

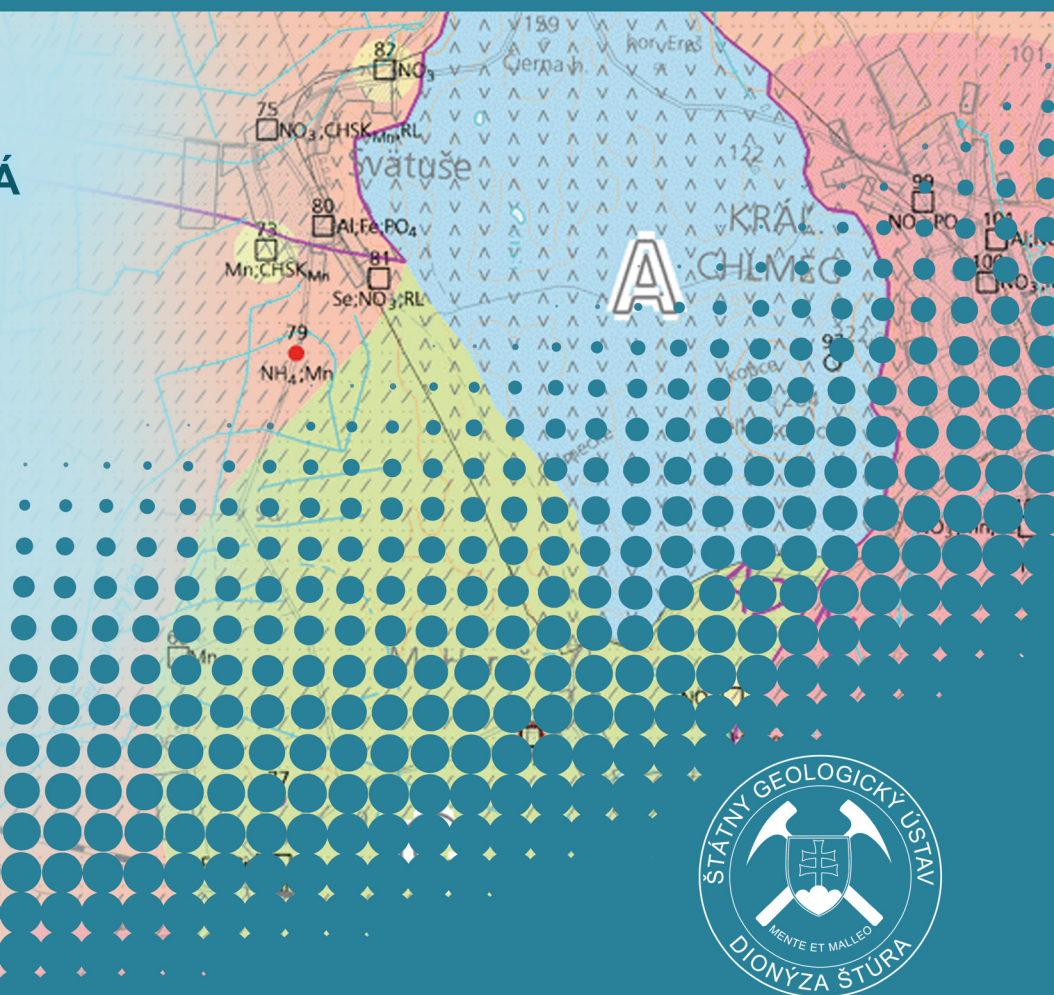
VYSVETLIVKY

k základnej hydrogeologickej
a hydrogeochemickej mape

MEDZIBODROŽIA

v mierke 1 : 50 000

Peter BAJTOŠ
Soňa CICMANOVÁ
Eva LENHARDOVÁ



VYSVETLIVKY

K ZÁKLADNEJ
HYDROGEOLOGICKEJ
A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE
MEDZIBODROŽIA
1 : 50 000

Recenzenti:

RNDr. Ivan Šalaga

Prof. RNDr. Zlatica Ženišová, CSc.

Predseda vydavateľskej rady:

Ing. Branislav Žec, CSc.

Vedecký redaktor:

RNDr. Juraj Maglay, PhD.

Členovia redakčnej rady:

Ing. Peter Baláž, PhD., RNDr. Klement Fordinál, PhD., RNDr. Milan Havrila, RNDr. Ľubomír Hraško, PhD., RNDr. Milan Kohút, CSc., RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., RNDr. Alexander Nagy, CSc., RNDr. Michal Potfaj, CSc., doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc., RNDr. Anton Remšík, CSc.

PETER BAJTOŠ, SOŇA CICMANOVÁ a EVA LENHARDTOVÁ

VYSVETLIVKY

K ZÁKLADNEJ HYDROGEOLOGICKEJ
A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE

MEDZIBODROŽIA

1 : 50 000

© ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA BRATISLAVA 2014

ISBN 978-80-89343-84-3

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. PRÍRODNÉ POMERY	9
2.1. Geomorfologické pomery, charakter krajiny a vegetácie na území	9
2.2. Klimatické pomery	11
2.3. Hydrologické pomery (podľa Šútora et al., 1995)	13
2.4. Činnosť človeka významne ovplyvňujúca hydrogeologické a hydrogeochemické pomery územia	18
2.5. Geologické pomery	23
2.5.1. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia	23
2.5.2. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek	25
2.5.3. Geologicko-tektonická stavba územia	34
3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA	37
3.1. Hydrogeologická preskúmanosť	37
3.2. Súčasný stav hydrogeochemickej preskúmanosti územia	44
3.3. Hranice hydrogeologických rajónov a útvarov podzemných vôd na území	45
4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA	47
4.1. Charakteristika dokumentačného materiálu použitého na zostavenie hydrogeologickej mapy	47
4.2. Spôsob spracovania hydrogeologických údajov	50
4.3. Charakteristika reprodukovateľnosti použitého hydrogeochemického dokumentačného materiálu	52
5. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA	57
5.1. Hydrogeologická charakteristika hornín	57
5.2. Obeh a režim podzemných vôd	68
6. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY	83
6.1. Charakteristika procesov tvorby chemického zloženia podzemných vôd regiónu	83
6.2. Charakteristika a klasifikácia chemického zloženia podzemných vôd	91
6.3. Charakteristika kvalitatívnych vlastností podzemných vôd	102
6.4. Charakteristika kvality povrchových vôd	105
7. PREHĽAD PRÍRODNÝCH ZDROJOV A VYUŽITELNÉHO MNOŽSTVA PODZEMNÝCH VÔD, ICH SÚČASNÁ EXPLOATÁCIA	107
8. ZDROJE MINERÁLNYCH A GEOTERMÁLNYCH VÔD	111
9. ZÁVER	117
10. LITERATÚRA	121
11. SUMMARY	127

1. ÚVOD

Zostavenie základnej hydrogeologickej a hydrogeochemickej mapy regiónu Medzibodrožie v mierke 1 : 50 000 s textovými vysvetlivkami je súčasťou riešenia geologickej úlohy vedy a výskumu číslo 12-02-9/0200 *Základné hydrogeologické mapy vybraných regiónov Slovenska* (zodpovedný riešiteľ RNDr. Peter Malík, CSc.). Počas riešenia uvedenej úlohy boli zároveň zostavené mapy deviatich regiónov (okrem Medzibodrožia aj Vihorlat, Žiar, Čergov, Muránska planina, západná časť Veľkej Fatry, Turčianska kotlina, Ipel'ská kotlina a Žitný ostrov), všetky jednotným spôsobom podľa novovytvorenej smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 8/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeologických máp a č. 9/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000.

Účelom základnej hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 50 000 je získanie a zhodnotenie základných informácií o zdrojoch podzemných vôd a o podmienkach tvorby, akumulácie a pohybu podzemných vôd na hodnotenom území a súčasne poskytnutie objektívnych ucelených podkladov na racionálne využívanie a účinnú ochranu podzemných vôd pri územnoplánovacom rozhodovaní, sanácii, ochrane a skvalitňovaní zložiek životného prostredia. Jej obsahom je zobrazenie nielen hydrogeologických pomerov územia najmä prostredníctvom grafického vyjadrenia priestorových zmien prietochnosti horninového prostredia a jej variability, ale aj hraníc zvodnených kolektorov a zvodnených systémov, izolátorov a poloizolátorov, dynamiky podzemných vôd, vymedzenie hydrogeologických štruktúr, lokalizácia a kvantifikácia výverov podzemných vôd a umelých hydrogeologických objektov.

Cieľom základnej hydrogeochemickej mapy v mierke 1 : 50 000 je plošné zobrazenie najdôležitejších kvalitatívnych a geochemických charakteristík podzemných vôd prvého zvodneného kolektora pri povrchu a ďalších významných zvodnených kolektorov uložených hlbšie pod povrchom. Hydrogeochemická mapa priamo nadväzuje na hydrogeologickú mapu. Sú na nej vyjadrené a zohľadnené najmä kvalitatívne, geochemické, environmentálne, vodohospodárske, genetické, prípadne aj prospekčné kritériá. Hydrogeochemická mapa je základným odborným podkladom na charakteristiku kvalitatívnych vlastností a stupňa znečistenia podzemných vôd slúžiacich na racionálne využívanie a cielavedomú ochranu podzemných vôd.

Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Medzibodrožia s vysvetlivkami je výsledkom práce kolektívu pracovníkov ŠGÚDŠ – RC Spišská Nová Ves. Hydrogeologickú mapu a hydrogeologickú časť vysvetliviek zostavil Ing. Peter Bajtoš, PhD. Hydrogeochemickú mapu a príslušnú časť vysvetliviek zostavili Ing. Peter Bajtoš, PhD. a RNDr. Soňa Cicmanová. Na terénnych mapovacích prácach, zbere a spracovaní podkladových archívnych a nových údajov sa podieľali Ing. Eva Lenhardtová (RC Košice), Ing. Štefan Stupák, Jozef Blahut, Mária Nováčková a Juraj Hovanec. Digitálne grafické podklady na spracovanie máp a finálne výstupy spracovali Mgr. Pavol Šesták a RNDr. Augustín Gluch. Práce boli realizované v období 08/2002 – 09/2004. Hodnotené územie má rozlohu 384,6 km².

2. PRÍRODNÉ POMERY

2.1. GEOMORFOLOGICKÉ POMERY, CHARAKTER KRAJINY A VEGETÁCIE NA ÚZEMÍ

Historicky sa Medzibodrožím označovala oblasť v severovýchodnej časti uhorskej Dolnej zeme (tzv. Alföld) ohraničená riekami Latoricou, Bodrogom a Tisou s rozlohou viac ako 700 km².

V súčasnosti sa názvom Medzibodrožie označuje časť Východoslovenskej nížiny v juhovýchodnom cípe Slovenskej republiky. Je to územie vymedzené na východe štátnou hranicou s Ukrajinou, na severe riekou Latorica, na západe riekou Bodrog a na juhu štátnou hranicou s Maďarskou republikou, ktorú sčasti tvorí v dĺžke 5,2 km aj rieka Tisa a v dĺžke 22 km rieka Karčava.

Orograficky patrí územie Medzibodrožia do provincie Východopanónskej panvy, do oblasti Východoslovenskej nížiny a do celku Východoslovenskej roviny (Mazúr a Lukniš, 1986). V ďalšom členení ho tvoria orografické oddiely Latorická rovina, Bodrocká rovina a Medzibodrocké pláňavy (obr. 2.1.1).

Geomorfologicky charakterizuje územie rovinný, nepatrne zvlnený reliéf so zvyškami opustených meandrujúcich koryt tokov. Územie je mierne naklonené na juhozápad a najnižšie položené miesto pri Kline nad Bodrogom s nadmorskou výškou 94 m n. m. je zároveň najnižším bodom SR. Najvyššie položeným miestom oblasti je Tarbucka s kótou 277 m n. m..

Prevažnú časť územia zaberajú Medzibodrocké pláňavy s typickou eolickou formou reliéfu modelovanou vetrom, tiahnuce sa od Latorickej roviny po hranice so susednými štátmi. Pieskové



presypy sa dvíhajú do výšky 10 až 15 m nad okolitú rovinu. Zvyšky neovulkanických telies tvoria zvlnený pahorkatinový reliéf – Chlmecké pahorky s kótou Vysoká (264 m n. m.) a Tarbucka (277 m n. m.). Stredný uhol sklonu na rovine nepresahuje 2°, v oblastiach pahorkov 6°.

V Medzibodroží prevládajú nivné a lužné pôdy (oglejené a glejové), ktoré vznikli na riečnych nánosoch hydromorfným vývojom. Obsahujú vysoký podiel ílu a prachových častíc, majú kyslú pôdnu reakciu a obsahujú vysoký podiel organickej hmoty. Na viatych pieskoch sú vyvinuté mačinové pôdy s minimálnym podielom humusu, veľmi dobre priepustné pre zrážkovú vodu, s takmer nulovou kapilaritou.

Obr. 2.1.1. Geomorfologické jednotky Východoslovenskej roviny (Mazúr a Lukniš, 1986). *Geomorfologické podcelky:* 1 – Trebišovská tabuľa; 2 – Malčická tabuľa; 3 – Iňačovská tabuľa; 4 – Závadská tabuľa; 5 – Sobranecká rovina; 6 – Senianska mokraď; 7 – Medzibodrocké pláňavy; 8 – Kapušianske pláňavy; 9 – Laborecká rovina; 10 – Ondavská rovina; 11 – Latorická rovina; 12 – Bodrocká rovina. *Geomorfologické časti:* 1.1 – Veľký vrch; 7.1 – Chlmecké pahorky; 7.2 – Tarbucka.

Pre rôzne pôdne druhy Východoslovenskej nížiny boli na základe *in situ* meraní, laboratórnych testov a sumarizovaním výsledkov z dostupných zdrojov získané súbory hodnôt koeficientu filtrácie preukazujúce logaritmicko-normálne rozdelenie (Šútor, 1986), ktorých reprezentatívne hodnoty (modus) sú uvedené v tab. 2.1.1. Pre jednotlivé pôdne druhy Východoslovenskej nížiny boli získané súbory hodnôt drenážnej pórovitosti P_d (Šútor, 1986) preukazujúce normálne rozdelenie (P_d je objem vody, ktorá vytečie z objemovej jednotky pôdy pri znížení hladiny podzemnej vody o jednotku dĺžky), ktorých reprezentatívne hodnoty (aritmetický priemer) sú uvedené v tab. 2.1.2.

Tab. 2.1.1. Klasifikácia pôd Východoslovenskej nížiny podľa ich súčiniteľa filtrácie k (Šútor, 1986).

P. č.	Pomenovanie vodivosti	Pôdny druh	Pôdny horizont [m]	Koeficient filtrácie [$m \cdot s^{-1}$]
1	vysoká (1)	ľahké pôdy	0 – 0,30	$5,79 \cdot 10^{-5}$
2			0,31 – 0,80	$1,16 \cdot 10^{-5}$
3			0,81 – 1,10	$1,16 \cdot 10^{-5}$
4	zvýšená (2)	stredne ťažké pôdy	0 – 0,30	$7,52 \cdot 10^{-6}$
5			0,31 – 0,80	$1,50 \cdot 10^{-6}$
6			0,81 – 1,10	$1,50 \cdot 10^{-6}$
7	stredná (3)	ťažké pôdy	0 – 0,30	$2,31 \cdot 10^{-6}$
8			0,31 – 0,80	$5,90 \cdot 10^{-7}$
9			0,81 – 1,10	$1,39 \cdot 10^{-7}$
10	nízka (4)	veľmi ťažké pôdy	0 – 0,30	$1,62 \cdot 10^{-6}$
11			0,31 – 0,80	$4,05 \cdot 10^{-7}$
12			0,81 – 1,10	$5,79 \cdot 10^{-7}$
13	veľmi nízka (5)	extrémne ťažké pôdy	0 – 0,30	$2,89 \cdot 10^{-7}$
14			0,31 – 0,80	$1,16 \cdot 10^{-7}$
15			0,81 – 1,10	$1,74 \cdot 10^{-7}$

Tab. 2.1.2. Klasifikácia pôd Východoslovenskej nížiny podľa ich odvodňovacích vlastností (Šútor, 1986).

P. č.	Pomenovanie odvodňovacej schopnosti	Pôdny horizont [m]	Súčiniteľ drenážnej pórovitosti P_d
1	veľmi dobrá (ľahké pôdy) (1)	0 – 0,30	0,19
2		0,31 – 0,80	0,16
3		0,81 – 1,10	0,16
4	dobrá (stredne ťažké pôdy) (2)	0 – 0,30	0,14
5		0,31 – 0,80	0,11
6		0,81 – 1,10	0,12
7	vyhovujúca (ťažké pôdy) (3)	0 – 0,30	0,14
8		0,31 – 0,80	0,10
9		0,81 – 1,10	0,09
10	nízka (veľmi ťažké pôdy) (4)	0 – 0,30	0,09
11		0,31 – 0,80	0,05
12		0,81 – 1,10	0,05
13	veľmi nízka (extrémne ťažké pôdy) (5)	0 – 0,30	0,03
14		0,31 – 0,80	0,03
15		0,81 – 1,10	0,03

Súčasný druhový charakter vegetačného krytu sa sformoval po skončení wümského zaľadnenia, keď vplyvom postupného otepľovania a bohatých zrážok došlo k súvislému zalesneniu celého územia. Ako lemy väčších riek sa vytvorili vrbovo-topolové lužné lesy, z ktorých sa dnes zachovali len fragmenty, najmä pri Tise. Viac ako dve tretiny územia boli pôvodne pokryté jaseňovo-brestovo-dubovými lužnými lesmi, ktorých zvyšky sa dnes zachovali najmä v okolí Latorice a Bodrogu. V bezodtokových depresiách rástli slatinné vrbové kroviská a slatinné jelšové lesy, dnes zachované fragmentárne len v okolí Tice. Pomerne malé plochy zaberali len výnimočne zaplavované dubovo-hrabové lesy, ktorých fragmenty sa zachovali na zvyškoch starších agradačných valov južne od Latorice. Presypové pieskové duny a menšie časti úpätia vulkanických pahorkov boli pôvodne charakteristické porastom konvalinkových

dubových lesov, ktoré sa pre plošné výruby nezachovali – nahradili ich agátové lesy, pastviská a orná pôda. Pôvodné dubovo-hrabové lesy na úpätiach vulkanických pahorkov sú nahradené ornou pôdou a občianskou zástavbou. Pôvodné cerovo-dubové, prípadne xerothermné dubové lesy a skalné lesostepi na exponovaných svahoch vulkanických pahorkov sú porastené krovinatým a trávnatým porastom, prípadne využívané ako kultúrne plochy (vinice); (Cibuľa, 1992).

V súčasnosti tvorí prevažnú rozlohu regiónu orná pôda, prerušovaná lúkami a pasienkami. Orná pôda je vhodná na obilniny, cukrovú repu a lokálne zemiaky, prípadne je menej vhodná až nevhodná na pestovanie poľnohospodárskych plodín (Mládek, 2002). Len pozdĺž Latorice sa vyskytujú väčšie výmery lesov hospodárskeho charakteru.

Z krajinnno-ekologického hľadiska najsevernejšiu časť územia pozdĺž Latorice tvoria nížinné depresie s trávnatými porastmi a mozaikou iných poľnohospodárskych kultúr a lesov (Mikláš et al., 2002). Južnejší prilahlý pruh tvoria pláňavy (dunové roviny) s mozaikou poľnohospodárskych kultúr a ornej pôdy. Južný okraj Medzibodrožia predstavujú riečne roviny s prevahou ornej pôdy, prerušované pahorkatinami s nízkymi plošnými predhoriami s mozaikou listnatých lesov, trávnatých porastov a iných poľnohospodárskych kultúr.

V severnej časti regiónu Medzibodrožie sa nachádza Chránená krajinná oblasť (CHKO) Latorica (2. stupeň ochrany). Z maloplošných chránených území sú tu národné prírodné rezervácie (NPR; 5. – najvyšší stupeň ochrany prírody): NPR Tajba, NPR Latorický luh I, NPR Latorický luh II; prírodné rezervácie (PR; 5. stupeň ochrany): PR Zatinský luh, PR Dlhé Tice, PR Krátke Tice, PR Rašelinisko Boľ, PR Veľké jazero, PR Poniklecová lúčka, PR Horešské lúky, PR Biele jazero, PR Tarbucka.

2.2. KLIMATICKÉ POMERY

Región Medzibodrožia ako súčasť Východoslovenskej nížiny leží v prechodnom pásme medzi oceánskou a pevninskou klímou. Stupeň kontinentality, vyjadrujúci mieru vplyvu morských vzduchových hmôt na klímu, je v prípade Medzibodrožia najvyšší na Slovensku (Šútor et al., 1995).

Teplotné pomery Medzibodrožia sú značne homogénne. V podmienkach nížiny možno považovať vertikálny gradient teploty vzduchu 0,5 °C na 100 m nadmorskej výšky za reprezentatívny v ročnom priemere. Závislosť priemernej ročnej teploty od zemepisnej šírky je určená horizontálnym gradientom 1,3 °C na 1° zemepisnej šírky, t. j. asi 111 km, čo medzi severným a južným okrajom Medzibodrožia predstavuje 0,18 °C. Priemerná mesačná a priemerná ročná teplota vzduchu pre stanicu Somotor je uvedená v tab. 2.2.1.

Tab. 2.2.1. Priemerné mesačné (ročné) teploty vzduchu (°C) za obdobie 1951 – 1980 (údaje SHMÚ).

Stanica	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	IV. – IX.
Trebišov	-3,3	-1,0	3,5	9,7	14,6	18,2	19,6	18,9	14,8	9,1	4,0	-0,7	8,9	16,0
Somotor	-3,1	-0,7	4,1	10,3	15,1	18,7	20,2	19,6	15,3	9,5	4,2	-0,4	9,4	16,5

Na území Východoslovenskej nížiny vznikajú dobré podmienky na vznik orograficky podmienených výstupných pohybov pri prúdení vzduchu z prakticky rovnej Veľkej uhorskej nížiny k hradbe Karpát, ktoré spôsobujú vyššie úhrny zrážok na území ležiacom pred orografickou prekážkou. Naopak, pri západnom prúdení za meridionálne orientovaným pohorím Slanských vrchov sa tvorí v pásme za nimi zrážkový tieň. Preto v rámci Východoslovenskej nížiny Medzibodrožie patrí k jeho zrážkovo najchudobnejšej časti, s dlhodobým priemerným ročným úhrnom okolo 600 mm (Horecká a Valovič, 1978). Smerom od Z na V sa prejavuje mierny nárast zrážkových úhrnov, čo dokumentujú údaje zo staníc Somotor, Leles a Veľké Trakany (tab. 2.2.2, 2.2.3). Ročný chod sa vyznačuje hlavným maximom v júni, minimum pripadá na marec. Takýto ročný chod zrážok zodpovedá pevninskému typu miernych zemepisných šírok. V letnom polroku spadne v priemere 59 až 62 % zrážkového úhrnu. Priemerný počet dní so zrážkami nad 1 mm je 90 až 95 v roku, so zrážkami nad 10 mm je 18 dní v roku. Intenzita 15-minútového dažďa je vysoká a dosahuje 140 – 150 l · s⁻¹ · ha⁻¹. V priebehu roka sa vyskytne v priemere 50 dní so snehovou

Tab. 2.2.2. Priemerné mesačné a ročné úhrny zrážok v mm za obdobie 1951 – 1980 (Horecká a Valovič, 1978).

Stanica	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
Trebišov	32	28	27	39	53	78	76	63	41	39	43	41	559
Somotor	31	31	28	38	55	82	69	69	40	39	47	42	572
Leles	36	34	31	40	55	78	73	66	41	42	49	48	592
Veľké Trakany	38	39	31	42	52	84	82	67	40	42	53	52	622

Tab. 2.2.3. Priemerné mesačné a ročné úhrny zrážok v mm, stanica Somotor (údaje SHMÚ).

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
1951 až 1980	31	31	28	38	55	82	69	69	40	39	47	42	572
1961 až 1990	31	28	34	42	59	74	64	66	43	36	44	38	559

Tab. 2.2.4. Maximálne mesačné a ročné úhrny zrážok v mm za obdobie 1901 – 1980 (údaje SHMÚ).

Stanica	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
Trebišov	80	78	102	94	161	182	160	228	154	167	103	92	905
Somotor	111	81	122	99	129	177	187	275	156	192	142	119	913

Tab. 2.2.5. Minimálne mesačné a ročné úhrny zrážok v mm za obdobie 1901 – 1980 (údaje SHMÚ).

Stanica	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
Trebišov	2	0	0	5	4	7	17	2	1	0	0	3	283
Somotor	3	1	0	6	14	9	16	11	2	0	0	3	342

Tab. 2.2.6. Mesačné a ročné úhrny zrážok v regióne Medzibodrožia v rokoch 2002 – 2003 (údaje SHMÚ).

Stanica	Rok	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Rok
Veľké Trakany	2002	50	20	18	25	32	21	22	76	38	110	78	91	581
	2003	41	43	44	26	14	17	33	28	62	27	67	105	507
Leles	2002	39	10	11	12	28	41	22	69	44	113	80	96	565
	2003	38	35	43	27	9	19	44	36	80	22	84	90	527
Rad	2002	53	16	11	18	26	21	32	62	56	70	68	91	524
	2003	33	35	33	23	11	19	36	16	104	23	80	85	498
Somotor	2002	52	12	10	8	33	22	29	54	64	40	59	88	471
	2003	31	30	24	27	12	18	28	23	48	24	82	94	441
Kráľovský Chlmec	2002	43	16	15	19	28	21	29	60	29	102	68	97	527
	2003	41	38	54	36	13	21	46	19	97	15	83	96	559
Veľký Horeš	2002	43	16	13	9	30	19	22	58	40	74	54	95	473
	2003	39	34	43	35	12	20	46	24	62	15	90	98	518

Tab. 2.2.7. Priemerné mesačné a ročné úhrny evapotranspirácie v mm za obdobie 1951 – 1980 (Tomlain, 1991).

Stanica	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	LP
Trebišov	0	6	21	54	75	89	82	62	38	16	6	2	451	400
Somotor	1	6	25	56	74	87	82	62	42	18	7	5	465	403

Vysvetlivky: LP – letný polrok

pokrývkou, len približne počas 25 dní dosiahne jej hrúbka 5 cm a viac. Veľkú časovú premenlivosť mesačných a ročných úhrnov zrážok dokumentujú údaje uvedené v tabuľkách 2.2.4 a 2.2.5.

Obdobie rokov 2002 – 2003, keď sa realizovali terénne hydrogeologické mapovacie práce tejto geologickej úlohy, je zrážkovo podnormálne. Podľa údajov stanice Somotor v roku 2002 spadlo 84 % dlhodobého priemeru zrážok, v roku 2003 len 79 % (tab. 2.2.6).

Hodnoty evapotranspirácie zistené dlhodobým meraním na pozorovacích staniciach vo Východoslovenskej nížine sú uvedené v tab. 2.2.7, 2.2.8 a 2.2.9. Reálna evapotranspirácia dosahuje len 70 až 80 % z ročnej sumy potenciálnej transpirácie a podobný diel z ročného úhrnu zrážok. Maximum evapotranspirácie sa dosahuje v júni a v júli.

Tab. 2.2.8. Priemerné mesačné a ročné úhrny evapotranspirácie v mm za obdobie 1961 – 1990, stanica Somotor (Tomlain, 1997).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
E	2	8	28	54	79	79	71	53	37	19	8	3	441
E 25 %	4	11	36	62	93	90	87	68	46	24	10	4	483
E 75 %	1	5	22	45	66	70	58	38	26	14	5	1	408

Vysvetlivky: E – evapotranspirácia; E 25 % – E pri 25 % klimatickom zabezpečení; E 75 % – E pri 75 % klimatickom zabezpečení.

Tab. 2.2.9. Základné štatistické charakteristiky evapotranspirácie v mm za obdobie 1961 – 1990, stanica Somotor (Tomlain, 1997).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Priemer	2	8	28	54	79	79	71	53	37	19	8	3	441
Maximum	8	14	45	70	116	99	109	93	60	29	15	6	549
Horný decil	6	13	39	68	102	95	101	76	57	28	13	5	506
Horný kvartil	4	11	36	62	93	90	87	68	46	24	10	4	483
Medián	2	8	27	56	78	81	67	54	38	20	7	2	442
Dolný kvartil	1	5	22	45	66	70	58	38	26	14	5	1	408
Dolný decil	0	2	14	41	58	60	45	29	20	9	3	0	372
Minimum	0	0	13	25	37	49	22	19	11	6	2	0	321
Variačné rozpätie	8	14	32	45	79	50	87	74	49	23	13	6	228

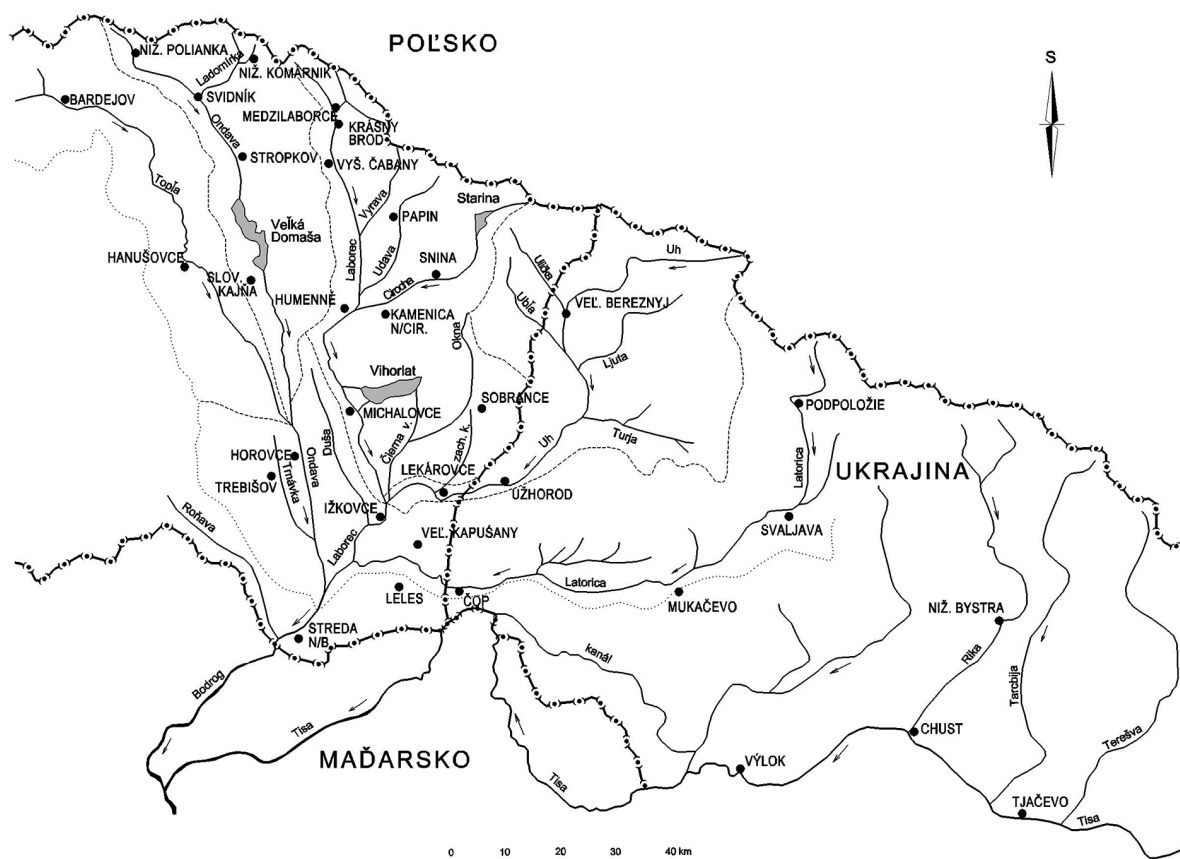
2.3. HYDROLOGICKÉ POMERY (podľa Šútora et al., 1995)

Územie Medzibodrožia charakterizujú zložité odtokové pomery recipientov ohraničujúcich jeho územie, ako aj absentujúca sieť prirodzených tokov nahradená sieťou umelých kanálov. Zložitosť odtokových pomerov je daná skutočnosťou, že hlavné rieky riečného systému Bodrog sa stretávajú na nížinnom území na malom priestore, sústreďujúc doň povrchový odtok z rozľahlej plochy celého povodia, pričom takmer 40 % z tejto plochy neleží na území našej republiky (obr. 2.3.1).

Hlavným recipientom územia je rieka Bodrog, odvodňujúca prevažnú časť územia pomocou siete odvodňovacích kanálov a dvoch prečerpávacích staníc s hlavnými kanálmi – Somotorským a Pavlovským. Do Bodrogu sú cez rieku Karčava odvádzané sieťou kanálov aj vody z južnej časti územia.

