,4
medián	-12,1	-11,8	-9,88	-10,3	-7,19	-6,17	-5,61	-6,72	-7,58	-9,07	-9,88	-13
max	-6,7	-9,36	-6,43	-6,07	-2,68	-5,29	-3,1	-5,71	-5,19	-6,98	-8,65	-8,9
min	-17,2	-16,2	-12	-12,9	-8,2	-9,61	-7,81	-11,7	-10,3	-10,9	-14,9	-15,8
n	9	10	9	10	10	10	10	9	9	8	10	9
	rok				zima (X – III)				leto (IV – IX)			
priemer	-9,09				-10,96				-7,21			
maximum	-2,68				-6,43				-2,68			
minimum	-17,2				-17,2				-6,98			

V tab. 6.5 sú uvedené hodnoty priemeru $\delta^{18}\text{O}$ spolu s minimálnymi a maximálnymi hodnotami pre jednotlivé mesiace, celý rok a zimné i letné obdobie za celý sledovaný interval. Priemerná hodnota $\delta^{18}\text{O}$ pre zrážky za 10 rokov na stanici Mochovce je -9,09 ‰. Z tab. 6.5 je zrejmý charakteristický ročný chod zrážok, s izotopicky obohatenými hodnotami (ťažšími, s vyšším zastúpením ťažkého izotopu, menej zápornými) $\delta^{18}\text{O}$ v letných mesiacoch, a naopak ochudobnenými (izotopicky ľahšími, zápornejšími) v chladných zimných mesiacoch. Priemerné hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ pre zimu a leto sú -10,96 ‰, resp. -7,21 ‰. Vo všeobecnosti platí, že podstatná časť podzemnej vody pochádza zo zimných zrážok. Izotopové zloženie zimných zrážok (snehu) sa však počas trvania snehovej pokrývky mení, v dôsledku zložitých procesov ktoré sa v nej odohrávajú, napr. opakované topenie-zamŕzanie, miešanie sa, formovanie firnu, sublimácia. A tak infiltrujúca voda, ktorá pochádza zo zimných zrážok, môže mať izotopové zloženie pomerne výrazne odlišné od izotopového zloženia práve vypadnutej zrážky.

Izotopové zloženie síry zrážok Slovenska bolo sledované na vzorkách snehu v sezóne 1995-1996, pričom bolo odobratých z celého územia 22 vzoriek (Malík et al. 2000). Vzorkovanie prebehlo v marci 1996, pričom snehová pokrývka na väčšine územia ležala nepretržite od decembra 1995, a tak odber celého profilu snehu na každej lokalite reprezentoval prakticky úplné zimné zrážky. Najbližšie k sledovanému územiu boli lokality Zobor, Patince a Rochovce, tab. 6.6. Izotopové zloženie síry zrážok sa pohybuje v rozsahu $\delta^{34}\text{S}$ 4,6 ‰ až 6,5 ‰, pričom podiel morskej zložky (PSSCI 0,14) sa pohybuje okolo 5 %. Podobné zloženie síry možno očakávať v podzemných vodách s nízkou koncentráciou síranov.

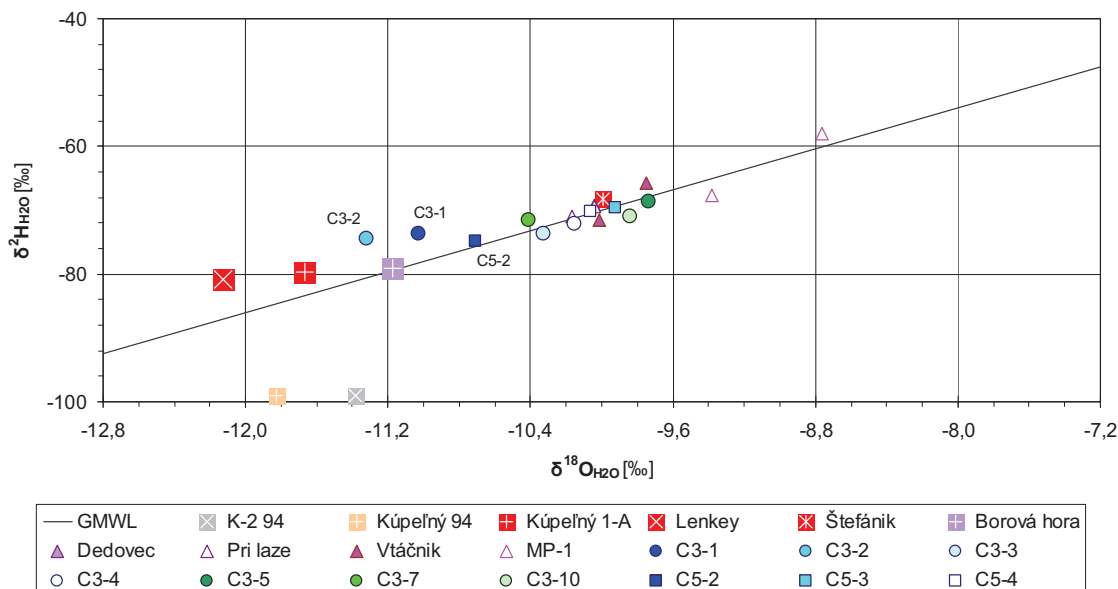
Tab. 6.6: Izotopové zloženie síry v zimných zrážkach v zime 1996
(podľa Malík et al. 2000), upravené

Lokalita	Dátum odberu	T _{vzduch} [°C]	T _{sneh} [°C]	EC [μS·cm ⁻¹]	$\square^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ CDT [‰]	%PSSCI 0,14 [%]
Patince	21.02.1996	1,0	-0,1	23	6,5	5,2
Zobor Nitra	23.02.1996			25	4,9	4,5
Rochovce	05.03.1996	0,5	-2,0	29	4,6	4,0

Voda zo všetkých skúmaných zdrojov pochádza zo zrážok. Väčšina z nich, vrátane vody zo zdroja Štefánik, okrem merného objektu MP-1, minerálnych vôd a vôd vrtov C3-1, C3-2 a C5-2, spadá do rozsahu charakteristického pre izotopové zloženia lokálnych zrážok, od ktorých ich treba odvodzovať. Rozdiely v izotopovom zložení O a H môžu byť spôsobené rôznymi obehovými cestami a rozdielmi v nadmorskej výške infiltračných oblastí. Vzorkovanie zachytilo rôzne fázy režimu (obr. 6.7). Izotopové zloženie skúmaných vzoriek vôd sa pohybuje v rozsahu $\delta^{18}\text{O}$ od -9,73 po -10,41 ‰, $\delta^2\text{H}$ od -65,80 do -73,73 ‰. Ak budeme považovať vody vrtov C3-3 a C3-7 tiež za ovplyvnené izotopicky ľahkými minerálnymi vodami, rozsah $\delta^{18}\text{O}$ a $\delta^2\text{H}$ bude len od -10,17 ‰ resp. od -72,14‰.

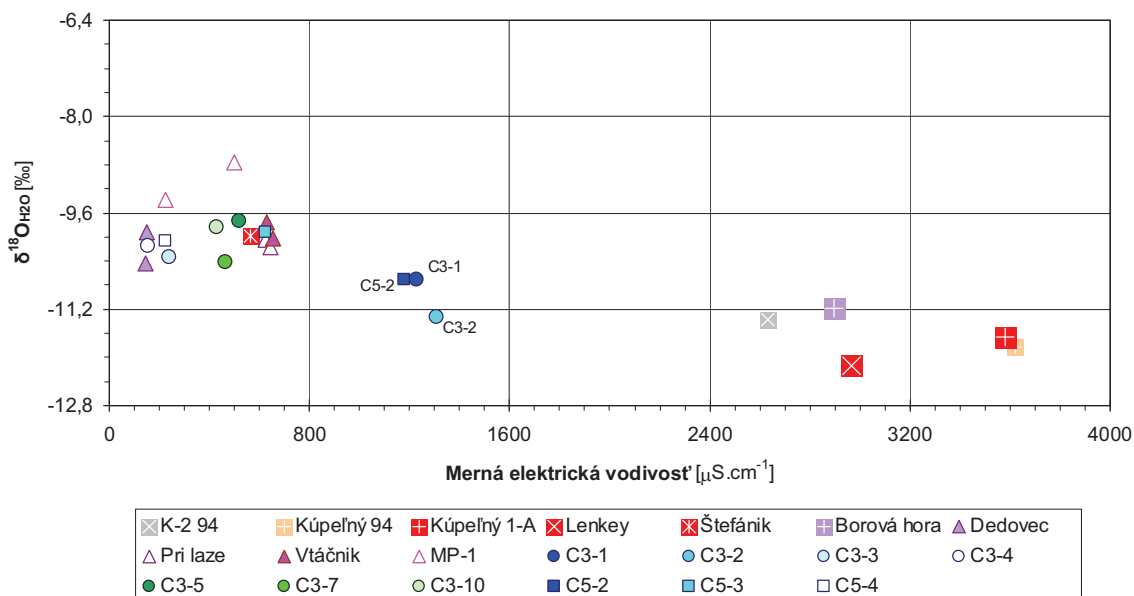
Voda potoka v mernom objekte MP-1 je izotopicky ťažšia. Pri prvom vzorkovaní (október 2012) sa zrejme prejavila prítomnosť letných zrážok - „novej vody“, pri vzorkovaní v roku 2013 je v toku vyšší podiel „starej“ podzemnej vody.

Obr. 6.7: Izotopové zloženie kyslíka a vodíka podzemných vôd z rôznych zdrojov v skúmanom území vo vzťahu ku globálnej priamke zrážkových vôd (Global Meteoric Water Line, GMWL), ktorá je charakterizovaná vzťahom $\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10$



Minerálne vody v Sliachi (Kúpeľný I.A a Lenkey) sa vyznačujú stálym izotopovým zložením ($\delta^{18}\text{O} \sim -11,9 \text{ ‰}$, $\delta^2\text{H} \sim -80,0 \text{ ‰}$), v ktorých je zastúpenie ľahkých izotopov kyslíka a vodíka vyššie. Na základe toho možno predpokladať dlhší obeh vody s účasťou vody infiltrovanej v období s chladnejšími klimatickými podmienkami. Podobná, izotopicky, ľahká voda je prítomná i vo vývere Borová hora. Podiel takejto izotopicky ľahkej vody je nepochybný aj vo vodách vrtov C3-1, C3-2, C5-2. Túto skutočnosť možno dokumentovať i vzťahom medzi mineralizáciou (tu reprezentovaná mernou elektrickou vodivosťou) a $\delta^{18}\text{O}$ (pozri obr. 6.8).

Obr. 6.8: Vzťah $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ k mineralizácii (reprezentovaná mernou elektrickou vodivosťou) v podzemnej vode sledovaných zdrojov v dotknutom území



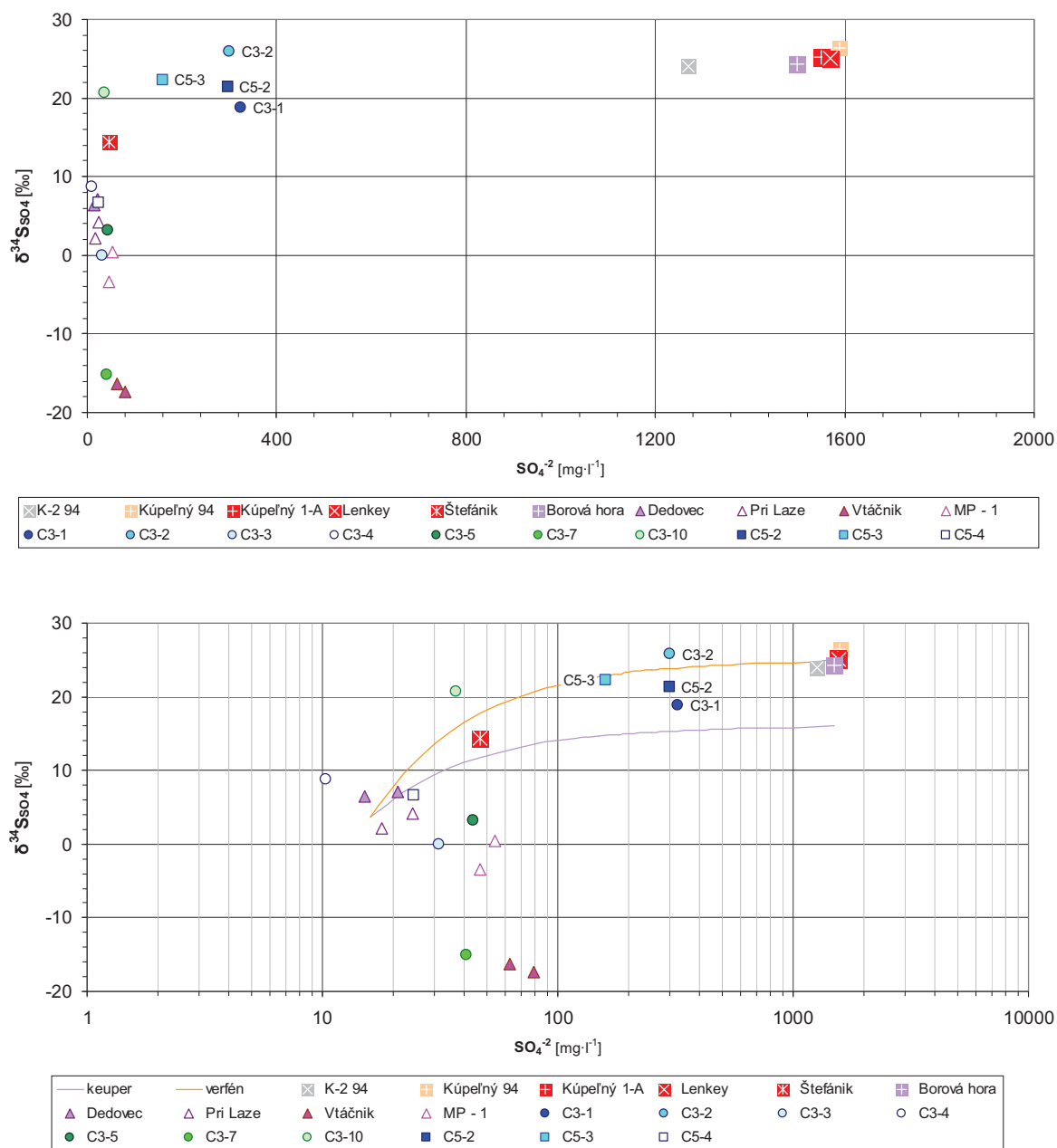
Izotopy síry síranu prítomného vo vode sledovaných zdrojov

Síra zo zdrojov rôzneho pôvodu má charakteristické izotopové zloženie (Michalko 2004). Pre sulfidy, síru vulkanického pôvodu, síru vznikajúcu pri redukčných procesoch a síru organického pôvodu sú charakteristické hodnoty $\delta^{34}\text{S}$ blízke 0 ‰ a záporné hodnoty. Pre sedimentárne sulfáty morského pôvodu, neovplyvnené naloženými procesmi, sa izotopové zloženie síry pohybuje v rozmedzí od cca 5 ‰ do cca 32 ‰. Izotopové zloženie kyslíka aj síry molekuly síranového aniónu kopíruje izotopové zloženie síranu prítomného vo vode svetového oceánu. Tento síran má v danom geologickom období uniformné zloženie prakticky v celom svetovom oceáne, pričom v jednotlivých geologických obdobiach rozličné. Pre sírany evaporitov sedimentárnych sérií Západných Karpát je charakteristické $\delta^{34}\text{S}$ v perme (5 – 10 ‰), ktoré postupne rastie a v oceáne na rozhraní stredného a spodného triasu (verfén) dosiahlo hodnoty $\delta^{34}\text{S}$ okolo 25 ‰, prírastok ľahkých izotopov možno pozorovať v evaporitoch vrchnotriasového oceánu ($\delta^{34}\text{S}$ okolo 16 – 18 ‰), v miocéne $\delta^{34}\text{S} = 23$ ‰, v súčasnom oceáne má hodnotu $\delta^{34}\text{S} = 21$ ‰. Izotopové zloženie síry sulfátu $\delta^{34}\text{S}$ sledovaných zdrojov podzemnej vody sa pohybuje v rozsahu od -17,34 ‰ do + 25,86 ‰, ak berieme do úvahy i vzorku z Kúpeľného prameňa I.A z roku 1994, tak do +26,4 ‰, pri koncentráciách síranov od 10,3 mg.l⁻¹ do 1570 (resp. 1589) mg.l⁻¹. Závislosť izotopového zloženia síry síranu na jeho koncentrácii je znázornená na obr. 6.9, v normálnej a v semilogaritmicknej notácii.