Rieka Bodrog vzniká sútokom Ondavy a Latorice nad obcou Zemplín, odtiaľ preteká juhozápadným smerom k štátnej hranici s MR a pri Tokaji na území Maďarska ústi do Tisy. Slovenským územím preteká v dĺžke 15 km, pričom v dĺžke 1,1 km tvorí hranicu s Maďarskom. Na začiatku hraničného úseku do Bodrogu ústi pravostranný prítok Roňava. Lavostranný prítok Karčava, tvoriaci hranicu s Maďarskom v dĺžke vyše 20 km, sa vlieva do Bodrogu až po opustení nášho územia. Pozdĺžny sklon Bodrogu sa pohybuje od 0,1 do 0,4 ‰ a mení sa vplyvom zanášania hlavných tokov, ale aj zanášaním zo vzdutia vzniknutého výstavbou vodného diela na Tise. Celková plocha povodia Bodrogu v profile Streda nad Bodrogom je 11 552 km², z toho sa na území SR nachádza 7 272 km² a zvyšok leží na území Ukrajiny.

Severná časť Medzibodrožia je odvodňovaná sieťou odvodňovacích kanálov a hlavným Leleským kanálom cez čerpaciu stanicu Boľ do Latorice. Dĺžka najväčšieho a najdlhšieho prítoku Bodrogu – Latorice – je 184 km. Pramení v Poloninských Karpatoch na Ukrajine. V hornom úseku tečie hornatinou a dosahuje tu sklon 5 – 8 %. Nad Mukačevom prechádza do nížiny a jej sklon prudko klesá. Pri Čope prichádza na naše územie, kde preteká západným smerom v dĺžke 31,5 km s pozdĺžnym sklonom 0,03 ‰. Najvýznamnejším prítokom Latorice na našom území je Laborec, ktorý vteká/priteká z pravej strany asi



Obr. 2.3.1. Riečna sieť Bodrogu (Šútor et al., 1995).

9 km pred ústím do Bodrogu. Latorica svojou plochou povodia 7 740,5 km² tvorí takmer 70 % z celkovej plochy povodia Bodrogu a svojím prietokom výrazne ovplyvňuje odtokový režim Bodrogu.

Rieka Tisa sa dotýka územia Medzibodrožia len okrajovo. Pramení na území Ukrajiny vo Východných Karpatoch. Územia SR sa dotýka v dĺžke 5,2 km, tvoriac štátnu hranicu s Maďarskom. Plocha jej povodia po koniec hraničného úseku je 32 428 km².

Odtokový režim uvedených tokov je charakterizovaný ako dažďovo-snehový, čo sa prejavuje výrazným nástupom jarnej vodnosti v marci a v apríli, vyvolávaným topením snehu v horných úsekoch povodia, často spojeným so zrážkovou činnosťou. V neskorom lete až do jesene sú typické poklesy prietoku, ktorý v auguste a v septembri klesá na polovicu priemerného ročného prietoku. Prírodný režim odtoku povrchových vôd bol ovplyvňovaný už od dávnej minulosti, po roku 1965 sa však toto ovplyvnenie značne zvýraznilo vplyvom rozsiahlych vodohospodárskych úprav.

Tab. 2.3.1. Bilančné charakteristiky povrchového odtoku v Medzibodroží (Šútor et al., 1995).

Tok – profil	Plocha povodia [km ²]	Priemerné ročné hodnoty						Pozoruje sa od roku
		Výška zrážok [mm]	Odtok [mm]	Rozdiel (straty) [mm]	Odtok. koef.	Špecifický odtok [l · s ⁻¹ · km ⁻²]	Prietok [m ³ · s ⁻¹]	
Latorica – Veľké Kapušany	2 915,46	1 031	365	666	0,35	11,55	33,68	1951
Bodrog – Streda nad Bodrogom	11 552,00	870	312	558	0,36	9,81	113,38	1931
Somatorský kanál – ústie	202,93	593	114	479	0,19	3,60	0,73	–

Z celkovej bilancie odtečeného množstva vychádza, že Bodrog cez profil v Strede nad Bodrogom odvádza ročne v priemere 3 578,7 mil. m³ (tab. 2.3.1). Úsek od sútoku Latorice s Ondavou dodáva 27,8 mil. m³, t. j. 0,88 m³ · s⁻¹, čo predstavuje približne odtok z Medzibodrožia cez Somotorský kanál a Ticu. Variabilita priemerných ročných prietokov Bodrogu a Latorice, charakterizovaná priemerom Q_a, koeficientom variácie C_v a koeficientom asymetrie C_s, spolu s parametrami krivky prekročenia je uvedená v tab. 2.3.2. Vyhodnotenie klasifikácie vodnosti jednotlivých rokov (vodné, suché roky) podľa prietokov Bodrogu v profile Streda nad Bodrogom naznačuje existenciu krátkodobých období trvajúcich 5 – 7 rokov a dlhších 30-ročných období striedania vodnosti. Priemerné mesačné prietoky sú uvedené v tab. 2.3.4. Najvyššie prietoky sú charakteristické pre mesiace marec a apríl, najnižšie pre august až október. Kolísanie prietokov za dlhé obdobie udáva čiara prekročenia priemerných mesačných prietokov, ktorej parametre sú uvedené v tab. 2.3.5. Prietoky prekročené priemerne M dní v roku (Q_{Md}) sú uvedené v tab. 2.3.6. Sú vyjadrené v absolútnych, ako aj v pomerných hodnotách udávaných v % dlhodobého priemerného ročného prietoku Q_{Md}/Q_a (%). Z porovnania vyplýva vyrovnanější režim riek a nevyrovnaný odtokový režim odvodňovacích kanálov.

Povodňové kulminačné prietoky prítokov Bodrogu pri celoplošnom zasiahnutí zrážkami alebo topení snehu sa spravidla stretávajú s malým časovým posunom. Najdlhší časový posun sa prejavuje v prípade Latorice a dosahuje 1 – 3 dni, čo je zapríčinené väčšou dĺžkou toku aj značnými inundačnými priestormi v rovinatej oblasti dolného úseku toku. Výskyt maximálnych prietokov v jednotlivých mesiacoch a profiloch je uvedený v tab. 2.3.7. Vyplýva z nej prevažnosť výskytu povodní v zimnom polroku (XI. – IV.), v ktorom sa vyskytuje priemerne 88 % najväčších kulminačných prietokov v prípade Latorice a 85 % v prípade Bodrogu. Najčastejšie sa povodne vyskytujú v mesiaci marec, najzriedkavejšie v auguste a v septembri.

Z hydrologického hľadiska je zaujímavý dosah činnosti človeka v povodí Bodrogu, smerujúci k ochrane pred povodňami, ako aj k zabezpečeniu potrieb vody v optimálnom čase. V období pred vodohospodárskymi úpravami sa voda pri povodniach vylievala z koryt a zaplavovala rozsiahle územie. Sústredenie do ohradzovaných priestorov, skrátením tokov a zväčšením sklonu sa odtok urýchljuje a kulminačné prietoky zvyšujú. Dá sa to dokumentovať na Latorici, kde sa po ohradzovaní zvýšili aj návrhové hodnoty maximálnych prietokov. V profile Streda nad Bodrogom sa hodnoty N-ročných prietokov dosiaľ prakticky nezmenili, lebo aj upravený Bodrog, Latorica, Laborec a Ondava predstavujú svojimi hrádzovými priestormi značný akumulčný priestor splošťujúci povodňové prietoky. Navyše prístupuje vplyv vodných nádrží Veľká Domaša a Vihorlat a suchých nádrží (poldrov) v Beši a Kucanoch. Časť vnútorných vôd Medzibodrožia počas vysokých vodných stavov zostáva v kanálovej sieti a prostredníctvom čerpacích staníc sa dostáva do recipientov až po opadnutí kulminačných prietokov.

Na mesačný režim prietokov najmarkantnejšie vplyva manipulácia vo vodných nádržiach a spotreba vody (tab. 2.3.3). Vplyv nádrží sa v priemernom ročnom prietoku prakticky neprejavuje, prejavuje sa v jarných mesiacoch (marec, apríl), keď sa v nádržiach akumulujú jarné odtoky, a v letno-jesennom období (jún – november), keď sa z akumulovanej vody vylepšujú prietoky podľa požiadaviek užívateľov. Menšiu mieru ovplyvnenia prirodzených prietokov predstavujú odbery a následná spotreba vody. Viazajú sa najmä na jarné a letné mesiace, čo súvisí s potrebou zavlažovania.

Hydrologické procesy sú ovplyvňované aj globálnymi zmenami klímy. V mnohých oblastiach sa prejavuje trend znižovania zrážok a zvyšovania priemerných teplôt vzduchu, čo má za následok znižovanie odtoku z územia. V prípade rieky Bodrog sa prejavuje zníženie prietokov obdobia od polovice 40. rokov 20. storočia. Priemerný ročný prietok Bodrogu v Strede nad Bodrogom za obdobie 1901 – 1945 má hodnotu 121,50 m³ · s⁻¹, za obdobie 1946 – 1991 je to 107,22 m³ a za celé pozorované obdobie 1901 – 1991 je 114,32 m³ · s⁻¹. Za obdobie rokov 1931 – 1980 je priemerný ročný prietok 113,40 m³ · s⁻¹.

Hladinový režim tokov je závislý od prietokového režimu a vývoja riečnej siete. Po ohradzovaní tokov došlo k vzostupu maximálnych hladín, čo dokazuje napr. aj porovnanie maximálnych hladín v Strede nad Bodrogom z roku 1924, keď pri prietoku 1 160 m³ · s⁻¹ bola hladina v nadmorskej výške 99,60 m, zatiaľ čo v súčasnosti je to až 101,24 m. Táto zmena hladín pri rovnakom prietoku nie je len dôsledkom ohradzovania riečného systému, ale aj vzdušným vplyvom vodného diela Tiszaľok a zmenšenia prietocnej kapacity koryta Bodrogu. Charakteristické úrovne hladín Latorice a Bodrogu sú uvedené v tab. 2.3.8.

Tab. 2.3.2. Základné štatistické parametre prietoku a prekročenie priemerných ročných prietokov na Bodrogu a na Latorici (Šútor et al., 1995).

Tok – profil	Spracované obdobie	Q _a [m ³ · s ⁻¹]	C _v	C _s	Priemerné ročné prietoky v m ³ · s ⁻¹ prekračované s pravdepodobnosťou P [%]											
					1	5	10	20	50	80	90	95	97	99		
Latorica – Veľké Kapašany	1951 – 1980	33,86	0,33	0,32	66,09	55,27	49,27	43,05	32,62	24,08	20,33	17,57	15,38	13,19		
Bodrog – Streda nad Bodrogom	1901 – 1992	114,01	0,30	0,31	206,30	175,00	159,50	141,90	111,30	84,70	72,00	62,70	56,90	46,50		
Bodrog – Streda nad Bodrogom	1901 – 1965	114,25	0,31	0,41	212,40	178,50	161,70	142,80	110,70	83,90	71,40	62,50	56,80	47,10		
Bodrog – Streda nad Bodrogom	1931 – 1980	113,33	0,30	0,27	203,30	173,70	158,80	142,30	110,90	84,00	70,90	60,90	54,70	43,40		

Tab. 2.3.3. Bilančné charakteristiky prietoku Latorice a Bodrogu za obdobie 1981 – 1991, prietok v m³ · s⁻¹ (Šútor et al., 1995).

Profil	Uk.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Latorica pred sútokom s Ondavou	E	90,34	91,13	159,00	140,90	108,80	67,04	54,50	38,26	46,26	50,17	59,23	90,89	83,23
	C	91,28	94,74	177,00	145,30	110,30	67,04	54,50	32,30	40,19	45,60	59,23	95,59	84,59
	N	-0,51	-3,13	-17,13	-3,09	-0,07	-1,02	+5,26	+7,57	+7,33	+5,42	-0,11	-4,21	-0,14
	X	-0,43	-0,48	-0,80	-1,37	-1,51	-1,69	-1,90	-1,61	-1,27	-0,85	-0,64	-0,50	-1,05
Bodrog – Streda nad Bodrogom	E	110,00	114,41	197,10	183,50	141,00	88,29	75,48	52,89	57,47	61,41	69,66	105,50	104,70
	C	111,90	119,20	224,10	191,60	143,40	88,43	71,63	44,89	49,25	54,99	70,04	112,40	107,00
	N	-0,86	-3,95	-25,50	-5,23	+0,01	+2,69	+6,97	+10,90	+10,40	+8,20	+1,00	-5,80	-0,34
	X	-1,09	-1,09	-1,51	-2,90	-2,44	-2,83	-3,12	-2,87	-2,21	-1,63	-1,38	-1,16	-1,95

Vysvetlivky: E – vycísleny ovplyvnený prietok; C – neovplyvnený prietok; N – vplyv vodných nádrží; X – odbery podzemných a povrchových zdrojov a vypúšťanie do toku.

Tab. 2.3.4. Priemerné mesačné prietoky Latorice a Bodrogu za obdobie 1931 – 1980 v porovnaní s priemerným ročným prietokom (Šútor et al., 1995).

Vodný tok – profil	Ukazovateľ	Mesiace												Q _a (m ³ · s ⁻¹)
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Latorica – Veľké Kapašany	Q _{ma} (m ³ · s ⁻¹)	26,41	35,96	35,55	45,89	64,68	63,08	29,35	26,93	17,84	26,75	13,96	18,75	33,68
	Q _{ma} /Q _a (%)	78,42	106,77	105,55	136,25	192,05	187,30	87,16	79,96	52,96	79,43	41,43	55,67	
Bodrog – Streda nad Bodrogom	Q _{ma} (m ³ · s ⁻¹)	95,69	122,35	102,48	140,90	231,39	213,04	101,49	92,48	86,22	59,38	48,89	68,94	113,40
	Q _{ma} /Q _a (%)	84,40	109,00	90,30	124,20	204,00	187,80	89,50	81,50	52,40	76,00	43,10	60,80	

Vysvetlivky: Q_a – priemerný ročný prietok v m³ · s⁻¹; Q_{ma} – priemerný mesačný prietok v m³ · s⁻¹.

Tab. 2.3.5. Prekročenie priemerných mesačných prietokov v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na Latorici a na Bodrogu (Šútor et al., 1995).

Vodný tok Profil	Sprac. obdobie	p (%)	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI - X	
Latorica - Veľké Kapušany	1951 - 1980	1	134,20	175,10	171,90	189,30	177,80	209,60	86,40	116,50	182,90	89,39	47,24	156,70	185,10	
		5	68,58	105,90	102,00	130,80	130,30	147,00	147,00	62,05	71,01	90,57	51,19	30,44	63,15	102,80
		20	31,30	54,65	51,23	73,61	85,91	90,42	90,42	40,53	38,65	38,76	25,80	17,94	23,62	48,34
		50	16,07	28,05	25,59	36,72	55,56	53,76	53,76	26,54	22,00	18,28	13,73	11,14	11,46	23,30
		80	9,18	14,32	12,73	16,15	35,32	30,98	30,98	17,46	13,08	9,41	7,69	7,27	6,93	11,48
		90	7,13	10,06	8,80	9,97	27,67	22,92	22,92	14,05	10,14	6,87	5,80	5,93	5,74	7,99
		95	5,90	7,51	6,49	6,51	22,54	17,75	17,75	11,75	8,29	5,39	4,64	5,05	5,09	5,95
		97	5,11	5,92	5,07	4,61	18,88	14,28	14,28	10,09	7,04	4,48	3,88	4,44	4,72	4,71
		99	4,33	4,33	3,65	2,72	15,21	10,81	10,81	8,43	5,79	3,56	3,12	3,84	4,35	3,47
Bodrog - Streda nad Bodrogom	1951 - 1965	1	632,10	842,00	435,70	635,90	383,20	766,30	317,30	358,80	299,90	209,60	112,00	309,40	292,60	
		5	286,30	464,60	290,10	419,00	331,00	500,80	500,80	209,80	210,10	7,60	129,80	78,17	153,20	329,50
		20	100,50	208,30	161,20	219,80	265,70	293,80	293,80	127,90	110,10	101,10	71,31	48,72	66,95	152,30
		50	45,37	91,68	83,38	101,00	204,30	177,00	177,00	82,10	61,61	54,24	40,59	30,14	32,98	70,61
		80	24,09	39,48	40,11	40,38	150,30	109,30	109,30	55,30	36,62	28,96	23,87	18,53	18,10	32,78
		90	18,36	25,18	26,53	23,62	125,80	85,79	85,79	45,83	28,57	20,83	18,33	14,33	13,77	21,96
		95	15,11	17,30	18,57	14,69	107,50	70,59	70,59	39,61	23,54	15,85	14,83	11,58	11,21	15,79
		97	13,14	12,88	13,86	10,13	92,78	60,09	60,09	35,21	20,19	12,66	12,48	9,66	9,60	12,15
		99	11,16	8,47	9,14	5,58	78,10	49,60	49,60	30,82	16,85	9,48	10,13	7,74	7,99	10,50

Tab. 2.3.6. M-denné prietoky Latorice, Bodrogu a Somotorského kanála (Šútor et al., 1995).

Vodný tok - profil	Plocha povodia [km ²]	Q _a [m ³ · s ⁻¹]	Priemerné denné prietoky prekročené počas M dní [m ³ · s ⁻¹]									
			10	30	90	180	270	330	335	364 dní		
Latorica - nad sútokom s Laborcom	3 099,62	34,07	a	138,70	82,79	41,570	20,070	17,100	7,390	11,930	4,700	3,500
			b	407,00	243,00	122,000	58,900	50,200	21,700	13,800	10,300	
Somotorský kanál - ústie	202,90	0,73	a	4,89	2,41	0,990	0,420	0,310	0,072	0,170	0,036	0,018
			b	670,00	330,00	135,000	57,000	43,000	9,900	4,900	2,500	
Bodrog - Streda nad Bodrogom	11 552,00	113,33	a	553,30	294,70	131,500	61,200	48,960	19,270	31,730	13,600	9,290
			b	490,00	260,00	116,000	54,000	43,200	17,000	12,000	8,200	

Vysvetlivky: a - priemerné denné prietoky Q_{MD} prekročené počas M dní (m³ · s⁻¹); b - pomerné hodnoty Q_{MD}/Q_a (%); Q_a - priemerný ročný prietok (m³ · s⁻¹).

Tab. 2.3.7. Časové rozdelenie výskytu maximálnych prietokov vo vybraných profiloch (Šútor et al., 1995).

Latorica – Veľké Kapušany (1951 – 1992)												
Mesiace	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
% výskytu	5	10	19	15	22	10	5	2	5	0	2	5
Bodrog – Streda nad Bodrogom (1951 – 1992)												
Mesiace	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
% výskytu	5	5	10	13	26	16	5	5	10	1	1	3

Tab. 2.3.8. Charakteristické úrovne hladiny v riečnych profiloch Latorice a Bodrogu (Šútor et al., 1995).

Vodný tok Profil	$T_{Q_{max}}$ (r)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_a (m)	Nadmorská výška nuly vodočtu (m n. m.)
Latorica Veľké Kapušany	50	8,50	2,07	3,70	93,97
Bodrog Streda nad Bodrogom	10 – 20	9,36	2,30	4,30	91,44

Vysvetlivky: $T_{Q_{max}}$ – priemerná doba opakovania v rokoch; H_{max} – maximálny vodný stav; H_{min} – minimálny vodný stav; H_a – priemerný vodný stav.

Hladinový režim vnútorných vôd Medzibodrožia ovplyvňujú okrem klimatických podmienok aj hydraulické vlastnosti kanálovej siete a režim odvádzania týchto vôd do recipientov – riek Bodrog a Latorica. V minulosti sa vnútorné vody odvodňovali samospádom gravitačne. Po vodohospodárskych úpravách prebieha ich odvodňovanie prečerpávaním cez ochranné hrádze. Pre nepriaznivé osadenie čerpacích agregátov nemožno všade úplne odvieť vnútorné vody, v dôsledku čoho sa udržiava na značnej dĺžke kanálov trvalá hydrostatická hladina. Aj v prípade priaznivých podmienok funkcií čerpacích staníc zotrávajú kanály vyplnené vodou v značných vzdialenostiach, najmä pre nepriaznivé hydraulické podmienky prúdenia vody. Prietochový profil kanálov v zime a v predjarí často znižuje výplň snehu a ľadu, v lete rastlínstva. Aj v prípade otvorených kanálov je rýchlosť prúdenia vody veľmi malá pre ich malý sklon (často len niekoľko desiatín promile), veľkú drsnosť stien a často zlý technický stav (zúženia, nánosy, závaly). Všeobecne sú úrovne hladín vysoké aj pri malých prietokoch. Najmä v dolných úsekoch kanálov je hladina vody počas suchých období kontrolovaná úrovňou podzemnej vody. V najspodnejšom úseku Somotorského kanála hladinu vody umelo udržiava vzdutá hladina Bodrogu.

2.4. ČINNOSŤ ČLOVEKA VÝZNAMNE OVPLYVŇUJÚCA HYDROGEOLOGICKÉ A HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY ÚZEMIA

Kým pred 150 rokmi popisuje dobová literatúra oblasť Medzibodrožia ako aluviálnu, bažinatú a lesnatú nivu, dnes ju môžeme charakterizovať ako kultúrnu odlesnenú step so zvyškami lužných lesov. Najvýraznejšie antropogénne zmeny sú dôsledkom najmä vodohospodárskych úprav a odlesnenia územia, vynútených ochranou pred povodňami a snahami o intenzifikáciu poľnohospodárstva a zlepšenie podmienok pre možnosť osídlenia. Súčasný lesy majú nevhodnú drevinovú skladbu tvorenú agátmi a topoľmi. V dôsledku odlesnenia a nevhodnej druhovej skladby drevín dochádza v oblasti viacich pieskov k zvýšenej výmoľovej, ale najmä veternej erózii.

Vodohospodárske úpravy (podľa kolektívu autorov, 1991)

Ochrana pred povodňami sa po stáročia vykonávala živelne, lokálne a často úzko účelovo. V roku 1846 bolo v Lelesi založené Združenie pre reguláciu Tisy v Medzibodroží (ďalej len Združenie) ako prvá organizovaná vodohospodárska inštitúcia v tejto oblasti. V čase začatia činnosti Združenia boli na záujmovom území vybudované len lokálne hrádze slúžiace na ochranu niektorých sídiel alebo čiastkových území.

Úpravy a vodohospodárske diela za obdobie rokov 1846 – 1919

Prvou stavbou, ktorú Združenie zabezpečilo, boli úpravy na Tise. V rokoch 1846 – 1848 boli vybudované hrádze len v katastri obce Veľké Trakany. Vo výstavbe hrádz sa pokračovalo až v rokoch 1857 – 1859, a to v súčasnej dĺžke. V ďalších rokoch sa existujúce hrádze len zvyšovali – v rokoch 1866 – 1867 o cca 70 cm. V rokoch 1880 – 1885 boli vybudované bermy a hrádze sa znovu zvýšili o 70 cm. V roku 1888 boli zaevidované najväčšie povodne na Tise a v nadväznosti na to v rokoch 1889 – 1893 boli ochranné hrádze zvýšené o ďalších 50 cm, súčasne bola zväčšená aj ich šírka. Ochranné hrádze na Tise boli dobudované na súčasný stav v rokoch 1896 – 1897.

Do roku 1859 na hornom úseku Bodrogu a na Tice a Latorici Združenie nerealizovalo úpravy. Na ochranu územia slúžili len pôvodné lokálne hrádze, ktoré boli porušené pri každej väčšej povodni. Združenie svoje úsilie zameriavalo len na opravu a údržbu týchto opevnení. Zvyšovanie hrádz a ich rekonštrukcia na riekach Bodrog, Tica a Latorica sa začali v roku 1888, ukončené boli až v roku 1904, ale aj po tomto roku sa na niektorých úsekoch ešte zvyšovali. Na Bodrogu v úseku Boľ – Véc sa obdobné práce realizovali v rokoch 1908 – 1910.

V rokoch 1880 – 1881 sa začala výstavba sústavy odvodňovacích kanálov cez brehový priepust v Törökéri do Bodrogu a v roku 1883 bol vybudovaný kanál a brehový priepust pri Karáde s možnosťou odvedenia vnútorných vôd do Tisy. Tieto kanály vyústené do riek Bodrog a Tisa na maďarskom území tvorili základnú kostru odvodňovacieho systému Združenia. Budovanie kanálovej siete sa začalo výstavbou Boľského kanála v roku 1882, s ukončením v roku 1884. Súčasne sa začala výstavba Horešského kanála, ukončeného v roku 1885. V tom istom roku bol ukončený dolný úsek Svätušského kanála. Kanály boli nasmerované do lokality Törökéru. Tieto odpady neboli dostatočne hlboké a vhodne dimenzované.

V rokoch 1895 – 1896 sa začala výstavba nových objektov na odvedenie vnútorných vôd, medzi nimi Radský, Pribenický a Dobranský kanál. Súčasne sa pristúpilo k prehlbovaniu Boľského kanála. Pribenický a Dobranský odpad boli ukončené v roku 1897 spoločne s úpravou a priepichom Karčavy. Svätušský kanál v celej dĺžke bol ukončený v roku 1903. Radský kanál aj so sifónom pri Nadrétskom kanáli bol úplne dokončený v roku 1902. V roku 1903 bol prehĺbený Horešský kanál a v ďalších rokoch aj Dobranský (1907).

Na území Medzibodrožia sa teda začala budovať kanálová sieť v roku 1882 a práce boli ukončené v roku 1903. V ďalších rokoch sa zabezpečovala údržba kanálovej siete a v prípade potreby aj prehĺbenia niektorých úsekov hotových kanálov.

Úpravy a vodohospodárske diela za obdobie rokov 1919 – 1944

V období rokov 1919 – 1944 sa na území Medzibodrožia zabezpečovala hlavne údržba existujúcich vodohospodárskych objektov. Povodne v roku 1924 na dlhých úsekoch silne poškodili hrádze Bodrogu a Tice.

Kanály odvodňovacej sústavy sa na území Združenia počas vojnových rokov 1914 – 1918 zabahnili a mosty na mnohých miestach boli poškodené a schátrané, preto pozornosť bola zameraná na odstránenie týchto nedostatkov.

V roku 1923 sa v rámci Združenia uskutočnilo prehĺbenie Svätušského kanála. Väčšie prehĺbenie kanála bolo realizované v roku 1928. Súčasne sa v pobrehovej zóne kanála realizovali lokality na akumuláciu vnútorných vôd s možnosťou ich zvedenia do kanála. Čistenie a prehlbovacie práce v tomto kanáli sa vykonávali aj v rokoch 1929 a 1930. V rámci uvedených prác bol kanál v rokoch 1926 – 1929 aj predĺžený a tým sa docielila likvidácia močarísk v celej oblasti.

Prehĺbenie a vyčistenie Radského kanála sa vykonalo v rokoch 1924, 1928 a 1929. Horešský kanál bol prehĺbený v roku 1922 a v roku 1929 sa zabezpečilo jeho prečistenie v celej dĺžke. Prehĺbenie a prečistenie Karčavy bolo realizované Združením v rokoch 1923 – 1925 a neskôr v rokoch 1928 – 1929. Bielsky kanál bol prečistený v roku 1928 a v rokoch 1929, 1931 a 1936 sa zabezpečilo jeho prehĺbenie.

V rokoch 1927 – 1928 Združenie zabezpečilo projektovú dokumentáciu na vybudovanie Stredňanského (Kamenického) kanála. Realizácia zámeru bola vyvolaná tým, že Nadrétsky kanál, ktorý bol vybudovaný v roku 1885, nedokázal odvieť vodu z kopcov okolo obce Streda nad Bodrogom. Na tomto území bolo

pred výstavbou Nadrétskeho kanála jazero, ktoré sa po výstavbe kanála premenilo na slatiny a močiare. Okrem toho tieto vody boli odvádzané do čerpacej stanice v Törökéri, ktorá bola značne vzdialená, a prechod cez sifón ešte znížil účinok tohto odvodnenia.

V marci 1926 vzniklo na záujmovom území nové Združenie so zámerom na odvedenie vnútorných vôd z oblasti mesta Čop a kolónie Stráž. V rámci tohto Združenia bola v rokoch 1928 – 1930 vybudovaná kanálová sieť s celkovou dĺžkou 11,531 km a čerpacia stanica s dvomi čerpadlami na elektrický pohon. Kamenský kanál bol vybudovaný Združením v rokoch 1931 – 1932 a Chlmecký kanál v rokoch 1940 – 1942. Vnútorné vody z územia Združenia boli odvádzané k čerpacím staniciam na území Maďarska. Z toho dôvodu až do rozdelenia odvodňovacieho systému v rokoch po druhej svetovej vojne boli všetky prevádzkové a udržiavacie náklady čerpacej stanice vo Felsőberecki (Maďarsko) uhrádzané Združením.

Úpravy a vodohospodárske diela za obdobie rokov 1945 – 1996

V roku 1953 bolo Združenie zrušené a organizačne začlenené do novovytvorenej organizácie „Pobodrožská vodohospodárska služba v Trebišove“. V ďalšom období prešla organizačná štruktúra vodného hospodárstva rôznymi zmenami a do súčasnej podoby bola prakticky ustanovená 1. 7. 1966, zriadením vodohospodárskych organizácií pre správu tokov na základe povodí hlavných riek SR.

V rámci riešenia vodohospodárskych problémov bola prijatá veľkorysá koncepcia komplexných úprav odtokových pomerov na Východoslovenskej nížine, a to nielen v záujme protipovodňovej ochrany, ale aj zintenzívnenia poľnohospodárskej výroby detailným odvodnením a závlahami (hlavne po skúsenostiach z katastrofálneho sucha v roku 1947).

Preto v rámci príprav Štátneho vodohospodárskeho plánu bola vypracovaná Generálna štúdia úpravy odtokových pomerov na VSN. Koncepcia úprav nadväzovala na dovtedy vybudované vodohospodárske stavby a bola využitá aj existujúca prípravná dokumentácia, zabezpečovaná ešte v rámci činnosti Združenia. Uznesenie o uskutočnení úprav prijala vláda ČSR v roku 1956. Práce boli v zásade rozdelené do troch základných etáp, a to:

- I. Úprava odtokových pomerov na ochranu proti „veľkým vodám vonkajším aj vnútorným“.
- II. Detailné odvodňovanie poľnohospodárskej pôdy.
- III. Závlahy.

Na území Medzibodrožia boli tieto stavby budované relatívne samostatne vzhľadom na predstih projektovej prípravy zabezpečovanej Združením, ako aj akútnej potreby vyriešenia odvádzania vnútorných vôd vo vzťahu k Maďarsku.

Hlavným projektantom vodohospodárskych úprav sa stal Hydroprojekt Bratislava. Ako prvá bola v roku 1959 vybudovaná ľavobrežná hrádza Latorice od ľavej hrádze Bodrogu po cestný most na štátnej ceste Kráľovský Chlmec – Veľké Kapušany, ktorá zabezpečuje ochranu predtým nedoriešených obcí. Ochranná hrádza Tice týmto stratila prvotný význam.

V rámci celkových úprav Východoslovenskej nížiny bola zvýšená ľavá hrádza Latorice od mosta na štátnej ceste Kráľovský Chlmec – Veľké Kapušany po štátnu hranicu s Ukrajinou a riešená problematika odvádzania veľkých vonkajších vôd v uzáverovom profile Bodrogu v Strede nad Bodrogom. Vzhľadom na to, že ohradzovaním nížinných úsekov riek Latorice, Ondavy, Laborca a Uhu došlo k sústredeniu vody a zvýšeniu prietoku hladín, bolo nutné na požiadavku maďarskej strany pre profil Bodrogu v Strede nad Bodrogom tento vplyv kompenzovať retenčným priestorom na zníženie prietoku Q_{100} z $1\,550\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $1\,400\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pri dohodnutej maximálnej hladine 100,70 m n. m., vyznačenej na železničnom moste v Strede nad Bodrogom. Túto úlohu plní suchá nádrž (polder) Beša, vybudovaná na sútoku Latorice s Laborcom, s objemom 53 mil. m^3 .

Problematika odvádzania vnútorných vôd bola zložitejšia. Vzhľadom na to, že pôvodný odvodňovací systém gravitoval k čerpacej stanici na maďarskom území, bolo potrebné pri výstavbe odvodňovacej sústavy slovenského územia Medzibodrožia riešiť jej oddelenie od maďarskej sústavy. O odlúčení odvodňovacej sústavy od maďarskej bol uzatvorený dohovor medzi splnomocnencami vlád ČSSR a MLR, ktorý je obsiahnutý v bode 18/A protokolu XXIV. zasadnutia československo-maďarskej spoločnej technickej komisie (STK) pre úpravu technických a hospodárskych otázok na hraničných tokoch, ktoré sa uskutočnilo v júni 1963 v Bratislave.

Výstavba odvodňovacej sústavy Medzibodrožia sa uskutočnila v rokoch 1960 – 1964. Pozostáva z čerpacej stanice Streda nad Bodrogom s výkonom $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, Somotorského hlavného kanála, ktorý privádza vodu k čerpacej stanici, so systémom vedľajších kanálov odvádzajúcich vnútorné vody z celého územia Medzibodrožia, okrem časti územia južne od Stredy nad Bodrogom a v oblasti Pribeníka, ktoré zostalo naďalej odvedené čerpacou stanicou na maďarskej strane.

Oddelenie slovenského a maďarského odvodňovacieho systému bolo realizované vybudovaním Somotorského kanála v smere západ – východ. Severné časti preťatých kanálov boli zaústené do Somotorského kanála, južné do Veľkej Karčavy a z nej Radským južným kanálom vyústené do Somotorského kanála. Kanály, ktoré neboli preťaté Somotorským kanálom, zostali v pôvodnom smere s tým, že uzáverovými hrádzami v Bereckom kanáli a v kanáloch v oblasti Pribeníka došlo k vytvoreniu tzv. zálivov vnútorných vôd na slovenskej aj maďarskej strane, ktoré gravitujú k čerpacej stanici na slovenskej strane alebo k čerpacej stanici na maďarskej strane. Výmera týchto „zálivov“ bola v rámci dohovoru považovaná za rovnakú, čiže upustilo sa od vzájomného vyrovnávania nákladov na odvádzanie vnútorných vôd. Týmto rozdelením gravituje k čerpacej stanici Streda nad Bodrogom územie z maďarskej strany v oblasti Veľkej Karčavy a Pribeníka s výmerou $20,9 \text{ km}^2$ a k čerpacím stanicám na maďarskej strane územie južne od Stredy nad Bodrogom a v oblasti Pribeníka s výmerou $20,24 \text{ km}^2$.

Vzhľadom na to, že oddelením odvodňovacích sústav došlo k zníženiu prítoku do významného krajínotvorného a vodohospodárskeho systému Veľkej Karčavy, boli na hospodárenie s vodou v Medzibodroží vypracované manipulačné a prevádzkové predpisy s určením maximálnej a minimálnej výšky hladiny vo Veľkej Karčave. Tento predpis bol súčasťou dohovoru splnomocnencov vlád ČSSR a MLR. Hladinový režim je kontrolovaný sústavou kontrolných vodočtov inštalovaných na rozhodujúcich miestach.

K celkovému systému odvádzania vnútorných vôd boli vybudované aj hrádzové priepusty na ľavej hrádzi Bodrogu pri obci Klin nad Bodrogom a na ľavej hrádzi Latorice pri Lelesi, Bačke a Boňanoch.

Takto vybudovaný odvodňovací systém Medzibodrožia sa považuje za „základný“, ktorý sa podľa skúseností z prevádzky, ako aj ďalších požiadaviek v nasledujúcich rokoch dobudovával. Funkcieschopnosť vybudovaných vodohospodárskych zariadení bola preverená najmä počas povodní v rokoch 1967, 1974, 1979, 1980, 1989 a 1992.

Na úseku odvádzania veľkých vôd v uzáverovom profile Východoslovenskej nížiny (VSN), t. j. na Bodrogu, najväčšia situácia nastala koncom januára 1979 a v lete 1980, keď boli na nížinných úsekoch tokov s odstupom 1,5 roka dvakrát prekročené projektované hladiny a v záujme dodržania dohody s Maďarskom tiež napúšťaný polder Beša.

Na úseku vnútorných vôd boli najväčšie situácie v marci 1967 a hlavne v lete 1980, keď nebolo možné vstúpiť na poľnohospodársku pôdu a riadne vykonať zber úrody.

Na základe mnohých prehodnocovacích štúdií VSN bola zrekonštruovaná a zvýšená ľavá hrádza Bodrogu a odvodňovací systém doplnený ďalšími čerpacími stanicami v rámci rozšíreného programu VSN.

Pri povodniach sa ukázalo, že čerpacia stanica Streda nad Bodrogom nedosahuje projektovaný výkon a nemá vplyv na hladinový režim kanálov od nej vzdialených. Preto na základe vtedajších požiadaviek poľnohospodárstva (odvedenie vnútorných vôd za 3 – 7 dní) bola na Medzibodroží vybudovaná čerpacia stanica Boľ s kapacitou $5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na odbočke z Leleského kanála a čerpacia stanica Pavlovo s kapacitou $6,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na vyústení Tice do Bodrogu. Tým došlo k odľahčeniu čerpacej stanice Streda nad Bodrogom.

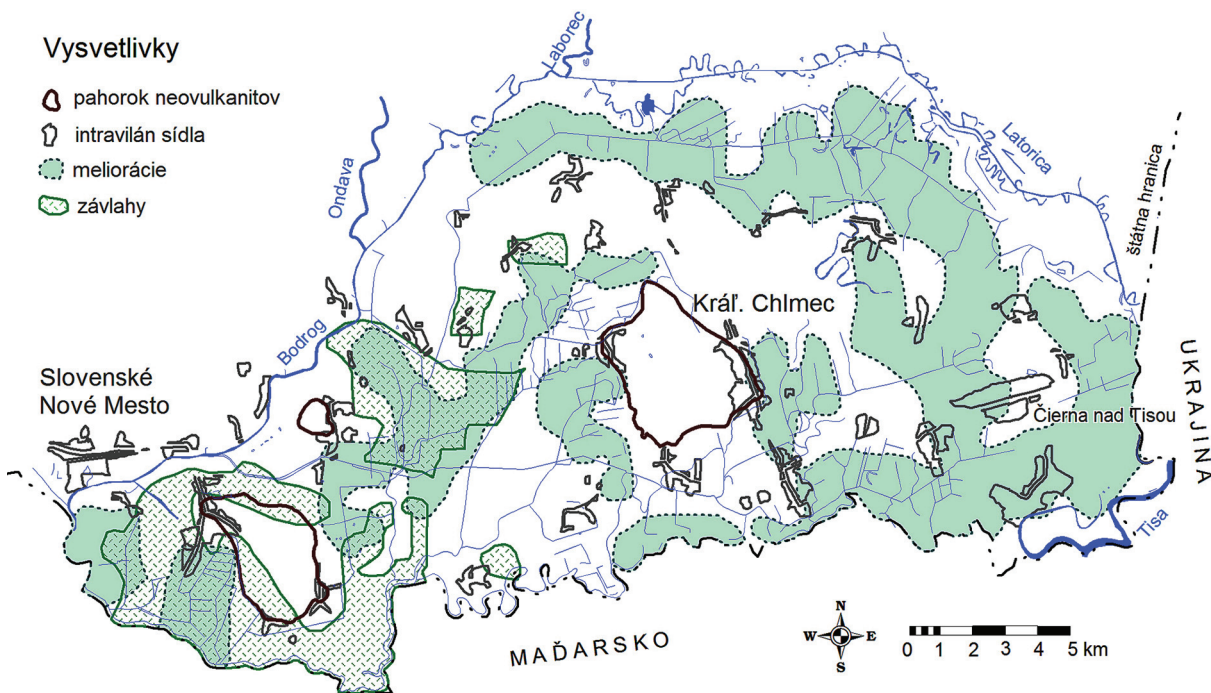
Napriek pomerne rozsiahlej vodohospodárskej výstavbe nie je možné konštatovať, že je už všetko doriešené. Každá extrémna hydrometeorologická situácia (povodeň, sucho), majetkovo-právne vzťahy aj zmena spoločenských pomerov prinášajú nové poznatky a nové požiadavky na funkciu vodohospodárskych zariadení. Z hľadiska vodohospodárskej bilancie je Medzibodrožie považované za veľmi napäté a poukazuje sa na potrebu akumulácie vnútorných vôd vo vhodných priestoroch vybudovaním nenáročných stavidiel. Na to sa navrhuje využiť a prispôbiť existujúce systémy mŕtvych ramien (Tice) a pôvodných korýt (Karčava) a terénne depresie.

Povodne preukázali, že ani ochrana pred vonkajšími vodami nie je doriešená. Vodohospodárskymi opatreniami na Ukrajine, ako aj v Maďarsku došlo k zníženiu stupňa ochrany Východoslovenskej nížiny aj pri využití vybudovaných nádrží (Zemplínska šírava, polder Beša). Táto problematika bola predmetom výskumných úloh a rokovaní na medzištátnej úrovni.

Rozsah vodohospodárskych úprav realizovaných v Medzibodroží v rámci protipovodňovej ochrany a pri poľnohospodárskej činnosti dokumentujú mapky na obr. 2.4.1 a 2.4.2.



Obr. 2.4.1. Prehľadná situácia vodohospodárskych úprav v Medzibodroží (podľa Kašu, 1985; upravila Paveleková, 1994).



Obr. 2.4.2. Rozsah odvodnenia a zavlažovania pozemkov v Medzibodroží (podľa Kolektívu autorov, 1991).

Poľnohospodárstvo

Medzibodrožie s prevahou nivných podmáčaných pôd historicky nepatrilo medzi významné poľnohospodárske oblasti. Počas Uhorského štátu nastala konjunktúra pestovania viniča a rozvoj vinohradníctva trval do začiatku 19. storočia. Nedostatok ornej pôdy, pasienkov a lúk chránených pred povodňami sa eliminoval lovom rýb, rakov, konzumáciou múky z kotvice plávajúcej. Pestovanie viniča stratilo rozhodujúci význam vplyvom kalamitných epidémií škodcov v 19. storočí, záujem sa sústredil na pestovanie obilnín, čo si však vyžadovalo rozsiahle vodohospodárske úpravy územia, ktoré zabezpečovalo už spomínané Združenie.

V oblasti Východoslovenskej nížiny sa dnes pestujú všetky poľné plodiny – obilniny, strukoviny, olejninu, cukrová repa, kukurica, zelenina a vinič. Rozsiahle plochy zaberajú aj pasienky a zamokrené lúky, najmä na nivách riek.

Osídlenie, infraštruktúra a priemysel

Región Medzibodrožia patrí medzi oblasti s málo rozvinutým priemyslom. V mladej a v neskoršej dobe bronzovej v 12. – 8. storočí pred n. l. bola správnym a hospodárskym centrom Medzibodrožia osada na Somotorskej hore v Somotore. V osade a v jej okolí sa sústreďovala kovolejárska výroba.

V 19. storočí sa budovali iba roztrúsené priemyselné prevádzky miestneho významu (suché mlyny, služby, malé dielne, liehovary a pod.).

Najvýznamnejší priemyselný rozvoj v Medzibodroží nastal po II. svetovej vojne, keď boli vybudované železničný dopravný uzol v Čiernej nad Tisou s komplexom závodov, nábytkáreň a mliekareň v Kráľovskom Chlmcí, Prefa v Strede nad Bodrogom a niektoré ďalšie menšie závody. V období po roku 1989 možno badať rozvoj podnikateľskej sféry.

Najvýznamnejším zdrojom organického znečistenia podzemných vôd v regióne je areál Železničnej prekládkovej stanice (ŽPS) Čierna nad Tisou. V ňom sú potenciálnymi zdrojmi znečistenia Biologický rybník na severovýchodnom okraji ŽPS, obvod prečerpávania kvapalín v severovýchodnej časti ŽPS, nárazové sklady a prívodné potrubie ležiace S od Biologického rybníka, vozňové a rušňové depá nachádzajúce sa medzi obcami Biel a Čierna nad Tisou (Ostrolucký, 1992). Na ŽPS, ktorá slúžila ako centrálné prekladisko pre bývalú ČSFR od roku 1947, dochádzalo k prečerpávaniu veľkého objemu kvapalných substrátov zo širokorozchodnej trate na trať stredného rozchodu. Tieto kvapalné substráty možno rozdeliť do troch hlavných skupín: (1) ropa a ropné produkty, (2) organické syntetické produkty (acetón, metanol a pod.) a (3) rastlinné oleje. Podzemné vody znečistené rozpustenými ropnými látkami tvorili podľa prieskumných prác (Pelikán, 1991) pomerne súvislé územie v okolí Biologického rybníka. V zostávajúcom území sa ropné látky vyskytovali náhodne a znečistenie malo lokálny charakter.

V dôsledku charakteru hydrologických a hydrogeologických pomerov môžu kvalitu podzemných vôd regiónu ohroziť aj zdroje kontaminácie lokalizované vo veľkej vzdialenosti a mimo hraníc SR. Príkladom je havarijné znečistenie Latorice plávajúcou vrstvou ropných látok v dôsledku havárie ropovodu v oblasti Mukačeva na Ukrajine a úniku cca 2 000 l ropy 31. 12. 1993. Kontaminácia sa na slovenskom úseku Latorice objavila 2. 1. 1994 a bola likvidovaná nornými stenami na Latorici. Na ochranu vodárenských zdrojov Boľany bolo okamžite znížené exploatované množstvo podzemnej vody na $90 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a postupne bol vybudovaný monitorovaco-sanačný systém, pozostávajúci z 9 hydrogeologických hydraulicky neúplných vrtov (HOBZ-6 až 14; Ostrolucký et al., 1994). Vykonané pozorovania nepreukázali zhoršenie kvality podzemnej vody vodárenského zdroja.

2.5. GEOLOGICKÉ POMERY

2.5.1. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia

Štúdiom geologickej stavby podložia východoslovenskej panvy sa v minulosti zaoberali viacerí autori (Leško a Slávik, 1967; Rudinec a Slávik, 1970; Fusán et al., 1971; Slávik, 1976; Sviridenko, 1976). Novšie

interpretácie prezentujú Vozárová a Vozár (in Baňacký et al., 1984, 1989), Vozár et al. (1993) a Soták et al. (1995).

Prvou súbornou prácou o neogéne južnej časti Východoslovenskej nížiny boli geologické mapy 1 : 200 000 a vysvetlivky k týmto mapám (Seneš et al., 1963; Čechovič et al., 1963). Od začiatku 60. rokov geologický výskum značne pokročil, a to hlavne zásluhou vyhľadávacieho prieskumu ropy a zemného plynu. Poznatky o stavbe, litológii a biostratigrafii sú zhrnuté v správach zhodnocujúcich vrty naftového prieskumu (Rudinec a Čverčko, 1970; Rudinec, 1973; Čverčko a Smetana, 1973). Okrem toho nové poznatky v oblasti biostratigrafie predložili Jiříček (1972), Lehotayová (in Ivan, 1962, 1963, 1966) a Kantorová (in Baňacký et al., 1984). Sedimentárno-petrografické rozborly sú zhrnuté v prácach Starobovej (1959) a Zadrapu (1967, 1968).

Vplyv tektoniky na sedimentačný režim vo východoslovenskej panve študovali Nemčok a Rudinec (1983). Novšie zhrnutie poznatkov o stavbe neogénu predložil Vass (in Baňacký et al., 1978, 1981) a Elečko a Vass (in Baňacký, 1984). Na pozadí geotektonických udalostí je interpretovaný vývoj neogénnych bazénov Západných Karpát, medzi nimi aj vývoj východoslovenského bazénu (Janočko et al., 2003).

Pre geologickú mapu južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 25 000 reambulovali neovulkanity Dublan a Lexa (in Baňacký et al., 1981), neskôr Lexa a Kaličiak (in Baňacký et al., 1984). Geologická stavba hodnoteného územia je znázornená na geologickej mape južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 50 000 (Baňacký et al., 1988). Vo vysvetlivkách k tejto mape (Baňacký et al., 1989) je podrobne opísaná preskúmanosť, geologický vývoj, litológia, stratigrafia, vulkanizmus a tektonika územia. Stručne sú zhodnotené hydrogeologické pomery, výskyt nerastných surovín a geofaktory životného prostredia územia a popísané exkurzné lokality. Stavba podložia kvartéru je zobrazená na odkrytej geologickej mape Východoslovenskej nížiny (Vass et al., 1991).

V medzivojnovom období sa niekoľkými geomorfologickými prácami z východného Slovenska a Zakarpatska predstavil Šauer (1928, 1929). Poukázal na mladé kvartérne poklesy, ktoré spôsobili zmenu riečnej siete. Borsy (1953) pomocou palinologickej analýzy poukazuje na subsidenciu Medzibodrožia v období preboreálu a v atlantiku. Eolické piesky študoval Janšák (1950), ktorý tvrdí, že boli vyviaté z nánosov karpatských riek vetrami severných smerov. Považuje ich za mladšie ako spráše a ich sedimentáciu udáva od neskorého neolitu. Šlahor (1955) sa zaoberal hlavne zrnitostným zložením eolických sedimentov. Zrnitostné zloženie a genézu eolických pieskov Slovenska študoval Pelíšek (1955). Kvitkovič (1955) opisuje geomorfologické pomery v juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny. Fluviálne sedimenty rozčlenil na pleistocénne a holocénne. Eolické piesky vznikali podľa tohto autora vo würmskom glaciáli navievaním od severu. Kvitkovič et al. (1956) podávajú výsledky geomorfologického výskumu slovenských nížin, medzi nimi aj Východoslovenskej, kde na príklade Tisy poukazujú na popleistocénne poklesy. Eolické piesky považujú autori za würmské, navievané vetrami severných smerov. V eolickom reliéfe Medzibodrožia vyčleňujú rôzne presypy. Borsy a Félegyházióvá (1983) riešia na základe detailných geomorfologických a palinologických štúdií vývoj riečnej siete severnej a severovýchodnej časti Alföldu. Poukazujú na starší smer riečnych tokov, ktorý sa vplyvom mladých tektonických pohybov koncom pleistocénu úplne zmenil. Migráciu riek, hlavne na príklade Tisy, Szamosu, Tople, Latorice a ďalších, uvádzajú tiež z holocénu. Baňacký (1974) v rámci prehľadného geologického výskumu kvartéru Východoslovenskej nížiny vyčlenil hlavné genetické typy kvartérnych sedimentov a stanovil ich predbežné stratigrafické členenie. Baňacký et al. (1978, 1981, 1984) podrobne z hľadiska kvartéru geologicky zmapoval celú južnú časť Východoslovenskej nížiny v mierke 1 : 25 000 a opísal jej geologický vývoj a stavbu.

Litológiu eolických sedimentov a fosílnu pôdy študovala Vaškovská (1974, 1981, 1984). Vaškovská (1985) podala zhodnotenie a stratigrafickú interpretáciu paleomagnetických meraní vzoriek z Východoslovenskej nížiny, ktoré analyzoval Pagáč z Geofyzikálneho ústavu SAV v Bratislave. Sedimentárno-petrografický výskum južnej časti Východoslovenskej nížiny robil v niekoľkých etapách Horníš (1974, 1977, 1982, 1984, 1986a, 1986b), pričom sa sústredil hlavne na riešenie stavby, genézy a stratigrafie proluviálnych, fluviálnych a eolických sedimentov. Schmidt (1974a, 1974b) vyhodnotil malakofaunu eolických a čiastočne fluviálnych sedimentov južnej časti Východoslovenskej nížiny. Prínosom pre biostratigrafické členenie pleistocénu boli výsledky palinologických rozborov Planderovej (1968) a Papšíkovej (1986) a mikropaleontologické vyhodnotenia Brestenskej (1980).

Syntézu geofyzikálnych údajov z celej oblasti východoslovenského neogénu a širšieho okolia zameranú na stavbu predterciérneho podložia a neogénny vulkanizmus urobil Pospíšil (1983). Najnovšie bol v južnej časti Zemplínskych vrchov a v juhozápadnom okraji Východoslovenskej nížiny aplikovaný komplex geofyzikálnych metód na overenie možnosti detekcie hydrogeotermálnych štruktúr s perspektívou podchytenia nových zdrojov termálnych vôd (Puchnerová et al., 1985). Hlavným výsledkom je čiastočne tektonicky interpretovaná schéma hĺbky predneogénneho podložia v mierke 1 : 25 000, ktorá zobrazuje najvýraznejšie morfoštruktúry predneogénneho substrátu. Najnovšie výsledky geofyzikálnych meraní v juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny uvádzajú Baláž (1989a, 1989b) a Januvka et al. (1991).

Publikované výsledky vyhľadávania ložísk uhľovodíkov na východnom Slovensku (Rudinec, 1980) obsahujú okrem ropno-geologickej charakteristiky východoslovenskej panvy aj názory na jej geologickú stavbu (vrátane hĺbnej stavby), opis teplotno-tlakových pomerov východoslovenského neogénu a charakteristiku preskúmaných ložísk uhľovodíkov. Medzi nimi je tiež plynové nálezisko Ptrukša, lokalizované v blízkosti severovýchodného ohraničenia Medzibodrožia.

2.5.2. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek

Geologický vývoj (Baňacký et al., 1989; Janočko et al., 2003)

Výsledkom predterciérneho geologického vývoja vnútorných Karpát je predgosauská vrásovo-prikrovová sústava, reprezentovaná alpínskymi tektonickými jednotkami. Na území Medzibodrožia sa sformovali zemplinikum a ptrukšianska jednotka ako výsledok predterciérnych metamorfných a tektonických udalostí. Zložené sú z metamorfovaného kryštalinického komplexu a z jeho paleozoického a mezozoického obalu.

Do hodnoteného územia zasahovalo pravdepodobne v paleogéne more z priestoru vnútorných Karpát (vnútrokarpatský paleogén; Rudinec, 1980). Od konca paleogénu až po karpate bolo územie Medzibodrožia vynorené, prebiehala erózia a denudácia.

Prevažná časť Medzibodrožia bola aj v karpate územím erózie a denudácie. Zo severu však zasahoval do oblasti západne od Kráľovského Chlmca výbežok morskej sedimentácie (vnútorný šelf). Sedimentácia prebiehala v okrajovom morskom prostredí, s občasnou evaporitickou sedimentáciou a s klastickou sedimentáciou pestrých ílovcov.

V spodnom a strednom bádene bola prevažná časť Medzibodrožia územím morskej sedimentácie (vnútorný šelf) s transgresiou od severovýchodu, len jeho východná časť (východne od Kráľovského Chlmca) podliehala erózii a denudácii. Vo vrchnom bádene už morská sedimentácia zaberala celé územie Medzibodrožia, s transgresiou z juhu a juhovýchodu a andezitovým vulkanizmom. Morské prostredie sčasti ovplyvňovala rozsiahla delta vyvinutá v severnej časti východoslovenskej panvy. V bádene, hlavne vyššom, bola aktívna synsedimentárna zlomová aktivita. Aktívnymi zlomami boli zlomy severozápadného smeru, ktoré vymedzujú zemplínsku hrast'. Koncom bádenu more ustupuje.

V spodnom sarmate prebiehala na území Medzibodrožia sedimentácia v brakických podmienkach s transgresiou z juhu. V južnej časti išlo o pobrehovú zónu a v severnej o otvorené more. V juhozápadnej časti bola doplnená ryolitovým vulkanizmom. Vrchný sarmat reprezentuje začiatok nového sedimentačného cyklu – fázu prechodu z brakického do sladkovodného režimu. Sedimentácia prebiehala takmer v celej oblasti Medzibodrožia, s výnimkou juhozápadného cípu, a mala brakický delťový charakter. Sedimentačný materiál bol prinášaný z východu a zo západu. Pokračuje synsedimentárna aktivita hlavne zlomov severozápadného smeru.

Po hiáte sedimentácia pokračovala počas panónu v sladkovodných podmienkach (sečovské súvrstvie). Aktivita zlomov postupne ochabovala a vulkanická činnosť skončila.

Počas pontu sedimentácia pokračovala v sladkovodných podmienkach (senianske súvrstvie).

Väčšina územia Medzibodrožia podliehala v pliocéne erózii a denudácii. V najvýchodnejšej časti prebiehala kontinentálna sedimentácia v jazerných podmienkach (čečehovské súvrstvie), pričom pôvod sedimentačného materiálu je vo Vihorlatských vrchoch. Vrchnopliocénne jazero sa postupne zanášalo, zmenšovalo sa a diferencovalo na menšie prietochné jazerá. Vznikali plytké močariská, z ktorých vyčnievali

močiarné dreviny typu *Taxodiaceae* a *Myricaceae*, na suchšom substráte *Carya* a *Alnus*. Na formujúcich sa hrastových štruktúrach bol rozšírený listnato-ihličnatý les (*Quercus*, *Tilia*, *Cedrus*, *Picea*).

Fluviálno-limnický vývoj pokračoval aj v starom pleistocéne ukladaním prevažne ílovitých a piesčitých sedimentov.

V mindelskom glaciáli sa prietochné jazierka ešte viac rozpadávali, v močiarnoch sa tvorila gyttja a sapropely, riečky a potoky pokojne meandrovali. Faunové spoločenstvo z tohto obdobia poukazuje na nevysychajúce, pokojné prostredie typu prietochných jazierok s ílovitým až bahňitým dnom. V niektorých častiach depresí a prepادلín dochádzalo k ukladaniu jemno- až strednozrnných pieskov, rytmicky sa striedajúcich s jemnopiesčito-ílovitými vrstvičkami a drobnými valúnkami.

V období mindelsko-riského interglaciálu nastalo oteplenie. Podnebie bolo mierne, o niečo teplejšie ako v súčasnosti. Na hladine stojatých až pomaly tečúcich vôd voľne plávali vodné papradiny. V tomto prostredí sedimentovali prevažne pelity a čiastočne psamity. Koncom mindelsko-riského interglaciálu riečno-jazerný charakter územia ustúpil, riečna sieť sa rozšírila. Nástupom riského glaciálu začína intenzívna fluvialná činnosť, vplyvom ktorej dochádzalo k vyplňaniu depresí, prepادلín a celej subsidenčnej roviny nánosmi hrubých súvrství piesčitých sedimentov. V interštadiáli (ris 1/2) došlo k zahlineniu a na sprašiach a hlinitých delúviách prebiehala tvorba pôd. Fluvialne piesčité štrky ukladal Bodrog v Bodročkej rovine. Na východnom predpolí Chlmeckých pahorkov navrhli eolické procesy spraše. Silná erózia koncom risu odstránila veľkú časť eolických, fluvialnych a proluvialnych sedimentov a uložila ich vo fluvialnom prostredí roviny.

K veľkému zahlineniu došlo v risiko-würmskom interglaciáli. Výrazne sa to prejavilo vo všetkých depresiach, prepadlinách a v subsidenčnej rovine v podobe regionálne rozšíreného hlinitého sedimentačného pokryvu. Na hlinitých a piesčitých eolických a deluvialnych sedimentoch dochádzalo k tvorbe pôd a pôdnych komplexov.

Mladopleistocénny vývoj je charakteristický veľkou produkciou jemnopiesčitých fluvialnych sedimentov, ktoré rieky ukladali do subsidenčných častí územia. Postglaciálny vývoj prebiehal hlavne v subsidenčnej rovine, v ktorej v starom a v strednom holocéne sedimentovali hliny, miestami piesčitého a ílovitého charakteru, tvoriace s polohami pieskov a organickou zložkou jeden komplex.

V mladom holocéne jemnopiesčité, jemnopiesčito-hlinité, hlinité a ílovité povodňové kaly, slatiny a hnilokaly pokryli celú subsidenčnú rovinu a potoky predpolí okrajových vrchov formovali svoje nivy. Na rôznych typoch sedimentov dochádzalo k ďalšej tvorbe pôd.

Charakteristika litostratigrafických jednotiek (podľa Baňackého et al., 1989)

Litostratigrafické jednotky vyčlenené v geologickej mape a v rezoch južnej časti Východoslovenskej nížiny (Baňacký et al., 1988), vystupujúce v hodnotenom regióne Medzibodrožia, možno z hľadiska ich genézy rozčleniť na nasledujúce hlavné skupiny: predneogénne tektonické jednotky, molasové sedimenty a neovulkanity, fluvialno-limnické sedimenty, fluvialne sedimenty, fluvialno-deluvialne sedimenty, spraše – sprašové hliny, naviate piesky, deluvialne sedimenty a organické sedimenty. Charakteristika litologickej náplne vyčlenených jednotiek je podaná v tomto členení. Na uľahčenie prípadnej spätnej konfrontácie s pôvodnou geologickou mapou je v tomto texte ponechané pôvodné číslovanie litostratigrafických jednotiek (Baňacký et al., 1988, 1989). Vekové zaradenie neovulkanitov a neogénnych sedimentov je v niektorých prípadoch upravené podľa geologickej mapy Slovenska 1 : 500 000 (Biely et al., 1996).

Organické sedimenty

10 rašeliny (slatinné) – holocén

Na nepriepustných ílovitých polohách v mŕtvych ramenách ležia 0,15 – 1,50 m hrubé vrstvy rašelin a sapropelov. Najväčšia hrúbka vrstiev rašelin je v niektorých častiach opusteného toku Tisy, ktoré dosahujú hrúbku okolo 5 m. Vyvíjali sa od preboreálu (IV), ale najmä od mladšej doby atlantickej (VII), do subrecentu.

Deluviálne sedimenty

44 hlinito-kamenité

Kamenito-hlinité delúviá pokrývajú aj Chlmecké pahorky. Na povrch vychádzajú na východnej strane, kde dosahujú hrúbku 5 – 20 m. Vyvíjali sa počas celého pleistocénu, o čom svedčia výnosové prúdy kamenito-hlinitých delúvií ukladané už od starého pleistocénu do prilehlej trakanskej čiastkovej depresie.

Naviate piesky

12 jemnozrnné piesky (würm³ – holocén)

Ďalšiu skupinu tvoria piesky, ktoré vietor sformoval do výrazných presypov a presypových valov hlavne na Medzibodrockých pláňavách. Nápadne vystupujú 2 – 15 m nad okolie roviny, vytvárajúc tak typický eolický reliéf. Bazálne časti dún ležia na hlinitej až piesčito-hlinitej vrstve močiarného charakteru, ktorá sedimentovala v období posledného würmského interštadiálu ($w^{2/3}$). Boli to močiare a bariny, v ktorých sa zachytávali a ukladali vetrom nanášané piesčité substancie tvoriace základ súčasných dún. Piesčité presypy sú tvorené prevažne svetlohnedými pieskami, sú striedavo vápnité a majú typické diagonálne zvrstvenie. Od povrchu asi do hĺbky 3 m v nich možno pozorovať výrazné 1 – 10 cm hrubé červenohnedé až hnedočervené vrstvičky, silne stmelené hydroxidom železa, ílovitým tmelom a humusom, ktoré sú vlnovito uložené, pričom celé súvrstvie je spravidla nevápnnité. Pod ním sa nachádzajú piesky prevažne jemno- až veľmi jemnozrnné, sludnaté, s možnosťou novotvarov hlavne vo forme osteokol. Sú slabo vápnité, miestami vápnité, hlavne v stredných polohách presypov. V západnej časti presypového územia, v odkrytej stene duny východne od Veľkého Kamenca, vystupujú jemnozrnné až veľmi jemnozrnné piesky (0,25 – 0,1 mm) dosahujúce až 63 % zastúpenie; ďalšia frakcia (0,5 – 0,25 mm) tvorí 7 – 18 %, frakcia práškovitého piesku (0,1 – 0,05 mm) tvorí 9 – 14 %, prachovité častice sú zastúpené do 6,5 %. Zrnitostné parametre: Md = 0,13 – 0,21; So = 1,16 – 1,45; Sk = 0,61 – 1,08. V povrchovej časti presypu, kde sú vyvinuté ortštajnové vrstvičky, sú piesky nevápnnité. Podobné, veľmi dobre vytriedené piesky s 50 – 70 % prevahou jemného piesku (0,25 – 0,1 mm) sú odkryté v dunách okolia Strážneho. Zrnitostné parametre: Md = 0,18 – 0,27; So = 1,12 – 1,25; Sk = 0,91 – 1,07. Od hĺbky 3 m sú piesky slabo vápnité ($\text{CaCO}_3 = 1,0 - 2,9 \%$). Majú pestrú asociáciu minerálov. Na hyperstenicko-augitických andezitoch južnej časti Chlmeckých pahorkov, severne od Malého Horeša, ležia v odkrytej 20 m stene veľmi jemnozrnné piesky, v ktorých predovšetkým prevláda frakcia (0,25 – 0,1 mm) dosahujúca asi 65 %; rozšírená je aj frakcia jemného piesku (0,5 – 0,25 mm), ktorá má asi 10 – 37 %. Pod 2 m povrchovou vrstvou sú piesky slabo vápnité. Zrnitostné parametre: Md = 0,13 – 0,21; So = 1,17 – 1,27; Sk = 0,84 – 1,12 (Vaškovská, 1974). Odlišné sú piesky pokrývajúce svahy a úpätia neovulkanického telesa Tarbucka. Na jej východnej periférii severne od Veľkého Kamenca je odkryté silno uľahnuté piesčité súvrstvie, ktoré má oproti predošlým eolickým pieskom iné litologické vlastnosti. Piesky sú bidisperzné, mono- a bimodálne, frakcia práškoveho piesku (0,1 – 0,05 mm) je prevažne zastúpená spolu s frakciou veľmi jemného piesku (0,25 – 0,1 mm). Piesky sú hlinité, miestami až silne hlinité s obsahom ílovej frakcie (<0,002 mm). Hodnoty granulometrických koeficientov majú odlišné parametre (Md = 0,08 – 0,095), to znamená, že piesky sú jemnejšie (So = 1,43 – 1,58) a majú o niečo horšie vytriedené (Sk = 0,93). Sedimenty sú od 1,7 do 6,1 m slabo vápnité, v bazálnej časti vápnité (Vaškovská, 1974).