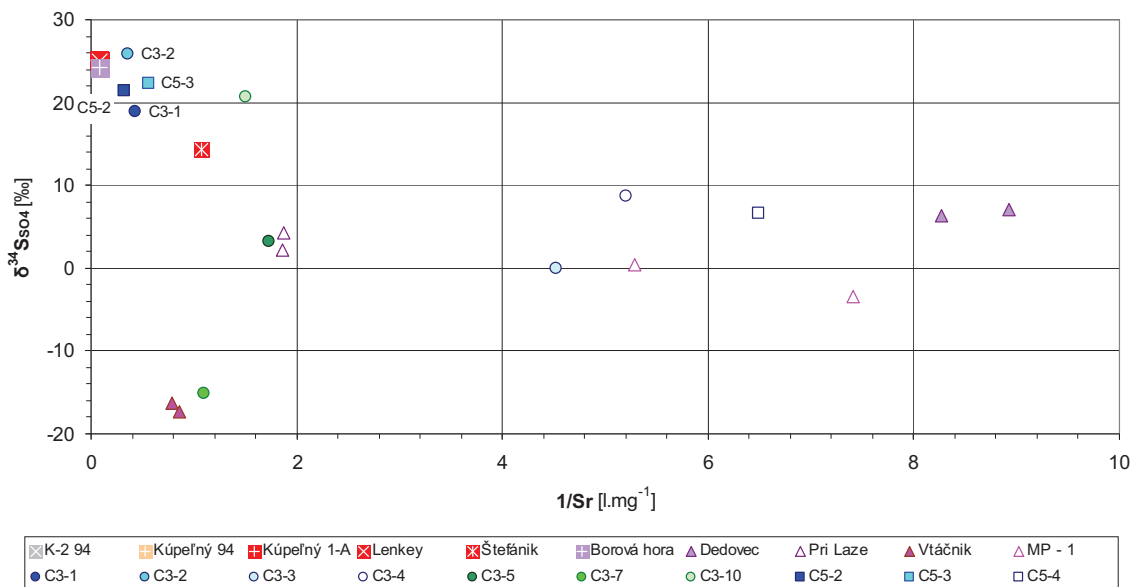
Podľa izotopového zloženia síry rozpusteného síranu možno v súbore sledovaných zdrojov podzemnej vody vyčleniť niekoľko skupín (obr. 6.9):

- v zdrojoch minerálnej vody sliackeho typu je prítomná izotopicky ťažká síra vo vysokej koncentrácii (Kúpeľný prameň I.A, prameň Lenkey, výver Borová hora a vrt K-2 v Kováčovej). Síra s takýmto izotopovým zložením ($\delta^{34}\text{S} \sim 25$ ‰) je charakteristická pre morské sedimenty spodného – stredného triasu (werfén). Voda týchto zdrojov je charakteristická vyšším obsahom stroncia (cca 12 až 13 mg.l⁻¹),
- podiel obohatenej (ťažkej) síry a tiež zvýšených koncentrácií stroncia, možno doložiť vo vode vrtov C3-1, C3-2, C5-2 a C5-3 (a vrtu C3-10 a prameňa Štefánik). U vrtov C3-2 a C5-3 ide o zmiešavanie vody s vysokým obsahom ťažkej síry s vodou s nízkymi koncentráciami izotopicky ľahkej síry, takej, aká je prítomná v prameňoch Dedovec a Pri Laze a vo vrte C5-4 (obr. 6.9 a obr. 6.10). Na formovanie izotopového zloženia síranu vo vode vrtov C3-1 a C5-2 vplýva buď oxidačno-redukčný proces, a/alebo zmiešavanie s ešte nejakým zdrojom s relatívne zvýšeným obsahom veľmi ľahkej síry – takým ako voda potoka v mernom objekte MP-1, prípadne vrtov C3-7 a Vtáčnik,
- veľmi ľahká síra vo vode vrtov C3-7 a Vtáčnik predstavuje buď uvoľnenú zložku počas pravdepodobne bakteriálne podmienenej redukcie, alebo je dôsledkom rozpúšťania izotopicky ľahkých sulfidov prítomných v horninovom prostredí. Zdrojom môže byť aj znečistenie antropogénneho pôvodu. Proces je však dosť významný, pretože voda zdrojov obsahuje pomerne vysoké koncentrácie síranu,
- nejednoznačný, a u každého zdroja individuálny, je pôvod ťažkej síry vo vodách prameňa Štefánik a vrtov C3-4 a C3-10.

Obr. 6.9: Izotopové zloženie síry rozpusteného síranu v závislosti na jeho koncentrácii.



Obr. 6.10: Voda s vysokým obsahom ťažkých izotopov síry má zvýšené koncentrácie Sr, prezentované v zobrazení závislosti $\delta^{34}\text{S}$ na $1/\text{Sr}$.



Aktivita trícia

Aktivita trícia bola stanovená vo vzorkách vody zdrojov Lenkey a Štefánik zo Sliača, Borová hora a vo vode z vrtov C3-1, C3-2 a C5-2.

Všeobecne sa za vodu, ktorá neobsahuje trícium považuje voda s aktivitou trícia menšou ako 0,8 TU, čo predstavuje cca 0,1 Bq.l⁻¹. Vybavenie NRL VÚVH Bratislava umožňuje dosiahnuť výsledky na hranici dvojnásobku tejto hodnoty. Napriek tejto skutočnosti je možné vzorky s aktivitou trícia menej ako 0,28, resp. 0,29 Bq.l⁻¹ považovať za vzorky prakticky bez trícia, čiže infiltrované pred začiatkom jadrových pokusov v polovici minulého storočia, prípadne za vody s vysokým podielom takejto vody. Podľa tab. 6.4 je takáto voda prítomná v prameni Lenkey, vývere Borová hora a vo vode z vrtov C3-1, C3-2 a C5-2. Voda z prameňa Štefánik vykazuje aktivitu trícia 0,33 Bq.l⁻¹ (2,77 TU), čo svedčí o účasti v súčasnosti infiltrovanej vody na zložení vody prítomnej v tomto zdroji. Ten sa takto od ostatných líši i v tomto parametre.

6.3.6 Posúdenie genézy podzemných vôd skúmanej oblasti

Na základe izotopového zloženia kyslíka a vodíka možno konštatovať, že podzemné vody skúmanej oblasti, s výnimkou minerálnych a termálnych vôd a vôd vrtov C3-1, C3-2 a C5-2, pochádzajú z miestnych zrážok. Vo vodách zdrojov Kúpeľný I.A, Lenkey a Borová hora je vyššie zastúpenie ľahkých izotopov kyslíka a vodíka, ktoré poukazuje na dlhší obeh vody v horninovom prostredí s účasťou vody infiltrovanej v období s chladnejšími klimatickými podmienkami, prípadne vo vyšších nadmorských výškach. Podiel izotopicky ľahkej vody je aj vo vodách vrtov: C3-1, C3-2, C5-2.

V zdrojoch minerálnej vody „sliačskeho typu“ (Kúpeľný I.A, prameň Lenkey a výver Borová hora) je prítomná vo vysokej koncentrácii izotopicky ťažká síra ($\delta^{34}\text{S} \sim 25 \text{ ‰}$), ktorá je typická pre morské sedimenty spodného a stredného triasu (werfenu) s výskytom morských sedimentov s obsahom evaporitov. Charakteristické pre ne je vysoký obsah síranov (1500 mg.l⁻¹), vyšší obsah stroncia (12 až 13 mg.l⁻¹), nízky obsah kyseliny kremičitej (22 až 30 mg.l⁻¹).

¹⁾ a základný nevýrazný Ca-SO_4 typ chemického zloženia. Na ich infiltráciu zo zrážok v chladnejšom období poukazuje vyššie zastúpenie ľahkých izotopov kyslíka a vodíka a aktivita trícia poukazuje na obdobie pred jadrovými pokusmi (polovica minulého storočia).

Obohatené o izotopicky ťažkú síru sú aj vody vo vrtoch: C3-1, C3-2, C5-2 a C5-3, pre ktoré je charakteristická vyššia mineralizácia, zvýšený obsah síranov (160 až 324 mg.l^{-1}), vyšší obsah stroncia ($1,8$ až $3,1 \text{ mg.l}^{-1}$) a základný nevýrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia.

Pri vodách vrtoch C3-2 a C5-3 sa jedná o miešanie vody s vysokým obsahom ťažkej síry („sliackeho typu“) s vodami s malými koncentráciami izotopicky ľahkej síry, ktorá je prítomná napríklad vo vodách prameňov Dedovec, Pri Laze a vo vrte C5-4. Na formovanie izotopového zloženia síranu vo vode vrtoch C3-1 a C5-2 vplýva buď oxidačno-redukčný proces, alebo miešanie „sliackych vôd“ s vodami so zvýšeným obsahom veľmi ľahkej síry, ako je v Sliackom potoku, prípadne vo vode C3-7, alebo vrte Vtáčnik. Predpokladáme, že chemické zloženie podzemných vôd vrtoch C3-1, C3-2, C5-2 a C5-3 sa tvoria miešaním v rôznom pomere minerálnych vôd „sliackeho typu“ s vodami plytšieho obehu.

Izotopicky ťažká síra je prítomná i v podzemných vodách prameňa Štefánik a vo vodách vrtoch C3-4 a C3-10. Pôvod síranu nie je jednoznačný a u každého zdroja je individuálny. Vody majú nízku mineralizáciu (do 650 mg.l^{-1}), chemické zloženie základného výrazného Ca-HCO_3 typu s obsahom síranov 47 mg.l^{-1} a stroncia do $0,9 \text{ mg.l}^{-1}$. Nízka mineralizácia poukazuje na ich plytší obeh. Preplynenie vody prameňa Štefánik je výsledkom miešania sa týchto vôd s CO_2 , vystupujúcim k zemskému povrchu po zlomových líniách.

V ostatných zdrojoch (vrty C3-3, C3-5, C3-7, C5-4, Vtáčnik a pramene Dedovec a Pri Laze) dominuje izotopicky ľahká síra, jedná sa o obyčajné podzemné vody s mineralizáciou do 650 mg.l^{-1} . Izotopicky veľmi ľahká síra sa vyskytuje vo vodách vrtoch C3-7 a Vtáčnik, ktorých vody majú chemické zloženie základného výrazného Ca-HCO_3 typu so zvýšeným obsahom síranov (cca 41 až 79 mg.l^{-1}) a vyšším obsahom stroncia ($0,9$ až $1,17 \text{ mg.l}^{-1}$). Pôvod izotopicky veľmi ľahkej síry pri týchto vodách možno hľadať v zložke uvoľnenej pri redukcii pôvodného síranu, v rozpúšťaní sulfidov prítomných v horninovom prostredí s odpovedajúcim izotopovým zložením, alebo v antropogénnom znečistení. Vo vrtoch C3-3 a C3-5 je prítomná ľahká síra, ktorá je zrejme výsledkom redukčných procesov. Podzemné vody týchto vrtoch majú základný, výrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia, avšak vo vrtoch C3-7 a Vtáčnik obsahujú menej síranov (31 až 44 mg.l^{-1}) a stroncia (cca $0,2$ až $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$). V podzemných vodách prameňov Dedovec, Pri Laze a vrtu C5-4 je síra bakteriálneho pôvodu, zhodná s lokálnymi zrážkami, majú chemické zloženie zväčša základného výrazného Ca-HCO_3 typu s nízkym obsahom síranov (do 31 mg.l^{-1}) a stroncia (do $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$). Vzhľadom na vyššie uvedené sa domnievame, že chemické zloženie podzemných vôd vrtoch C3-3, C3-5, C3-7, C5-4, Vtáčnik a prameňov Dedovec a Pri Laze sa formuje v geologickej štruktúre so zvýšeným obsahom silikátového materiálu, ktorá je odlišná od prostredia, kde sa tvorí chemické zloženie minerálnych, resp. termálnych vôd.

Na základe izotopového zloženia môžeme konštatovať, že na zložení podzemných vôd vrtu C3-1 a pravdepodobne aj vrtoch C3-2 a C5-2 sa podieľa voda s identickým izotopickým záznamom, ako majú minerálne a termálne vody žriedelnej oblasti v Sliachi (Kúpeľný I.A, Lenkey), v Kováčovej (K-2) a Borovej hore.

Atmogeochemickými sondami boli zistené tri anomálie. Dve s koncentráciami v rozpätí $2,0$ – $3,5 \text{ obj.}\%$ sa nachádzajú na priečnej zlomovej línii SZ-JV smeru (Sliacka dolina) a tretia s rozsahom CO_2 od $1,0$ do $4,9 \text{ obj.}\%$ bola zdokumentovaná na okraji I. ochranného pásma kúpeľov Sliach.

7. ZHODNOTENIE SPOLOČNEJ 60-DŇOVEJ ČERPACEJ SKÚŠKY

7.1 Všeobecné údaje

Overovacími hydrodynamickými skúškami vo vrtoch C3-1 a C3-2 boli zistené významné zdroje minerálnych vôd s obsahom oxidu uhličitého. V zmysle zákona 538/2005 Z.z. bola táto skutočnosť oznámená Štátnej kúpeľnej komisii MZ SR, ktorá nariadila vykonať na vrtoch: C3-1, C3-2, C5-2 a C5-3 spoločnú poloprevádzkovú čerpaciu skúšku v trvaní šesťdesiat dní. Skúška mala byť vykonaná na max. možnej výdatnosti.

Vzhľadom na minimálnu výdatnosť vrtu C5-3 bol namiesto neho čerpaný vrt C5-4.

7.2 Metodika a rozsah

Na základe overovacích čerpacích skúšok sme do čerpacích vrtov umiestnili ponorné čerpadlá (tab. 7.1.) a dataloggery na meranie: hydrostatického tlaku, teploty vody a mernej elektrickej vodivosti. Do pozorovacích vrtov boli vložené dataloggery na meranie hydrostatických tlakov. Intervaly meraní boli analogické s meraniami na Kúpeľnom prameni I.A a dohodla sa súčinnosť s balneológom kúpeľov Sliač pri sledovaní kúpeľných prameňov.

Tab. 7.1: Ponorné čerpadlá (a ich parametre) použité počas 60-dňovej čerpacej skúšky

Vrt	Typ čerpadla	Výkon motora	Výtlak (m)	Q (l/min)	Zdroj
C3-1	ST-8020	5,5 kW	125 m	140 l/min	elektrocentrála
C3-2	VS-65/4	13,0 kW	57 m	900 l/min	rozdávateľ
C5-2	ST-8011	3,0 kW	70 m	140 l/min	elektrocentrála
C5-4	ST-8011	3,0 kW	70 m	140 l/min	elektrocentrála

Výtláčne potrubia z vrtov C3-1 a C3-2 sme zaústili do rigolu, odvádzajúceho povrchové vody do Hrona. Voda z ostatných vrtov bola vypúšťaná na terén vo vzdialenosti min. 50 m od čerpaných vrtov. Skúška bola zahájená 16. apríla 2014 a ukončená 14. júna 2014. Nábeh na maximálne čerpané množstvá bol postupný, aby sa predišlo výronu oxidu uhličitého.