Spraše, sprašové hliny

15 jemnopiesčité spraše (würm³ – neskorý würm)

V okolí Zatína, Botian a Kráľovského Chlmca nájdeme zvyšky ich pôvodného rozšírenia. Vystupujú spod holocénnych fluviálnych sedimentov. Miestami sú prekryté tenkou vrstvou recentného eolického piesku. Obsahujú okolo 45 – 50 % piesčitej frakcie, miestami sú vápnité.

28 jemnopiesčité spraše (würm)

Pôvodne pokrývali veľkú plochu Chlmeckých pahorkov a ich okolie. Exogénne procesy značnú časť odstránili, takže v súčasnosti sa jemnopiesčité spraše nachádzajú iba v reliktoch pod mladším pokryvom eolických pieskov. Vychádzajú na povrch iba na Chlmeckých pahorkoch v Plešanoch a severne od Kráľovského Chlmca. Tieto sedimenty sú silne piesčité; obsahujú až 50 % piesčitej frakcie.

Fluviálne sedimenty

2 jemnozrnné piesky (subatlantik – subrecent)

Tvoria najmladšiu piesčitú fluviálnu akumuláciu. Zaberajú malé plochy územia. Ich rozloženie sa viaže na blízkosť eolických presypov, z ktorých geneticky pochádzajú. Sú jemnozrnné až prachovité, miestami až na rozhraní hlinitý jemnozrnný piesok – jemnopiesčitá hlina. Sediment je hnedý až sivohnedý, smerom dovnútra sivý, dosahujúci hrúbku 0,3 – 1,5 m.

3 hliny, miestami s reliktnými mŕtvymi ramienami zanesenými povodňovými hlinami (subboreál – subatlantik)

Po oboch stranách Latorice až k Laborcu pokrývajú povrchové časti roviny hlinité sedimenty, v prostredí ktorých sa nachádzajú zvyšky mŕtvych ramien vyplnené povodňovými kalmi. Komplex mladoholocénnych hlinitých sedimentov leží na strednom, miestami na starom postglaciáli. V niektorých kopaných sondách v rovine Latorice ležia povodňové hliny mladého holocénu priamo na piesčitých sedimentoch neskorého würmu. Mladoholocénne hlinité sedimenty vyplňajú aj malé povrchové zníženia, resp. depresie na holocénnom povrchu roviny.

4 jemnopiesčité hliny (subboreál – subatlantik)

Sú rozložené pozdĺž Bodrogu a Ondavy. Ležia na strednoholocénnych hlinitých sedimentoch a würmských fluviálnych pieskoch. V okolí Veľkých Kapušian, Oborína a Veľkých Raškoviec vystupujú v ich podloží fluviálne sedimenty starého holocénu, resp. najmladšie spraše a eolické piesky.

5 jemnozrnné piesky (subboreál – subatlantik)

Jemnopiesčité sedimenty mladého holocénu vznikali prevažne v pokojnom sedimentačnom prostredí meandrov Bodrogu pri Somotore a Kline nad Bodrogom. Sedimenty pri Kline pochádzajú z piesčitých eolických komplexov vulkanického telesa Tarbucka, odkiaľ boli svahovými procesmi vynášané do riečného prostredia Bodrockskej roviny. Piesky obsahujú ojedinelé hlinité vrstvičky a hrubé zrná andezitov a ryolitov. Piesčitý komplex dosahuje hrúbku 0,5 – 3,0 m.

6 prevažne hliny (holocén)

Sú najrozšírenejším sedimentom vo fluviálnom vývoji postglaciálu. Tvoria ich hlavne prachovité, miestami ílovité uloženiny, často s vrstvičkami a šošovkami piesčitej akumulácie. Celý profil súvrstvia má hnedastý odtieň, ktorý v spodných častiach prechádza do sivohnedej až sivej farby. Hlinité sedimenty vystupujú na veľkých plochách, prekrývajú a vyrovnávajú predholocénny povrch fluviálnych sedimentov. V reliéfe povrchu sú často zvyšky mŕtvych ramien, sčasti zanesené povodňovými kalmi.

7 jemnopiesčité hliny (holocén)

Vyskytujú sa v širšom okolí Vojky, Trakán, Veľkého Horeša a Kamenca. Sú to v podstate fluviálne hlinité sedimenty, v ktorých tvoria značnú prímes preplavené jemnozrnné až prachovité eolické piesky.

8 jemnozrnné piesky (holocén)

Sú málo rozšíreným sedimentom na území mapy. Vyskytujú sa na maličkých úsekoch v okolí Čiernej, Kráľovského Chlmca, Plešian a Lelesa. Ide o relikty niekdajšieho piesčitého pokryvu Tisy, ktorý bol v mladšom období holocénneho vývoja roviny rôznymi eróznymi procesmi odstránený. Piesky sú miestami hlinité, čiastočne pokryté niekoľko cm hrubým pokryvom piesčitej hliny.

17 prevažne hliny (interštadiál würmu^{2/3})

Sedimenty tejto fácie sa nachádzajú hlavne v podloží pieskových dún na Medzibodrockých pláňavách. Tvoria 1 – 3 m hrubú hlinitú, miestami piesčito-hlinitú vrstvu, často s prímiesou rastlinného detritu a hnilokalov.

18 jemnozrnné piesky (würmu^{2,3})

Najväčšiu hrúbku (max. 30 m) dosahujú tieto sedimenty v stražniansko-trakanskej depresii. Piesky sú prevažne jemnozrnné (0,1 – 0,25 mm) a dosahujú 31,7 – 75,7 %. Strednozrnné piesky (0,25 – 0,6 mm) dosahujú 13,1 – 63,2 %. Celkovo na piesky pripadá 94,4 – 99,0 %, na prach 1,0 – 5,6 %. Zrnitostné parametre: $Q_1 = 0,17 - 0,24$; $Md = 0,19 - 0,27$; $Q_3 = 0,33 - 0,33$; $So = 1,16 - 1,17$; $Sk = 1,08 - 1,09$. Sediment je dobre vytriedený a má symetrickú zrnitostnú krivku.

V ľahkej minerálnej frakcii prevládajú zrná kremeňa, pričom sú často zastúpené aj kryštáliky β kremeňa. V menšej miere sú prítomné sludy a úlomky hornín, podradne sa vyskytujú živce a karbonáty.

Miestami dosahujú piesčité sedimenty svojím koeficientom vytriedenia až eolický charakter. Pri porovnávaní asociácie ťažkých minerálov s ostatnými spracovanými vzorkami však ide podľa charakteru zŕn v ľahkej frakcii (relatívna čírosť kremeňa) o fluviálny pôvod (Horniš, 1977).

V Bodrockej rovine dosahujú piesky maximálne 10 m. Majú rovnaký charakter a zloženie ako piesky v ich podloží. Podobne ako na celom území Medzibodrožia aj tu sú fluviálne piesky v povrchových častiach premiešané s eolickým pieskom, ktorý sa sem dostal počas „obmývania“ dún a deflačnou činnosťou.

20 prevažne hliny (interštadiál würmu¹⁻²)

Výrazný hlinitý interštadiálny horizont pozorujeme v stražniansko-trakanskej depresii, kde tvorí 1 – 5 m hlinitú vrstvu. Miestami je táto vrstva zachovaná iba v reliktoch, prípadne celkom podľahla erózii. Podobné hlinité interštadiálne vrstvy ($w^{1/2}$) pozorujeme v Bodrockej rovine, v roňavskej a hranskej prepadline a v bežovskej depresii.

21 jemnozrnné piesky (würmu¹)

Piesčité sedimenty prvého würmského štadiálu majú na území mapy veľké rozšírenie. Vzhľadom na relatívne krátke (štadiálne) obdobie vývoja je ich hrúbka v stražniansko-trakanskej depresii pozoruhodná (okolo 20 m). Sedimenty sú zastúpené hlavne pieskami 94,7 – 98,2 %, z ktorých jemnozrnné piesky tvoria 18 – 50 % a strednozrnné 27,3 – 69,0 %. Zrnitostné parametre: $Q_1 = 0,17 - 0,27$; $Md = 0,22 - 0,32$; $Q_3 = 0,26 - 0,40$; $So = 1,20 - 1,35$; $Sk = 0,91 - 1,05$. Piesky sú veľmi dobre vytriedené a vyznačujú sa symetrickou zrnitostnou krivkou. V Bodrockej rovine zastupuje fluviálnu akumuláciu würmu¹ asi 4 m hrubý pokryv jemnozrnných pieskov, ktorých zrnitostné parametre sú: $Q_1 = 0,20$; $Md = 0,22$; $Q_3 = 0,15$; $So = 1,39$; $Sk = 0,98$.

30 prevažne hliny (risko-würmský interglaciál)

Hlinité sedimenty émskeho interglaciálu tvorí výrazný a charakteristický horizont pre celú východoslovenskú rovinu. V ňom sa miestami nachádzajú vrstvičky a šošovky hnilokalov, celková hrúbka dosahuje 1 – 3 m.

31 piesky (ris)

Fluviálne procesy v riskom glaciáli produkovali veľké množstvo piesčitého materiálu, zachovaného na celom území roviny s výnimkou dvíhajúcich sa, v súčasnosti pochovaných, hrastových štruktúr. Dosahujú hrúbku 5 – 20 m.

Riské piesčité sedimenty sú nepravidelne rozšírené v stražniansko-trakanskej depresii. Najväčšiu hrúbku, asi 20 m, dosahujú v trakanskej čiastkovej štruktúre. Na iných miestach dosahujú iba 4 – 10 m. Sú prevažne jemnozrnné (frakcia 0,1 – 0,25 mm) a strednozrnné (0,25 – 0,5 mm), dosahujú 97,6 – 98,6 % zastúpenie, ostatnú zložku tvorí prach 1,4 – 1,7 % a štrk 0,7 %. Miestami sa v týchto sedimentoch depresie nachádzajú valúny, balvany a ploské tanierovité formy pelosideritov. Zrnitostné parametre: $Q_1 = 0,20 - 0,27$; $Md = 0,27 - 0,32$; $Q_3 = 0,34 - 0,36$; $So = 1,15 - 1,30$; $Sk = 0,93 - 0,95$. Ako vidieť, sú to veľmi dobre vytriedené piesky, majú symetrickú zrnitostnú krivku a pestrú asociáciu ťažkých minerálov.

32 piesčité štrky (ris)

V západnej časti Bodrockej roviny v hĺbke približne 20 m ležia piesčité štrky dosahujúce asi 5 m hrúbku. Valúny štrkov sú slabo opracované, zastúpené svetlosivým vápencom, andezitmi, ryolitmi, pieskovcom, kremencom a tufmi. Zrnitostné parametre sú nasledujúce: $Q_1 = 0,42$; $Md = 0,27$; $Q_3 = 0,17$; $So = 1,57$; $Sk = 0,97$.

Fluviálno-limnické sedimenty

39 prevažne hliny (mindelsko-riský interglaciál)

Sedimenty holšteinského interglaciálu tvoria významný stratigrafický horizont, 1 – 10 m hrubý. Je zachovaný v stražniansko-trakanskej a v bežovskej depresii, čiastočne aj v hranskej prepadline. Sú to prevažne hlinité sedimenty s polohami a šošovkami piesku, rašelin a hnilokalov a sú vhodným fosiliferným prostredím.

40 íly, piesčité íly (mindel)

Sú rozšírené hlavne v stražniansko-trakanskej depresii. Zvyšky týchto sedimentov sa zachovali tiež v okrajovej – východnej časti Bodrockej roviny. Tvoria ich prevažne sivé, vo vyšších častiach hnedé až tmavohnedé, miestami jemnopiesčité íly, dosahujúce hrúbku okolo 10 m.

42 piesky, piesčité íly (starý pleistocén)

V nadloží pliocénno-pleistocénnych sedimentov ležia v trakanskej čiastkovej depresii piesčité a ílovité riečno-jazerné uloženiny. V stražnianskej čiastkovej štruktúre sú v ich podloží vrchnopliocénne íly a piesky. Piesčité súvrstvia v trakanskej čiastkovej depresii zastupujú piesky tvoriace 83,6 – 88,7 % s prachovou zložkou 7,5 – 13,0 % a drobným štrkom 11,1 – 3,9 %. Piesky majú priemernú vytriedenosť a symetrickú zrnitostnú krivku. Zrnitostné parametre: $Q_1 = 0,13 - 0,23$; $Md = 0,22 - 0,40$; $Q_3 = 0,36 - 0,59$; $So = 1,6 - 1,66$; $Sk = 0,85 - 0,99$.

45 piesky, piesčité íly, íly (pliocén – starý pliocén)

Sedimenty fluviálno-limnického charakteru sa zachovali na báze trakanskej čiastkovej depresie – východne od Chlmeckých pahorkov. Sú zastúpené prevažne piesčitými a ílovitými sedimentmi. Piesčité vrstvy obsahujú 91,4 % piesku, 7,4 % prachovej prímеси a 1,2 % štrkovej zložky. Celkovo sú piesky charakteristické priemernou vytriedenosťou a zníženou symetriou zrnitostnej krivky.

Molasové sedimenty a neovulkanity

46 čechovské súvrstvie (pliocén)

Leží diskordantne na senianskom súvrství. Jeho prítomnosť sa predpokladala len v severovýchodnej časti Medzibodrožia za osou Poľany – Čierna nad Tisou (Vass et al., 1991), novšie vrty ho však zachytili aj pri Malých Trakanoch (Michalík et al., 1995). Je hrubé asi 200 m a tvoria ho pestré *íly, piesky* a *štrky*.

46 senianske súvrstvie (pont)

Tvorí podložie kvartérnych sedimentov na väčšine rozlohy Medzibodrožia, východne od hraste Tarbucky a Vřška po os Poľany – Malé Trakany. Jeho hrúbka dosahuje až 600 m. Je tvorené hlavne *pestrými ílmi, pieskami* a *štrkami*. Severne, východne a juhovýchodne od Kráľovského Chlmca sú vyvinuté *iňačovské uhoľné vrstvy*, ktoré sú považované za súčasť senianskeho súvrstvia. Ich hrúbka je približne 150 – 240 m. Pozostávajú z ílov, uhoľných ílov, tufitov a štrkov. Sú v nich sloje lignitu, lokálne hrubé 1 – 1,5 m, výnimočne až 4,0 m.

48 sečovské súvrstvie (panón)

Vystupuje v podloží senianskeho súvrstvia a dosahuje hrúbku do 300 m. V spodnej časti pozostáva z pestrých vápнитých ílov, vo vrchnej časti zo sivých vápнитých ílov. V íloch sú polohy tufov, tufitov, uhoľných ílov a slajky lignitu.

50 redeponované hyaloklastické brekcie (vrchný sarmat? – panón)

Vystupujú v podloží lávového prúdu pri Strede nad Bodrogom. Sú redeponované, triedené a zvrstvené s variabilnou zrnitosťou.

51 lávové prúdy bazaltoidných andezitov a ich brekcie hyaloklastického typu (vrchný sarmat? – panón)

Dosahujú hrúbku maximálne 50 m, priemerná hrúbka je okolo 20 – 30 m. Tvorené sú prevažne doskovitým, laminovaným celistvým andezitom, menej často andezitom s blokovitým rozpadom. Prúdy sú uložené väčšinou horizontálne. Z petrografického hľadiska ide o jemnozrnné bázické pyroxénické andezity až bazaltoidné andezity porfyrickej štruktúry s výrastlicami.

52 ptrukšianske súvrstvie (vrchný sarmat)

Je vyvinuté vo východnej oblasti skúmaného územia hlavne v oblasti Ptrukše. Jeho maximálna hrúbka je 300 m. Tvoria ho *vápнитé piesky* a *slabo tmelené pieskovce s polohami sivých a nazelenalých jemnopiesčitých vápнитých ílov, tufitických ílov a tufitov*.

54 kochanovské súvrstvie (stredný – vrchný sarmat)

Tvorí podložie kvartérnych sedimentov v oblasti Bodrockej roviny. Je hrubé niekoľko 100 m a tvorené sivozelenými *vápнитými až piesčitými ílmi, resp. siltami s hojnými polohami redeponovaných ryolitových tufov, resp. s rozptýleným redeponovaným ryolitovým materiálom*. Ojedinele sú prítomné sloje lignitu, hrubé až 3,0 m.

56 ryolitové epiklastiká a redeponované tufy (vrchný sarmat? – panón)

Vystupujú v opustenom lome pri Strede nad Bodrogom v podloží mladších pyroxénických andezitov. Ide v podstate o zvrstvené epiklastické konglomeráty, pieskovce a redeponované tufy s úlomkami

ryolitov, perlitov a obsidiánov typu telesa Viničky. Vo vrchnej časti sú vrstvy deformované s prítomnosťou plastickej masy podmorského sklzového telesa.

58 stretavské súvrstvie (spodný – stredný sarmat)

Súvrstvie leží na sedimentoch vrchného bádenu, dosahuje hrúbku až 1 800 m. Sú to sivé *vápnito-piesčité íly – ílovce* s polohami bentonitov, resp. bentonitizovaných tufitov a pieskovcov.

59 lávové prúdy pyroxénických andezitov a ich brekcie (spodný sarmat)

Na povrchu vystupujú na vrchole kóty Tarbucka V od Stredy nad Bodrogom. Lávové časti prúdov sú tvorené tmavým celistvým andezitom s nepravidelnou blokovou až doskovitou odlučnosťou s prechodmi do pórovitých brekciovitých andezitov s prejavmi argilitizácie a limonitizácie. Lávové brekcie majú variabilný charakter, od blokových brekcií tmavého sklovitého andezitu až po pórovité a vesikulované blokové brekcie s výraznou argilitizáciou povrchu fragmentov. Ojedinele sú v brekciách prejavy silicifikácie so vznikom chalcedónu, opálu a jaspisov, čo svedčí o ich subakvátne prostredí vzniku. Z petrografického hľadiska sú andezity hyperstenické, s akcesorickým amfibolom, biotitom a kremeňom. Na rozdiel od extruzívnych telies majú hyalopilitickú a pilotaxitickú základnú hmotu s prejavmi oxidácie.

60 extruzívne telesá pyroxénických andezitov a ich brekcie (spodný sarmat)

Extruzívne teleso kóty Vršok je tvorené celistvým až mierne pórovým andezitom s nepravidelnou blokovou odlučnosťou, v okrajových častiach prechádzajúcim do mierne pórových extruzívnych brekcií.

61 malčické a bešianske andezity (spodný sarmat)

Do spodnej časti stretavského súvrstvia v okolí Beše a Čičaroviec sa vkladajú andezitový komplex – malčické a bešianske andezity – a zasahuje aj do hodnoteného územia. Pozostáva z andezitových prúdov a vulkanoklastík. Tento komplex leží zväčša medzi vrchným bádénom a vrstvami s typickou spodnosarmatskou faunou.

68 extrúzie hruboporfyrického ryodacitu (sarmat – panón)

Vystupujú na povrch medzi obcami Streda nad Bodrogom, Veľký Kamenec a Malý Kamenec. Ide o rozsiahle extruzívne teleso tvorené svetlosivým, ružovým, slabopórovitým hruboporfyrickým ryodacitom s blokovou odlučnosťou.

70 lastomírske súvrstvie (vrchný bádén – kosov)

V Medzibodroží nevystupuje na povrch, ani v podloží kvartéru. Vo vrte Zatín-1 dosahuje jeho hrúbka 1 700 m. Súvrstvie je tvorené sivými až tmavosivými piesčitými vápnitými ílovcami až siltovcami s polohami pieskovcov, kyslých tufov a tufitov. Klastický materiál je jemný, zložený zo zrn kremeňa, menej muskovitu a sericitu. Základná hmotu je ílovitá, slabo vápnitá. Jeho súčasťou je vulkanodetritické súvrstvie *zatínskych vulkanitov* hrubé až 1 400 m (Rudinec a Tereska, 1972). Pozostáva z pyroxénických andezitov, ryolitov, vulkanoklastík a polôh bituminóznych ílov a vápnitých pieskovcov.

71 lávové prúdy pyroxénických andezitov (spodný sarmat)

Vystupujú v nadloží redeponovaných tufov. Sú uložené nad sebou a sú výsledkom efuzívnej aktivity vulkanického centra, ktorého polohu na základe smeru fluidality a rozloženia lávovoklastických brekcií možno predpokladať na severozápade. Hrúbka jednotlivých andezitových prúdov je niekoľko desiatok m a ich celková hrúbka nepresahuje 200 m. Lávové prúdy sú charakterizované masovým vývojom

lávovoklastických brekcií, ktoré tvoria 20 – 30 % celkovej hrúbky prúdov. Brekcie sú vyvinuté hlavne v bazálnych častiach prúdov. Efúzie lávových prúdov sú vzhľadom na vulkanické centrum súčasťou externej vulkanickej zóny. Medzi andezitmi lávových prúdov boli zistené dve základné petrografické variety: hyperstenicko-augitické a augiticko-hyperstenické andezity (Dublan a Lexa in Baňacký et al., 1981).

72 redeponované andezitové vrstevnaté psamitické tufy (spodný sarmat)

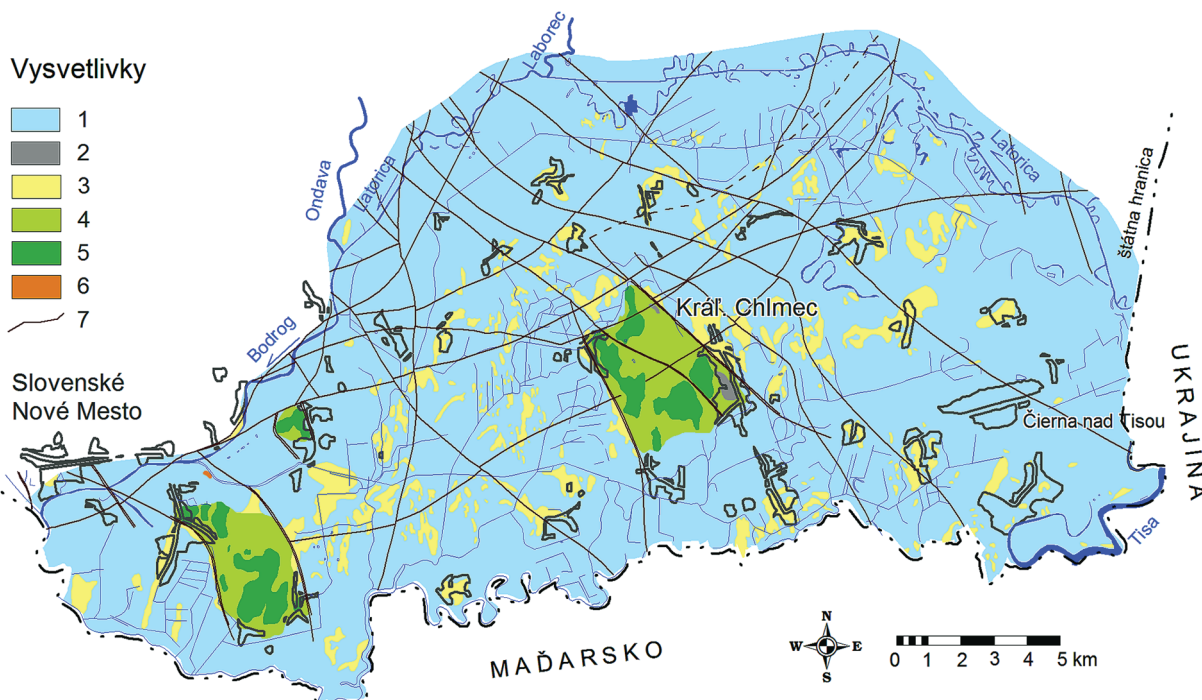
Vystupujú v bezprostrednom podloží nadložných efúzií, pričom na kontakte sú vypálené, červenej farby. Tufy sú dobre vytriedené, ojedinele s drobnými úlomkami pemzy do 2 – 3 cm. Ich petrografické zloženie naznačuje genetickú spätosť s erupčným centrom produkujúcim nadložné andezitové efúzie – lávové prúdy.

73 ryodacitové pemzové tufy (vrchný bádén)

Vystupujú v nadloží redeponovaných tufov a patria k litogenetickému typu pemzových pyroklastických prúdov. Majú svetlosivú farbu s nazelenalým odtieňom. Hornina je na 95 % zložená z bublinej a vlákniatej pemzy veľkej do 5 cm. Z kryštaloklastov je zastúpený plagioklas. Základná hornina je zložená z dezintegrovanej hmoty.

74 redeponované ryodacitové tufy (stredný – vrchný bádén)

Ide o horniny svetlosivej farby a hrubopsamitickej zrnitosti. Ich hlavnou zložkou je bublinatá a vlákniatá pemza s obsahom 50 – 60 %. Kryštaloklasty sú tvorené plagioklasom do 0,4 mm a zriedkavým kremeňom. Litoklasty sú zastúpené devitrifikovaným vulkanickým sklom (10 %) s ojedinelým plagioklasom do 3 mm. Prítomné sú aj sklzové úlomky ryodacitu. Základná hmota je zložená z drobných úlomkov dezintegrovanej pemzy.



Obr. 2.5.1. Schematická geologická mapa Medzibodrožia (podľa Baňackého et al., 1988; upravil Bajtoš, 2004). 1 – kvartérne fluvialne sedimenty; 2 – kvartérne deluviálne sedimenty; 3 – kvartérne eolické sedimenty; 4 – neovulkanity prekryté eolickými sedimentmi; 5 – neovulkanity (bádén – panón); 5 – mladšie paleozoikum zemlinika (stefan – saxón); 6 – zlomy.

76 vranovské súvrstvie (stredný bádén)

V okolí Zemplínskych vrchov leží buď na spodnom bádene, alebo transgresívne a diskordantne na predterciérnom podloží. *Ílovce* a *prachovce* sú vápnité (obsah CaCO_3 kolíše od 8,06 – 27,32 %, obsah MgCO_3 od 4,38 – 6,82 %). Majú sivú až sivozelenú farbu, sú často piesčité a prechádzajú do prachovcov. Sú v nich laminky, útržky a polohy ryolitových tufov a tufitov, miestami bentonitizovaných. Siltovcovo-ílovcová litofácia prevláda aj v panvovom vývoji, kde hlavnú masu súvrstvia tvoria vápnité siltovce a ílovce s polohami pieskovca. V okolí Kráľovského Chlmca do vranovského súvrstvia vstupujú vulkanické a vulkanoklastické horniny, ktoré tvoria výrazný vrstevnatý celok. *Vápnité siltovce* a *ílovce* majú sivú farbu, sú často piesčité, resp. so siltovou prímесou a kryštálkami pyritu.

Predneogénne tektonické jednotky

83 polymiktné zlepenca, pieskovce, ílovité bridlice cejkovského súvrstvia (stefan D – autun – saxón)

V bazálnych častiach popisovaného cyklu cejkovského súvrstvia prevládajú rozpadavé zlepenca s obliakmi metamorfovaných hornín (hlavne chloritizovaných pararúl), granitoidov, kremeňa, intraformačných vulkanitov a rôznych typov sedimentov. Malé čiastkové sedimentárne cykly sú od seba oddelené erozívnymi rozmyvmi. Pieskovce sú mineralogicky nezrelé, extrémne bohaté na klastickú sludu.

2.5.3. Geologicko-tektonická stavba územia

Hodnotenú územie je na povrchu budované prevažne kvartérnymi fluvialnými a eolickými sedimentmi Tisy, Bodrogu a Latorice (obr. 2.5.1). Charakteristický plochý reliéf narúšajú zvyšky opustených korýt a meandrov a pieskové presypy. Osamelé neovulkanické telesá tvoria kopce a pahorky (Chlmecké pahorky, Tarbucka, Vršok). Kvartérne sedimenty dosahujú v stražniansko-trakanskej depresii hrúbku 30 až 80 m. Ich podložie tvorí neogénna sedimentárno-vulkanická výplň Východoslovenskej nížiny, ktorej báza klesá z hĺbky niekoľko 100 m na západe hodnoteného územia až na 4,5 km v smere k severovýchodu (Fusán et al., 1971). Neogén leží transgresívne a diskordantne na predneogénnom podloží. Podložie neogénnych sedimentov tvoria predterciérne útvary, sformované do tektonických jednotiek zemplanika a ptrukšianskej jednotky.

Predneogénna tektonika

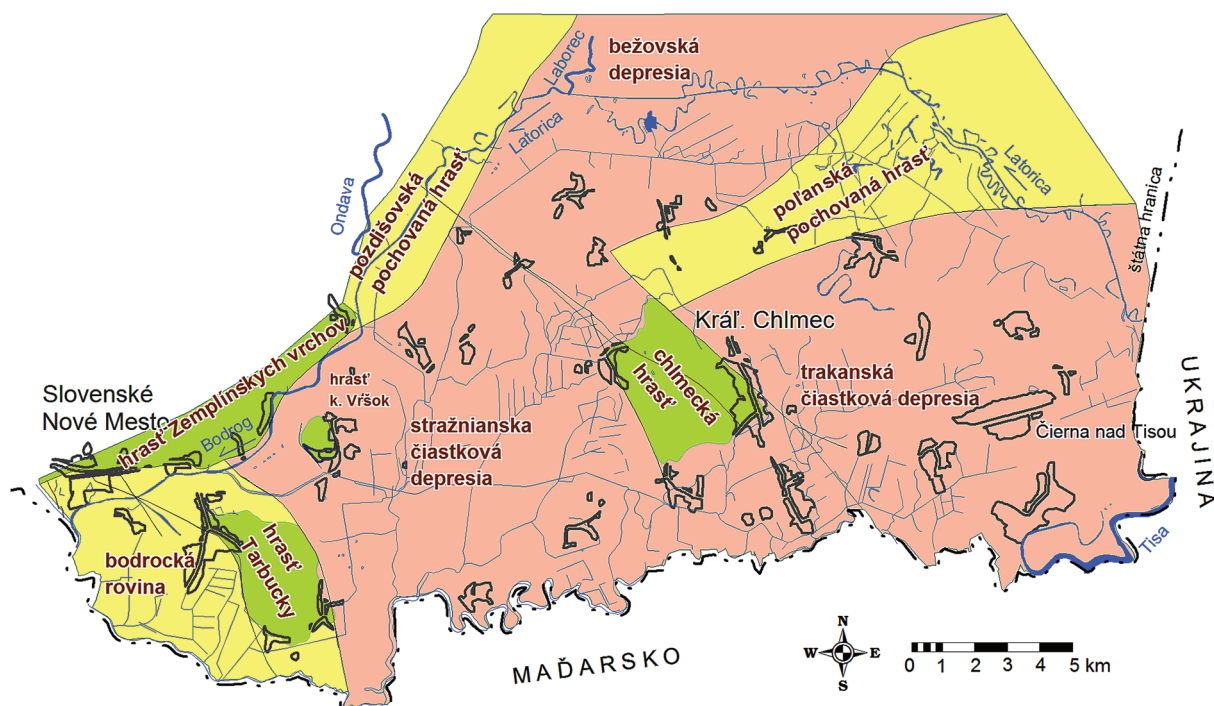
Predterciérne útvary v oblasti Východoslovenskej nížiny sú súčasťou troch alpínsky sformovaných jednotiek. Len jedna z týchto jednotiek – zemplanikum v užšom zmysle (Vozárová a Vozár, 1988) – vystupuje aj na povrchu, ďalšie dve jednotky – ptrukšianska jednotka (podľa Ďuricu, 1982), resp. kričevská jednotka (podľa Sviridenka, 1976), a pozdišovsko-iňáčovská jednotka (podľa Ďuricu, 1982) – boli overené vrtmi v podloží terciérno-kvartérnej výplne Východoslovenskej nížiny. Všetky uvedené jednotky sú odrazom výsledných tektonicko-metamorfovaných fáz alpínskeho orogénu, aj keď sa na ich stavbe podieľajú okrem mezozoika a mladšieho paleozoika aj varisky? – predvarisky metamorfované vulkanicko-sedimentárne súbory. Do hodnoteného územia nezasahuje pozdišovsko-iňáčovská jednotka.

Zemplanikum tvorí neogénne podložie západnej časti hodnoteného územia. Na povrch vychádza v podobe osamelého pieskovcového (83) tvrdoša vyčnievajúceho asi 14 m nad okolitú rovinu severovýchodne od Stredy nad Bodrogom.

Ohraničenie zemplanika oproti ptrukšianskej jednotke je v systéme sečovských zlomov (Fusán et al., 1984) smeru SZ – JV. Pozdĺž tohto poruchového pásma ptrukšianska jednotka smerom na juh prešmykuje zemplanikum. Ptrukšianska jednotka tvorená fylitmi a pieskovecami, menej zlepenkami, vystupuje v podloží terciérno-kvartérnej výplne vo východnej časti hodnoteného územia. Bola zachytená vrtmi a je vymedzená na základe geofyzikálnych výskumov (Ďurica, 1982). Smerne má táto jednotka východné pokračovanie na územie Ukrajiny, zatiaľ čo na západ Ďurica (1982) predpokladá jej vyklinenie pri severnom ohraničení zemplanika.

Neogénna tektonika

Východoslovenský neogén porušujú zlomy dvoch hlavných generácií (Čverčko, 1977). Staršia generácia zlomov bola aktívna v spodnom miocéne. Mladšia hlavne v bádene a v sarmate. Staršie zlomy sú veľmi zastreté mladou tektonikou, ale zdá sa, že tieto zlomy kontrolovali rozsah a intenzitu subsidencie počas spodného miocénu. Mladšie zlomy sú výraznejšie a práve tieto zlomy členia východoslovenskú neogénnu panvu na štruktúrne jednotky typu hrastí a prepahlín, pričom čiastočne podmieňujú súčasnú morfológiu panvy, aj keď sú tiež sčasti zastreté mladšími posarmatskými, prípadne kvartérnymi sedimentmi. Obdobie aktivity týchto zlomov počas neogénu koinciduje s kulmináciou subsidencie v panve aj vulkanizmom. Južnú časť Východoslovenskej nížiny porušujú zlomy troch smerových systémov. Hlavným zlomovým systémom, ktorý výrazne člení územia na kryhy, je zlomový systém SZ – JV. Menej významný je zlomový systém SV – JZ, územie porušujú aj ojedinelé S – J zlomy.



Obr. 2.5.2. Neotektonické štruktúry v kvartéri Medzibodrožia (podľa Baňackého et al., 1989).

Kvartérna tektonika

V pliocénno-kvartérnej neotektonickej fáze začala postupná prestavba reliéfu Východoslovenskej nížiny. Počas celkovej subsidencie dochádzalo k intenzívnejším pohybom, ktoré nížinu rozčlenili na jednotlivé neotektonické celky (obr. 2.5.2).

Hrasť Tarbucky je ohraničená neogénno-kvartérnymi zlomami, ktoré na S nadväzujú na okrajovú zlomovú líniu Zemplínskych vrchov. Je ostro vynorená zo štruktúrnej roviny, asi 170 m nad jej povrchom (max. výška 277,3 m n. m.). Nápadné sú aj priečne zlomy. Jeden z nich oddeľuje kótu Tarbucka od Čapieho vrchu. Štruktúru tvoria výlučne neovulkanické horniny pokryté plášťom eolických pieskov (12). Hrasť sa začala formovať v pliocéne s intenzívnejšími zdvihmi v kvartérnom neotektonickom období.

Z osamelých neovulkanických telies v štruktúrnej rovine vyniká *hrasť kopca Vršok*. Je to plošne málo rozľahlý exot, ktorý zaberá asi 1 km². Nadmorská výška je 150 m, relatívne nepresahuje 60 m. Zlomy vymedzujúce hrasť sú podobné ako pri predošliých neovulkanických hrastiach. Na východnej strane štruktúry je výrazný zlomový svah, ktorý zvyrazňuje hrasťový charakter kopca.

Chlmecká hrasť je rozlohou najväčšou neovulkanickou hrasťou v štruktúrnej rovine. Maximálnu výšku má kóta Vysoká (264 m n. m.). Po okrajoch je štruktúra ohraničená neogénno-kvartérnymi

zlomami smeru SZ – JV, ktoré zároveň určujú jej smer. Zlom prebiehajúci jej stredom výrazne porušil štruktúru a rozdelil ju na dve časti. Na východnej strane hrasti vo výške 115 m n. m. sú uložené relikty ílovitých sedimentov, ktoré sú pravdepodobne totožné s ílmi nachádzajúcimi sa v hĺbke 70 m, na báze trakanskej čiastkovej depresie (30 m n. m.). Podľa týchto údajov sa predpokladá, že chlmecká hrast sa od vrcholovej fázy pliocénu, resp. najstaršej fázy pleistocénu (podľa paleomagnetických meraní 1,6 – 1,64 mil. rokov) vyzdvihla zhruba o 80 – 90 m. Na hrastový charakter Chlmeckých pahorkov poukazuje aj výrazný zlomový svah západného okraja štruktúry.

Do severnej časti Medzibodrožia zasahuje *polianska pochovaná hrast*, predstavujúca vyzdvihnuté pliocénne kryhy, sformované v kvartéri do hrasti. Oddeluje čiastkovú trakanskú depresiu od severnejšej *bežovskej depresie*, na juhozápade je tektonicky ukončená na zlome chlmeckej hrasti.

Najväčšiu depresiu Východoslovenskej nížiny predstavuje *stražniansko-trakanská depresia*, rozdelená výraznou chlmeckou hrastou na *stražniansku čiastkovú (západnú)* a *trakanskú čiastkovú (východnú)* depresiu. Morfológicky sa depresia neprejavuje, pretože jej povrch pokrývajú najmladšie fluvialne a eolické sedimenty rovinatej časti nížiny. Čiastkové štruktúry majú spoločný charakter a vývoj, sú vyplnené ílovitými a piesčitými sedimentmi. Ich subsidenčný charakter sa prejavuje už v starom pleistocéne, keď doznievajúce neotektonické prejavy podložitých štruktúr ovplyvnili ich vývoj. Poklesy v tomto období dosiahli 5 – 15 m. Nová subsidencia v mindelskom glaciáli dosiahla maximálnu hodnotu 10 m, v rise už 10 – 20 m. Intenzívne boli poklesy v mladom pleistocéne – v starom würme (w^1) okolo 20 m, v strednom a mladom ($w^{2,3}$) 18 – 22 m. Celková subsidencia počas kvartérneho vývoja depresie dosiahla hodnotu okolo 70 m.

Bežovská depresia je súčasťou rozsiahlej podhorskej čopsko-mukačevskej depresie, ktorá na naše územie zasahuje z Ukrajiny. Poklesy štruktúry začali v mindelskom glaciáli a po krátkom prerušení pokračovali v rise a würme. Za celé obdobie poklesla depresia celkovo o 20 – 50 m.

3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA

3.1. HYDROGEOLOGICKÁ PRESKÚMANOSŤ

Z obdobia pred druhou svetovou vojnou prakticky nie sú dostupné archívne materiály hydrogeologického zamerania z regiónu Medzibodrožia, a to v dôsledku značnej hospodárskej zaostalosti regiónu a súvisiacich malých požiadaviek na potrebu vody. Po druhej svetovej vojne, najmä v 50. rokoch 20. storočia, rozvíjajúci sa priemysel a poľnohospodárstvo zvyšujú nároky na disponibilné množstvo vôd na pitné a úžitkové účely. Prvou prácou hydrogeologického zamerania komplexnejšieho charakteru, sústreďujúcou dovtedy rozptýlené poznatky z jednotlivých prieskumných akcií a podávajúcou prehľad o existujúcich zdrojoch a možnostiach získania podzemnej vody vo Východoslovenskej nížine, je správa Porubského (1957), v ktorej sú náplavy Latorice považované z vodárenského hľadiska za nepriaznivé.

Región Medzibodrožia bol v období rokov 1960 – 1967 komplexne zhodnotený v rámci základného hydrogeologického výskumu kvartéru Východoslovenskej nížiny (Pospíšil, 1964; Pospíšil a Gazda, 1967), ktorého cieľom bolo „zistiť možnosti výskytu hydrogeologicky priaznivých štruktúr a pre určenie možnosti odoberateľných množstiev vody stanoviť ich hraničné podmienky“. Rozsah realizovaných prác zahŕňal štúdium archívnych materiálov a terénny výskum – hydrogeologické mapovanie, štúdium režimu podzemných vôd a technické práce. V regióne Medzibodrožia boli realizované vrty Č-2 až Č-5 (na hydrogeologickej mape označené číslami 41, 44, 30, 147) a H-1 až H-3 (č. 151, 4, 25), ktoré boli odskúšané čerpacími skúškami v trvaní 21 dní. Zhodnotené boli aj početné lokálne prieskumné akcie zamerané na zabezpečenie zdrojov pitnej vody (Fedor, 1960, 1962, 1963a, 1963b; Chotváč, 1958a, 1958b; Líška, 1958a, 1958b, 1958c, 1960a, 1960b; Mojžiš, 1963; Nešvara, 1962; Porubský, 1956, 1959, 1961).

Na základe výsledkov výskumných prác (Pospíšil a Gazda, 1967) bola vykonaná hydrogeologická rajonizácia územia Východoslovenskej nížiny. Na základe geologických, tektonických a hydrogeologických poznatkov bolo jej územie rozčlenené na menšie celky a vyčlenené boli jednotlivé štruktúry, vyznačujúce sa charakteristickým režimom a určitým spôsobom regenerácie zásob. Územie Medzibodrožia spadá do vyčlenenej „oblasti pieskov“ označenej Q 119 b-3, rozprestierajúcej sa zhruba na juh od Pavloviec nad Uhom a Oborína. Oblasť pieskov bola rozčlenená na čiastkové oblasti, z ktorých územie Medzibodrožia pokrývajú:

- 3-1 severozápadná časť oblasti pieskov,
- 3-2 juhozápadná oblasť pieskov,
- 3-5 lelesko-dobranská oblasť,
- 3-5-1 pririečna zóna Latorice v lelesko-dobranskej depresii,
- 3-5-2 centrálna časť lelesko-dobranskej depresie.

Severozápadná oblasť pieskov (3-1) bola vymedzená na severe cestou Poľany – Solnička – Zátin, Chlmecými pahorkami a cestou Kráľovský Chlmec – Somotor na juhu. Charakterizovaná bola ako oblasť s dopĺňaním prírodnej zásoby podzemnej vody infiltráciou zo zrážok, s generálnym smerom prúdenia od východu na západ. V severnej časti sa pritom prejavuje vplyv Latorice – drenážnym účinkom pri minimálnych a stredných prietokoch a dopĺňaním zvodnenca v časovo krátkych úsekoch s maximálnymi prietokmi.

Juhozápadná oblasť pieskov (3-2), vymedzená južnejšie od severozápadnej oblasti pieskov, bola charakterizovaná v porovnaní s ňou v podstate rovnakým charakterom režimu, avšak generálnym smerom prúdenia SV – JZ po celý rok v podmienkach voľnej hladiny.

Lelesko-dobranská depresia (3-5) bola označená ako jedna z najpriaznivejších hydrogeologických štruktúr vo Východoslovenskej nížine. Najmä z hľadiska režimu podzemných vôd bola rozdelená na „pririečnu zónu Latorice v lelesko-dobranskej oblasti“ (3-5-1) a „centrálnu časť lelesko-dobranskej

depresie“ (3-5-2). Pririečna zóna bola vymedzená ako pás územia šírky okolo 2 km pozdĺž ľavého brehu Latorice, s jej výrazným vplyvom na režim podzemných vôd prejavujúcim sa hlavne veľkou rozkolísanosťou hladín. Konštatovalo sa, že prevažnú časť roka dochádza k drénovaniu podzemných vôd riekou a len v krátkom období počas vysokých stavov v Latorici dochádza k dotácii zvodnenca povrchovými vodami. Centrálna časť lelesko-dobranskej depresie bola charakterizovaná ustáleným režimom a stabilnými pomermi prúdenia so smerom od východu na západ. Hladina podzemných vôd tvorí veľmi plochý chrbát so sklonom v jeho osi v čase minimálnych a priemerných stavov 0,06 % a v čase maximálnych stavov 0,34 %. Vzhľadom na malý sklon hladiny a s ním súvisiacu veľmi pomalú výmenu prírodnej zásoby podzemných vôd v štruktúre boli infiltrované zrážky označené ako hlavný zdroj dopĺňania tejto zásoby.

Súčasťou výskumných prác bol výpočet množstva podzemných vôd v tzv. lelesko-dobranskej depresii. V centrálnej časti sa prevažná časť štruktúry považovala za neovplyvnenú Latoricou a za hlavný zdroj dopĺňania zvodnenca boli považované zrážky. Výpočet množstva bol vykonaný dvoma spôsobmi. Pri prvom spôsobe bola z priemernej hodnoty ročného úhrnu zrážok 626 mm, priemernej hodnoty ročného výparu a pri predpoklade 30 %-ného podielu povrchového odtoku odvodená hodnota možného odberu podzemných vôd $3,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, čo pri celkovej ploche štruktúry $92,5 \text{ km}^2$ predstavuje $296 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Pri druhom spôsobe sa vychádzalo z priemernej hodnoty vzostupu hladiny vyvolanej infiltráciou zrážok za roky 1962 – 1963, ktorá predstavovala 0,64 m. Pri uvažovaní o hodnote koeficientu voľnej zásobnosti 0,155 bola zistená hodnota možného odberu podzemných vôd $3,14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, resp. $290,45 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ pre celú štruktúru. Obidvoma postupmi bola teda zistená veľmi podobná hodnota, čo znamená, že odhad hodnoty povrchového odtoku blízky 55 mm (8,79 %) zo zrážok je hodnoverný. Pri určovaní odoberateľného množstva v pririečnej zóne Latorice sa vychádzalo z dokumentácie čerpacj skúšky vrtu Č-3 (č. 44) doplneného piezometrami. Vypočítaný polomer depresie bol 284 m, čo umožnilo predpokladať na 1 km pririečnej zóny lokalizáciu dvoch odberových vrtov s predpokladanou odoberanou výdatnosťou $60 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, čo pri celkovej dĺžke pririečnej zóny 6 km predstavuje možný odber $360 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

V rámci zostavovania hydrogeologických máp 1 : 200 000 bola zostavená aj hydrogeologická mapa územia na liste 38-Michalovce s vysvetlivkami (Škvarka et al., 1976, 1985; Pospíšil et al., 1969), ktorá zobrazuje hydrogeologické pomery Medzibodrožia v širšom kontexte.

Počas riešenia úlohy „Východoslovenská nížina – limnigrafické sondy“ (Porubský, 1962) sa v Medzibodroží odvíralo 17 hydrogeologických vrtov hlbokých 15 – 20 m. Boli upravené na limnigrafické pozorovacie sondy a väčšina z nich s pôvodným označením číslami 1200 – 1212 a 1296 – 1299 dodnes slúži na meranie hladiny v rámci základnej pozorovacej siete SHMÚ. Uskutočnili sa na nich čerpacie skúšky v trvaní 7 dní. V tej dobe sa predpokladalo, že otvorené úseky vrtov sú v prostredí neogénnych sedimentov, hoci hĺbka vrtov nepresahovala 20 m. Počas čerpacích pokusov boli odoberané vzorky podzemných vôd, ktoré preukázali zvýšené množstvo železa a mangánu, chloridov a dusičnanov.

Budovanie pozorovacej siete vrtov pokračovalo úlohou „Limnigrafické sondy – povodie Bodrogu“ (Haluška, 1967), v rámci ktorej boli realizované v regióne Medzibodrožia sondy s pôvodným označením č. 1335, 1340 – 1342, 1351 – 1353, 1356 – 1358, 1369, 1371. Sondy hlboké do 30 m otvorili kvartérne piesky, boli odskúšané 2- až 7-dňovými čerpacími pokusmi a 24 hodín sa sledovalo stúpanie hladiny podzemnej vody. Vzorky vody sa na chemický rozbor odoberali pred čerpacou skúškou a pred jej ukončením.

Predmetom hydrogeologického prieskumu boli kvartérne náplavy ľavej strany Latorice (Bajo a Banský, 1972). V lokalitách Boňany a Kapoňa boli nainštalované v roku 1970 limnigrafické prístroje a pri Lelesi vodočetná stanica. Z vypočítaných charakteristík stavov a režimu hladín podzemnej vody a rieky boli vyslovené závery:

- hladina podzemnej vody je v hydrodynamickej spojitosti s hladinou vody v rieke,
- oblasť je súčasťou užšej pririečnej zóny,
- maximá (vyskytli sa 1. marca) a minimá (8. novembra) stavov rieky a hladiny podzemnej vody sa časovo zhodujú,
- režim podzemných vôd pozostáva z periodického striedania napájania a drénovania zvodnenca v závislosti od stavu rieky, prevláda drénovanie.

Využiteľné množstvo podzemných vôd bolo odhadnuté pre lokalitu Boľany ($178,12 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v kategórii B a $237,56 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v kategórii C₁) a pre lokalitu Kapoňa ($83,48 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v kategórii B a $139,64 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v kategórii C₁). Odobraté vzorky vody obsahovali zvýšené množstvo Fe a Mn, a preto podzemná voda nebola vhodná na pitné účely.

Hydrogeologický prieskum s veľkým objemom technických prác bol realizovaný úlohou Potiská nížina X. – hydrogeologické pomery (Šindler, 1966). Realizovaných bolo 25 vrtov s hĺbkou do 30 m (tab. 3.1.1), overujúcich kvartérne piesky. Vo všetkých vrtoch boli odobraté vzorky vody na chemický rozbor, nevyhovovali norme pre pitnú vodu. Hlbokým vrtom HJ-X-2 (č. 111) Bačka sa v hĺbke 200 m zistila podzemná voda s celkovou mineralizáciou $1\,143 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ so zvýšeným obsahom NaCl zložky a teplotou $19 \text{ }^\circ\text{C}$, nevhodná na pitné účely. Vo vrte sa uskutočnili krátkodobé dvojdňové čerpacie skúšky. Zistené zásoby podzemnej vody sa zaradili do kategórie D.

Hydrogeologický prieskum Potiskej nížiny pokračoval II. etapou (Halešová, 1981), realizáciou a hydrodynamickým odskúšaním vrtov HPR-1 až HPR-11 (č. 239, 8, 6, 5, 9, 14, 10, 11, 12, 13, 15) a realizáciou vrtov HPP-1 až HPP-21, z ktorých boli odskúšané vrty HPP-3 (č. 112), HPP-14 (č. 237), HPP-16 až HPP-22 (č. 35, 37, 32, 127, 19, 40). Prieskum bol zameraný na kvartérne sedimenty. Súčasťou záverečnej správy bol výpočet množstva podzemných vôd, ktorý bol neskôr schválený v KKZ (bližšie v kap. 7).

Prieskum náplavov Tisy (Hrabková, 1983) bol realizovaný s cieľom preveriť možnosti zabezpečenia nových vodných zdrojov v nadväznosti na doposiaľ realizované prieskumné práce v tejto oblasti a doriešiť zásobovanie Čiernej nad Tisou pitnou úžitkovou vodou so spotrebou $120 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Odvrátaných bolo 9 hydrogeologických vrtov (TA-1 až TA-9) do hĺbky 65,0 m na overenie fluvialných náplavov pravej strany Tisy pri štátnej hranici, ktoré neboli hydrodynamicky odskúšané. Vybuďovali sa aj pozorovacie objekty (P-1 až P-18) do hĺbky 20,0 m. Náplavy Tisy na skúmanom území mali hrúbku cca 60 m (piesok). Hladina podzemnej vody pri vrtaní bola zistená v hĺbke 4,4 – 7,0 m pod terénom, po ustálení sa jej úroveň pohybovala v hĺbke 3,8 – 6,1 m. Celková hrúbka zvodnenej vrstvy bola 56,0 m.

Cieľom hydrogeologického prieskumu v Čiernej nad Tisou (Porubský, 1959) bolo zaistiť zdroj vody s výdatnosťou aspoň $12 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Realizované boli 4 hydrogeologické vrty: S-2 až S-5 (č. 83, 82, 79, 80) v kvartérnom kolektore (tab. 3.1.2). Následne tu boli vyhlbené i hydrogeologické vrty S-1 a S-2 (Porubský, 1961).

Vrty S-2, S-3 a S-4 boli odskúšané spoločnou čerpacou skúškou, po ktorej nasledovala stúpacia skúška. Počas hydrodynamických skúšok boli odobraté vzorky vody, ktoré nespĺňali normu pre pitnú vodu (Fe, Mn, amoniak, fosforečnany).

V rámci ďalšieho hydrogeologického prieskumu v lokalite Čierna nad Tisou bolo odvrátaných 5 vrtov (tab. 3.1.3), odskúšaných 7-dňovými samostatnými čerpacími skúškami a spoločným čerpacím pokusom vo vrtoch B-I, C-I a E-I (Nešvara, 1962). Z analýz vzoriek vody odobratých na chemický rozbor vyplynulo, že podzemná voda nebola vhodná na pitné účely pre zvýšené množstvo Fe a Mn. Odporúčané množstvo vody na čerpanie bolo $16 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Ako náhradné zdroje podzemnej vody v lokalite Boľany boli vyhlbené 2 vrty (Drahoš a Tometz, 1995). Vrt NS-6A hlboký 51 m bol v dôsledku silného pieskovania nahradený vrtom NS-6B (č. 62). Vrt NS-10 s polohou piesku bol realizovaný ako náhradný zdroj vody. V každom vrtě sa realizovali samostatné čerpacie skúšky (7 dní) s následným pozorovaním stúpania hladiny podzemnej vody počas 24 hod.. Nasledovala spoločná čerpacia skúška (24 dní: 6. 7. – 31. 7. 1995) na overenie dlhodobého využitia vrtov. Po nej sa pozorovalo stúpanie hladiny v čerpaných vrtoch. Podzemná voda mala voľnú hladinu. Teplota vody bola $11 \text{ }^\circ\text{C}$. Overené výdatnosti a zníženia sú uvedené v tab. 3.1.4. Podľa rozborov vzoriek táto voda nebola vhodná na pitné účely (zvýšený obsah Mn, Fe). Na trvalý odber sa odporúčalo sumárne (spolu s existujúcimi vodárenskými zdrojmi) množstvo vody $185 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Jednotlivé exploatačné objekty vodného zdroja Boľany boli v rámci doplnkového hydrogeologického prieskumu nahradené novými, situovanými v ich bezprostrednej blízkosti vnútri OP I. stupňa (Žák et al., 2000). Celkovo bolo realizovaných 10 nových exploatačných studní s označením SH-1 až SH-10 (č. 47 – 55, 234), hlbokých 40 až 51,5 m. Ich funkčnosť a hydraulické parametre boli odskúšané hydrodynamickými skúškami, výsledky ktorých poskytli podklady pre návrh odberného množstva určeného pomocou numerického prúdenia podzemnej vody s využitím programu MODFLOW. Podklady

Tab. 3.1.1. Hydrogeologické vrty realizované v rámci hydrogeologického prieskumu Potiskej nížiny (Šindler, 1966).

Vrt (č. na mape)	Hĺbka (m)	Čerpacia skúška	Dni čerpania	Kolektor	Q (l/s)	s (m)	Teplota vody (°C)
HV-X-1 (179)	23,0	5. 8. – 18. 8. 1965	14	piesky kvartéru	3,1	2,0	12,0
HV-X-2 (175)	32,0	20. 8. – 4. 9. 1965	16	piesky kvartéru	4,0	1,5	13
HV-X-3 (172)	33,0	5. – 20. 9. 1965	16	piesky kvartéru	8,1	2,0	11,5
HV-X-8 (18)	40,0	31. 8. – 15. 9. 1965	16	piesky kvartéru	6,9	4,5	11,2
HV-X-9 (22)	31,2	11. – 28. 8. 1965	18	piesky kvartéru	14,6	4,0	13,0
HV-X-12 (43)	20,0	22. 9. – 7. 10. 1965	16	piesky kvartéru	52,3	4,0	12,0
HV-X-13 (4)	22,3	9. 10. – 24. 10. 1965	16	piesky kvartéru	4,4	2,0	11,0
HV-X-14 (3)	25,6	26. 10. – 10. 11. 1965	16	piesky kvartéru	5,8	2,5	11,8
HV-X-15 (229)	38,5	22. 10. – 6. 11. 1965	16	piesky kvartéru	10,0	3,5	12,0
HV-X-16 (213)	43,0	23. 7. – 6. 8. 1965	12	piesky kvartéru	4,0	1,0	10,5
HV-X-17 (23)	25,0	23. 7. – 7. 8. 1965	16	piesky kvartéru	10,4	5,0	10,7
HV-X-18 (225)	25,0	17. 2. – 14. 3. 1966	16	piesky kvartéru	10,7	1,5	11,5
HV-X-22 (43)	52,0	22. 10. – 18. 11. 1965	29	piesky kvartéru	52,3	4,0	11,0
HV-X-23 (109)	36,0	26. 11. – 17. 12. 1965	22	piesky kvartéru	31,8	3,5	13,0
HV-X-24 (119)	40,0	15. 6. – 30. 6. 1965	15	piesky kvartéru	16,0	3,0	10,2
HV-X-29 (69)	51,5	9. 5. – 24. 5. 1965	16	piesky kvartéru	21,6	3,0	12,0
HV-X-30 (70)	34,5	27. 5. – 11. 6. 1965	16	piesky kvartéru	38,0	2,25	11,0
HV-X-31 (71)	48,0	26. 3. – 11. 4. 1965	17	piesky kvartéru	27,6	2,6	
HV-X-32a (77)	61,4	5. 10. – 20. 10. 1965	16	piesky kvartéru	27,0	2,5	
HV-X-33 (76)	67,4	21. 1. – 9. 2. 1965	20	piesky kvartéru	20,0	4,0	
HV-X-34a (75)	53,0	9. 12. – 24. 12. 1965	16	piesky kvartéru	21,2	3,5	11,0
HV-X-35 (123)	51,0	24. 5. – 14. 6. 1966	22	piesky kvartéru	13,0	8,0	
HV-X-36 (122)	52,0	6. 1. – 22. 1. 1966	16	piesky, štrky kvartéru	13,1	3,0	11,0
HV-X-37 (113)	45,0	26. 11. – 11. 12. 1965	16	piesky kvartéru	23,8	1,5	10,0
HJX-2 (111)	300,0	28. 4. – 19. 5. 1965	22	piesky pliocénu	4,9	27,0	20,0

Tab. 3.1.2. Hydrogeologické vrty realizované v rámci prieskumu lokality Čierna nad Tisou (Porubský, 1959).

Vrt (č. na mape)	Čerpacia skúška		Q (l · s ⁻¹)	s (m)	Teplota (°C)
	Dátum	Doba trvania (d)			
S-2 (83)	20. 6. – 25. 6. 1958	21	8,0	3,5	12,3
S-3 (82)	14. 7. – 19. 7. 1958	14	9,5	3,5	11,3 – 12,9
S-4 (79)	19. 6. – 5. 7. 1958	15	19,0	4,8	10,8 – 11,3
S-5 (80)	28. 7. – 1. 8. 1958	13	7,5	4,0	11,8 – 13,0

Tab. 3.1.3. Hydrogeologické vrty realizované v rámci prieskumu lokality Čierna nad Tisou (Nešvara, 1962).

Vrt (č. na mape)	Hĺbka (m)	Otvorený úsek vrtu (m)	Čerpacia skúška	Q (l/s)	s (m)	Teplota vody (°C)
A-I (115)	18,3	8,0 – 12,6	7. 12. – 14. 12. 1961	0,85	2,5	11,0
B-I (116)	18,3	7,2 – 13,0	5. 12. – 22. 12. 1961	5,60	3,6	10,0
C-I (117)	20,5	8,6 – 14,7	26. 12. 1961 – 2. 1. 1962	6,30	2,5	11,0
E-I (118)	20,2	7,0 – 13,0	5. 1. – 12. 1. 1962	6,30	2,5	10,5
K-I (114)	18,2	7,0 – 12,0	29. 11. – 6. 12. 1961	1,40	2,5	11,0

Tab. 3.1.4. Overené využiteľné množstvo podzemných vôd vo vrtoch realizovaných v rámci budovania náhradných vodných zdrojov v lokalite Botany (Drahoš a Tometz, 1995).

Vrt (č. na mape)	Q (l · s ⁻¹)	s (m)	Čerpacia skúška	Teplota vody (°C)
NS-6A	23	5,21	15. 5. – 30. 5. 1995	11,7 – 11,3
NS-6B (62)	11	4,5	27. 6. – 7. 7. 1995	11,0 – 10,6
NS-10 (67)	35	4,0	31. 5. – 7. 6. 1995	11,5 – 11,2

na prevádzkovanie vodárenského zdroja boli určené v rôznych režimoch, so zameraním na kvalitatívne podmienky exploatacie, v rozsahu celkového odberného množstva 191,5 – 206,3 l · s⁻¹ podzemnej vody. Voda je vhodná na využitie až po úprave, hlavne z dôvodu zvýšeného obsahu železa a mangánu.

Lokálny hydrogeologický prieskum na získanie termálnych vôd bol robený v Strede nad Bodrogom (Frankovič, 1969). Vrtom SJH-1 (č. 188) hlbokým 365 m sa v súvrství tufov a pieskovcov zistila iba nízka výdatnosť 0,3 l · s⁻¹ pri znížení hladiny o 45,2 m, teplota vody dosahovala 20 – 21 °C.

Cieľom hydrogeologického prieskumu v oblasti Stredu nad Bodrogom (Frankovič, 1980) bolo overiť možnosť získania zdroja podzemných vôd z neogénnych súvrství. Odvrtný bol vrt SJH-2 (č. 195) hlboký 482,0 m, odskúšaný 24-hodinovou čerpacou skúškou, 28-dňovou čerpacou skúškou (3. 10. – 2. 11. 1980) a 48-hodinovou stúpacou skúškou. V hĺbke 280 – 463 m bolo overené vulkanicko-sedimentárne súvrstvie, čerpaná výdatnosť dosahovala 1,3 l · s⁻¹ pri znížení 35 – 40 m. Odobraté vzorky podzemnej vody preukázali kvalitu vyhovujúcu norme pre pitnú vodu. Jej využitie na pitné účely je však možné až po znížení teploty (19,2 – 21,5 °C) na 8 – 12 °C. Odporúčaná využiteľná výdatnosť bola 1,3 l · s⁻¹ pri znížení 35,0 – 40,0 m pod úroveň terénu.

V rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu bol pri Strede nad Bodrogom vyhlášený vrt TGS-1 (č. 239) hlboký 1 001 m, ukončený v paleozoiku zemplinika (Haluška et al., 1976). Horný úsek vrtu do hĺbky 300 m predstavovalo klastické ílovité neogénne súvrstvie s nízkou priepustnosťou. V úseku do 870 m prevažovali paleozoické zlepenice, menej pieskovce. Prevládajúcou horninou tretieho úseku do konečnej hĺbky vrtu bol pomerne homogénny pieskovec. Vrt bol hodnotený ako negatívny a zacementovaný.

Na základe archívneho materiálu boli charakterizované hydrogeologické pomery neogénu regiónu Medzibodrožia (Šindler a Petrvaldský, 1985). Prehodnotené boli najmä údaje zistené vrtmi SJH-1 (č. 188) Streda nad Bodrogom v pieskoch a íloch sarmatu so sedemdňovou čerpacou skúškou, SJH-2 (č. 195) Streda nad Bodrogom v prachoch sarmatu s 28-dňovou čerpacou skúškou, SHK-1 (č. 159) Kráľovský Chlmec v andezitových tufoch a brekciách bádenu s päťdňovou čerpacou skúškou a HJ-X-2 (č. 111) Bačka v pieskoch pliocénu s 18-dňovou čerpacou skúškou.

Na hydrogeologické štúdium neogénu juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny nadviazal vyhľadávací hydrogeologický prieskum (Michalík et al., 1995). V rámci úlohy sa vyhlbili hlboké vrty na overenie hydrogeologických vlastností neogénnych súvrství: 5 vrtov bolo vyhlbených jadrovou technológiou vrtania do hĺbky 350 – 360 m a 9 vrtov bezjadrovou technológiou do hĺbky 300 – 650 m (tab. 3.1.5). Podzemné vody mali z kvalitatívneho hľadiska zvýšené hodnoty Fe, Mn, NH_4^+ a dusičnanov.

Tab. 3.1.5. Vrt vyhlbené počas vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu neogénu JV časti Východoslovenskej nížiny (Michalík et al., 1995).