Počas čerpania sa sledovali (2-krát denne):

- výdatnosti čerpaných vrtov,
- prelivy na kúpeľných prameňoch dolnej a hornej žriedelnej oblasti,
- základné fyzikálne a chemické parametre (pH, merná elektrická vodivosť, teplota, CO₂),
- klimatické údaje (denné zrážkové úhrny a teploty vzduchu).

Obsluha elektrocentrál v šesťhodinových intervaloch dopĺňala pohonné hmoty a kontrolovala ich technický stav. Čerpanie bolo niekoľkokrát krátkodobo prerušené z dôvodu výmeny olejových a palivových filtrov. Skúšky boli vyhodnotené tabelárne, graficky (príloha č. 5.2) a štatisticky.

Z vrtov sme odobrali vzorky vôd,

- * 30.4.2014 základná analýza minerálnej vody
- * 27.5.2014 základná analýza minerálnej vody
- * 3. a 4.6.2014 rozšírená analýza minerálnej vody

podľa internej smernice HydroGEP, s.r.o. (Integrovaný manažérsky systém riadenia kvality, environmentálneho manažérstva a systému BOZP v odbore realizácia odberu vzoriek vôd), v ktorej sú zakomponované podmienky STN EN ISO 5667.

Chemické analýzy realizovali laboratória INGEO-ENVILAB, s.r.o. Žilina v rozsahu stanovenom Vyhláškou MZ SR č.100/2006 Z.z. a ich výsledky sme spracovali v programe HYCHE (Kovařík K, 2009) a Microsoft Excel. Z výstupov boli zhotovené zostavy (príloha č. 6.4), slúžiace ako podklady pre konštrukciu líniových a súhrnných grafov a pre klasifikáciu vôd. Táto

klasifikácia je založená na princípe prevládajúcich iónov, iónových kombinácií a charakterizačných koeficientov.

Pre určenie petrogénnej mineralizácie podzemných vôd sme zvolili Gazdovu klasifikáciu, vychádzajúcu z Palmerových charakteristík, v ktorých sa za spodnú hranicu prevládajúcich iónov určila hranica 20 c.z. %.

Na časovú identifikáciu zmien sme využili grafické metódy zobrazovania chemického zloženia: Stiffov a Piperov graf a zhodnotili ich v zmysle vyhlášky MZ SR č. 100/2006 Z.z.

7.3 Výsledky 60-dňovej spoločnej čerpacej skúšky

Grafické vyhodnotenie spoločnej 60-dňovej čerpacej skúšky sme spracovali v prílohe č. 5.2. Prehľad výsledkov a ich štatistické vyhodnotenie je spracovaný v tab. 7.2 a 7.3 (čerpané vrtý), v tab. 7.4 (kúpeľné pramene v Sliachi), v tab. 7.5 a 7.6 (pozorovacie vrtý) a v tab. 7.7 (pramene a vrt BO-3).

Tab. 7.2: Hĺbky hladín podzemnej vody v čerpaných vrtoch

	C3-1	C3-2	C5-2	C5-4
Hĺbka HPV pred ČS (h_0)	1,74	1,05	43,07	26,51
Hĺbka HPV po ČS (h_i)	21,03	18,69	53,38	38,32
Hĺbka HPV z 24.6.2014 (h_{tt})	2,18	3,45	45,11	31,46
Rozdiel ($h_{tt} - (h_0)$)	0,44	2,40	2,04	5,36

Tab. 7.3: Štatistické vyhodnotenie výsledkov z čerpaných vrtov počas ČS

Parameter	Jednotky	Min.	Priemer	Max.	Modus	Smer. odch.
C3-1						
Výdatnosť	(l/s)	0,33	0,36	0,75	0,38	0,05
Zníženie	(m)	1,83	22,75	29,29	24,61	3,35
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	1164	1662	1915	1716	138
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	10,2	11,4	13,8	11,7	0,28
CO ₂	(mg/l)	303	844	1278	909	172
C3-2						
Výdatnosť	(l/s)	10	13,48	14,70	14,34	0,33
Zníženie	(m)	3,16	15,5	17,65	17,32	1,79
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	1352	1730	1875	1840	91
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	10,7	12,6	13,4	13,0	0,54
CO ₂	(mg/l)	1898	2081	2309	1927	96
C5-2						
Výdatnosť	(l/s)	0,21	0,24	0,3	0,3	0,02
Zníženie	(m)	4,13	12,52	15,13	11,85	1,3
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	1015	1479	1580	1559	109
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	12,7	14,7	16,3	16,1	0,73
CO ₂	(mg/l)	184	717	1284	663	112
C5-4						
Výdatnosť	(l/s)	0,17	0,23	0,3	0,24	0,05
Zníženie	(m)	5,26	16,81	34,28	14,53	5,41
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	154	166	190	162	7,23
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	11,4	12,0	12,7	12,3	0,2
CO ₂	(mg/l)	-	-	-	-	-

Tab. 7.4: Štatistické vyhodnotenie monitoringu minerálnych a termálnych vôd v Sliachi počas ČS

Parameter	Jednotka	Min.	Priemer	Max.	Modus	Smer. odch.
Kúpeľný prameň I.A						
Preliv	(l/s)	4,51	4,83	5,2	4,84	0,13
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	3456	3634	3707	3630	26,34
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	29,9	32,43	33,19	32,90	0,17
CO ₂	(mg/l)	1190	1281	1365	1268	36
Lenkey						
Preliv	(l/s)	0,07	0,07	0,08	0,07	0,00
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	2223	2483	2823	1656	45
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	22,2	22,34	22,50	22,30	0,07
CO ₂	(mg/l)	1540	1676	1760	1656	45
Štefánik						
Preliv	(l/s)	0,04	0,05	0,06	0,05	0,00
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	495	550	659	525	32,52
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	12,1	12,4	12,8	12,2	0,16
CO ₂	(mg/l)	2481	2674	2771	2737	64,9
Adam (preliv len od 20.5. do 8.6.2014)						
Preliv	(l/s)	0,0008	0,0059	0,0106	0,0009	0,0023
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	21,2	21,9	23,1	21,4	0,55
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	21,1	22,0	23,1	21,4	0,64
CO ₂	(mg/l)	1023	1274	1551	1277	123,7
Bystrica - suchý						
	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.5: Štatistické vyhodnotenie hĺbok hladín v pozorovacích vrtoch počas ČS

	C3-3	C3-4	C3-5	C3-7	C3-10	C5-5
Hĺbka HPV (m) pred CS	10,98	23,45	8,93	30,18	7,55	61,09
Hĺbka HPV (m) po CS	11,78	23,42	8,91	30,23	7,11	61,11
Min. hĺbka HPV (m)	10,88	23,38	8,76	30,03	7,00	61,09
Priemerná hĺbka HPV (m)	11,04	23,42	8,88	30,17	7,22	61,15
Max. hĺbka HPV (m)	11,13	23,47	8,95	30,26	7,55	61,23
Modálna hĺbka HPV (m)	11,05	23,43	8,92	30,16	7,05	61,16
Smerodajná odchýlka	0,05	0,02	0,04	0,04	0,17	0,03

Tab. 7.6: Štatistické vyhodnotenie výsledkov z monitoringu na pozorovacích vrtoch počas ČS

Parameter	Jednotka	Min.	Priemer	Max.	Modus	Smer. odch.
C5-3						
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	708	718	729	709	6,5
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	16,3	16,3	16,3	16,3	-
CO ₂	(mg/l)	-	-	-	-	-
C3-3						
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	227	233	240	237	3,56
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	10,5	11,27	12,9	10,6	0,76
CO ₂	(mg/l)	-	-	-	-	-
C3-4						
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	129	146	162	132	8,39
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	9,6	10,7	12,9	10,0	1,09
CO ₂	(mg/l)					
C3-5						
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	130	151	169	147	8,07
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	8,9	9,6	10,6	9,5	0,49
CO ₂	(mg/l)	331	407	550	-	123
C3-7						
Memá el. vodivosť	(μ S/cm)	349	378	405	366	14,6
Teplota vody	($^{\circ}$ C)	11	11,8	13,6	11,3	0,74

CO ₂	(mg/l)	-	-	-	-	-
C3-10						
Memá el. vodivosť	(μS/cm)	708	718	729	709	6,5
Teplota vody	(°C)	9,2	10,14	11,2	9,9	0,67
CO ₂	(mg/l)	-	-	-	-	-

Tab. 7.7: Štatistické vyhodnotenie výsledkov z monitoringu na prameňoch a vrte BO-3

Parameter	Jednotka	Min.	Priemer	Max.	Modus	Smer. odch.
BO-3 (Z.Bondarenková, 1986)						
Memá el. vodivosť	(μS/cm)	3485	3536	3640	3550	43
Teplota vody	(°C)	14,4	15,6	17,9	14,9	1,23
CO ₂	(mg/l)	1475	1659	1921	1712	120
Dedovec						
Vydatnosť	(l/s)	0,48	0,67	2,15	0,53	0,22
Memá el. vodivosť	(μS/cm)	627	649	659	651	9,16
Teplota vody	(°C)	11,1	11,7	14,5	11,2	1,03
CO ₂	(mg/l)	-	-	-	-	-
Pri laze						
Vydatnosť	(l/s)	0,48	0,67	2,15	0,53	0,22
Memá el. vodivosť	(μS/cm)	627	649	659	651	9,16
Teplota vody	(°C)	11,1	11,7	14,5	11,2	1,03
CO ₂	(mg/l)	-	-	-	-	-

7.4 Hydrogeochemické vyhodnotenie vôd počas 60-dňovej čerpacej skúšky

Hydrogeochemické vyhodnotenie vychádza z výsledkov chemických analýz vzoriek (príloha č. 6.1), odobratých z čerpaných vrtov: C3-1, C3-2, C5-2 a C5-4 a pre porovnanie časových zmien sa využili analýzy z predchádzajúcich období:

- C3-1 z 15.8. 2013
- C3-2 zo 16.8. 2013
- C5-2 zo 7.9. 2013
- C5-4 z 19.9. 2013
- Borová hora z 2.9. 2013
- Lenkey z 2.9. 2013
- Štefánik z 2.9. 2013
- Kúpeľný I.A zo 7.3. 2012

V tab. 7.8 sú uvedené chemické typy vôd na základe Gazdovej klasifikácie. Sivým podfarbením je zvýraznená zmena v porovnaní s údajmi z predchádzajúcich etáp.

Tab. 7.8: Prehľad klasifikácie podzemných vôd

Zdroj	Dátum odberu	Chemický typ	Gazdova klasifikácia
Kúpeľný I.A	7.3.2012	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Základný nevýrazný kalcium-sulfátový typ
Borová hora	2.9.2013	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Základný nevýrazný kalcium-sulfátový typ
Lenkey	2.9.2013	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Základný nevýrazný kalcium-sulfátový typ
Štefánik	2.9.2013	Ca-Mg-HCO ₃	Základný výrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C3-1	15.8.2013	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C3-2	16.8.2013	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C5-2	7.9.2013	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný výrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C5-4	19.9.2013	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný výrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
60-dňová ČS			
C3-1	30.4.2014	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C3-2	30.4.2014	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C5-2	30.4.2014	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Kalcium-sulfátovo-hydrogénuhličitanový prechodný typ
C5-4	30.4.2014	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný výrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C3-1	27.5.2014	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C3-2	27.5.2014	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C5-2	27.5.2014	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Kalcium-sulfátovo-hydrogénuhličitanový prechodný typ
C5-4	27.5.2014	Ca-SO ₄ -HCO ₃	Základný výrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ

C3-1	4.6.2014	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C3-2	4.6.2014	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Základný nevýrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ
C5-2	3.6.2014	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Kalcium-sulfátovo-hydrogénuhličitanový prechodný typ
C5-4	3.6.2014	Ca-HCO ₃	Základný výrazný kalcium-hydrogénuhličitanový typ

Najväčšie zmeny chemizmu sme zistili vo vode z vrtu C5-4, v ktorej poklesli koncentrácie síranov z 24,4 mg/l (september 2013) na 16 mg/l (jún 2014), horčíka zo 7,78 mg/l (september 2013) na 4,38 mg/l (jún 2014) a celková mineralizácia z 220 mg/l (september 2013) na 179 mg/l (jún 2014). Zmena nastala aj vo vode z vrtu C5-2 zvýšením podielu síranov na úkor hydrogénuhličitanov, celkovej mineralizácie a iónových koncentrácií (tab. 7.9.).

Tab. 7.9: Porovnanie geochemických ukazovateľov

Zdroj	Dátum odberu	Mineralizácia (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Sr ²⁺ (mg/l)
Kúpeľný I.A	7.3.2012	3892	747,43	197,5	1215,52	1590,4	13,021
Borová hora	2.9.2013	3237	568	159	897	1500	12,49
Lenkey	2.9.2013	3527	604	170	1043	1570	12,22
Štefánik	2.9.2013	618	75,4	18,5	317	46,7	0,929
C3-1	15.8.2013	1194	216	47,2	570	324	2,333
C3-2	16.8.2013	1320	204	55	693	299	2,774
C5-2	7.9.2013	1094	188	47,7	519	298	3,107
C5-4	19.9.2013	220	19,2	7,78	81	24,4	0,154
60-dňová ČS							
Zdroj	Dátum	Mineralizácia (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Sr ²⁺ (mg/l)
C3-1	30.4.2014	1535	↑ 287	↑ 64,2	↓ 689	↑ 450	↑ 3,076
C3-2	30.4.2014	1524	↑ 255	↑ 69,1	↑ 702	↑ 415	↑ 3,875
C5-2	30.4.2014	1253	↑ 215	↑ 57,9	↓ 506	↑ 420	↑ 4,009
C5-4	30.4.2014	132	↓ 18	↓ 6,62	↓ 79	↓ 18,7	↓ 0,155
C3-1	27.5.2014	1589	↑ 289	↓ 68,6	↓ 696	↑ 487	↑ 3,314
C3-2	27.5.2014	1679	↑ 281	↑ 73,4	↑ 732	↑ 510	↑ 4,448
C5-2	27.5.2014	1381	↑ 232	↑ 65,2	↑ 500	↑ 520	↑ 4,653
C5-4	27.5.2014	122	↓ 18,4	↓ 3,4	↓ 72	↓ 16,6	↓ 0,142
C3-1	4.6.2014	1446	↓ 268	↓ 62,3	↓ 659	↓ 414	↓ 2,925
C3-2	4.6.2014	1708	↑ 295	↑ 71	↑ 763	↑ 493	↑ 4,598
C5-2	3.6.2014	1158	↓ 229	↓ 65,2	↑ 525	↑ 487	↑ 4,471
C5-4	3.6.2014	179	↑ 27,3	↑ 4,38	↑ 116	↑ 16	↓ 0,22

Šípky znázorňujú zmeny oproti predchádzajúcim analýzám. Tabuľka 7.9 dokumentuje rast koncentrácií po 14-tich dňoch čerpania, s výnimkou vody vo vrte C5-4, v ktorej ukazovatele poklesli. Podobný trend zaznamenali aj analýzy po 40-tich dňoch čerpania s tým, že dochádza k poklesu hydrogénuhličitanov vo vodách z vrtov C3-1 a C5-2 a horčíka vo vode z vrtu C3-1. Po 50-tich dňoch čerpania poklesávajú koncentrácie všetkých ukazovateľov vo vode z vrtu C3-1. Vo vode z vrtu C3-2 sa znížili koncentrácie síranov a vo vode z vrtu C5-2 celková mineralizácia a koncentrácie vápnika. Opačný trend bol vo vode z vrtu C5-4, kde väčšina ukazovateľov stúpla.