Vrt (č. na mape)	Lokalita	Hĺbka vrtu (m)	Kolektor	Trvanie čerpacej skúšky (d)	Q ($l \cdot s^{-1}$)	s (m)	Teplota vody ($^{\circ}\text{C}$)	Tepelný tok Q ($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$)
HJ-2 (198)	M. Kamenec	648	50 – 150 50 – 301 370 – 638	1	0,30	17,10	12 19,5 22,5	96,6 95,2 126,5
HJ-3 (33)	Leles	320	50 – 320	1	7,40	5,00	11	105,1
HB-2A (197)	M. Kamenec	314	70 – 314	23	1,45	51,00	21,4	
HB-2B (196)	M. Kamenec	644	450 – 644	4	0,01	62,4	18	
HB-3 (34)	Leles	314	50 – 314	27	46,40	27,50	12,5	
HB-4 (132)	Dobrá	300	62 – 300	22	4,00	1,86	18,8	
HB-5 (199)	M. Kamenec	300	35 – 300	24	0,73	37,24	19	
HB-7 (105)	Boľany	300	50 – 300	13	1,13	13,00	11,8	52
HB-8 (201)	M. Kamenec	300	35 – 300	25	1,25	33,80	19,8	96,4
HB-9 (1)	Rad	300	50 – 300	10	8,80	42,30	14	100,6
HB-10 (220)	V. Horeš	300	50 – 300	24	8,20	35,00	21,8	67,4

Predmetom hydrogeologického štúdia (Ostrolucký a Petrivalský, 1982) bolo vyhľadanie potenciálnych zdrojov kontaminácie a overenie rozsahu znečistenia podzemných vôd v areáli ŽPS Čierna nad Tisou. Následne bola realizovaná I. etapa hydrogeologického prieskumu na ochranu podzemných vôd územia medzi Čiernou nad Tisou a vodárenským zdrojom Boľany (Ostrolucký a Karol, 1985), zameraná na zistenie zdrojov kontaminácie podzemnej vody, rozsahu a miery znečistenia zemín a podzemnej vody ropnými látkami, ako aj návrh sanačných opatrení. Ako hlavný a plošne najväčší zdroj znečistenia bola zdokumentovaná ŽPS Čierna nad Tisou s kontaminovanou zemínou a lokálne s vrstvou ropnej látky na hladine podzemnej vody. Podľa výsledkov realizovaných prieskumných prác bola podzemná voda znečistená v celej hrúbke kvartérneho zvodnenca na území od Biologického rybníka a obvodu prečerpávania kvapalín ŽPS Čierna nad Tisou po Boľany. Kontaminácia vodárenského zdroja Boľany však nebola preukázaná. Sanačným čerpaním vody z vrtov HOČ-31 až 34 (č. 104, 228, 227, 85) sa vytvorila hydraulická bariéra zabraňujúca prieniku znečistenia od ŽPS k vodárenskému zdroju. Návrh sanačných a ochranných opatrení bol zameraný hlavne na odstránenie zdrojov kontaminácie a sanáciu znečistenej zeminy a podzemnej vody.

Návrh hydraulickej ochrany podzemných vôd pred šírením kontaminácie z areálu ŽPS Čierna nad Tisou bol predmetom štúdia – priestorového modelovania prúdenia podzemných vôd (Mucha a Paulíková, 1987). Zostrojené boli mapy hydroizohýps, z ktorých vyplynuli poznatky o malých gradientoch sklonu hladín podzemných vôd a nízkych rýchlostiach prúdenia. Na základe výsledkov modelovania bol sformulovaný návrh hydraulickej clony pozostávajúci z 12 prevádzkovo-sanačných vrtov na severnej strane ŽPS so sumárnym odberom $60 l \cdot s^{-1}$.

Následne bola realizovaná II. etapa hydrogeologického prieskumu (Ostrolucký, 1991; Pelikán, 1991). Zistené bolo, že generálny sklon hladiny podzemnej vody aj v období nízkych stavov je SV smerom k vodárenskému zdroju Boľany. Zistený bol zvýšený obsah ropných látok v zemínach, pripisovaný šíreniu povrchovými vodami. Určený bol plošný rozsah územia znečisteného ropnými látkami na hladine s plochou $30\,000 \text{ m}^2$, čo bolo menej ako polovica rozsahu zisteného v roku 1986. Intenzívne znečistenie bolo zistené v okolí vrtov PVP-5, 15, 23, 24 a HOČ-120 (č. 87) a táto oblasť bola navrhnutá na samostatnú

sanáciu. Konštatovalo sa, že povrchové vody nie sú v hydraulickej spojitosti s podzemnými vodami, avšak lokálne môžu negatívne ovplyvniť ich kvalitu.

V roku 1991 bolo vypracované odborné stanovisko k problematike ochrany podzemných vôd v okolí Čiernej nad Tisou (Mucha in Matiová et al., 2001). Podľa neho je zvýšený obsah Fe, Mn, NH_4^+ , CHSK_{Mn} vo vode vrtov HOČ-31 až 34 (č. 104, 228, 227, 85) a všeobecne nízky obsah NO_3 dôsledkom redukčných procesov, čo znamená, že degradácia ropných látok a iných organických látok („prirodzená sanácia“) tu existuje v pomerne veľkom rozsahu. Neodporúča sa sanácia územia, keďže nie sú dostatočne preskúmané všetky druhy kontaminantov a ich správanie pri zmenách oxidačno-redukčného potenciálu, čo môže viesť k vzniku neželaných toxických látok pri sanácii. Odporúča sa pokračovať v ochrane pred šírením kontaminácie z územia ŽPS podzemnými vodami hydraulickou clonou a zamedziť jeho šíreniu povrchovými vodami.

Doplňkový hydrogeologický prieskum (Ostrolucký, 1992) bol zameraný na znečistenie zemín ropnými látkami a ortuťou vo vybraných objektoch ŽPS. Ako kontaminanty boli identifikované aromatické uhľovodíky (maximum $32\,205 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), stanovené v UV oblasti spektra, a nepolárne alifatické ropné látky (maximum $37\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), stanovené v IČ oblasti spektra. Voľná fáza ropných látok na hladine podzemnej vody dosahovala v niektorých vrtoch hrúbku až 1,46 m.

Spôsob sanácie kontaminovaného územia ŽPS Čierna nad Tisou bol navrhovaný na základe matematického modelovania (Banský, 1994). Navrhnuté bolo rozmiestnenie sanačných vrtov priamo v oblasti zdroja znečistenia. Počas sanačného čistenia bolo navrhnuté zvyšovať hladinu podzemnej vody recirkuláciou odčerpávanej vody vrtmi alebo drénmi, zároveň do infiltrovanej vody dávkovať baktérie so živinami a podporiť tak proces biodegradácie.

V ďalšom období boli realizované v oblasti komplexu 24/24 ŽPS Čierna nad Tisou prípravné práce na sanáciu a samotné sanačné práce. Ich súčasťou bolo vybudovanie sanačných dvojičiek vrtov HF-2 až HF-4, hydrodynamické skúšky a príprava dekontaminácie zemín biodegradáciou (Matiová, 1996). Od decembra 1998 sú v oblasti komplexov 24/24 vykonávané sanačné práce, pozostávajúce zo sanačného čerpania kontaminovaných podzemných vôd z vrtov HF-3 a HF-4, ich dekontaminácie, odčerpávania voľnej fázy ropných látok z hladiny podzemných vôd a súvisiacich režimových pozorovaní. Navyše v období rokov 1999 – 2000 bola realizovaná dekontaminácia zemín a betónov, príprava sanácie nenasýtenej zóny a odstránené boli významné zdroje kontaminácie – objekty produktovodu ropy a nárazové sklady.

V období rokov 1999 – 2000 bola v oblasti ŽPS realizovaná I. etapa doplnkového geologického prieskumu životného prostredia (Potyš, 2000a, 2000b). Na základe zistených skutočností bolo navrhnuté v ďalších fázach prieskumu zamerať pozornosť na výskyt trichlóretylénu v podzemných vodách a lokalizovať jeho zdroje, overiť výskyt nepolárnych extrahovateľných látok a aromatických uhľovodíkov v podzemných vodách v oblasti nárazových skladov a prehodnotiť potrebu prevádzkovania hydraulickej ochrany podzemných vôd severne od areálu ŽPS.

Následne bol ako podkladový materiál na rokovanie o ďalšom prevádzkovaní stavby ŽPS Čierna nad Tisou realizovaný geologický prieskum životného prostredia (Matiová et al., 2001), ktorého cieľom bolo komplexné posúdenie hydrogeologických pomerov a existujúceho znečistenia územia, návrh úpravy režimu prevádzkovania hydraulickej clony severne od ŽPS na ochranu vodárenského zdroja Boľany a návrh optimalizovaného komplexného monitorovacieho systému celého záujmového územia. Neboli realizované nové terénne práce, cieľové návrhy boli vypracované na základe výsledkov numerického modelovania prúdenia podzemných vôd, pričom bol použitý dvojrozmerný stacionárny model a metóda hraničných prvkov. Z analýzy pomerov prúdenia podzemnej vody v oblasti vyplynulo, že v tom čase prevádzkovaná hydraulická ochrana bola predimenzovaná.

Hydraulickú ochranu tvoril rad čerpacích vrtov ČV-1 až ČV-12 (č. 90 – 96, 102, 103, 99, 100, 101) so sumárnou výdatnosťou $60 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, navyše prebiehalo sanačné čerpanie vo vrtoch HF-3 a HF-4). Bol vyslovený predpoklad, že len samotné sanačné čerpanie vrtov HF-3 a HF-4 so sumárnou výdatnosťou $6,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ postačuje na to, aby sa vytvorila hydrogeologickými rozvodnicami uzavretá oblasť, z ktorej sa znečistenie nemôže dostať k vodárenskému zdroju Boľany.

Havarijné znečistenie Latorice plávajúcou vrstvou ropných látok, vzniknuté na území Ukrajiny, si vynútilo realizáciu opatrení na ochranu vodárenského zdroja Boľany (Ostrolucký, 1998). V pásme

medzi radom 10 exploatačných studní vodárenského zdroja a ľavým brehom Latorice boli vyhlbené monitorovacie vrty HOBZ-6 až HOBZ-14. Vo vrtoch HOBZ-6 až HOBZ-9 (č. 68, 66, 64, 56) boli realizované hydrodynamické skúšky a laboratórne analýzy podzemnej vody. Konštatovalo sa, že havarijné znečistenie Latorice sa významne neprejavilo na kvalite podzemnej vody, a bol navrhnutý spôsob monitoringu.

Na vyhľadanie prírodných minerálnych vôd medzi Trebišovom a Kráľovským Chlmcom a ich ochranu bola zameraná hydrogeologická prípravná štúdia (Haluška a Szabová, 1997). Tkáčová et al. (1996) v tej istej oblasti reinterpretovala geofyzikálne merania na vyhľadanie zdrojov stolových vôd a stanovenie podmienok ich ochrany.

3.2. SÚČASNÝ STAV HYDROGEOCHEMICKEJ PRESKÚMANOSTI ÚZEMIA

Overovanie chemického zloženia a kvality podzemných vôd z územia je úzko spojené s hydrogeologickým prieskumom, ktorý bol zameraný ako na podzemné vody kvartérnych kolektorov, tak aj na podložné neogénne sedimenty. Kvalita podzemnej vody bola posudzovaná predovšetkým z hľadiska jej využitia ako pitnej vody. Z tohto pohľadu najmenej informácií je k dispozícii z území budovaných neovulkanitmi.

V rôznych lokalitách regiónu boli chemické zloženie a kvalita podzemných vôd najčastejšie hodnotené v rámci lokálnych hydrogeologických prieskumov zameraných na vybudovanie zdrojov podzemných vôd (hydrogeologických vrtoch). Prehľad týchto prác je uvedený v predošlej kapitole týkajúcej sa hydrogeologickej preskúmanosti územia.

Komplexnejší regionálny pohľad na hydrogeochemické pomery v Medzibodroží sa začal vytvárať v šesťdesiatych rokoch minulého storočia. V tomto období boli realizované prvé rozsiahle hydrogeologické prieskumné práce, najmä v okolí Čiernej nad Tisou (Porubský, 1959 a 1961a), v rámci úlohy Východoslovenská nížina – limnigrafické sondy (Porubský, 1962; Haluška, 1967) a Potiská nížina – hydrogeologické pomery (Šindler, 1966). Realizovaných tu bolo množstvo vrtoch do hĺbky 10 až 60 m, ktoré overovali predovšetkým podzemné vody viazané na kvartérne piesky a náplavy. Vo všetkých prípadoch boli zistené podzemné vody s nevyhovujúcou kvalitou, najmä zvýšené množstvo mangánu, železa, amoniaku, menej chloridov a dusičnanov. Poznatky o zvýšenej koncentrácii Fe a Mn v podzemnej vode publikoval Pospíšil (1966).

Hydrogeochemické pomery v Medzibodroží boli následne komplexne zhodnotené v rámci základného hydrogeologického výskumu kvartéru Východoslovenskej nížiny (Pospíšil a Gazda, 1967). Všetky archívne a novozískané poznatky o hydrogeochemických pomeroch regiónu a o chemickom zložení podzemných vôd boli spracované a využité na zostavenie „Mapy chemizmu podzemných vôd“ v mierke 1 : 200 000 na liste 38-Michalovce (1976), ktorý bol vydaný spolu s listom Základnej hydrogeologickej mapy 1 : 200 000 (Škvarka et al., 1976).

V osemdesiatych rokoch sa v Medzibodroží realizovali početné – zväčša lokálne – hydrogeologické prieskumné práce (pozri predošlú kapitolu 3.1). Nimi sa potvrdila častá nevyhovujúca kvalita podzemných vôd regiónu, ale aj nepriaznivé kolektorské vlastnosti a kvalita podzemných vôd hlbších neogénnych súvrství (Michalík et al., 1995). Prieskumné práce na vybudovanie vodárenských zdrojov na zásobovanie obyvateľov sa v deväťdesiatych rokoch sústredili prakticky len na jednu perspektívnu lokalitu pri Boňanoch (Drahoš a Tometz, 1995). Systémom exploatačných studní je tu zabezpečené požadované množstvo podzemnej vody a jej kvalita si vyžaduje úpravu len pre zvýšený obsah Mn (resp. Fe).

Závažný zdroj znečistenia ropnými, resp. aj niektorými ďalšími organickými látkami predstavuje okolie železničnej prekládkovej stanice (vrátane stanice prečerpávania kvapalín) v Čiernej nad Tisou (ŽPS) v juhovýchodnej časti regiónu Medzibodrožia pri hraniciach s Ukrajinou. V rokoch 1982 – 1992 tu boli realizované viaceré prieskumné práce, zamerané hlavne na identifikáciu zdrojov kontaminácie podzemnej vody, rozsah a mieru znečistenia zemín a podzemných vôd, ako aj spôsob šírenia znečistenia tohto charakteru v podzemných vodách (popísané sú v predošlej kapitole 3.1). Potenciálne ohrozenie podzemných vôd širokého okolia a najmä vodárenských zdrojov v blízkych Boňanoch si tu vyžiadalo hydraulickú ochranu podzemných vôd výstavbou hydraulickej clony pozostávajúcej z 12 prevádzkovo-sanačných vrtoch.

Využívané vodné zdroje v Boľanoch boli v roku 1994 znova ohrozené, tentoraz v dôsledku havarijného znečistenia Latorice ropnými látkami po havárii ropovodu pri Mukačeve na Ukrajine. Situácia si vyžiadala realizáciu monitorovacích vrtov medzi radom exploatačných studní a ľavým brehom Latorice (Ostrolucký, 1998). Taktiež bolo monitorované aj znečistenie pohraničných vôd Tisy toxickými kovmi a kyanidmi z havárie odkaliska v Baia Mare v Rumunsku v roku 2000.

Z regionálneho hydrogeochemického hľadiska je významná skutočnosť, že z územia Medzibodrožia sú k dispozícii výsledky komplexných analýz podzemných vôd realizovaných v rámci Geochemického atlasu SR (Rapant et al., 1996). Tieto vzorky boli odoberané z prvého zvodneného horizontu prevažne z domových studní a štatistická hodnota hustoty ich odberov v rámci SR bola 1 vzorka na 3 km². Vzorky boli analyzované na obsah 32 hlavných zložiek determinujúcich ich chemické zloženie.

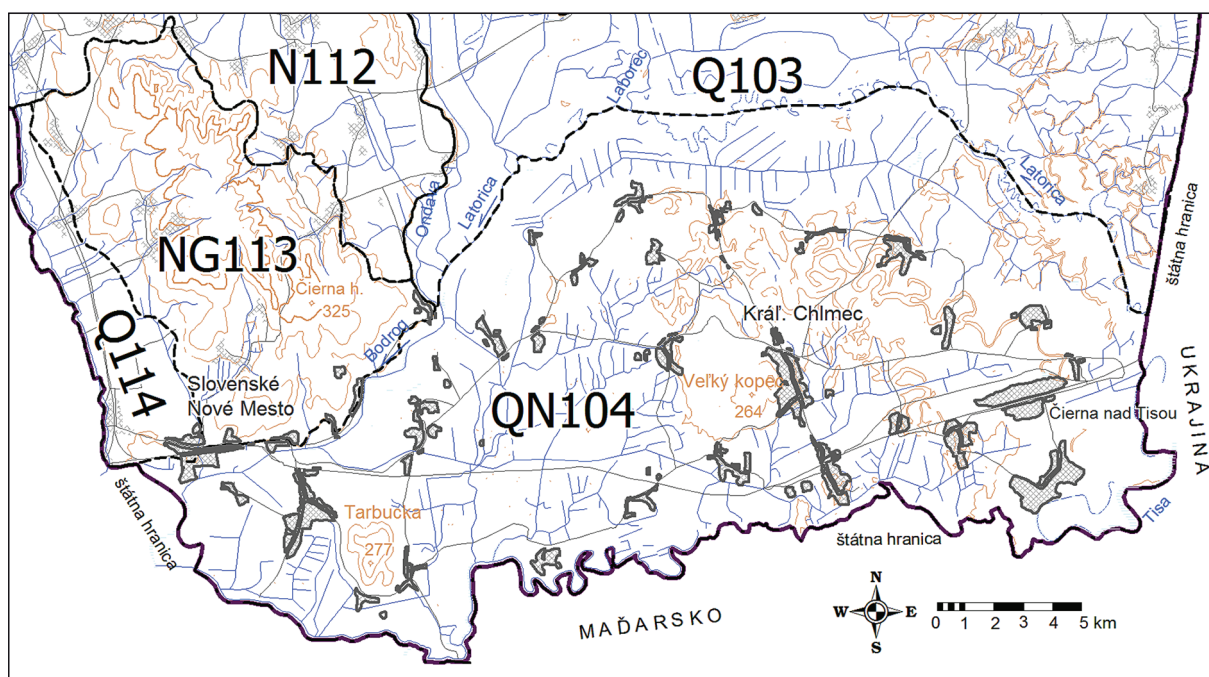
Významnou prácou hodnotiacou chemické zloženie a kvalitu prírodných vôd (zrážkové vody, povrchové vody a podzemné vody) regiónu Tibreg (oblasť Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov) je mapa kvality prírodných vôd autorov Kordíka a Slaninky (2001). V rámci hodnotenia stavu kvality podzemných vôd bolo z rozsiahleho regiónu odobratých 27 vzoriek podzemných vôd na hodnotenie anorganických ukazovateľov a 25 vzoriek podzemných vôd na analýzu organických látok so zameraním na skupinové ukazovatele organického znečistenia.

Hodnotením kvality podzemných vôd sa v rámci štátneho monitoringu životného prostredia zaoberá aj SHMÚ. Pravidelne 1- až 2-krát ročne sú monitorované lokality podzemných vôd, konkrétne vôd riečnych náplavov v Medzibodroží. Výsledky sú spracovávané a pravidelne publikované formou ročeniek SHMÚ.

3.3. HRANICE HYDROGEOLOGICKÝCH RAJÓNOV A ÚTVAROV PODZEMNÝCH VÔD NA ÚZEMÍ

Hranica záujmového územia – regiónu Medzibodrožia – je totožná s hranicou hydrogeologického rajónu QN 104 „Kvartér juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny“ (obr. 3.3.1).

Hydrogeologický rajón QN 104 hraničí na severe s rajónom Q 103 „Kvartér dolnej časti tokov Uh, Laborec, Ondava a pravej strany Latorice“, na západe s rajónmi N-G 113 „Paleozoikum a mladšie horniny Zemplínskych vrchov“ a Q 114 „Kvartér dolného toku Roňavy“.



Obr. 3.3.1. Hydrogeologické rajóny Východoslovenskej nížiny.

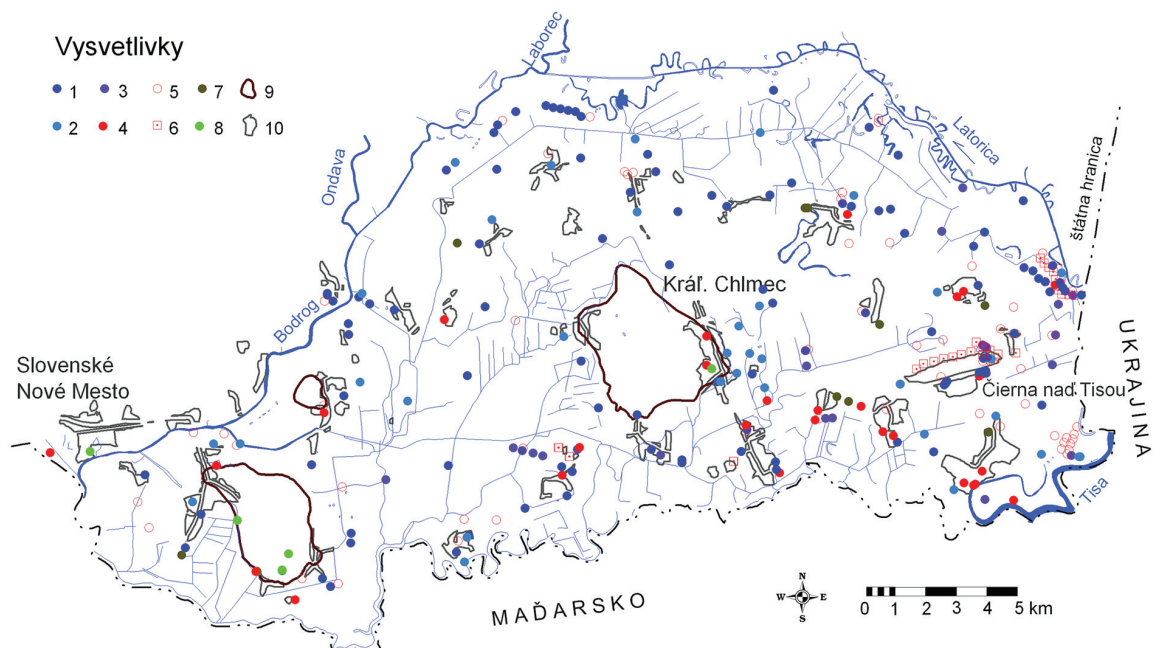
Celý hydrogeologický rajón QN 104 „Kvartér juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny“ tvorí podľa vymedzenia útvarov podzemných vôd na Slovensku v zmysle rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES (Kullman et al., 2005) južnú časť útvaru medzizrnových podzemných vôd kvartérnych náplavov južnej časti povodia Bodrog SK1001500P a zároveň južnú časť útvaru medzizrnových podzemných vôd predkvartérnych hornín Východoslovenskej panvy v povodí Bodrogu SK2005800P. Svojím južným cípom doň zasahuje aj útvary geotermálnych vôd – geotermálne vody štruktúry Beša – Čičarovce SK300230FP (obr. 8.1).

4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA

4.1. CHARAKTERISTIKA DOKUMENTAČNÉHO MATERIÁLU POUŽITÉHO NA ZOSTAVENIE HYDROGEOLOGICKEJ MAPY

Na zostavenie hydrogeologickej mapy Medzibodrožia bol použitý archívny dokumentačný materiál sústredený v Geofonde Bratislava, meteorologické a hydrologické údaje základnej siete SHMÚ, údaje získané terénnym hydrogeologickým mapovaním a publikované výsledky výskumov. Ako geologický podklad je použitý výrez z geologickej mapy južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 50 000 (Baňacký et al., 1989), pokrývajúci región Medzibodrožia. V ďalšom texte označujeme horninové súvrstvia vyčlenené na tejto mape a čísla litostratigrafických kolónok podľa legendy tejto geologickej mapy a jej vysvetliviek písmenom B nasledovaným pôvodným číslom kolónky, napr. vrchné súvrstvie fluviaálnych náplavov (B18).

V hodnotenom regióne bolo odvrátaných 277 hydrogeologických vrtov, z toho 257 overovalo kvartérne sedimenty a 20 neogénne súvrstvia. Po posúdení úplnosti dokumentácie bolo do ďalšieho hodnotenia na účely stanovenia hydraulických vlastností hornín zaradených 179 kvartérnych vrtov a 20 neogénnych vrtov. Vrchné súvrstvie kvartérnych fluviaálnych náplavov (B18) bolo samostatne odskúšané 112 hydrodynamickými skúškami vo vrtoch. Stredné súvrstvie fluviaálnych náplavov (B21) bolo odskúšané len 4 hydrodynamickými skúškami a spodné súvrstvie nebolo samostatne hydrodynamicky odskúšané. Spoločne boli odskúšané vrchné a stredné súvrstvie (B18 + B21) v 34 prípadoch, stredné a spodné v 5 prípadoch a v 20 prípadoch boli spoločne odskúšané všetky 3 súvrstvia kvartérnych fluviaálnych sedimentov (B18 + B21 + B31). V 4 prípadoch bolo odskúšané súvrstvie kvartérnych eolických sedimentov (B12), v 4 prípadoch spoločne s vrchným súvrstvom fluviaálnych sedimentov (B12 + B18).



Obr. 4.1.1. Preskúmanosť Medzibodrožia hydrogeologickými vrtmi. 1 – vrty, ktoré hydrodynamicky odskúšali vrchný kolektor (B12) kvartérneho zvodnenca; 2 – vrty, ktoré hydrodynamicky odskúšali vrchný a stredný kolektor (B18 + B21) kvartérneho zvodnenca; 3 – vrty, ktoré hydrodynamicky odskúšali vrchný, stredný a spodný kolektor (B18 + B21 + B31) kvartérneho zvodnenca; 4 – ostatné kvartérne vrty hydrodynamicky odskúšané; 5 – kvartérne vrty neodskúšané; 6 – odberové vrty; 7 – vrty, ktoré odskúšali sedimentárny neogén; 8 – vrty, ktoré odskúšali neovulkanity.

Hydrogeologické vrty overili hydraulické parametre neogénnych sedimentov v 20 lokalitách. Ich hĺbka zväčša nepresiahla 300 m, skúšané úseky teda zodpovedali senianskemu, čečehovskému súvrstviu, resp. stretavskému súvrstviu. Vrtom HJ-2 (č. 198) pri Malom Kamenci bol hydrodynamicky odskúšaný sedimentárny neogén v úseku 370 – 638 m (pravdepodobne lastomírske súvrstvie). Vrtom HB-2B (č. 196) pri Malom Kamenci bol odskúšaný hĺbkový interval 450 – 644 m, zastúpený okrem sedimentárneho neogénu (pravdepodobne senianske a lastomírske súvrstvie) aj permskými horninami.

Úseky neovulkanitov boli odskúšané v 9 vrtoch, vo vrte HJ-2 Malý Kamenec až v dvoch hĺbkových intervaloch. Hĺbka vrtoz zväčša nepresahovala 300 m. Vrt SJH-1 (č. 188) Streda nad Bodrogom overil sarmatské ryodacity v hĺbkovom intervale 280 – 483 m.

Tab. 4.1.1. Charakteristiky pozorovacích sond základnej siete SHMÚ na území Medzibodrožia.

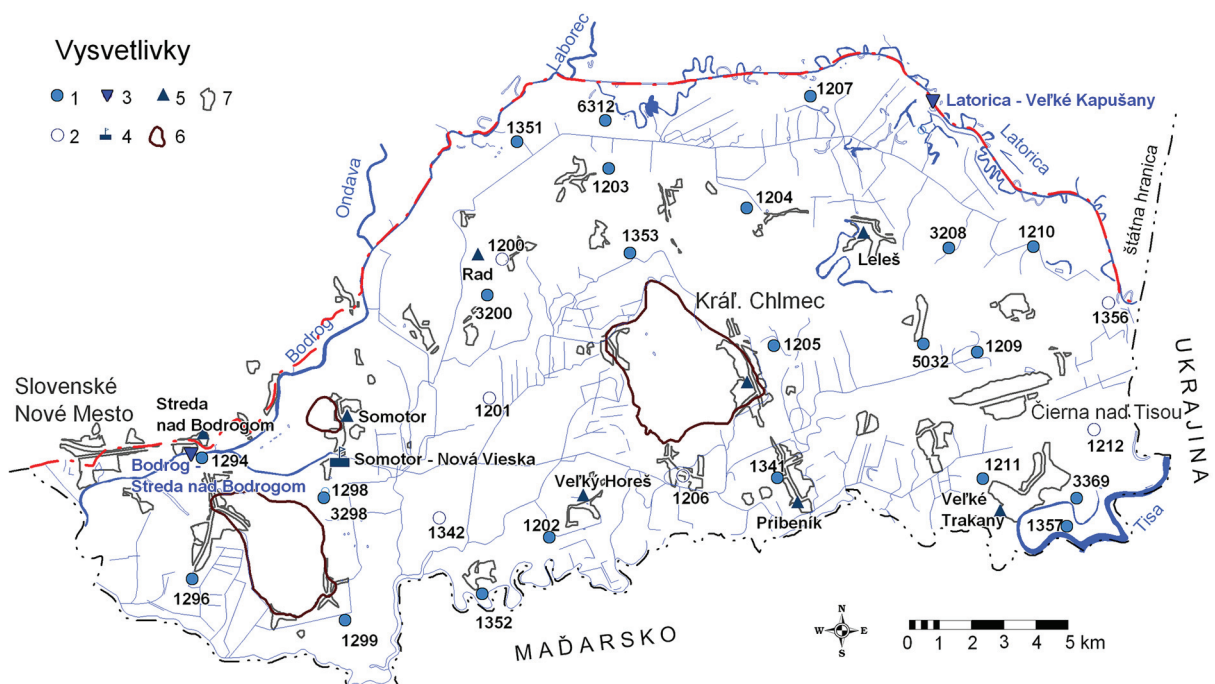
Katalógové číslo	Číslo na mape	Lokalita	Hydrologické číslo	Nadm. výška odmer. bodu	Výška nad terénom	Pozorované od		Koniec pozorovania
						H	T	
1200	2	Svinice	43011003001	99,14	1,04	1963	–	
1202	214	Veľký Horeš	43011008062	97,33	0,85	1963	–	
1203	17	Zatín	43011002038	100,82	0,83	1963	–	
1204	26	Poľany	43002007028	103,47	0,90	1963	–	
1205	153	Kráľovský Chlmec	43011008027	100,53	0,81	1963	–	
1206	165	Malý Horeš	43011008055	99,23	0,84	1963	–	1999
1207	31	Poľany-Vilhaň	43002007031	103,63	0,86	1963	–	
1209	110	Boťany-Kolónia	43011008015	102,36	0,82	1963	–	
1210	46	Boťany	43011002006	101,77	0,78	1963	–	
1211	120	Veľ. Trakany-Kolónia	43001001009	101,11	0,93	1963	–	
1214	238	Leleš	43011002043	99,86	0,43	1986	–	1999
1294	237	Streda nad Bodrogom	43011003021	100,61	0,75	1986	–	
1296	189	Streda nad Bodrogom	43011008074	96,30	0,84	1963	–	
1298	207	Somotor	43011003013	99,41	0,78	1963	–	1999
1299	204	Veľký Kamenec	43011008071	98,04	0,83	1963	–	
1340	168	Svätuše (Plešany)	43011008077	98,54	0,76	1970	–	1999
1341	141	Pribeník	43001001015	100,21	0,84	1969	–	
1351	7	Zatín	43007009035	100,00	0,88	1970	–	
1352	213	Strážne	43011008080	99,17	0,91	1970	–	
1357	122	Veľké Trakany	43001001016	103,12	0,88	1970	–	
1369	77	Malé Trakany	43001001017	103,70	0,84	1970	–	
3208	42	Leleš-Kapoňa	43011002045	102,88	0,74	1998	–	
3298	207	Somotor	43011003022	99,55	0,77	1998	1998	
5032	111	Báčka N-32	43011008081	102,43	0,76	1986	–	
6312	14	Boľ-Zatín	43002007033	99,50	0,54	1987	–	

Hustota a priestorová variabilita preskúmanosti hydrogeologickými vrtmi, ktoré poskytli interpretovateľné údaje hydrodynamických skúšok, je zobrazená na obr. 4.1.1. Veľmi dobre je preskúmané vrchné súvrstvie kvartérnych fluviaálnych sedimentov (B18), pričom vrty pokrývajú hodnotený región v pomerne pravidelnej sieti s hustotou 1 vrt/3,4 km². Stredné a spodné súvrstvie kvartérnych fluviaálnych sedimentov sú veľmi slabo preskúmané, ich hydraulické vlastnosti možno odvodiť len z hydrodynamických skúšok spoločne otvorených zvodnencov B18 + B21 (1 vrt/11,3 km² v pomerne pravidelnej sieti) a B18 + B21 + B31 (1 vrt/19,2 km², značne nepravidelné rozmiestnenie). Neogénne sedimenty a neovulkanity sú preskúmané malým, štatisticky málo významným počtom vrtov, rozmiestnených nepravidelne v celom rozsahu hodnoteného regiónu. V regióne Medzibodrožia hydrogeologické vrty neoverili kvartérne fluviaálne štrkové sedimenty roňavskej priepadliny, ktorá len okrajovo zasahuje do jeho juhozápadného cípu.