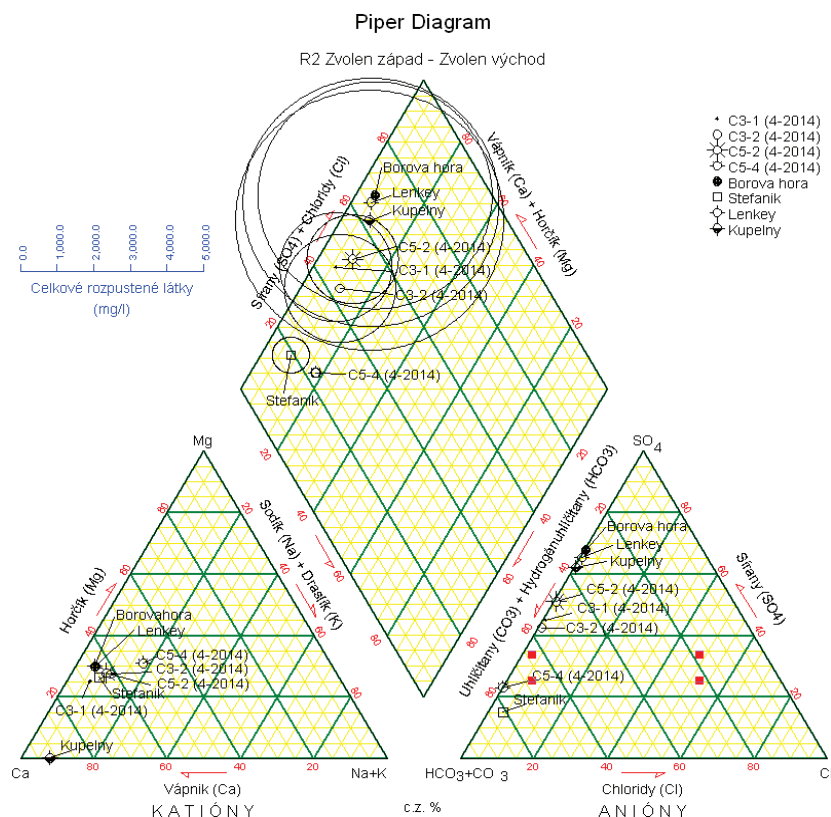
Chemizmus vody vo vrte C3-1 je silno ovplyvňovaný miešaním minerálnych vôd s obvyčajnými vodami, infiltrujúcimi z recipienta (Hron). Voda z vrtu C5-2 má podobný vývoj chemizmu ako voda z vrtu C3-1 s tým rozdielom, že v nej stúpali koncentrácie síranov.

Mierne zvýšenie mineralizácie a koncentrácie iónov vo vode z vrtu C3-2 s dĺžkou čerpania poukazuje na obmedzené dopĺňanie zásob minerálnymi vodami, stabilnú tvorbu chemizmu. Pokles síranov vo vodách z vrtov C3-1 a C3-2 poukazuje na obmedzenie prísunu mi-

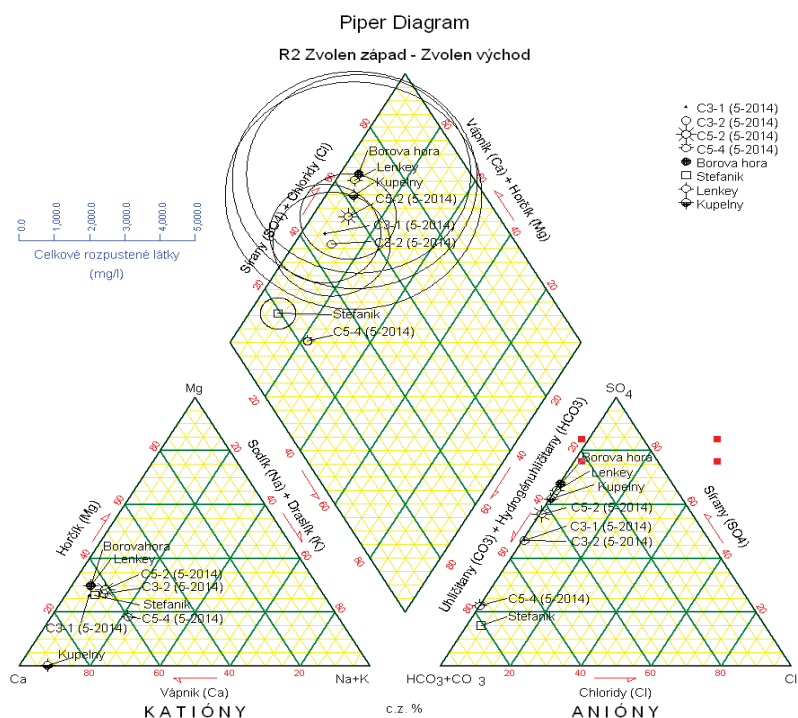
nerálnych vôd z keuperských štruktúr. Chemizmus podzemných vôd vo vrte C5-4 je závislý na interakcii zrážkových vôd s vulkanoklastikami.

Pre porovnanie chemizmu sme zostrojili Piperove diagramy (obr. 7.1, 7.2 a 7.3) zo vzoriek odobraných počas 60-dňovej čerpacej skúšky z čerpaných vrtov a vzoriek odobratých z kúpeľných prameňov a výveru Borová hora v predchádzajúcich etapách.

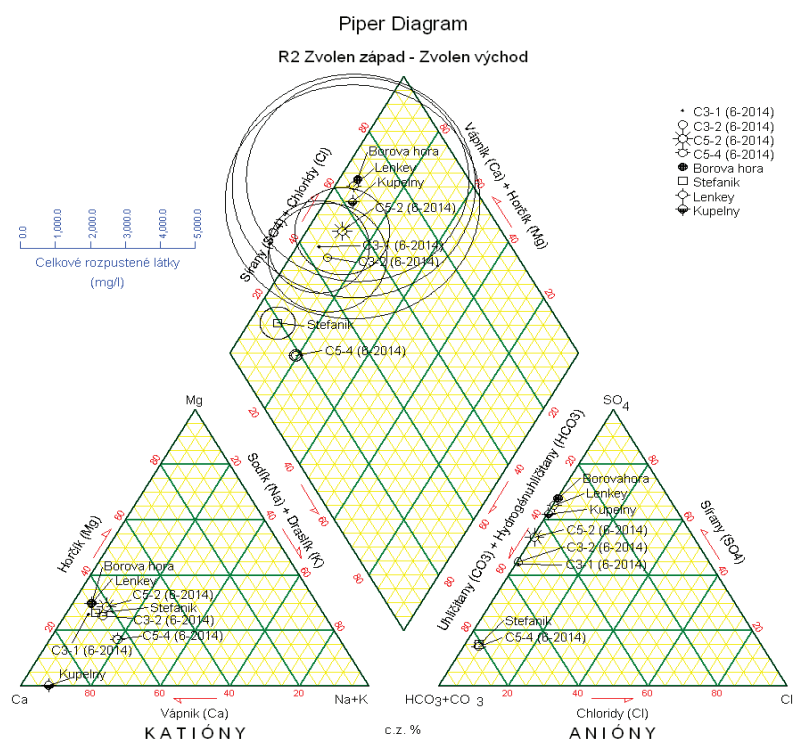
Obr. 7.1: Piperov diagram, 60-dňová ČS (apríl 2014), vrtý C3-1, C3-2, C5-2, C5-4, kúpeľné pramene a výver Borová hora



Obr. 7.2: Piperov diagram, 60-dňová ČS (máj 2014), vrty C3-1, C3-2, C5-2, C5-4, kúpeľné pramene a výver Borová hora



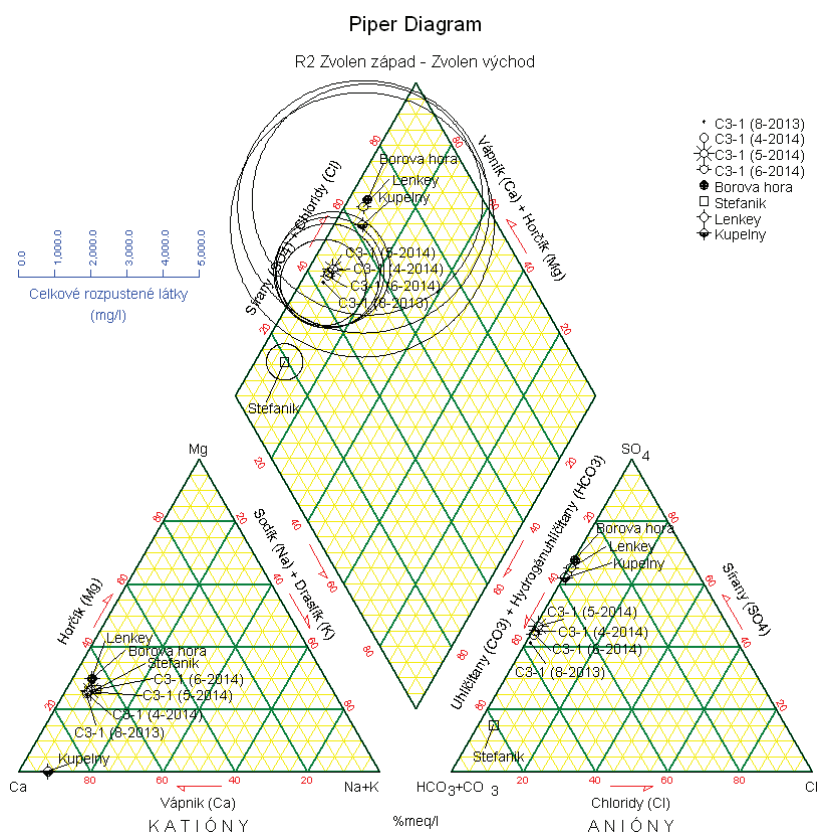
Obr. 7.3: Piperov diagram, 60-dňová ČS (jún 2014), vrty C3-1, C3-2, C5-2, C5-4, kúpeľné pramene a výver Borová hora



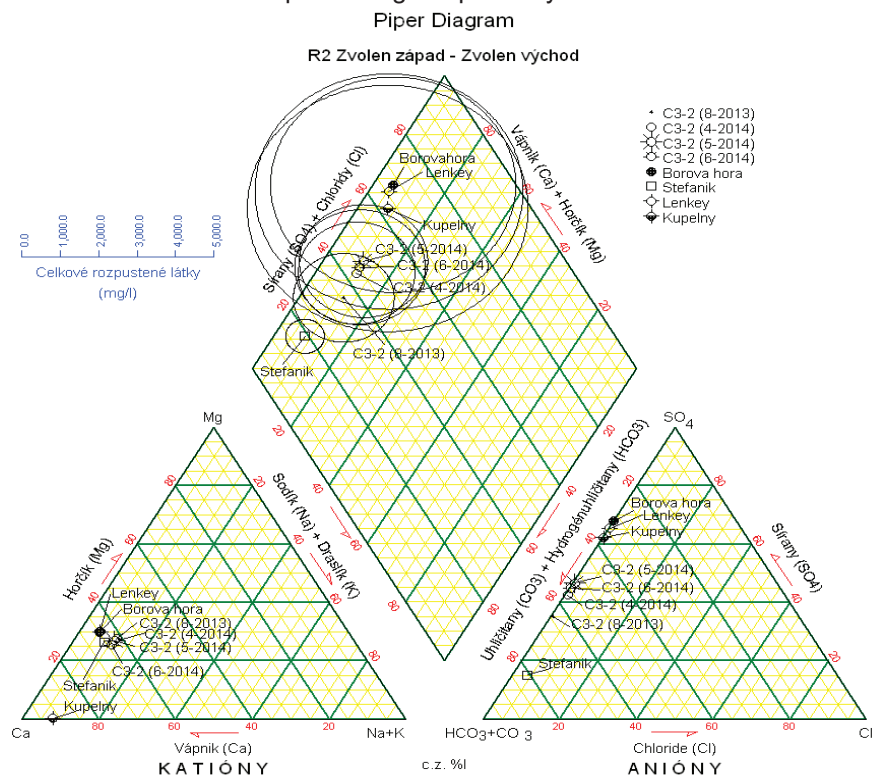
Diagramy poukazujú, že počas čerpania došlo k posunu chemizmu (vo vodách z vrto C3-1, C3-2 a C5-2) bližšie k vodám žriedelnej oblasti.

Na obr. 7.4, 7.5, 7.6 a 7.7 sú Piperove diagramy analýz realizovaných v obidvoch etapách prieskumu (roky 2013 a 2014) na čerpaných vrtoch: C3-1, C3-2, C5-2, C5-4 a ich porovnanie s kúpeľnými prameňmi a výverom Borová hora. Malý rozptyl v poli Piperovho diagramu vody z vrtu C3-1 (obr. 7.4) dokumentuje relatívne dobrú stabilitu chemizmu za obdobie rokov 2013-2014. Augustová vzorka (r. 2013) z vrtu C3-2 (obr. 7.5) a septembrová vzorka (r. 2013) z vrtu C5-2 (obr. 7.6) sa nachádzajú v kvadrante bližšie k vode z prameňa Štefánik oproti vzorkám z roku 2014, odobratých počas 60-dňovej ČS..

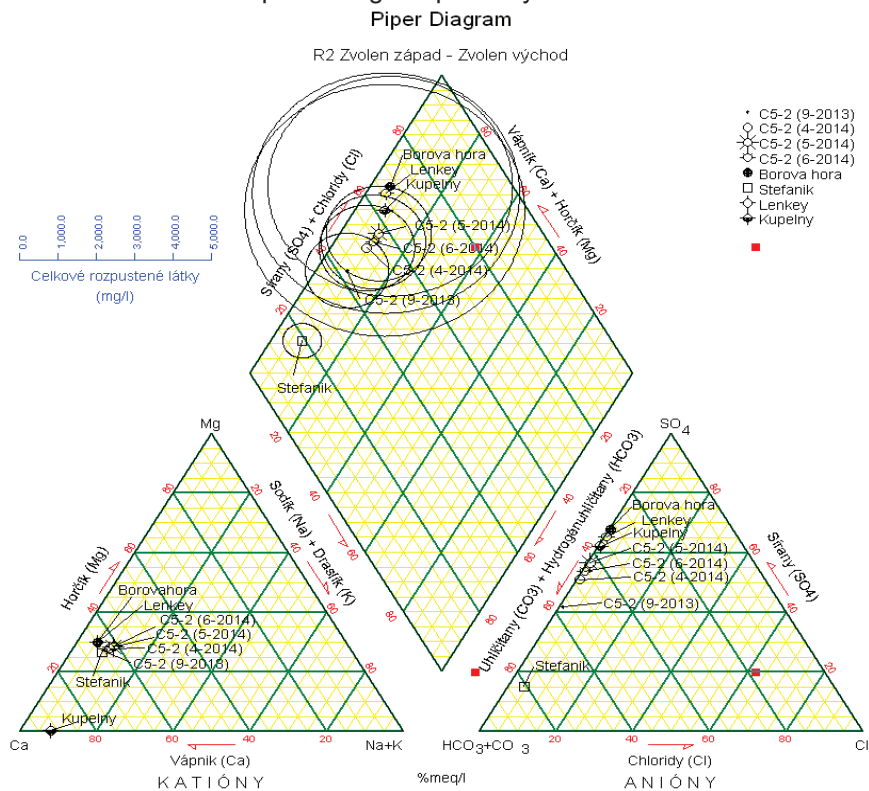
Obr. 7.4: Piperov diagram pre vody z vrtu C3-1



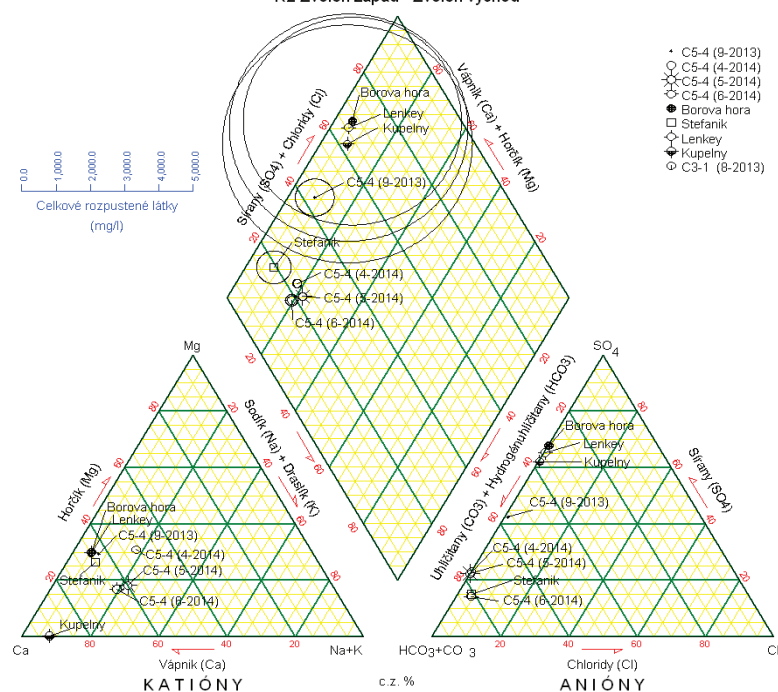
Obr. 7.5: Piperov diagram pre vody z vrtu C3-2



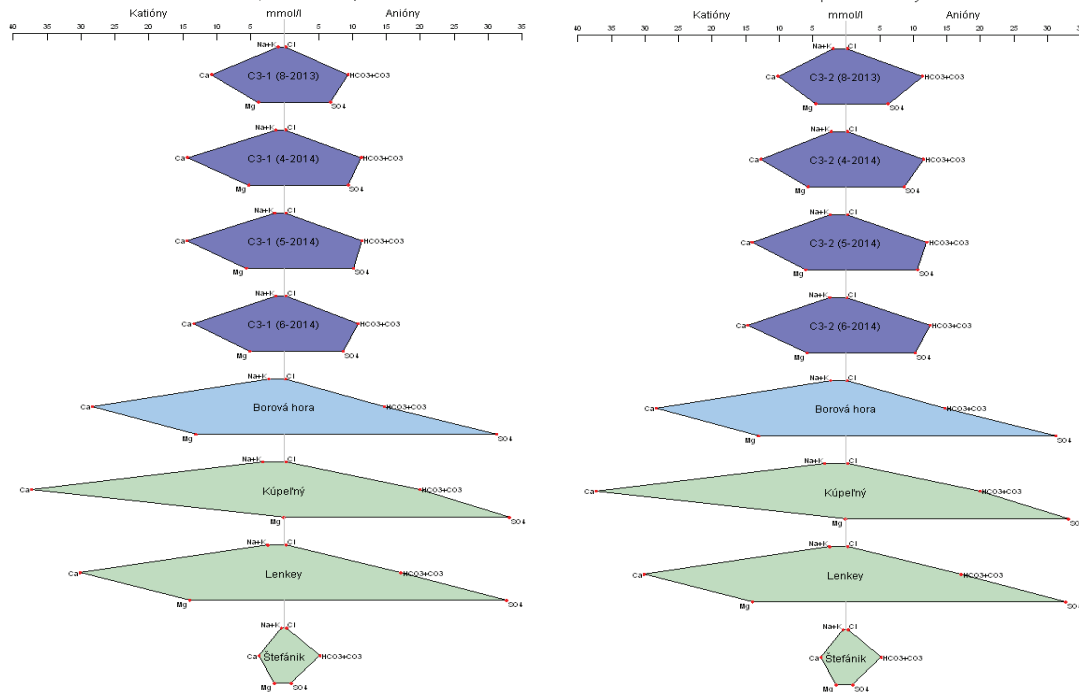
Obr. 7.6: Piperov diagram pre vody z vrtu C5-2



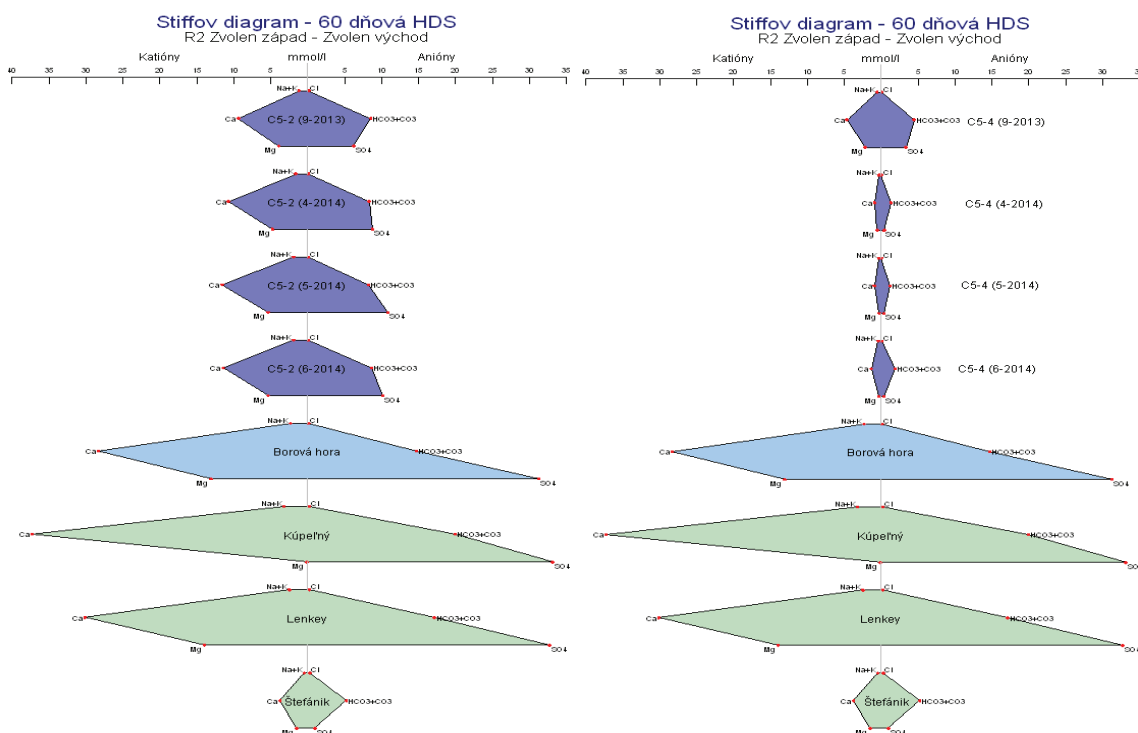
R2 Zvolen západ - Zvolen východ



Pre znázornenie časovej variability chemizmu sme zostavili Stiffove diagramy, ktoré potvrdzujú zistené zmeny vo vode vrtu C5-4.



Obr. 7.9: Stiffov diagram pre vody z vrtov C5-2 a C5-4 počas 60-dňovej ČS



Vyhodnotenie chemických analýz v zmysle Vyhlášky MZ SR č. 100/2006 Z.z. je spracované v tab. 6.5.

Tab. 7.10: Členenie minerálnych vôd v zmysle Vyhlášky MZ SR č.100/2006 Z.z.

Zdroj	Dátum odberu	Rozp. látky	Plyn	ióny > 20 %	Zvýšený obsah iónov	pH	teplota
Kúpeľný	7.3012	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , F ⁻ a SO ₄ ²⁻	Sl. kyslá	Nízko term.
B. hora	2.9.13	Stredne M	-	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , F ⁻ a SO ₄ ²⁻	Sl. kyslá	Studená
Lenkey	2.9.13	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , F ⁻ a SO ₄ ²⁻	Sl. kyslá	Nízko term.
Štefánik	2.9.13	Nízko M	CO ₂	Ca-Mg-HCO ₃	H ₂ SiO ₃	Sl. kyslá	Studená
C3-1	15.8.13	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , H ₂ SiO ₃	Sl. kyslá	Studená
C3-2	16.8.13	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Fe ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , H ₂ SiO ₃	Sl. kyslá	Studená
C5-2	7.9.13	Stredne M	-	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	H ₂ SiO ₃ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺	Sl. kyslá	Studená
60-dňová ČS							
C3-1	30.4.14	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , H ₂ SiO ₃ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C3-2	30.4.14	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Fe ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , H ₂ SiO ₃ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C5-2	30.4.14	Stredne M	-	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	H ₂ SiO ₃ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C3-1	27.5.14	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , H ₂ SiO ₃ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C3-2	27.5.14	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Fe ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , H ₂ SiO ₃ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C5-2	27.5.14	Stredne M	-	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	H ₂ SiO ₃ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C3-1	4.6.14	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C3-2	4.6.14	Stredne M	CO ₂	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Fe ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , H ₂ SiO ₃ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená
C5-2	3.6.14	Stredne M	-	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	H ₂ SiO ₃ , SO ₄ ²⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Sl. kyslá	Studená

Voda z vrtu C3-1 má strednú mineralizáciu, so zvýšeným obsahom kyseliny kremičitej, hydrogénuhličitanov, síranov, vápnika a horčíka, je slabokyslá a studená.

Voda z vrtu C3-2 vykazuje strednú mineralizáciu, so zvýšeným obsahom kyseliny kremičitej, hydrogénuhličitanov, síranov, vápnika, horčíka a železa, je slabokyslá a studená.

Voda z vrtu C5-2 vykazuje strednú mineralizáciu, so zvýšeným obsahom kyseliny kremičitej, síranov, vápnika a horčíka, je slabokyslá a studená.

7.5 Zhodnotenie 60-dňovej čerpacej skúšky z hľadiska cieľov úlohy

60-dňovou čerpacou skúškou (ČS) boli overené potenciálne využiteľné množstvá minerálnych vôd.

Tab. 7.11: Prehľad základných kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov minerálnych vôd

Parameter	C3-1	C3-2	C5-2
Hĺbka hladiny podzemnej vody, ustálená (m)	1,74	1,05	43,07
Max. výdatnosť (l/s)	0,75	14,70	0,3
Max. zníženie (m)	29,29	17,65	15,13
Memná výdatnosť (l/s/m)	0,051	0,83	0,02
Priemerná merná elektrická vodivosť (μS/cm)	1 662	1 730	1 479
Celková mineralizácia pred koncom ČS (mg/l)	1 446	1 708	1 158
Priemerný obsah CO ₂ (mg/l)	844	2081	717
Typ vody	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Priemerná teplota vody (°C)	11,4	12,6	14,7
Priemerná hodnota pH (-)	6,46	5,99	6,44

Tab. 7.12: Sumárne odčerpané množstvá vody počas 60-dňovej ČS

C3-1	C3-2	C5-2	C5-4	Suma
1 828 m ³	72 352 m ³	1 256 m ³	1 193 m ³	76 629 m ³

Štátna kúpeľná komisia MZ požadovala pre splnenie cieľa dosiahnuť maximálne čerpané množstvá. Ako je dokumentované v tabuľke 7.13, táto podmienka bola splnená.

Tab. 7.13:

	C3-1	C3-2	C5-2	C5-4
Hĺbka vrtu (m)	40	40	70	70
Hĺbka hladiny podzemnej vody (m)	1,74	1,05	43,1	26,5
Hrúbka zvodne (m)	38,26	38,95	26,90	43,5
Priemerné zníženie hladiny podzemnej vody (m)	22,42	15,50	12,50	16,80
Pomer zníženia k hrúbke zvodne	58 %	40 %	44 %	39 %

Kvantitatívne a kvalitatívne parametre čerpacej skúšky sú graficky spracované v prílohe č. 5.2. tak, aby bolo možné identifikovať rozhodujúce faktory vplývajúce na režim a tvorbu chemizmu minerálnych a termálnych vôd kúpeľov Sliač.

Grafický priebeh ČS je súčasťou prílohy č. 5.2., z ktorého je zrejmé, že pri takmer konštantnom čerpanom množstve dochádzalo k stúpaniu hladín, ktoré spôsobili zrážky:

19.4. – 30.4.2004	úhm 39 mm	max. 12,7 mm/deň	(24.4.2014)
7.5. – 17.5.2014	úhm 24,6 mm	max. 19 mm/deň	(11.5.2014)
25.5. – 31.5.2014	úhm 24,2 mm	max. 13,5 mm/deň	(26.5.2014)

Sliačska pramenná línia

Kúpeľný prameň I.A

Všetky sledované parametre Kúpeľného prameňa I.A vykazujú rozptyl v hodnotovom pásme od 386 m³/deň (4,46 l/s) do 437 m³/deň (5,05 l/s) a vzhľadom na obmedzený počet časových údajov metóda pohyblivého priemeru nenaznačovala trendy vývoja.

Prameň Štefánik

V prelive prameňa Štefánik boli zaznamenané dve významnejšie anomálie: 22.4. (0,051 l/s) a 2.5.2.2014 (0,049 l/s), ktoré súvisia s aprílovými a májovými zrážkami. Od začiatku mája až do jeho konca sa výdatnosť mierne zvyšovala v dôsledku májového rozloženia zrážok. V koncentráciách CO₂ sú badateľné štyri amplitúdy s vrcholmi pripadajúcimi na 21.4., 8.5., 19.5. a 13.6., ktoré sa takmer zhodujú s maximálnymi dennými úhrnmi zrážok z 11.5. a 26.6.2014. Trendové krivky CO₂ a mernej elektrickej vodivosti majú zhodný priebeh až do 5.6.2014, po ktorom dochádza k relatívne rýchlemu zmenšovaniu merných elektrických vodivostí, spôsobené dopĺňaním štruktúry zrážkovou vodou. Napriek odčerpaniu desiatok tisíc m³ vody z čerpaných vrtov, mali výdatnosť prelivu, hodnoty mernej elektrickej vodivosti a obsah CO₂ vzostupný trend až do 5. júna 2014.

Prameň Lenkey

Na trendovej krivke prelivu rozoznávame tri hlavné a viacej podružných amplitúd, vytvorených v prvom prípade dlhodobými zrážkovými úhrnmi a v druhom intenzitou zrážok. Prvá amplitúda dosiahla vrchol 9.4.2014 (0,071 l/s) s prerušovaným dlhodobým poklesom do 26.4.2014 (0,067 l/s), ktorý zastavili zrážky z konca apríla. Hneď po nej nastúpila druhá amplitúda s vrcholom 4.5.2014 (0,072 l/s). Tretia amplitúda má najväčšiu vlnovú dĺžku a je charakterizovaná podružnými amplitúdami s krátkou dĺžkou s vrcholom 16.6. 2014 (0,068 l/s). V režime prameňa je charakteristické pozvoľné zvyšovanie výdatnosti zapríčinené zrážkami a ich náhly pokles v období bez zrážok.

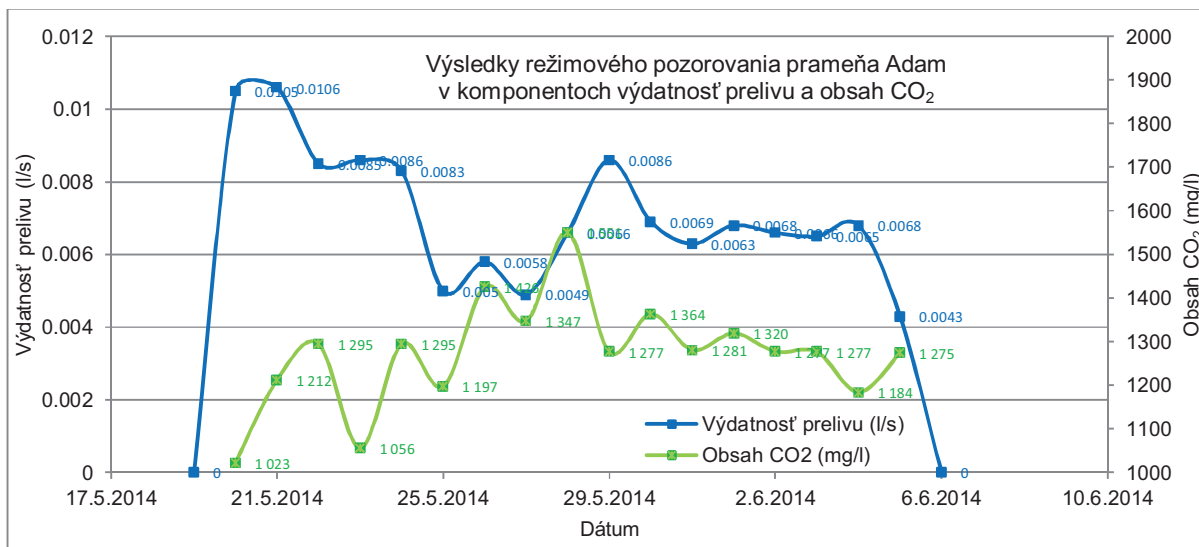
Merná elektrická vodivosť má tendenciu dlhodobého poklesu od 2.4.2014 (2519 µS/cm) do 11.5.2014 (2229 µS/cm), po ňom hodnoty postupne stúpajú až na maximum 6.6.2014 (2814 µS/cm), ktoré je zhodné s maximálnou výdatnosťou prelivu. Režim prameňa Lenkey v hrubých črtách kopírujú koncentrácie CO₂, samozrejme s oveľa väčším rozptylom v okolí trendovej krivky.