Na ilustráciu hydraulických parametrov hornín hlbších častí výplne neogénneho bazénu sú uvedené výsledky laboratórnych stanovení koeficientu efektívnej pórovitosti a koeficientu priepustnosti na vzorkách vrtného jadra ložiskového vrtu plynového ložiska Ptrukša (tab. 5.1.10), situovaného na hodnotenom území.

Klimatické pomery regiónu Medzibodrožia sú sledované v 1 klimatickej a vo 8 zrážkomerných stanicach siete SHMÚ (tab. 4.1.2). Režim povrchových tokov je sledovaný dvomi vodomernými stanicami základnej siete SHMÚ. Na stanici č. 9670 (hydrologické číslo 4-30-11-007) Bodrog – Streda nad Bodrogom je neprerušovaný záznam prietokov od roku 1931 a dodatočne boli vyčíslené priemerné ročné prietoky od roku 1901. Na stanici č. 9410 (hydrologické číslo 4-30-02-002) Latorica – Veľké Kapušany sa prietok vyčísluje od roku 1951. Na kanálovej sieti sa pozorovanie nerobilo ani nerobí, takže režim odtoku tzv. vnútorných vôd je možné stanoviť len bilančnou metódou, prípadne na základe údajov o prečerpanom množstve vody čerpacími stanicami. Režim podzemných vôd je sledovaný v sieti pozorovacích sond základnej siete SHMÚ (tab. 4.1.1), ich prvé merania sa začali v roku 1963. Lokalizácia uvedených pozorovacích staníc je zobrazená na obr. 4.1.2.

Terénna dokumentácia hydrogeologických objektov regiónu bola realizovaná v zrážkovo podpriemerných rokoch 2002 a 2003. Mapovanie bolo realizované v mierke 1 : 25 000 na listoch základných máp 38-324, 38-342, 38-343, 38-344, 38-413, 38-431, 38-433 a 38-341. GPS prístrojom eTrex Summit bola zaznamenaná pozícia dokumentačných bodov (s presnosťou do 10 m) a ich nadmorská výška. Úroveň hladiny podzemných vôd bola meraná elektrickým kontaktným hladinomerom výrobcu Geotest



Obr. 4.1.2. Lokalizácia objektov základnej pozorovacej siete SHMÚ v Medzibodroží. 1 – pozorované sondy; 2 – sondy s ukončeným pozorovaním; 3 – vodomerná stanica povrchových vôd; 4 – klimatická stanica; 5 – zrážkomerná stanica.

Tab. 4.1.2. Charakteristika zrážkomerných a klimatických staníc SHMÚ na území Medzibodrožia.

P. č.	Ev. č.	Indikatív	Názov	Typ	Nadm. výška	Zem. dĺžka	Zem. šírka	Doba pozorovania
1.	979	51060	Somotor	klimatická	100	21°48'39''	48°23'46''	3x denne (7.00, 14.00, 21.00)
2.	644	51120	Streda nad Bodrogom	zrážkomerná	112	21°45'12''	48°24'04''	1x denne (7.00)
3.	643	51060	Somotor – Nová Vieska	zrážkomerná	100	21°48'39''	48°23'46''	1x denne (7.00)
4.	642	51040	Rad	zrážkomerná	101	21°51'55''	48°27'14''	1x denne (7.00)
5.	553	51100	Veľ. Horeš	zrážkomerná	103	21°54'47''	48°23'17''	1x denne (7.00)
6.	554	51020	Leles	zrážkomerná	100	22°01'34''	48°27'50''	1x denne (7.00)
7.	552	51080	Kráľovský Chlmec	zrážkomerná	122	21°58'47''	48°25'16''	1x denne (7.00)
8.	551	41020	Veľ. Trakany	zrážkomerná	102	22°05'15''	48°23'17''	1x denne (7.00)
9			Pribeník	účelová	102	22°00'10''	48°23'18''	1x denne (7.00)

Brno. Výdatnosť výverov bola meraná po jednoduchých úpravách objektu pomocou ciachovanej nádoby a stopiek. Teplota vody, merná elektrická vodivosť a pH vody boli merané prenosným univerzálnym prístrojom MultiLine P4 výrobcu WTW Weilheim.

4.2. SPÔSOB SPRACOVANIA HYDROGEOLOGICKÝCH ÚDAJOV

Podkladom na odvodenie hodnôt hydraulických parametrov hornín boli záznamy z archívnej dokumentácie hydrogeologických vrtoV uložené v Geofonde Bratislava. Pri spracovaní údajov bol uplatnený postup vypracovaný na regionálne hodnotenie hydraulických vlastností hornín (Jetel, 1985, 1993, 1999).

Na hodnotenom území má absolútna prevaha archívnych údajov z hydrodynamických skúšok vrtoV charakter II. kategórie (podľa klasifikácie Jetela, 1993). Ide o podklady, ktoré neumožňujú stanoviť priamo hodnoty striktnie hydraulicky definovaných parametrov (predovšetkým koeficientu prietochnosti T a koeficientu filtrácie k), určované spravidla vyhodnotením hydrodynamických skúšok s neustáleným prúdením. Umožňujú však výpočet alebo odhad aproximatívnych (porovnávacích) parametrov odvodených z mernej (špecifickej) výdatnosti a nepriamy odhad striktnie definovaných parametrov zo stanovených hodnôt aproximatívnych parametrov. Preto pre väčšinu prehodnocovaných výsledkov hydrodynamických skúšok vrtoV odvodzujeme odhad striktnie hydraulicky definovaných parametrov hornín prostredníctvom aproximatívnych logaritmických parametrov – indexu priepustnosti Z a indexu prietochnosti Y – podľa metodického postupu navrhnutého Jetelom (1985, 1993, 1999). Základným vstupným údajom pri stanovení hodnôt indexu priepustnosti Z a indexu prietochnosti Y je štandardná merná výdatnosť, ktorá sa číselne rovná výdatnosti Q pri znížení $s = 1$ m. Uvedený metodický postup rozlišuje prípady zvodnenca s voľnou hladinou a napätou hladinou.

V prípade **zvodnencov s voľnou hladinou**, ak vstupné údaje neobsahovali hodnotu ustálenej výdatnosti pri znížení $s = 1$ m, hodnota štandardnej mernej výdatnosti bola určená pomocou vzorca

$$q_1 = q_n \frac{2M - 1}{2M - s_n},$$

kde M je pôvodná hrúbka zvodnenca s voľnou hladinou, s_n je zníženie voľnej hladiny vo vrte, q_n je merná výdatnosť pri znížení s_n . V prípade hodnoty zníženia voľnej hladiny s väčšej ako $M/10$ bola uplatnená korekcia pomocou Jacobovej transformácie (Jacob, 1944).

$$s_C = s_V - s_V^2/2M,$$

kde s_V je zníženie voľnej hladiny merané vo vrte, a pri ďalších výpočtoch bola dosadzovaná opravená hodnota zníženia s_C namiesto hodnoty s_n .

V prípade napätej hladiny, ak dokumentácia HDS neposkytovala priamo nameranú hodnotu štandardnej mernej výdatnosti, bola graficky interpretovaná z čiary výdatnosti $Q = f(s)$. Ak takáto interpretácia nebola možná, bol použitý vzorec

$$q_1 = q_n \frac{2H - 1}{2H - s_n},$$

kde H je veľkosť pôvodnej (znížením neovplyvnenej) bazálnej tlakovej výšky, teda prevýšenie statickej hladiny nad bázou zvodnenca. V prípade neurčitej bázy zvodnenca, resp. neurčitého vymedzenia zvodnenca, za hodnotu H bola dosadená vzdialenosť medzi statickou hladinou a spodným okrajom otvoreného úseku vrtu. V prípade výskytu viacerých otvorených zvodnencov nad sebou bola bazálna tlaková výška odčítavaná od bázy najspodnejšieho zvodnenca.

Z takto odvodených hodnôt štandardnej mernej výdatnosti q_1 ($\text{v l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) sme vypočítali aproximatívne hydraulické parametre – index priepustnosti Z , resp. index priepustnosti otvoreného úseku Z_L , a index prietočnosti Y (Jetel, 1974).

$$\begin{aligned} Z &= 6 + \log(q_1/M), \\ Z_L &= 6 + \log(q_1/L), \\ Y &= 6 + \log(q_1), \end{aligned}$$

kde M je hrúbka zvodnenca v metroch a L je skúška otvoreného úseku vrtu vo zvodnenci pod úrovňou statickej hladiny.

Na optimálny odhad indexu priepustnosti z údajov neúplného vrtu sme použili alternatívny postup navrhnutý Jetelom (1993), odvodený od predpokladaného charakteru pozapažnicovej komunikácie filtra so vzdialenejšími časťami neotvoreného kolektora. V prípade očakávania dobrej pozapažnicovej komunikácie bol použitý vzorec

$$Z_M = \frac{3 Z_L + Z(q_L, M)}{4},$$

v prípade očakávania slabej pozapažnicovej komunikácie (charakter konštrukcie vrtu, príp. očakávaná vrstevnatostná anizotropia zvodnenca) bol použitý vzorec

$$Z_M = \frac{4 Z_L - 0,48}{4},$$

kde Z_M je teoretická merná výdatnosť úplného vrtu, $Z(q_L, M) = \log(10^6 q_L/M)$ a q_L je hodnota skutočnej mernej výdatnosti pri dĺžke otvoreného úseku L .

Keďže v prípadoch neúplných vrtov predstavuje hodnota Y počítaná podľa vyššie uvedeného vzťahu ukazovateľ určitej efektívnej prietočnosti pri danom stupni otvorenia hrúbky zvodnenca a nezodpovedá prietočnosti celého zvodnenca, určovali sme teoretickú hodnotu Y pri otvorení celej zvodnenej hrúbky M ako

$$Y_M = Z_M + \log M.$$

Následne boli určené príslušné hodnoty koeficientu filtrácie k a koeficientu prietočnosti T podľa rovníc (Jetel, 1985):

$$\begin{aligned} k &= \text{antilog}(Z + d - 9) = 10^{(Z + d - 9)}, \\ T &= \text{antilog}(Y + d - 9) = 10^{(Y + d - 9)}. \end{aligned}$$

Hodnoty prepočtovej diferencie d pre súbor údajov kvartérnych sedimentov, potrebné na odvodenie príslušných hodnôt T a k , boli vypočítané pomocou regresnej rovnice závislosti $d = 0,08 Y - 0,52$, ktorá bola na tento účel odvodená z analyticky konštruovaných hodnôt prepočtovej diferencie pre vybrané reprezentatívne hydrodynamické skúšky vrtov. Jej parametre sú blízke rovnici závislosti, ktorú odvodil Jetel (1993) pri regionálnom hodnotení hydraulických parametrov kvartérnych fluviálnych štrkov Košickej kotliny a má tvar $d = 0,07 Y - 0,29$. Súborný údajov neogénnych sedimentov a neovulkanitov obsahujú v prevahe prípadov hodnoty koeficientu prietočnosti a koeficientu filtrácie interpretované z hydrodynamických skúšok realizovaných v podmienkach neustáleného prúdenia.

Vzniknutý súbor hydraulických údajov z vrtov bol v ďalšom spracovaní rozdelený na 3 základné súbory: kvartérne sedimenty (184 vrtov), neogénne sedimenty (11 vrtov) a neovulkanity (11 skúšok v 10 vrtoch). Súbor kvartérnych sedimentov bol rozdelený na podsúbory podľa hydrodynamicky odskúšaných litostratigrafických jednotiek: eolické sedimenty (B12), eolické sedimenty spolu s vrchným súvrstvom fluviaálnych sedimentov (B12 + B18), vrchné súvrstvie fluviaálnych sedimentov (B18), vrchné a stredné súvrstvie fluviaálnych sedimentov (B18 + B21), stredné súvrstvie fluviaálnych sedimentov (B21), stredné a spodné súvrstvie fluviaálnych sedimentov (B21 + B31), všetky 3 súvrstvia fluviaálnych sedimentov (B18 + B21 + B31). Základný súbor údajov z neogénnych sedimentov bol rozdelený do dvoch podsúborov: sedimenty bádenu a sarmatu (3 údaje) a sedimenty stratigrafického rozsahu panón – pliocén (8 údajov). Štatistické spracovanie súborov dát q , Y , Z zahŕňalo vyčíslenie variačného rozpätia $R(q)$, $R(Y)$, $R(Z)$, mediánov $Md(q)$, $Md(Y)$, $Md(Z)$ a aritmetického priemeru $M(q)$, $M(Y)$, $M(Z)$. Variabilita hodnôt bola charakterizovaná odhadom smerodajnej odchýlky základného súboru s_q , s_Y , s_Z . Špicatosť a šikmosť bola charakterizovaná koeficientmi špicatosti $Ex(q)$, $Ex(Y)$, $Ex(Z)$ a koeficientmi šikmosti $As(q)$, $As(Y)$, $As(Z)$. Pre odhadnuté veľkosti koeficientov prietochnosti a filtrácie bolo určené variačné rozpätie $R(T)$, $R(k)$, mediány $Md(T)$, $Md(k)$ a geometrický priemer $G(T)$, $G(k)$. V súboroch a podsúboroch indexov Y , Z boli stanovené intervaly spoľahlivosti $M1$, $M2$, vnútri ktorých leží s pravdepodobnosťou 95 % ich skutočný aritmetický priemer. Po prevedení na príslušné hodnoty koeficientov T a koeficientov k zodpovedajú intervalom spoľahlivosti aritmetického priemeru $M1$, $M2$ intervaly spoľahlivosti stanovenia geometrického priemeru $G1$, $G2$. Databázy údajov boli spracované aj graficky – vo forme grafov kumulovaných relatívnych početností hodnôt mernej výdatnosti q , indexu prietochnosti Y a indexu priepustnosti Z (obr. 5.1.1, 5.1.4). Súbory údajov indexu priepustnosti Z reprezentujúce vrchný kolektor pieskov (B18), vrchný a stredný kolektor pieskov (B18 + B21) a celú hrúbku zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov (B18 + B21 + B31) sme podrobili parametrickým testom významnosti rozdielov v rozptyloch (F-test) a v stredných hodnotách (t-test pri zhode rozptylov a Welchov test pri ich nezhode), a to spôsobom, ktorý popísali Grofík et al. (1987). Priepustnosť testovaných hornín bola kvantitatívne kategorizovaná podľa zistených charakteristických hodnôt indexu priepustnosti Z a koeficientu filtrácie k do tried v 8-triednej klasifikácii priepustnosti horninových telies Jetela (1982), prietochnosť podľa hodnôt indexu prietochnosti Y , prípadne koeficientu prietochnosti T , v 6-triednej klasifikácii Krásného (1986) a variabilita týchto hydraulických parametrov podľa zistenej hodnoty smerodajnej odchýlky s v 6-triednej stupnici Krásného (1986).

Súbor hodnôt indexu priepustnosti Z kvartérnych fluviaálnych sedimentov bol podrobený geoštatistickej analýze pomocou semivariogramov v softvérovom prostredí SURFER. Sledovala sa vnútorná štruktúra poľa hodnôt indexu priepustnosti Z s cieľom odhalenia existencie či neexistencie kontinuity (zákonitej zložky priestorovej distribúcie hodnôt).

Údaje o vodných stavoch riek Latorica a Bodrog a o úrovniach hladiny podzemných vôd v pozorovacích sondách základnej siete SHMÚ boli spracované do grafických výstupov – čiar vodných stavov a hladín podzemných vôd, zobrazujúcich charakter časových zmien a ich dynamiku. Tabelárne sú spracované základné štatistické údaje zo súborov.

Archívne údaje o hydrogeologických vrtoch regiónu a o dokumentovaných hydrogeologických objektoch (pramene, studne) sú spracované vo forme databázových súborov (príloha č. 4 a 5).

4.3. CHARAKTERISTIKA REPRODUKOVATEĽNOSTI POUŽITÉHO HYDROGEOCHEMICKÉHO DOKUMENTAČNÉHO MATERIÁLU

Na hodnotenie chemického zloženia a kvality podzemných vôd Medzibodrožia a na zostavenie hydrogeochemickej mapy boli využité použiteľné chemické analýzy podzemných vôd z doteraz vykonaných prác, hlavne z databázy údajov Geochemického atlasu – Podzemné vody (Rapant et al., 1996), vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu kvartéru územia Potiskej nížiny (Halešová et al., 1983), vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu neogénu Medzibodrožia (Michalík et al., 1995) a lokálnych hydrogeologických prieskumov (tab. 4.3.1). Okrem toho bolo v rámci úlohy odobratých a laboratórne analyzovaných 37 ks vlastných vzoriek. Prevažná väčšina z nich bola odobratá z domových studní. Z prameňov lokalizovaných na neovulkanických pahorkoch boli odobraté 2 vzorky, ďalšie 2 vzorky boli odobraté z rieky Bodrog.

Tab. 4.3.1. Prehľad zdrojov analýz podzemných vôd použitých na zostavenie mapy.

Zdroj údajov	Počet vzoriek	Počet objektov	Obdobie vzorkovania	Poznámky
Nové vzorky	37	37	2004 – 2005	záväzný rozsah analýz
Geoch. atlas – Podzemné vody (Rapant et al., 1996)	123	120	1993	záväzný rozsah analýz
SHMÚ	31	6	1999 – 2004	záväzný rozsah analýz
Potiská nížina, predbežný HGP (Halešová et al., 1983)	204	38	1978 – 1982	chýbajúce stanovenie stopových prvkov
Neogén JV časti Východoslovenskej nížiny (Michalík et al., 1995)	36	10	1989 – 1994	záväzný rozsah analýz + niektoré stopové prvky
Lokálne hydrogeologické prieskumy	205	103	1968 – 1990	chýbajúce stanovenie stopových prvkov a často aj SiO ₂
Spolu	636	314	1968 – 2004	

Priemerná hustota vzorkovaných objektov s analýzami vzoriek v záväznom analytickom rozsahu (nové vzorky + vzorky z Geochemického atlasu + objekty základnej siete SHMÚ) predstavuje 0,42 vzorky na 1 km², resp. 1 vzorku na 2,4 km², čo vyhovuje záväznej minimálnej priemernej hustote analýz (1 vzorka na 3 km²), stanovenej Smernicou na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Na zostavenie hydrogeochemickej mapy, predovšetkým na priestorové vymedzenie výskytu kvalitatívnych tried podzemných vôd, boli využité hlavne objekty s dodržaným záväzným rozsahom analýz vzoriek podzemných vôd. Ide spolu o 167 objektov, pričom 130 studní a 17 vrtov je v kvartérnych sedimentoch, 12 vrtov a dva pramene sú situované v neovulkanických pahorkoch, 5 vrtov s minerálnou vodou a 1 vrt s termálnou vodou v podložných neogénnych sedimentoch. Lokalizácia týchto objektov je znázornená na hydrogeochemickej mape (príloha č. 2) a na mape hydrogeologickej dokumentácie (príloha č. 3). Ako doplnkový podkladový materiál na zostavenie hydrogeochemickej mapy, vrátane priestorového vymedzenia kvalitatívnych tried a tried upraviteľnosti podzemných vôd, ako aj na celkové hodnotenie hydrogeochemických pomerov územia boli využité analýzy vzoriek nespĺňajúce záväzný analytický rozsah v dôsledku chýbajúcich údajov o koncentrácii stopových prvkov, avšak umožňujúce hodnotiť makrochemické zloženie podzemných vôd. Tie nie sú znázornené na základnej hydrogeochemickej mape, ich lokalizácia je zobrazená len na mape hydrogeologickej dokumentácie (príloha č. 3) a ich dokumentácia je súčasťou hydrogeochemickej databázy v prílohe č. 6. Celkovo bolo teda pri hodnotení využitých 636 analýz vzoriek podzemných vôd z 314 objektov s priemernou hustotou vzorkovania 0,58 vzorky na 1 km², resp. 1 vzorky na 1,72 km², v rozsahu minimálne základnej fyzikálno-chemickej analýzy.

Požiadavky Smernice na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 pre odbery vzoriek, terénne merania a stanovenia boli dodržané v prípade vzoriek pre Geochemický atlas, monitoring kvality SHMÚ a pri nových odberoch v rámci tejto úlohy. Pri odbere týchto vzoriek boli priamo v teréne vykonávané merania pH, teploty vody a vzduchu, mernej elektrickej vodivosti vody, rozpusteného O₂ prenosnými prístrojmi radu WTW, alkality (KNK_{4,5}) a acidity (ZNK_{8,3}) titráciou. Vzorky vôd na stanovenie mikroprvkov boli po odbere filtrované a chemicky stabilizované podľa požiadaviek laboratória. Z anorganických látok boli laboratórne analyzované nasledujúce prvky: Na, K, Li, NH⁴⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Ba, Mn, Fe, Al, Cl⁻, F⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, Sr, Cr, Cu, Zn, As, Cd, Se, Pb, Hg, Sb, pH.

O spôsobe odberov zostávajúcich vzoriek a súvisiacich terénnych meraní v príslušných archívnych správach nie sú podrobnejšie informácie. Relevantnosť preberaných archívnych údajov bola posudzovaná individuálne, do databázy boli zaradené analýzy v rozsahu minimálne kompletného základného rozboru (stanovené koncentrácie všetkých makrozložiek) umožňujúce určiť chemický typ vody a vypočítať iónovú bilanciu. Chyba tejto bilancie pri prevzatých vzorkách nepresahuje 5 %, len ojedinele sa vyskytujú hodnoty do 10 %.

Väčšina chemických analýz podzemných vôd, ktoré boli použité na zostavenie hydrogeochemickej mapy, bola spracovaná štandardnými analytickými postupmi v dvoch laboratóriách – v hydrogeochemickom laboratóriu IGHP, a. s., Žilina (rok 1993 – vzorky pre Geochemický atlas SR) a v referenčných

Geoanalytických laboratóriách ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi (nové vzorky + vzorky monitoringu kvality SHMÚ). Kvalita a reprodukovateľnosť chemických analýz podzemných vôd pre Geochemický atlas (Rapant et al., 1996) bola zabezpečená systémom kontroly kvality analýz (AQA) korešpondujúcim s európskymi normami radu EN 45 000 a zásadami správnej laboratórnej praxe. Z výsledkov interných kontrolných analýz v laboratóriu INGEO Žilina vyplynulo, že rozdiely v stanovenej koncentrácii jednotlivých hlavných zložiek sú minimálne, spĺňajú limit v súlade s presnosťou a citlivosťou použitých metód a prístrojov, ktorými boli dané vzorky analyzované. Kontrola správnosti laboratórnych techník v laboratóriu ŠGÚDŠ, RC Spišská Nová Ves je okrem internej kontroly pravidelne zabezpečovaná systémom externej kontroly formou medzilaboratórnych porovnávacích skúšok s úspešnosťou viac ako 90 % z celého rozsahu pre všetky typy vôd. Interná kontrola je vykonávaná odberom jednej vzorky dvakrát, a to každých 20 vzoriek. Podľa správnej laboratórnej praxe je s každou sériou vzoriek (minimálne 15) meraná jedna vzorka dvakrát – tzv. paralelné stanovenie. Rozsah stanovení, detekčné limity, intervaly spoľahlivosti a analytické metódy rozborov podzemných vôd pre obidva laboratóriá sú uvedené v tab. 4.3.2 a 4.3.3.

Spôsob spracovania hydrogeochemických údajov

Predkladaná hydrogeochemická mapa priamo nadväzuje na hydrogeologickú mapu. Sú v nej zohľadnené najmä kvalitatívne, geochemické, environmentálne, vodohospodárske a genetické kritériá. Je zostavená podľa záväzného postupu, ktorý je podrobne rozvedený v Smernici MŽP SR z 26. októbra 2004 č. 9/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Preto na tomto mieste uvádzame len základné a niektoré doplňujúce údaje, objasňujúce spôsob spracovania údajov použitých na jej zostavenie.

Ako topografický podklad mapy sú použité riečna sieť, základné vrstevnice a miestopis z digitálnej mapy SR mierky 1 : 50 000 (Geodetický a kartografický ústav, Bratislava). Základnými vrstvami mapy sú plošne vyjadrené tri základné hydrogeochemické kritériá: kvalitatívne, geochemické a vodohospodárske. Bodovými značkami sú na mape znázornené a špecifikované miesta odberov vzoriek vôd. Symbolmi sú vyjadrené doplnkové hydrogeochemické charakteristiky, ako objekty s anomálnou kvalitou a charakter znečisťujúcich a vodohospodársky významných zložiek. Kontúrové značky vyjadrujú oblasti s rovnakou kategóriou upraviteľnosti podzemných vôd. Prídavné tematické mapky väčšej mierky boli zostavené na zobrazenie priestorovej distribúcie vybraných významných parametrov.

Kvalitatívne vlastnosti podzemných vôd sú vyjadrené farbou plochy rozlišujúcou osem tried kvality – A až H. Spôsob vyčlenenia tried je uvedený v legende mapy, vychádza z medzných hodnôt ukazovateľov kvality určených Vyhláškou MZ SR č. 151/2004 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody.

Geochemickú charakteristiku podzemných vôd, zobrazenú na mape čiernym rastrom, predstavuje vyčlenenie hydrogeochemických skupín podzemných vôd. Základným prvkom vyčlenenia jednotlivých skupín je určenie genetického typu podzemných vôd, navyše sú charakterizované prevládajúce chemické typy, hodnoty celkovej mineralizácie, geologický charakter a typ priepustnosti zvodnenca. Najvýznamnejším podkladom na plošné vymedzenie hydrogeochemických skupín je geologická mapa územia, v našom prípade bola použitá digitálna vrstva výrezu geologickej mapy južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 50 000 (Baňacký et al., 1988).

Vodohospodárske kritériá sú vyjadrené líniovou značkou, rozčleňujúcou územie na čiastkové oblasti s rovnakou kategóriou upraviteľnosti podzemných vôd určenou v zmysle Vyhlášky MŽP SR č. 636/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch.

Výsledky laboratórnych rozborov vôd, získané novým vzorkovaním a prevzatím archívnych údajov, sú spracované do digitálnej databázy podľa jednotného metodického postupu, vypracovaného počas riešenia úlohy a použitého pre všetky regióny spracovávané v rámci tejto geologickej úlohy (Kordík a Slaninka, 2006; nepublikované). Pri vlastnej tvorbe hydrogeochemickej mapy sme použili program Mapinfo Professional, umožňujúci realizovať tematické mapovanie v digitálnom prostredí vďaka prepojeniu a vizualizácii podkladových tematických vrstiev (topografia, geológia, krajinná pokrývka

a využitie územia) a databázy vzoriek. Pri tvorbe prídavných izolíniových máp celkovej mineralizácie, vnútornej informačnej entropie H_r (stupňa vyhranenia chemického zloženia vôd podľa Jetela, 1975) a ďalších sme použili program Surfer for Windows a metódu krigovania. Hodnoty izolínií na mapách predstavujú percentily príslušného súboru údajov, a to s krokom 10 %.

Chemické zloženie podzemných vôd kvartérnych sedimentov je charakterizované súbormi dokumentovaných hydrochemických parametrov, ktoré sme podrobili základnému štatistickému spracovaniu. Vypočítané základné štatistické parametre charakterizujúce stredné hodnoty a rozptyl súborov sú uvedené v príslušných tabuľkách. Súbor vzoriek podzemných vôd neovulkanitov a neogénnych sedimentov nie sú pre malý počet dokumentovaných objektov štatisticky spracované, v správe sú uvedené len charakteristiky jednotlivých objektov. Vzájomný vzťah vybratých chemických

Tab. 4.3.2. Prehľad analytických metód GAL SNV.

Ukazovateľ	Jednotka	Medza stanovenia ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	Metóda stanovenia	Špecifikácia prístroja
KNK, ZNK	$\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$	0,01	T	
H_2S	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,05	F	SPEKOL 11
SiO_2	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,05	AES – ICP	LIBERTY 200
agr. CO_2	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,2	T	
CHSK_{Mn}	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,05	T	
Na	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,1	AES – ICP	LIBERTY 200
K	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,3	AES – ICP	LIBERTY 200
Ca	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,1	AES – ICP	LIBERTY 200
Mg	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,1	AES – ICP	LIBERTY 200
Ba	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,01	AES – ICP	LIBERTY 200
Mn	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,005	AES – ICP	LIBERTY 200
Fe	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,007	AES – ICP	LIBERTY 200
Al	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,03	AES – ICP	LIBERTY 200
NH_4	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,01	F	SPEKOL 11
Cl	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2	IC	DX – 120
F	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,1	IC	DX – 120
NO_2	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,01	F	SPEKOL 11
NO_3	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2,5	IC	DX – 120
HCO_3	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,5	Výpočet	
SO_4	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2,5	IC	DX – 120
PO_4	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,01	F	SPEKOL 11
Hg	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,1	AAS – AMA	AMA 254
As	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Sb	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Bi	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Se	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	1	AAS – GH	SPECTR AA – 20
Ni	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2	AES – ICP	LIBERTY 200
Cu	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2	AES – ICP	LIBERTY 200
Pb	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	4	AES – ICP	LIBERTY 200
Cd	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,3	AES – ICP	LIBERTY 200
Zn	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	3	AES – ICP	LIBERTY 200
Co	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2	AES – ICP	LIBERTY 200
Cr	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	2	AES – ICP	LIBERTY 200

Vysvetlivky: T – acidobázické titrácie; F – spektrofotometria; AES – ICP – atómová emisná spektrofotometria s indukčne viazanou plazmou; IC, AAS – AMA, AAS – GH – atómová absorpčná spektrofotometria s metódou generovania hydridov.

zložiek podzemných vôd – hlavne makrochemických – sme študovali korelačnou, prípadne regresnou analýzou. Na výpočet indexov nasýtenia podzemných vôd oproti vybraným minerálnym fázam je použitý program PHREEQC2 (Parkhurst a Appelo, 1999). Vypočítané hodnoty týchto indexov poslúžili pri interpretácii genézy podzemných vôd jednotlivých skupín.

Tab. 4.3.3. Prehľad analytických metód použitých na spracovanie vzoriek podzemných vôd pre Geochemický atlas SR, podzemné vody (Rapant et al., 1996).