Prameň Adam

Od 7.3.2014 do 19.5.2014 netiekol. Preliv sa objavil 20.5.04 s výdatnosťou 0,0105 l/s. Režimové merania sú znázornené na obrázku 7.10.

Začiatok prelivu (19.5.2014) sa prekrýva s ukončením zrážkového obdobia, ktoré trvalo od polovice apríla do polovice mája (obr. 3.2). Preliv sa objavil na krátky čas napriek tomu, že čerpacia skúška už prebiehala 33 dní.

Obr. 7.10: Režimové merania prameňa Adam v komponentoch výdatnosť prelivu (l/s) - modrá krivka a obsah CO₂ (mg/l) – zelená krivka



Pozorovacie vrty

Najbližšie k čerpaným vrtom sa nachádza vrt C3-3. V trendovej krivke (hlĺbky hladín) sa nachádza päť amplitúd rôznej dĺžky s najvyššími hodnotami zistenými: 17.4.04 (10,89 m), 24.4.04 (10,94 m), 6.5.04 (10,97 m), 21.5.04 (10,98 m) a 9.6.04 (10,91 m). Najväčší rozdiel medzi minimálnou a maximálnou hladinou (0,78 m) bol zaznamenaný 24. apríla 2014, kedy hladina vody reagovala na zrážkový úhrn 39 mm (19.4. až 30.4.04). Podobný režim má vrt C3-4 s tým, že rozdiel medzi minimálnymi a maximálnymi hodnotami dosahuje 1/10 v porovnaní s vrtom C3-3 a zatiaľ čo teplota vody vo vrte C3-3 je konštantná (10,7 °C), tak vo vrte C3-4 poklesla z 10,1 °C na 9,9 °C.

Vrt C3-5 má trendovú krivku podobnú s prameňom Lenkey s tým rozdielom, že kým vo vrte C3-5 bola maximálna hladina zaznamenaná 21.5.2014 (9,2 m), tak maximálny preliv na prameni Lenkey až 7.6.2014 (0,072 l/s), zatiaľ čo na zrážky z konca apríla (39 mm) a začiatku mája (24,6 mm), reagovali približne rovnako. Z trendovej analýzy sa nedá jednoznačne odseparovať vplyv čerpacej skúšky, pretože je prekrytá zrážkami, ktoré mali rozhodujúci podiel na režimových zmenách.

8. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV Z HLĎADISKA CIEĽOV ÚLOHY

8.1 Zhrnutie poznatkov

Prieskumné práce zistili, že územie budujú:

- aleuriticko-psamitické redeponované tufy strelníckej formácie, ktoré majú veľmi slabú priepustnosť s koeficientom filtrácie cca $9,524 \times 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$.
- epiklastické vulkanické pieskovce, zlepenice a brekcie so slabou priepustnosť s koeficientom filtrácie $3,573 \times 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$,
- pohronská štrková formácia (pliocén), ktorá pozostáva zo štrkov tvorených monomiktým materiálom, prevažne obliakmi kremeňa a kremenca, v spodnej časti sa vyskytujú fragmenty andezitov, majú miernu priepustnosť s koeficientom filtrácie $3,366 \times 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$,

- v kvartéri boli vyčlenené terasy (pleistocén až holocén), najvyššie terasy sú vo výške 120-125 m nad súčasnou úrovňou Hrona,
- silno zvetrané kopy travertínov,
- terestrické sedimenty charakteru eluviálno-deluviálnych zemín.

Overovacími hydrodynamickými skúškami boli zistené nasledovné parametre (tab. 8.1).

Tab. 8.1: Základné parametre overené počas overovacích hydrodynamických skúšok

Vrt	Úroveň HPV (m n.m.)	Hĺbka hladiny podzemnej vody (m)		Čerpané množstvo (l/s)	
		pred CS	po CS	min.	max.
C3-1	289,848	2,26	20,269	0,48	1,10
C3-2	291,908	1,40	1,592	5,88	6,80
C3-3	300,240	11,46	25,547	0,23	0,29
C3-4	316,414	23,33	29,021	0,03	0,14
C3-5	320,900	9,28	15,597	0,45	2,00
C3-7	381,554	30,498	42,28	0,07	0,08
C3-10	348,31	8,52	22,779	0,16	0,18
C5-2	316,384	28,39	54,226	0,10	0,22
C5-3	321,097	61,40	*	*	*
C5-4	332,018	28,972	38,746	0,11	0,30

Spoločnou poloprevádzkovou hydrodynamickou skúškou v trvaní 60 dní na vrtoch: C3-1, C3-2, C5-2 a C5-4 sme overili potencionálne využiteľné množstvá minerálnych vôd s obsahom voľného CO₂ (tab. 8.2).

Tab. 8.2: Potencionálne využiteľné množstvá minerálnych vôd s obsahom voľného CO₂

Vrt	Výdatnosť (l/s)	Zníženie (m)	Mineralizácia vody (mg/l)	Voľný CO ₂ (mg/l)
C3-1	0,36	22,75	1446	844
C3-2	13,48	15,50	1708	2081

Chemické analýzy zistili, že:

- zdroje minerálnej vody „sľiačskeho typu“ (Kúpeľný I.A, prameň Lenkey a výver Borová hora) majú vysokú mineralizáciu, charakteristickú vysokým obsahom síranov (1500 mg.l⁻¹), vyšším obsahom stroncia (12 až 13 mg.l⁻¹), s nízkym obsahom kyseliny kremičitej (22 až 30 mg.l⁻¹) a základným nevýrazným Ca-SO₄ typom chemického zloženia. Vo vysokých koncentráciách je v nich prítomná izotopicky ťažká siera (δ³⁴S ~ 25 ‰), typická pre werfénske sedimenty. Ľahké izotopy kyslíka a vodíka poukazujú na infiltráciu týchto vôd v období s chladnejšou klímou a v období po jadrových pokusoch,
- voda prameňa Štefánik sa odlišuje od vôd „sľiačskeho typu“. Je nízkomineralizovaná (600 až 650 mg.l⁻¹), so základným výrazným Ca-HCO₃ typom chemického zloženia a teplotou cca 12°C, so zvýšeným obsahom kyseliny kremičitej (cca 110 mg.l⁻¹), s vysokým obsahom voľného oxidu uhličitého (2 500 mg.l⁻¹), s relatívne nízkou koncentráciou síranov a stroncia, vzhľadom na vody „sľiačskeho typu“. Vody prameňa Štefánik formujú chemické zloženie v neogénnych, prípadne v kvartérnych sedimentoch so zvýšeným obsahom silikátového materiálu. Ich značné preplynenie je výsledkom miešania sa jeho vôd s plynom vystupujúcim k zemskému povrchu po zlomových líniach. Pôvod izotopicky ťažkej síry nie je jednoznačný. Izotopové zloženia vodíka, kyslíka, a trícia poukazujú na to, že jeho vody pochádzajú z miestnych zrážok, ktoré spadajú do obdobia po jadrových pokusoch,

- pramene Adam a Bystrica neboli skúmané, nakoľko takmer počas celého obdobia trvania prieskumu nemali preliv. Z archívnych údajov vyplýva, že ich chemické zloženie je identické s vodami „sliackeho typu“,
- vody vrtov C3-1 a C3-2 majú: mineralizáciu vyššiu ako 1000 mg/l, základný nevýrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia a obsahujú izotopicky ťažkú síru s podobným izotopickým záznamom ako vody „sliackeho typu“ a určitý podiel ľahkých izotopov kyslíka a vodíka, aké sú prítomné vo vodách „sliackeho typu“,
- nejednoznačný typ vody bol zistený vo vrte C5-3, ktorá má nižšiu mineralizáciu, vyznačuje sa identickým typom chemického zloženia a zvýšeným obsahom ťažkej síry a ľahkých izotopov vodíka ako vo vodách vrtov: C3-1, C3-2 a C5-2,
- vody ostatných vrtov (Vtáčnik, C3-3, C3-4, C3-5, C3-7, C3-10, C5-4) a prameňov Dedovec a Pri Laze majú mineralizáciu do 650 mg/l, sú prevažne základného výrazného Ca-HCO_3 typu chemického zloženia, prevažne s prítomnosťou izotopicky ľahkej síry a ťažších izotopov kyslíka a vodíka.

8.2 Posúdenie vplyvu rýchlostnej cesty na minerálne a termálne vody v Sliači

8.2.1 Identifikácia rizík rýchlostnej cesty (variant C3) z hľadiska cieľov úlohy

V úseku 7,000 až 7,750 km preklenie rýchlostná cesta mostným objektom Hron, železničnú trať, poľnú cestu a dostane sa na ľavú stranu rieky. V tomto úseku boli situované vrty C3-1 a C3-2 hĺbky 40,0 m (pozri prílohu č. 1.2), ktoré zdokumentovali významné zdroje preplynených minerálnych vôd s potencionálnymi využiteľnými množstvami $Q_{C3-1} = 0,43 \text{ l/s}$ a $Q_{C3-2} = 13,00 \text{ l/s}$.

Vody majú základný nevýrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia, podobný prameňu Štefánik. Majú však nižší obsah oxidu uhličitého (1802, resp. 1542 mg/l), vyššiu mineralizáciu (nad 1194, resp. 1320 mg/l) a zvýšené koncentrácie síranov (324, resp. 299 mg/l) a stroncia (2,333, resp. 2,774 mg/l). Vo vode vrtu C3-2 sú vyššie koncentrácie železa (9,169 mg/l) ako vo vode vrtu C3-1 (399 mg/l). Je v nich prítomná izotopicky ťažká síra a zvýšené podiely ľahkých izotopov kyslíka a vodíka, podobne ako vo vodách „sliackeho typu“ (pozri prílohu č. 6.2). Ich chemizmus sa tvorí miešaním minerálnych vôd „sliackeho typu“, ktoré nadobúdajú svoj chemizmus v sedimentoch werfenu (síraný cez 1500 mg/l), s obvyčajnými vodami cirkulujúcimi v hronských štrkových náplavoch (obsah síranov - desiatky mg/l). Obvyčajné vody sú oddelené od minerálnych málo priepustnou polohou tuftických siltov, miestami ílov, ktoré sú pokladané za regionálny izolátor a predstavujú ich prirodzenú ochranu. Hydraulická komunikácia medzi obidvoma typmi sa nedá vylúčiť, nakoľko šesť metrov hrubá poloha travertínu a jeho roztrúsené úlomky v nadloží (4-10 m) geologického vrtu C3-1 (príloha č.3) poukazujú na blízkosť výstupu minerálnych vôd. Štruktúra obdobného charakteru sa nachádza na Borovej hore, z ktorej vyvierajú preplynené minerálne vody „sliackeho typu“, ktorých travertínové inkrusty sa nachádzajú v štrkoch Hronskej terasy.

Ochranná vrstva (tuftické sily) je v úrovniach 282 až 272 m n.m. (C3-1) a 279 m n.m. až 270 m n.m. (C3-2). Pod ňou je kolektor minerálnych vôd „sliackeho typu“, ktorý budujú piesčité štrky (C3-1) a epiklastické vulkanické brekcie (C3-2) (príloha č.3).

Hladiny podzemných vôd boli narazené v hĺbke 3,0 m a ustálili sa v hĺbke $h_{C3-1} = 2,1 \text{ m}$ (290 m n.m.), respektíve $h_{C3-2} = 1,4 \text{ m}$ (291 m n.m.) od ústia pažnice. Prítoky minerálnych vôd boli zaznamenané v hĺbke 19,0 m (C3-1) a 23,2 m (C3-2).

Karotážne práce poukázali na severovýchodný (C3-1) a severný (C3-2) smer prúdenia s filtračnými rýchlosťami 0,20 m/deň (C3-1), resp. 0,53 m/deň (C3-2) (príloha č.2). Z hydrodynamických skúšok sme vypočítali prietochnosti kolektora $T_{C3-1} = 4,040 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a $T_{C3-2} =$

$2,340 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, ktoré zodpovedajú koeficientom filtrácie $k_{fC3-1} = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, resp. $k_{fC3-2} = 1,393 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Počas poloprevádzkovej čerpacej skúšky v trvaní 60 dní sa sumárne odčerpalo $Q_{\text{sum}} = 76\,629 \text{ m}^3$.

Prieskumnými prácami neboli ovplyvnené minerálne a termálne vody sliačskej žriedelnej oblasti, ale počas nich sme zistili potencionálne významné využiteľné množstvá preplynených minerálnych vôd s chemizmom podobným vodám „sliačskeho typu“, ktorých kvalita nesmie byť ohrozená.

Možné riziká:

- Nadmerným odčerpávaním vôd horizontu obyčajných vôd, napríklad súvisiace s odvodnením stavebných jám, môže byť narušená hydraulická rovnováha medzi obyčajnými a minerálnymi vodami s nepriaznivým dosahom na ich chemické zloženie. Horizonty sú síce oddelené slabo priepustnou vrstvou tufitických siltov, ale ich vzájomná hydraulická prepojenosť sa nedá vylúčiť.
- V prípade, že výkopové práce porušia vrstvu tufitických siltov, ktorá oddeľuje kolektory, existuje riziko prepojenia minerálnej a obyčajnej vody, respektíve nekontrolovateľného výronu oxidu uhličitého, preto je potrebné zachovať jej maximálnu možnú hrúbku.
- Zásahu do kolektora minerálnych vôd, v ktorom dochádza k obehu a tvorbe chemizmu vôd „sliačskeho typu“, sa treba v každom prípade vyvarovať.
- Znečistené vody z povrchu cesty musia byť odvedené mimo hydrogeologickú štruktúru. Neodporúčame ich čistenie a následnú infiltráciu do horninového prostredia.
- Pohonné hmoty nesmú byť skladované na území hydrogeologickej štruktúry a kvalita podzemných vôd nesmie byť ohrozená nekontrolovateľnými únikmi ropných derivátov, napríklad zo stavebných strojov.

Technické riešenia vo všetkých štádiách projekčnej činnosti sa musia konzultovať so štátnymi (MZ IKŽ, OÚŽP, Povodie Hrona, kúpele Sliač) a odbornými organizáciami príslušného odborného zamerania.

V úseku 7,750 – 8,250 km vchádza rýchlostná cesta do Zvolenskej pahorkatiny. Hydrogeologické pomery dokumentujú vrty C3-3 a C3-4 (príloha č.3) hĺbky 40,0 m, ktoré sú situované (príloha č. 1.2) na tektonických blokoch poklesnutých (cca 30 m) do Zvolenskej kotliny. Vrt C3-3 dokumentuje prechod medzi Zvolenskou kotlinou a Zvolenskou pahorkatinou. V geologickom profile vrtu C3-3 sú v nadloží piesčito-štrkovité íly a redeponované aleuritické tufy, podložie budujú vulkanické zlepenca. Vo vrte C3-4 sa monotónne striedajú aleuritické a psamitické tufy.

Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbkach 13,7 m (vrt C3-3) a 29,8 m (vrt C3-4) a ustálila sa vo vrte C3-3 v hĺbke 13,7 m (289 m n.m.) a vo vrte C3-4 v hĺbke 23,4 m (316,35 m n.m.). Karotážou bola zistená filtračná rýchlosť 0,36 m/deň a SV smer prúdenia. Overovacie čerpace skúšky zistili koeficienty prietochnosti $T_{C3-3} = 7,180 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a $T_{C3-4} = 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, ktoré pri zistenej hrúbke zvodnenca zodpovedajú koeficientom filtrácie $k_{fC3-3} = 5,128 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a $k_{fC3-4} = 2,006 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Voda vo vrtoch je obyčajná, s nízkou mineralizáciou (197 mg/l, resp. 147 mg/l), prevažne základného výrazného Ca-HCO_3 typu chemického zloženia, s nízkymi obsahmi síranov, s prítomnosťou izotopicky ľahkej síry a ťažších izotopov kyslíka a vodíka. Vo vodách nebol zistený obsah CO_2 .

Úsek predstavuje malé riziko pre minerálne a termálne vody kúpeľov v Sliači, pretože rýchlostná cesta je vedená po povrchu. Z významnejších zásahov do prostredia sa dá uvažovať so zárezmi a násypmi, ktoré predstavujú inžiniersky a technický problém. Trasa sa javí komplikovanejšia z hľadiska stability svahov, čo bude úlohou inžinierskogeologického prie-

skumu. Potrebne je venovať pozornosť spôsobu odvedenia znečistených vôd z povrchu cesty mimo hodnotenú hydrogeologickú štruktúru a ich následné prečistenie v odlučovačoch ropných látok, nakoľko úsek je vedený súbežne s I. ochranným pásmom kúpeľov Sliač.

V úseku 8,250 až 9,119 km preklenie rýchlostná cesta (mostom č.10) bočné údolie Sliačskej doliny a pokračuje cca 200-300 m po teréne k tunelu. Hydrogeologické pomery charakterizuje vrt C3-5 hĺbky 40,0 m. V jeho geologickom profile sú zastúpené (do 9,5 m) íly a tuftické silty s malou priepustnosťou, pod ktorými sú vulkanické pieskovce až zlepenice s dobre opracovanými obliakmi (veľkosti 1-3 cm) kremeňa, menej andezitu a epiklastické vulkanické brekcie so slabo opracovanými úlomkami (0,2 – 5,0 cm) andezitu. V intervale 36 – 40 m sú zlepenice (80 %) s dobre opracovanými obliakmi andezitu, spevnených tufov a kremeňa, matrix tvoria hrubozrnné piesky.

Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 9,5 m a ustálila sa v hĺbke 9,3 m. Karotážou bola zistená filtračná rýchlosť 0,23 m/deň s nejednoznačným smerom prúdenia (juh, resp. západ) - pozri prílohu č. 2.

Hydrodynamickou skúškou sme zistili koeficient prietočnosti $T=1,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, ktorý pri hrúbke zvodnenej vrstvy 30,7 m zodpovedá koeficientu filtrácie $k_f=3,550 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Voda vrtu C3-5 sa chemickým zložením podobá minerálnej vode prameňa Štefánik (CO_2 , 2340 až 2400 mg/l), má avšak menší obsah CO_2 (110-457 mg/l), charakteristický základný výrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia, zvýšenú mineralizáciu (472 mg/l), väčší obsah kyseliny kremičitej (71 mg/l), síranov (43,9 mg/l) a pH v kyslej oblasti (5,94).

Ohrozenie kúpeľných vôd sa javí v oblasti mostného preklenutia (most č.10), ktorého založenie pilierov môže mať značný hĺbkový dosah.

Riziko spočíva:

- Vrtom C3-5 boli od 15,5 m zistené zvodnené pieskovce, brekcie a zlepenice, ktoré predstavujú kolektor obyčajných vôd s potencionálnym využiteľným množstvom $Q=2,0 \text{ l/s}$ pri znížení 6,2 m.
- Z. Bondarenková (1986) zistila, že zásoby minerálnych vôd prameňa Štefánik sa dopĺňajú z miestnych zrážok a ich chemizmus sa vytvára v silikátogénnych horninách vulkanicko-sedimentárneho neogénu, do ktorých preniká z hĺbok oxid uhličitý. Prieskumnými prácami sme zistili, že chemické zloženie vôd vrtu C3-5 a prameňa Štefánik je takmer identické, rozdiel je v obsahu CO_2 a rozpusteného železa, ktoré poukazuje na identický mechanizmus tvorby zásob a chemizmu.
- Mierne zvýšený obsah CO_2 bol nameraný aj v prameni Dedovec a v plytkých sondách atmogeochemického prieskumu.
- Porovnaním úrovni prelivu prameňa Štefánik (347,68 m n.m.) a hladiny vo vrte C3-5 (330,88 m n.m.) sme overili rozdiel +16,8 m v prospech prelivu na prameni Štefánik. Prelivy na prameňoch (v skutočnosti sa jedná o vrty) nespôsobuje rozdiel hydrostatických tlakov medzi výverovou a akumulácnou, resp. infiltračnou oblasťou, ale airlift (rozdiel merných hmotností medzi obyčajnými a oxidom uhličitým preplynými vodami).
- Hydrodynamické skúšky na vrtoch variantu C3 síce nepreukázali ovplyvnenie najobľúbenejšieho prameňa pitnej terapie (Štefánik), napriek tomu existuje riziko v možnom narušení výstupových ciest oxidu uhličitého. Ich prípadná zmena môže narušiť citlivý mechanizmus výstupu minerálnych vôd v celej sliačskej štruktúre, ktorého prejavy na povrchu sú známe (pramene, resp. žriedelné línie), avšak jeho sústredené výrony sú prekryté mladším súvrstvom do ktorého sa rozptyľuje.

Pre zamedzenie nepriaznivých zásahov do štruktúry bude potrebné navrhnuť nosnú konštrukciu mosta tak, aby v km 8,450 – 8,550 preklenula bočné údolie Sliačskej doliny bez zásahu do kolektora podzemných vôd, napríklad optimálnym rozpätím a situovaním pilierov.

Opätovne je potrebné venovať pozornosť spôsobu odvedenia znečistených vôd z povrchu cesty mimo hodnotenú hydrogeologickú štruktúru a ich následné prečistenie v odľučovačoch ropných látok. Dôležitosť správneho odvedenia podčiarkuje skutočnosť, že rýchlostná cesta tu má relatívne veľký sklon a v úseku sa uvažuje s pruhom pre pomalé vozidlá s dĺžkou 1670 m.

V úseku 9,119 až 9,500 km vchádza rýchlostná cesta do tunela a prechádza do povodia Lukovského potoka. Hydrogeologické pomery dokumentuje vrt C3-7, hlboký 70 m, v ktorého geologickom profile sa nachádzajú do hĺbky 20 m mäkké až pevné íly s vysokou plasticitou, v intervale 18 -20 metrov pribúdajú obliaky kremeňa, kremenca, granitu a svorov. Pod nimi sú piesčité a ílovité štrky hrúbky 15 m. V intervale 35-70 m sú aleuritické tuфы s úlomkami travertínu. V geologickej stavbe územia sa výrazné uplatnili mladšie (kvartérne) tektonické pohyby, čo potvrdzujú terasové štrky, nachádzajúce sa cca 90 m nad úrovňou Hrona. Úlomky travertínu v redeponovaných tufoch poukazujú na staré vývery minerálnych vôd. Hladina podzemnej vody bola narazená v hĺbke 40,0 m a ustálila sa v hĺbke 30,2 m (372 m n.m.), zodpovedajúcej úrovni prelivu Kúpeľného prameňa.

Voda má základný výrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia, dosahuje mineralizáciu 446 mg.l^{-1} , teplotu $16,9^\circ\text{C}$ a hodnota pH je v slabo-zásaditej oblasti. Chemickým zložením sa odlišuje od minerálnych a termálnych vôd. V porovnaní s nimi má o niečo menšiu mineralizáciu (446 mg/l), vyššie koncentrácie vápnika ($83,4 \text{ mg/l}$) a nižšie koncentrácie Mg ($14,6 \text{ mg/l}$), H_2SiO_3 ($27,6 \text{ mg/l}$) a minimálne obsahy Fe ($0,056 \text{ mg/l}$).

Napriek rozsiahlemu technickému zásahu do horninového prostredia ním nebudú ohrozené vody sliačskej žriedelnej línie, pretože niveleta tunela bude nad hladinou podzemnej vody, v terasových štrkoch, resp. na ich rozhraní s redeponovanými tufmi. Určité riziko môže predstavovať spôsob hĺbenia, preto je potrebné minimalizovať otrasy počas hĺbenia.

Úsek 9,500 až 10,500 km je vedený povrchom terénu s minimálnymi zásahmi do terénu a charakterizuje ho vrtu C3-10. Jeho profil je geologicky monotónny, striedajú sa v ňom polohy siltov a redeponovaných aleuritických a psamitických tufov s koeficientom prietoknosti $T=3,15 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, ktorý pre danú hrúbku zodpovedá koeficientu filtrácie $k_f=3,705 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$. Hladina podzemnej vody bola narazená a ustálená v hĺbke 8,5 m s pozorovanými prítokmi v hĺbkach 20 m, 30 m a 38 m.

Voda má základný výrazný Ca-HCO_3 typ chemického zloženia, dosahuje mineralizáciu 372 mg.l^{-1} , teplotu $15,3^\circ\text{C}$ a hodnota pH je v neutrálnej oblasti.

Výstavba rýchlostnej cesty tohto úseku neohrozuje minerálne a termálne vody v Sliači.

8.2.2 Identifikácia rizík rýchlostnej cesty (variant C5) z hľadiska cieľov úlohy

Pre variant C5 rýchlostnej cesty R2 v úsekoch km 7,000-7,600 a km 9,750–11,000 platia riziká špecifikované v predchádzajúcej kapitole. Trasovanie týchto úsekov je takmer rovnaké pre oba varianty.

V úseku 7,600 až 9,700 km je rýchlostná cesta vedená v 2120 m dlhom tuneli, v ktorom boli situované vrty: C5-2 (ústie 344,77 m n.m.), C5-3 (ústie 382,50 m n.m.) a C5-4 (ústie 360,99 m n.m.). Úsek prechádza tektonickými blokmi Zvolenskej pahorkatiny, ktoré poklesávajú do kotliny. Na ich stavbe sa podieľajú: tufitické sily, redeponované aleuritické a psamitické tuфы rôznych hrúbok, ktoré sa nepravidelne striedajú. V nadloží vrtu C5-2 sú terasové štrky, pod ktorými sa nachádza mohutné súvrstvie tufitických siltov a aleuritických redeponovaných tufov. V hĺbke 69–70 m sú vulkanické zlepenice s obliakmi andezitu veľkosti 2-4 cm, matrix tvoria hrubozrnné piesky.

Hladina podzemnej vody sa nachádza vo vrte: C5-2 hĺbke 46,6 m (298,57 m n.m.), C5-3 v hĺbke 61,5 m (298,57 m n.m.) a C5-4 v hĺbke 28 m (332,99 m n.m.). Z hydrodynamických

skúšok boli vypočítané koeficienty prietochností $T_{C5-2}=3,48 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a $T_{C5-4}=4,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hydraulicke parametre vrtu C5-3 sa nedali zistiť vzhľadom na minimálny prítok.

Podzemné vody majú základný nevýrazný Ca-HCO₃ typ chemického zloženia. Vo vrte C5-2 sme zistili minerálnu vodu (1094 mg.l⁻¹), so zvýšeným obsahom: oxidu uhličitého (237 mg.l⁻¹), síranov (295 mg/l), kyseliny kremičitej (85,8 mg.l⁻¹) a stroncia (3,107 mg.l⁻¹). Svojím chemickým zložením je podobná vode vrtu C3-1, má však menší obsah CO₂ a menšiu mineralizáciu. Vody vrtov C5-3 a C5-4 sa odlišujú od C5-2 tým, že sa jedná o obyčajné vody s mineralizáciou od 281 mg.l⁻¹ (C5-4) do 642 mg.l⁻¹ (C5-3) a nižšími obsahmi stroncia, sodíka a síranov.

Západný portál začína na úrovni cca 295,5 m n.m. a pokračuje so stúpaním 3,66 % na úroveň 372,99 m n.m. V tab. 8.3 sú porovnané úrovne tunela s úrovňami hladín podzemných vôd.

Tab.8.3: Porovnanie nadmorských výšok tunela s nadmorskými výškami úrovni hladín podzemných vôd vo vrtach C5-2, C5-3, C5-4 a C3-7

Vrt	Staničenie	Úroveň		Rozdiel úrovni (m) (H _T) - (H _V)
		Tunela (H _T)	Hladiny vo vrte (H _V)	
C5-2	km 7,7	cca 303 m n.m.	298 m n.m.	5 m
C5-3	km 8,2	cca 319 m n.m.	321 m n.m.	-2 m
C5-4	km 8,7	cca 336 m n.m.	333 m n.m.	3 m
C3-7	Km 9,4	cca 360 m n.m.	382 m n.m.	-22 m

Tunel sa bude raziť v slabo priepustných redeponovaných psamiticko-aleuritických tufoch väčšinou nad, respektíve mierne pod hladinou podzemných vôd, výnimku predstavuje jeho najvyššia časť.

Tunel nepredstavuje akútne nebezpečenstvo pre minerálne a termálne vody v Sliachi, pretože:

- bude hĺbený v slabo priepustných vulkanoklastických horninách,
- jeho niveleta bude z väčšej časti nad, resp. mierne pod hladinou podzemných vôd, výnimku predstavuje jeho východná časť, v ktorej sa ponára hlbšie pod hladinu podzemných vôd,
- nezasiahne kolektory zistené vrtmi C5-2 a C5-3,
- chemizmus podzemných vôd v trase variantu C5, s výnimkou vody vrtu C5-2, poukazuje na ich rozdielne infiltračné a akumulčné oblasti, v porovnaní s vodami žriedelnej oblasti.

8.3 Prehľad rizikových úsekov rýchlostnej cesty R2 z hľadiska cieľov úlohy

Z hľadiska cieľa geologickej úlohy sa dá konštatovať, že realizovanými geologickými prácami neboli ovplyvnené minerálne a termálne vody žriedelnej oblasti v Sliachi.

To však neznamená, že pri nešetnom zásahu do horninového prostredia v ich II. ochrannom pásme nemôže byť ohrozené ich množstvo a kvalita. Pre elimináciu potencionálneho ohrozenia sme identifikovali riziká, ktorých stručný prehľad je zhrnutý v tab. 8.4.

Tab. 8.4: Prehľad rizikových úsekov rýchlostnej cesty R2 z hľadiska cieľov úlohy

Staničenie	Predmet ohrozenia	Spôsob ohrozenia
Rýchlostná cesta R2, variant C3		
7,000-7,750	Minerálne vody zdrojov C3-1 (Q=0,43 l/s) a C3-2 (Q=13,00 l/s)	a) prepojenie kolektorov minerálnej a obyčajnej vody, b) porušenie ochrannej vrstvy v nadloží kolektora minerálnych vôd, c) narušenie prirodzených výstupových ciest CO ₂ , d) ohrozenie kvality vôd znečistenými vodami z povrchu cesty, resp. neodobným zachádzaním s ropnými látkami (RL)

8,250–9,119	a) obyčajné podzemné vody vrtu C3-5 ($Q=2,00$ l/s), b) akumulačná oblasť vôd prameňa Štefánik	Prácami na mostnom objekte: a) ovplyvnením režimu dopĺňania zásob b) zmenou výstupových ciest CO_2 c) znečistením zdrojov vôd z povrchu cestnej komunikácie, resp. neodborným zaobchádzaním s ropnými látkami (RL)
9,119-9,459	Žriedelná oblasť	Pri razení tunela s nadmernými otrasmi
Rýchlostná cesta R2, variant C5		
7,000-7,600	detto ako pri C3 km 7,0-7,75	detto ako pri C3
7,650-9,720	kvalita podzemných vôd zdrojov C5-2 a C5-3	ohrozenie kvality podzemných vôd vodami z povrchu cesty

Predmetom geologickej úlohy nebolo porovnanie jednotlivých variantov, ktoré si vyžaduje multikriteriálne hodnotenie.

8.4 Monitoring podzemných a povrchových vôd

V zmysle technickej príručky TP 13/2001 navrhujeme vypracovať projekt monitoring kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov útvarov podzemných a povrchových vôd. Vzhľadom na vedenie rýchlostnej cesty R2 vo variantoch C3 a C5 územím, na ktoré sa vzťahujú osobitné predpisy (Zákon 538/2005 Z.z. „Zákon o prírodných liečivých vodách, prírodných liečebných kúpeľoch, kúpeľných miestach a prírodných minerálnych vodách“ a Predpisu č. 551/2005 Z.z., ktorým sa vyhlasuje ochranné pásmo prírodných liečivých zdrojov v Sliači a v Kováčovej), je potrebné spracovať projekt monitoringu, ktorý bude nadväzovať na monitorovacie práce hodnotenej etapy prieskumu.

Zdôvodnenie vypracovania projektu monitorovania vodných útvarov

a) Rýchlostná cesta R2 prechádza II. ochranným pásmom prírodných liečivých zdrojov v Sliači a v Kováčovej, pri variante C3 sa približuje k I. ochrannému pásmu kúpeľov v Sliači,

b) prechádza hydrogeologickou štruktúrou, v ktorej boli zistené potencionálne zdroje minerálnych vôd „sliačskeho typu“.

Východiskové údaje pre spracovanie projektu

Projekt monitoringu by mal vychádzať zo záverečných správ Z. Bondarenkovej (1986) a M. Klúza (2014), ktoré komplexne hodnotia štruktúru minerálnych a termálnych vôd a hydrogeologické pomery v trase rýchlostnej cesty R2.

Prihliadať sa musí aj na technickú štúdiu „Rýchlostná cesta R2 Zvolen - obchvat riešenia cestnej komunikácie“ (Dopravoprojekt, 05.2006).

Identifikácia útvarov a monitorovacích miest

Povrchové vody:

rieka Hron
Sliačsky potok
Lukovský potok

Podzemné vody:

Termálne vody:	Kúpeľný prameň I.A
Minerálne vody:	premene: Štefánik, Lenkey, Adam, Bystrica vrty: BO-3 (Bondarenková, 1986), C3-1, C3-2, C3-5, C5-2
Obyčajné vody:	pramene: Pri Laze, Dedovec vrty: C3-3, C3-4, C3-7, C3-10, C5-3, C5-4, Vtáčnik
Zrážky:	denné zrážkové úhmy zo stanice Sliač - letisko

Monitorovať sa budú údaje o množstvách, režime, kvalite a stave podzemných a povrchových vôd.

Vzhľadom na to, že rýchlostná cesta R2 prechádza v km 7,000 -10,500 II. ochranným pásmom prírodných liečivých zdrojov v Sliači a v Kováčovej, na ktoré sa vzťahujú osobitné predpisy, je potrebné do monitoringu zahrnúť:

- sledovanie chemického a kvantitatívneho stavu obyčajných, minerálnych a termálnych vôd,
- doplnkové ukazovatele v zmysle právnych predpisov, podľa ktorých boli chránené oblasti ustanovené,
- sledovanie využívania a režim využívania minerálnych a termálnych vôd.

Monitoring odporúčame realizovať v kvantitatívnych ukazovateľoch 1x týždenne a v kvalitatívnych ukazovateľoch 1x mesačne po dobu zahájenia výstavby. Časový plán monitoringu povrchových vôd je postačujúci v intervale 4x ročne s nasledovnými odporúčanými časmi odberu (III., VI., IX., XI).

Súbor ukazovateľov pre podzemné vodu

- terénne ukazovatele musia rešpektovať spoločné požiadavky kladené na povrchové a podzemné vody pre odbery a špecifické podmienky pre odbery minerálnych vôd preplynených oxidom uhličitým,
- pre obyčajné vody odporúčame základný súbor ukazovateľov ako v tab. 16 príručky monitoringu TP 13/2011 ,
- pre minerálne a termálne vody odporúčame základný rozbor (podľa Vyhlášky MZ SR č.100/2006)

Ukazovatele pre povrchové vody

Monitorinig kvality je treba navrhnuť na základe relevantných prvkov kvality vodných útvarov, kde sa určia tie prvky, ktoré sú najvhodnejšie pre daný účel.

Metodika odberu

Spôsob odberu a dokumentovania vzoriek je záväzne daný v STN ISO 5667-1, 4, 6, 10, 11, 14. Analýzy sa budú vykonávať v zmysle platných noratív v akreditovaných laboratóriách.

- Pri vyhodnocovaní výsledkov monitoringu vôd sa musia akceptovať environmentálne ciele pre:
 - a) útvar povrchových vôd,
 - b) útvar podzemných vôd,
 - c) chránené územia, v danom prípade minerálne a termálne vody.

9. ZÁVER

Úlohou hydrogeologického prieskumu (ďalej HGP)

bolo overiť režim podzemných vôd v trase rýchlostnej cesty R2 vo variantoch C3 a C5 a zhodnotiť jej vplyv na minerálne vody v Sliači pomocou nasledovných geologických prác:

- merné objekty,
- geofyzikálne práce,
- desať hydrogeologických vrtov,
- karotážne merania,
- súbor hydrodynamických skúšok,
- odbery a analýzy vzoriek vôd vrátane izotopových analýz.

Práce boli priebežne dokumentované a vyhodnotené v zmysle Zákona 569/2007 Z. z., v znení neskorších predpisov.

Prínos riešenia

vo vzťahu k cieľom úlohy a k ochrane minerálnych a termálnych vôd:

A) sme overili hydrogeologické a hydrogeochemické pomery širšieho okolia trasy rýchlostnej cesty R2 a posúdili ich spojitosti so žriedelnými oblasťami kúpeľov v Sliači,

B) prieskum nepreukázal ovplyvnenie minerálnych a termálnych vôd v Sliači, realizovanými technickými prácami: desať hydrogeologických vrtov (hlbky 40 a 70 m), desať overovacích hydrodynamických skúšok (24 hodín), jedna spoločná dlhodobá čerpacia skúška na vrtoch: C3-1, C3-2, C3-3, C3-4, C3-5, C3-7, C3-10 v trvaní 28 dní a jedna spoločná poloprevádzková čerpacia na vrtoch: C3-1, C3-2, C5-2 a C5-4 v trvaní 60 dní, počas ktorej bolo odčerpaných sumárne $Q_{\text{sum}} = 76\,629 \text{ m}^3$,

C) boli posúdené rizikové úseky rýchlostnej cesty (variant C3 a C5) z hľadiska cieľov úlohy v štádiu jej výstavby a využívania.

Poznatzky priamo nesúvisiace s cieľom úlohy

Vrtmi C3-1 a C3-2 sme zistili významné zdroje minerálnych vôd s potenciálnymi využitelnými množstvami:

$Q_{\text{C3-1}} = 0,36 \text{ l/s}$, celková mineralizácia 1446 mg/l, obsah CO_2 844 mg/l,

$Q_{\text{C3-2}} = 13,48 \text{ l/s}$, celková mineralizácia 1 708 mg/l, obsah CO_2 2081 mg/l,

navyše vrtom C3-5 boli zdokumentované obyčajné, slabo preplnené vody (110-457 mg/l) s chemizmom podobným prameňu Štefánik, avšak s menším obsahom CO_2 .

Nakoľko rýchlostná cesta R2 bude prechádzať priamo cez novozistené zdroje minerálnych vôd a zároveň cez II. ochranné pásmo prírodných liečivých zdrojov v Sliači a v Kováčovej, boli definované možné riziká aj pre tento úsek.

Monitorinig podzemných a povrchových vôd

Vzhľadom na vedenie rýchlostnej cesty R2 územím, na ktoré sa vzťahujú osobitné predpisy (Zákon č. 538/2005 Z.z. „Zákon o prírodných liečivých vodách, prírodných liečebných kúpeľoch, kúpeľných miestach a prírodných minerálnych vodách“ a Predpis č.551/2005 Z.z., ktorým sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Sliači a v Kováčovej), sme navrhli rámcový projekt kvantitatívneho a kvalitatívneho monitoringu útvarov podzemných, minerálnych a povrchových vôd.

Vypracovali: RNDr. M. Klúz RNDr. Z. Potyš Mgr. M. Knietel Mgr. M. Klúz

Zodpovedný riešiteľ: RNDr. Marian Klúz

10. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Atlas krajiny Slovenskej republiky, 2002. Bratislava, Banská Bystrica: Ministerstvo životného prostredia SR, Agentúra životného prostredia, 2002.
- Bohm, V.: Regionálna hydrogeológia ČSSR II. (Západné Karpaty).
- Bondarenková Z., Dzúrik J., Klaučo S., Motlíková H., Kadnár R., 1986: SLIAČ – KOVÁČOVÁ (manuskript Geofond Bratislava, 1986).
- Bárta, R. et al., 1977: Výskum minerálnych vôd v Pohroní. Geofyzikálne merania. Záverečná správa. Archív Geofond, 1977.
- Čajka O., Kopecký M., 2006: Rýchlostná cesta R2 Zvolen – obchvat (orientačný IG prieskum, 2006).
- Čajka O., Kopecký M., 2007: Rýchlostná cesta R2 Zvolen – západ – Zvolen – východ (inžiniersko-geologická štúdia, apríl 2007).
- Dublan L., Konečný V., Lexa J., Biely A., Miko O., Halouzka R., Pulec M., 1976: Geologická stavba ochranného rajónu kúpeľov Sliač v mierke 1 : 25 000. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 1976.
- Fendeková, M., Makišová, Z., Michalko, J., Ženišová, Z. & M. Fendek, 2007: Sírany a izotopy síry v podzemných vodách neovulkanitov Slovenska.- Podzemná voda ISSN 1335-1052, XIII, 1/2007.
- Fláková, R., Ženišová, Z., Seman, M. 2010: Chemická analýza vody v hydrogeológii, SAH, Bratislava 2010.
- Franko O., Gazda S., Michalička M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát (GUDŠ, Bratislava, 1975).
- Gruntorád, J., Karous, M., 1973: Geoelektrické metody průzkumu, I. díl – Stejnoseměné met. Skripta, SPN Praha, 444 str.
- Hynie O., 1963: Hydrogeológia ČSSR II, Minerálne vody, Nakladatelství ČSAV, Praha 1963.
- Jetel J., 1982: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. Ústřední ústav geologický v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, 1982. 248 s.
- Konečný V., Dublan L., Pulec M., Planderová E., Škvarka L., Štohl J., Šefara J., 1971: Základný geologický výskum a mapovanie v mierke 1 : 25000 na liste Zvolenská Slatina a Detva. Manuskript – archív GS SR, Bratislava, 1971.
- Konečný V., Lexa J., 1984: Geologická mapa stredoslovenských neovulkanitov v mierke 1 : 100 000 (GÚDŠ, 1984).
- Kantor, J. 1985: Izotopová charakteristika vôd rôznych genetických typov, Manuskript, Geofond, Bratislava, 1985.
- Kantor, J., Ďurkovičová, J., Eliáš, K., Rybár, M., Garaj, M., Ferenčíková, E., Hašková, A. 1982: Genetická charakteristika evaporitov Západných Karpát podľa izotopov síry. Manuskript, archív odboru informatiky ŠGÚDŠ Bratislava, 1982.
- Klúz M., Gálisová M., Kazmuková M., Drahoš M., Stanková V., 1986: Neovulkanity Poľany, hydrogeologický rajón V-083, Záverečná správa z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu s ocenením zásob podzemných vôd ku dňu 31.12.1986. Bratislava: Slovenský geologický úrad, 1986. 204 s.

- Kohút, M. & Recio, C. 2002: Sulphur isotopes of selected Hercynian granitic and surroundings rocks from the Western Carpathians (Slovakia), *Geologica Carpathica*, 53, 1 Bratislava, 3-13.
- Mansell, S.J., Malík, P., Michalko, J., Fendeková, M. 1995: Stable isotopes in karstic groundwaters of the Veľká Fatra Mts., Slovakia. International Symposium on Isotopes in Water resources management, Vienna 20-24 March 1995, IAEA-SM-336.
- Malík, P. - Michalko, J., 2002: : Pôvod sulfátu rozpusteného vo vode vybraných krasovo-puklinových prameňov revúckeho zlomového pásma. *Podzemná voda* VIII/2002 č. 2, 67-78.
- Malík, P., Michalko, J., Rapant, S. 1993: Štruktúro-hydrogeologická analýza karbonátov krížňanského príkrovu Veľkej Fatry, Manuskript, archív odboru informatiky ŠGÚDŠ Bratislava, 1993.
- Malík, P., Michalko, J., Rapant, S., Scherer, S. 1997: Sulphur isotopes in atmospheric precipitation on the territory of Slovak Republic. Final report of IAEA Agency Research contract No. 8673/RB. IAEA Vienna 25 s.
- Malík, P., Michalko, J., Rapant, S., Scherer, S. 2000: Izotopy síry v zimných zrážkach na území Slovenska, *Podzemná voda* VI./2000 č. 2, 174-184.
- Michalko, J., Ďurkovičová, J., Rúčka, I., Kovářová, A., Malík, P., Sládková, M., Ferenčíková, E., Harčová, E. 1993: Izotopový výskum genézy podzemných vôd, Manuskript, archív odboru informatiky ŠGÚDŠ Bratislava, 1993.
- Michalko, J. 1998: Izotopová charakteristika podzemných vôd Slovenska, Kandidátska dizertačná práca, SAV, Bratislava, 1998. 94 s.
- Michalko, J., 2004: Používanie údajov o izotopovom zložení síry pri interpretácii genézy podzemnej vody. *Podzemná voda* č. 1/2004, Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava, 2004, s. 115-125.
- Michalko, J., Kalinay, P., Rúčka, I., Kovářová, A., 1994: Charakteristika minerálnych vôd v Smrdádoch z hľadiska stabilných izotopov kyslíka a síry. Manuskript, archív GÚDŠ Bratislava, 1994.
- Némethyová M., Barbušová L., 2008: Rýchlostná cesta R2 Zvolen –západ – Zvolen – východ (hydrogeologická štúdia, jún 2008).
- Pearson, F. J. jr., Balderer, W., Loosli, H.H., Lehmann, B.E., Matter, A., Peters, Tj., Schmassmann, H., Gautschi, A. 1991: Applied Isotope Hydrogeology. A Case Study in Northern Switzerland, Elsevier, Netherland, p. 439.
- Pulec M., 1966: Geologický výskum terciéru vnútorných kotlín centrálnych Západných Karpát (číslo úlohy: 503), záverečná správa. GÚDŠ, Bratislava 1966. 185 s.
- Rebro A., Kazimír M., Klago M., Tyleček B., 1971: Štúdia hydrogeologických pomerov žriedlovej oblasti Sliač a minerálnych prameňov vo Zvolenskej kotline (štúdia).
- Škvarka L., 1974: Zvodnené zlomové línie v oblasti neovulkanitov Slovenska. Západné Karpaty – séria hydrogeológie a inžinierskej geológie 1. GÚDŠ, Bratislava 1974.
- Šuba J., a kolektív, 1984: Hydrogeologická rajonizácia Slovenska, 2. vydanie. Slovenský hydrometeorologický ústav, 1984. 310s.