Prvok, zložka	Medza stanovenia (mg · l ⁻¹)	Interval spoľahlivosti (mg · l ⁻¹)	Metóda	Špecifikácia prístroja
Na	0,1	± 0,2	AAS – F	Varian 1 200
K	0,1	± 0,2	AAS – F	Varian 1 200
Mg	1	± 0,5	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Ca	1	± 0,75	ICP – OES	Liberty 200, Varian
SiO ₂	0,5	± 0,55	SPFM	Spekol 11, Carl Zeiss
NH ₄	0,05	± 0,02	SPFM	Spekol 11, Carl Zeiss
F	0,1	± 0,015	ISE	pX, OP 208/1Radelkis
Cl	0,1	± 0,3	ISE	pX, OP 208/1Radelkis
NO ₃	0,5	± 0,4	ITHP	ZKI 02, Labeco
SO ₄	0,3	± 0,5	ITHP	ZKI 02, Labeco
HCO ₃	0,1	± 2,1	T	–
PO ₄	0,05	± 0,01	SPFM	Spekol 11, Carl Zeiss
Fe	0,01	± 0,01	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Mn	0,005	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Cr	0,0005	± 0,0006	AAS – ETA	4 100 ZL, Perkin Elmer
Cd	0,0005	± 0,0004	AAS – ETA	Spectr AA 300 s GTA, Perkin Elmer
Pb	0,001	± 0,001	AAS – ETA	4 100 ZL, Perkin Elmer
Mn	0,005	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Cd	0,0005	± 0,0004	AAS – ETA	Spectr AA 300 s GTA, Perkin Elmer
Pb	0,001	± 0,001	AAS – ETA	4 100 ZL, Perkin Elmer
As	0,001	± 0,0005	AAS – MHS	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Se	0,001	± 0,0006	AAS – MHS	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Cu	0,0005	± 0,0007	AAS – ETA	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Al	0,01	± 0,01	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Zn	0,001	± 0,002	AAS – F	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Hg	0,0002	± 0,0002	AAS – CV	Varian 1475B s VGA-76
Sb	0,0002	± 0,0003	AAS – MHS	Spectr AA 300 s GTA, Varian
Ba	0,01	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Li	0,002	± 0,002	ICP – OES	Liberty 200, Varian
Sr	0,01	± 0,005	ICP – OES	Liberty 200, Varian
CHSK _{Mn}	0,08	± 0,1	T	–
agr. CO ₂	2,2	± 4,62	T	–

Vysvetlivky: AAS – F – plameňová atómová absorpčná spektrofotometria; SPFM – spektrofotometria; AAS – ETA – atómová absorpčná spektrofotometria s elektrotermickou atomizáciou; ISE – ionselektívne elektródy; AAS – CV – atómová absorpčná spektrofotometria so studenou parou; ITPH – izotachoforéza; AAS – MHS – atómová absorpčná spektrofotometria s metódou generovania hydridov; T – acidobázické titrácie; ICP – OS – optická emisná spektroskopia s indukčne viazanou plazmou.

5. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

5.1. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA HORNÍN

Región Medzibodrožia je budovaný v prevahe kvartérnymi fluviálnymi a eolickými sedimentmi, rozšírenými na ploche 362 km² (94,1 % z celkovej rozlohy regiónu 384,6 km²), z ktorých vystupujú v podobe troch hrastových štruktúr navzájom na povrchu izolované telesá neovulkanitov na sumárnej ploche 22,6 km² (5,9 %). Len nepatrnú rozlohu dosahuje výskyt mladšieho paleozoika zemplanika (0,04 km²). Priame podložie kvartérnych sedimentov tvoria súvrstvia neogénnych hornín – v západnej časti reprezentované stretavským a kochanovským súvrstvom, v centrálnej senianskym a vo východnej časti čečehovským súvrstvom. Z hľadiska hydrogeologických vlastností možno v regióne Medzibodrožia rozlíšiť štyri hlavné komplexy hornín: kvartérne sedimenty, neovulkanity, neogénne sedimenty a paleozoický hydrogeologický masív. V rámci uvedených jednotlivých komplexov, zásadne sa vzájomne odlišujúcich charakterom a stupňom priepustnosti, možno vyčleniť horninové telesá s obdobným charakterom, avšak odlišiteľným stupňom priepustnosti, ktoré označujeme ako hydrogeologické jednotky (HJ). Priestorové vymedzenie týchto horninových telies je urobené na podklade geologickej mapy a rezov južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov (Baňacký et al., 1988). Litostratigrafická charakteristika a základné hydrogeologické zaradenie vyčlenených telies sú uvedené v tab. 5.1.1. Pri litostratigrafickej charakteristike je v tab. 5.1.1 (a v prípade potreby i v ďalšom texte) uvedené aj pôvodné číslovanie legendy použité na geologickej mape a v jej vysvetlivkách (Baňacký et al., 1988), pričom príslušné číslo nasleduje za písmenom B.

Hydrogeologický komplex kvartérnych sedimentov

Kvartérne fluviálne sedimenty vytvárajú na celej ploche svojho rozšírenia jednotný hydraulicky spojený zvodnenec s medzizrnovým typom priepustnosti (ide o hydrogeologické jednotky HJ1 až HJ5). Stratigraficky sú vo vertikálnom profile tohto zvodnenca rozlíšené tri kolektorské súvrstvia: vrchné (B18), stredné (B21) a spodné (B31), oddelené navzájom v časti územia – hlavne južnej – izolátormi (fluviálne hliny – B20, B30). Na väčšine územia majú kolektorské súvrstvia charakter pieskov, len v oblasti bodrockej roviny (HJ3–4) tvoria spodné súvrstvie štrky (B32) a v plošne veľmi malej oblasti roňavskej depresie (HJ5) sú tvorené štrkami v celom vertikálnom rozsahu (B19, B22, B32). Na väčšine plochy regiónu (HJ1, HJ3) sú prekryté holocénnymi fluviálnymi hlinitými sedimentmi vo funkcii izolátora, podmieňujúcimi napätý charakter hladiny podzemnej vody a sťaženú infiltráciu atmosférických vôd. Lokálne sú prekryté dobre priepustnými eolickými sedimentmi (HJ7, resp. B12), ktoré vytvárajú nepravidelne tvarované plochy s malou rozlohou (HJ2).

Hrúbka kvartérnych sedimentov je rozdielna na území jednotlivých neotektonických štruktúr (obr. 2.5.2): v oblasti bodrockej roviny je najnižšia a dosahuje 10 – 30 m; v oblasti stražnianskej, trakanskej a bežovskej depresie 30 – 80 m, pričom stúpa v smere JZ – SV; v oblasti polianskej pochovanej hrasti 20 – 30 m. Podložie spodného kolektora tvoria na väčšine územia kvartérne fluviálno-limnické sedimenty – hliny, íly, piesčité íly (HJ9, HJ10) s hrúbkou 10 – 15 m, vystupujúce vo funkcii izolátora. V južnej časti trakanskej depresie tvoria podložie spodného kolektora staropleistocénne fluviálno-limnické sedimenty – piesky a piesčité íly s hrúbkou 5 – 18 m (HJ11), ktoré majú z regionálneho hľadiska vďaka zrnitostnému zloženiu pravdepodobne funkciu kolektora. V oblasti južne od chlmeckej hrasti tvoria priame podložie spodného kolektora, prípadne stredného kolektora (ak spodný kolektor nie je vyvinutý v dôsledku mierneho hrastového výzdvihu podložia), neogénne sedimenty senianskeho, resp. čečehovského súvrstvia (HJ12) vo funkcii kolektora.

Tab. 5.1.1. Základná charakteristika vyčlenených hydrogeologických jednotiek Medzibodrožia.

	LTS index	Litologicko-stratigrafická charakteristika	Typ priep.	HG funkcia	Oblasť výskytu
HJ1	fQr-w	fluviálne sedimenty: jemnozrnné piesky (B18, B21, B31) s polohami hlín (B20, B30), prekryté holocénnymi hlinami (B3 – B7)	M	K	stražnianska, trakanská a bežovská depresia, poľanská hrast'
HJ2	feQr-w	fluviálne sedimenty: jemnozrnné piesky (B18, B21, B31) s polohami hlín (B20, B30), prekryté pleistocénno-holocénnymi eolickými jemnozrnnými pieskami (B12, B15), lokálne würmskými jemnopiesčitými sprašami (B28)	M	K	
HJ3	fQr-w	fluviálne sedimenty: jemnozrnné piesky a piesčité štrky (B18, B21, B31, B32) s polohami hlín (B20, B30), prekryté holocénnymi hlinami (B3 – B7)	M	K	bodrocká rovina
HJ4	feQr-w	fluviálne sedimenty: jemnozrnné piesky a piesčité štrky (B18, B21, B31, B32) s polohami hlín (B20, B30), prekryté pleistocénno-holocénnymi eolickými jemnozrnnými pieskami (B12), lokálne würmskými sprašami (B24)	M	K	
HJ5	fQr-w	fluviálne sedimenty: piesčité štrky (B19, B22, B32) s polohami hlín (B20, B30), prekryté holocénnymi hlinami (B5 – B6)	M	K	roňavská priepadlina
HJ6	fQ	fluviálne sedimenty: prevažne hliny (B3 – B8, B17, B20, B30) – iba v rezoch	M	I	celý región
HJ7	eQ	eolické sedimenty: jemnozrnné piesky, spraše (B12, B15, B25, B28, B33) – len v rezoch	M	K	celý región
HJ8	dQ	deluviálne sedimenty: hlinito-kamenité (B44)	M	K	chlmecká hrast'
HJ9	flQr	fluviálno-limnické sedimenty: prevažne hliny (B39) – iba v rezoch	M	I	stražnianska, trakanská a bežovská depresia, poľanská hrast'
HJ10	flQm	fluviálno-limnické sedimenty: íly, piesčité íly (B40) – iba v rezoch	M	I	
HJ11	flQN	fluviálno-limnické sedimenty: piesky, piesčité íly (B42, B45) – iba v rezoch	M	I	
HJ12	N ^{sc}	sečovské, senianske a čečehovské súvrstvie: pestré íly, piesky, štrky, uhoľné íly (B46) – iba v rezoch	M	K	
HJ13	N ^{ko}	kochanovské súvrstvie: vápnnité íly, prachy s polohami kyslých intermediárnych tufov, tufitov a slojkami lignitu (B54) – iba v rezoch	M	I	bodrocká rovina
HJ14	N st	stretavské súvrstvie: vápnnité íly s polohami pieskov, kyslých tufov a bentonitov (B58) – iba v rezoch	M	I	stražnianska depresia
HJ15	abNs-p	redeponované hyaloklastické brekcie andezitov (B50)	MP	RI	hrast' Tarbucky, hrast' kóty Vřšok
HJ16	aNs-p	lávové prúdy a extruzívne telesá andezitov a ich brekcie (B51, B59, B60)	P	RI	
HJ17	rtNs-p	ryolitové epiklastiká a redeponované tufy (B56)	MP	RI	
HJ18	rNs-p	extrúzie ryodacitu (B68)	MP	RI	
HJ19	arNs-p	andezity a ryodacity (59, 60, 68) prekryté pleistocénno-holocénnymi eolickými jemnozrnnými pieskami (B12)	MP	RI	
HJ20	aeNs	extruzívne telesá andezitov a ich brekcie (B60) prekryté pleistocénno-holocénnymi eolickými jemnozrnnými pieskami (B12)	MP	RI	hrast' kóty Vřšok

Pokračovanie tab. 5.1.1.

	LTS index	Litologicko-stratigrafická charakteristika	Typ priep.	HG funkcia	Oblasť výskytu
HJ21	aNs	lávové prúdy pyroxénických andezitov (B71)	P	P	chlmecká hrast'
HJ22	atNs	redeponované andezitové vrstevnaté tufy (B72)	MP	RI	
HJ23	rtNb	ryodacitové pemzové tufy (B73), v rezoch aj redeponované ryodacitové tufy (B74)	MP	RI	
HJ24	neNb-s	neovulkanity (andezity, andezitové tufy a ryodacitové tufy) bádenu až sarmatu (B71, B72, B73) prekryté pleistocénno-holocénnymi eolickými jemnozrnnými pieskami (B12)	MP	RI	
HJ25	N ^{VR}	vranovské súvrstvie: vápňité íly a prachovce (B76) – iba v rezoch	M	I	úpätie Zemplínskych vrchov
HJ26	PZ	zemplínikum – cejkovské súvrstvie: polymiktne zlepenca, pieskovce, ílovité bridlice (B83)	P	RI	tvrdoš S od Stredy nad Bodrogom

Vysvetlivky: HJ – hydrogeologická jednotka; LTS index – index vyjadrujúci litostratigrafickú, tektonickú a stratigrafickú príslušnosť horninového telesa; M – medzizrnová priepustnosť; P – puklinová priepustnosť; MP – medzizrnovo-puklinová priepustnosť; K – kolektor; I – izolátor; RI – regionálny izolátor; BXX – číslo litostratigrafickej kolónky v legende geologickej mapy J časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov (Baňacký et al., 1988).

Výsledky matematicko-štatistického zhodnotenia výsledkov analýzy archívnych hydrodynamických skúšok vrtov situovaných v kvartérnych sedimentoch sú uvedené v tab. 5.1.2 až 5.1.4 a na obr. 5.1.1. Pri interpretácii zistených údajov o prietochnosti zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov je potrebné vziať do úvahy fakt, že len malá časť (11,2 %) z celkového počtu údajov súboru hodnôt je odvodená z hydrodynamických skúšok vrtov, ktoré otvorili celú hrúbku zvodnenca. Preto boli zvlášť testované podsúbory hodnôt charakterizujúcich otvorené úseky jednotlivých kolektorov zvodnenca (B18, B21) a otvorené úseky spoločne testovaných kolektorov (B12 + B18, B18 + B21, B21 + B31, B18 + B21 + B31). Hydraulické parametre charakterizujúce prietochnosť kolektorov sú uvedené v tab. 5.1.2, parametre charakterizujúce priepustnosť sú uvedené v tab. 5.1.3. Podľa výsledkov vykonaných testov významnosti rozdielov medzi strednými hodnotami podsúborov rozdiel stredných hodnôt indexu priepustnosti $M(Z)$ podsúborov B18 a B18 + B21 nie je štatisticky významný (je náhodný), rozdiely v prípade porovnania podsúborov B18 oproti B18 + B21 + B31, resp. B21 + B31 oproti B18 + B21 + B31, sú štatisticky významné. Odchýlka mediánu indexu priepustnosti $Md(Z)$ pomerne početných podsúborov B18 + B21 a B18 + B21 + B31 od najpočetnejšieho podsúboru B18 však neprekračuje 1 %, pri ostatných málo početných podsúboroch B21, B21 + B31 neprekračuje 6 %. Porovnanie stredných hodnôt indexu priepustnosti Z získaných pre jednotlivé podsúbory hodnôt vedie teda k zisteniu, že priepustnosť jednotlivých kolektorov zvodnenca sa významne nelíši, neexistuje teda významná vertikálna zonálnosť priepustnosti v rámci zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov.

Strednú hodnotu indexu priepustnosti Z zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov charakterizuje medián $Md(Z) = 5,45$. Strednú hodnotu koeficientu filtrácie k tohto zvodnenca charakterizuje geometrický priemer $G(k) = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a s pravdepodobnosťou 95 % sa pohybuje v intervale $2,24 \cdot 10^{-4} - 2,94 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Prietochnosť zvodnenca zistená hydrodynamickými skúškami vrtov je v danom prípade úmerná predovšetkým hrúbke otvoreného (skúšaného) zvodnenca. Pre podsúbor vrtov testujúcich zvodnenec kvartérnych fluviaálnych sedimentov v celej jeho hrúbke (B18 + B21 + B31) bola zistená stredná hodnota indexu prietochnosti charakterizovaná mediánom $Md(Y) = 6,95$ a koeficientu prietochnosti $G(T) = 1,01 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Pre najpočetnejší podsúbor vrtov overujúcich najvrchnejší kolektor (B18) zvodnenca bola zistená hodnota $Md(Y) = 6,53$ a koeficientu prietochnosti $G(T) = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Priestorovú variabilitu priepustnosti zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov sme testovali matematicko-štatistickou analýzou podsúborov údajov charakterizujúcich jednotlivé neotektonické oblasti regiónu (tab. 5.1.4). Z analýzy vyplývajú malé rozdiely stredných hodnôt indexu priepustnosti Z medzi jednotlivými oblasťami, nepresahujúce odchýlku 5 % od strednej hodnoty najpočetnejšieho súboru trakanskej depresie $Md(Z) = 5,53$. Stredné hodnoty koeficientov priepustnosti $G(k)$ vyčíslené

Tab. 5.1.2. Charakteristika distribúcie hodnôt indexu prietočnosti Y a koeficientu prietočnosti T v kvartérnych sedimentoch Medzibodrožia.

Kód súvrstvia	n	Min(Y)	Max(Y)	Md(Y)	M(Y)	s_Y	Ex(Y)	As(Y)	M(Y) ₁	M(Y) ₂	Md(T)	G(T)	G(T) ₁	G(T) ₂
Eolické sedimenty B12	5	5,13	6,37	5,95	5,85	0,457			5,45	6,25	8,08 · 10 ⁻³	6,26 · 10 ⁻³	2,49 · 10 ⁻³	1,57 · 10 ⁻³
B12 + B18	4	6,07	6,62	6,26	6,30	0,268			6,04	6,56	1,87 · 10 ⁻³	1,93 · 10 ⁻³	1,05 · 10 ⁻³	3,53 · 10 ⁻³
Vrchné súvrstvie pieskov B18	112	5,02	7,28	6,53	6,45	0,455	0,82	-0,98	6,36	6,53	3,38 · 10 ⁻³	2,78 · 10 ⁻³	2,29 · 10 ⁻³	3,38 · 10 ⁻³
B18 + B21	34	5,36	7,31	6,65	6,60	0,441	0,78	-0,93	6,45	6,74	4,60 · 10 ⁻³	4,02 · 10 ⁻³	2,86 · 10 ⁻³	5,66 · 10 ⁻³
Stredné súvrstvie pieskov B21	4	6,62	7,11	6,76	6,81	0,220			6,60	7,03	6,18 · 10 ⁻³	6,89 · 10 ⁻³	4,19 · 10 ⁻³	1,13 · 10 ⁻³
Stredné a spodné súvrstvie pieskov B21 + B31	5	6,23	7,18	6,50	6,68	0,436			6,29	7,06	3,19 · 10 ⁻³	4,89 · 10 ⁻³	2,03 · 10 ⁻³	1,18 · 10 ⁻³
B18 + B21 + B31	20	6,32	7,32	6,95	6,97	0,262	0,56	-0,77	6,85	7,08	9,60 · 10 ⁻³	1,01 · 10 ⁻³	7,77 · 10 ⁻³	1,32 · 10 ⁻³
Celkom fluviaľne sedimenty fQ	179	5,02	7,32	6,60	6,55	0,456	0,82	-0,89	6,48	6,61	4,05 · 10 ⁻³	3,54 · 10 ⁻³	3,04 · 10 ⁻³	4,13 · 10 ⁻³

Tab. 5.1.3. Charakteristika distribúcie hodnôt indexu priepustnosti Z a koeficientu filtrácie k v kvartérnych sedimentoch Medzibodrožia.

Kód súvrstvia	n	Min(Z)	Max(Z)	Md(Z)	M(Z)	s_Z	Ex(Z)	As(Z)	M(Z) ₁	M(Z) ₂	Md(k)	G(k)	G(k) ₁	G(k) ₂
Eolické sedimenty B12	5	4,10	5,57	5,28	5,03	0,628			4,48	5,58	2,05 · 10 ⁻³	9,55 · 10 ⁻³	2,69 · 10 ⁻³	3,39 · 10 ⁻³
B12 + B18	4	4,96	5,54	5,17	5,21	0,290			4,93	5,50	1,24 · 10 ⁻³	1,57 · 10 ⁻³	8,17 · 10 ⁻³	3,02 · 10 ⁻³
Vrchné súvrstvie pieskov B18	112	4,11	6,44	5,48	5,40	0,413	1,01	-0,55	5,33	5,48	2,48 · 10 ⁻³	2,51 · 10 ⁻³	2,10 · 10 ⁻³	2,99 · 10 ⁻³
B18 + B21	34	4,36	6,42	5,39	5,33	0,425	1,40	-0,38	5,19	5,47	2,10 · 10 ⁻³	2,18 · 10 ⁻³	1,57 · 10 ⁻³	3,03 · 10 ⁻³
Stredné a spodné súvrstvie pieskov B21 + B31	5	5,03	5,71	5,63	5,49	0,275			5,25	5,73	3,63 · 10 ⁻³	3,18 · 10 ⁻³	1,82 · 10 ⁻³	5,54 · 10 ⁻³
B18 + B21 + B31	20	4,70	5,82	5,51	5,48	0,269	2,40	-1,21	5,36	5,60	2,77 · 10 ⁻³	3,29 · 10 ⁻³	2,51 · 10 ⁻³	4,32 · 10 ⁻³
Celkom fluviaľne sedimenty fQ	179	4,11	6,44	5,45	5,41	0,401	1,13	-0,51	5,35	5,46	2,42 · 10 ⁻³	2,56 · 10 ⁻³	2,24 · 10 ⁻³	2,94 · 10 ⁻³

Tab. 5.1.4. Charakteristika distribúcie hodnôt indexu priepustnosti Z a koeficientu filtrácie k v kvartérnych sedimentoch neotektonických štruktúr Medzibodrožia.

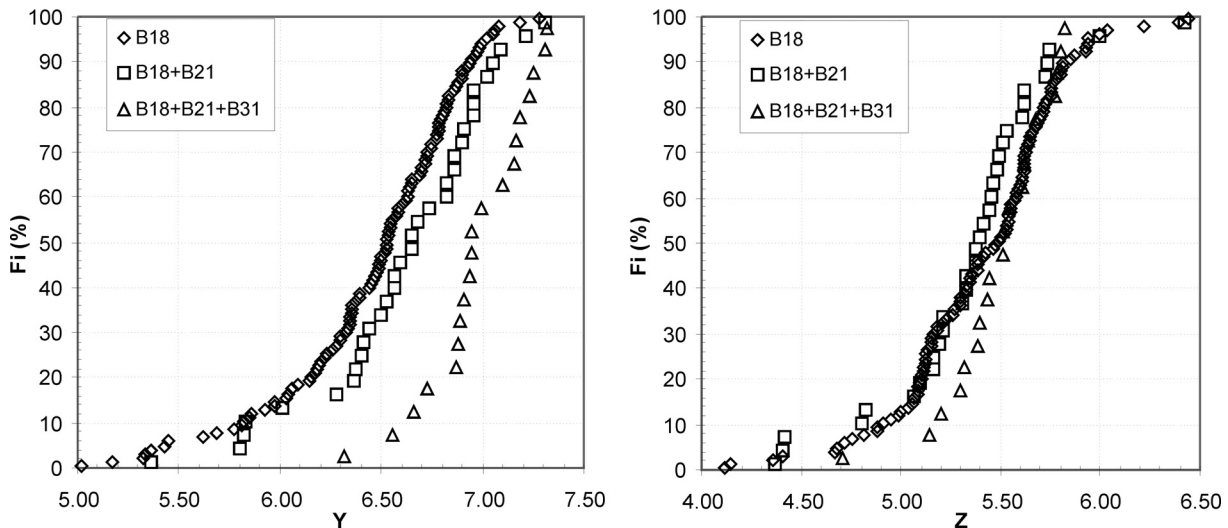
Oblasť	n	Min(Z)	Max(Z)	Md(Z)	M(Z)	s_z	Ex(Z)	As(Z)	M(Z) ₁	M(Z) ₂	Md(k) m · s ⁻¹	G(k) m · s ⁻¹	G(k) ₁ m · s ⁻¹	G(k) ₂ m · s ⁻¹
Bodrocká rovina	10	4,36	5,63	5,24	5,17	0,398			4,93	5,41	1,45 · 10 ⁻³	1,41 · 10 ⁻³	8,19 · 10 ⁻³	2,42 · 10 ⁻³
Stražnianska depresia	48	4,41	6,42	5,42	5,38	0,396	1,03	0,15	5,26	5,49	2,20 · 10 ⁻³	2,39 · 10 ⁻³	1,84 · 10 ⁻³	3,09 · 10 ⁻³
Trakanská depresia	88	4,11	6,39	5,53	5,45	0,404	1,35	-0,89	5,36	5,53	2,81 · 10 ⁻³	2,83 · 10 ⁻³	2,33 · 10 ⁻³	3,43 · 10 ⁻³
Bežovská depresia	21	5,06	6,44	5,51	5,50	0,319	2,37	1,11	5,36	5,64	2,65 · 10 ⁻³	3,22 · 10 ⁻³	2,35 · 10 ⁻³	4,41 · 10 ⁻³
Polanská hrast'	10	4,82	5,76	5,31	5,31	0,274			5,14	5,48	1,84 · 10 ⁻³	2,06 · 10 ⁻³	1,39 · 10 ⁻³	3,04 · 10 ⁻³
Pozdišovská hrast'	2	5,29	5,74	5,52	5,52						3,34 · 10 ⁻³	3,68 · 10 ⁻³		

Vysvetlivky k tab. 5.1.2. až 5.1.4: n – počet údajov; Min(Y), Min(Z) – minimum zistených hodnôt Y, resp. Z; Max(Y), Max(Z) – maximum; Md(Y), Md(Z) – medián; M(Y), M(Z) – aritmetický priemer; s_y , s_z – odhad smerodajnej odchýlky; Ex(Y), Ex(Z) – koeficient špicatosti; As(Y), As(Z) – koeficient šikmosti; M(Y)₁, M(Z)₁ – dolná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenia priemernej hodnoty pre 95 %-nú pravdepodobnosť; M(Y)₂, M(Z)₂ – horná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenej priemernej hodnoty pre 95 %-nú pravdepodobnosť; G(T), G(k) – geometrický priemer; G(T)₁, G(k)₁ – dolná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenej priemernej hodnoty T, k pre 95 %-nú pravdepodobnosť; G(T)₂, G(k)₂ – horná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenej priemernej hodnoty T, k pre 95 %-nú pravdepodobnosť. Označenie kolektorov: B12 – eolické sedimenty; B18 – vrchné súvrstvie; B21 – stredné súvrstvie; B31 – spodné súvrstvie pieskov zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov; fQ – fluviaálne sedimenty kvartéru.

pre jednotlivé oblasti sa pohybujú od $1,41 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do $3,68 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pri priemernej hodnote $G(k) = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pre celý región.

Pre jednotlivé neotektonické oblasti Medzibodrožia sme na základe získaných priemerných hodnôt celkovej hrúbky zvodnenca $Md(H)$ a koeficientu filtrácie k (tab. 5.1.5) odvodili charakteristické hodnoty koeficientu prietochnosti zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov. V oblastiach hrastových štruktúr sa charakteristické hodnoty koeficientu prietochnosti T pohybujú v rozsahu $5,52 \cdot 10^{-3} - 7,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, v depresných oblastiach v intervale $8,92 \cdot 10^{-3} - 1,29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Podľa klasifikácie prietochnosti horninových telies (Krásny, 1986) zistené hodnoty zaraďujú zvodnenec kvartérnych fluviaálnych sedimentov vo väčšine oblastí regiónu do triedy I, označujúcej veľmi vysokú prietochnosť, s výnimkou oblasti bodrockej roviny a poľanskej hrasti s vysokou prietochnosťou (trieda II). Podľa klasifikácie priepustnosti hornín (Jetel, 1982) je priemerná priepustnosť zvodnenca vo všetkých oblastiach regiónu dosť silná (trieda III). Podľa klasifikácie variability priepustnosti (Krásny, 1986) ide o mierne nehomogénne prostredie (trieda a – malá variabilita priepustnosti), len v oblasti trakanskej depresie je variabilita zväčšená (trieda c) a ide o dosť nehomogénne prostredie.

V hodnotenom regióne sme vykonali geoštatistickú štruktúrnu analýzu údajov indexu priepustnosti Z zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov. Semivariogramy blízke V – Z smeru majú výraznú úvodnú rastúcu vetvu a ich priebeh možno popísať gaussovským modelom (obr. 5.1.2). V ostatných smerových semivariogramoch sa prítomnosť zákonitej zložky priestorovej distribúcie hodnôt prejavuje nevýrazne alebo sa neprejavuje vôbec – semivariogramy majú len veľmi nevýraznú úvodnú rastúcu vetvu, prípadne nemajú žiadnu, a hodnoty oscilujú okolo prahu (obr. 5.1.3). Gaussovský model popisuje situáciu, keď pri malých vzdialenostiach je zhoda medzi zistenými hodnotami vysoká (nízka variabilita) a s rastúcou vzdialenosťou sa „nezhoda“ zvyšuje až do určitej vzdialenosti nazývanej „dosah“, kde sa úroveň nezahody stabilizuje okolo hodnoty štatistického rozptylu. Za touto vzdialenosťou sa už neuplatňuje priestorová väzba medzi skúmanými miestami a variabilita je určená štatistickým rozptylom. Interpretované hodnoty dosahu sú v intervale 600 – 900 m. Modelovaním (automatická iterácia metódou najmenších štvorcov) bola interpretovaná prítomnosť anizotropie poľa v smere minimálnej variability ZSZ – VJV s koeficientom anizotropie = 2. Existencia zvyškového rozptylu



Obr. 5.1.1.1. Kvantilové grafy hodnôt indexu prietochnosti Y a indexu priepustnosti Z , zistených vo vrtoch hydrodynamicky testujúcich vrchný kolektor pieskov (B18), vrchný a stredný kolektor pieskov (B18 + B21) a celú hrúbku zvodnenca kvartérnych fluvialnych sedimentov (B18 + B21 + B31).

Tab. 5.1.5. Charakteristické hodnoty koeficientu prietochnosti zvodnenca kvartérnych fluvialnych sedimentov pre jednotlivé neotektonické oblasti Medzibodrožia odvodené z údajov o hrúbke zvodnenca a z hodnôt koeficientu filtrácie k .

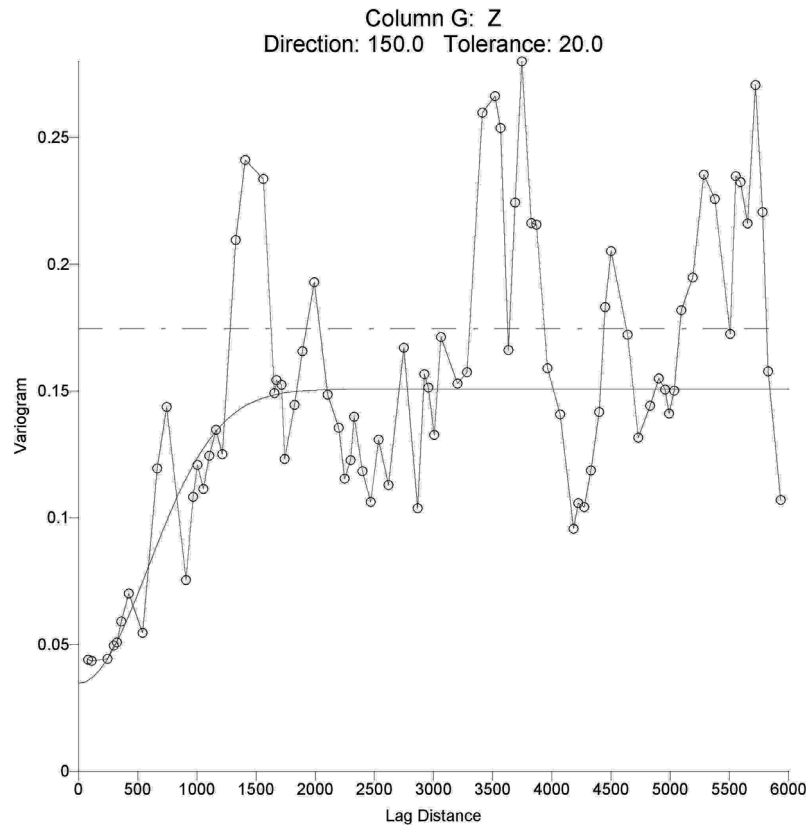
Oblasť	n	Min(H)	Max(H)	M(H)	Md(H)	k ($m \cdot s^{-1}$)	T ($m^2 \cdot s^{-1}$)	tr. T	tr. k
Bodrocká rovina	14	14	37	23,9	23,5	$1,45 \cdot 10^{-4}$	$3,41 \cdot 10^{-3}$	II	IIIb
Stražnianska depresia	20	27	55	39,8	40,5	$2,20 \cdot 10^{-4}$	$8,92 \cdot 10^{-3}$	I	IIIb
Trakanská depresia	26	37	55	45,8	46,0	$2,81 \cdot 10^{-4}$	$1,29 \cdot 10^{-2}$	I	IIIc
Bežovská depresia	odhad	40	50	45,0	45,0	$2,65 \cdot 10^{-4}$	$1,19 \cdot 10^{-2}$	I	IIIb
Poľanská hrasť	6	30	30	30,0	30,0	$1,84 \cdot 10^{-4}$	$5,52 \cdot 10^{-3}$	II	IIIb
Pozdišovská hrasť	4	21	26	23,5	23,5	$3,34 \cdot 10^{-4}$	$7,84 \cdot 10^{-3}$	I	IIIb

Vysvetlivky: n – počet údajov o celkovej hrúbke zvodnenca; Min(H) – minimum celkovej hrúbky zvodnenca; Max(H) – maximum; M(H) – aritmetický priemer; Md(H) – medián; k – geometrický priemer hodnôt koeficientu filtrácie zistených v príslušnej oblasti (tab. 8.1); T – charakteristická hodnota koeficientu prietochnosti odvodená pre príslušnú oblasť ako $T = k \cdot Md(H)$; tr. T – trieda prietochnosti podľa klasifikácie Krásného (1986); tr. k – trieda priepustnosti podľa klasifikácie Jetela (1982) v kombinácii s triedou variability priepustnosti podľa Krásného (1986).

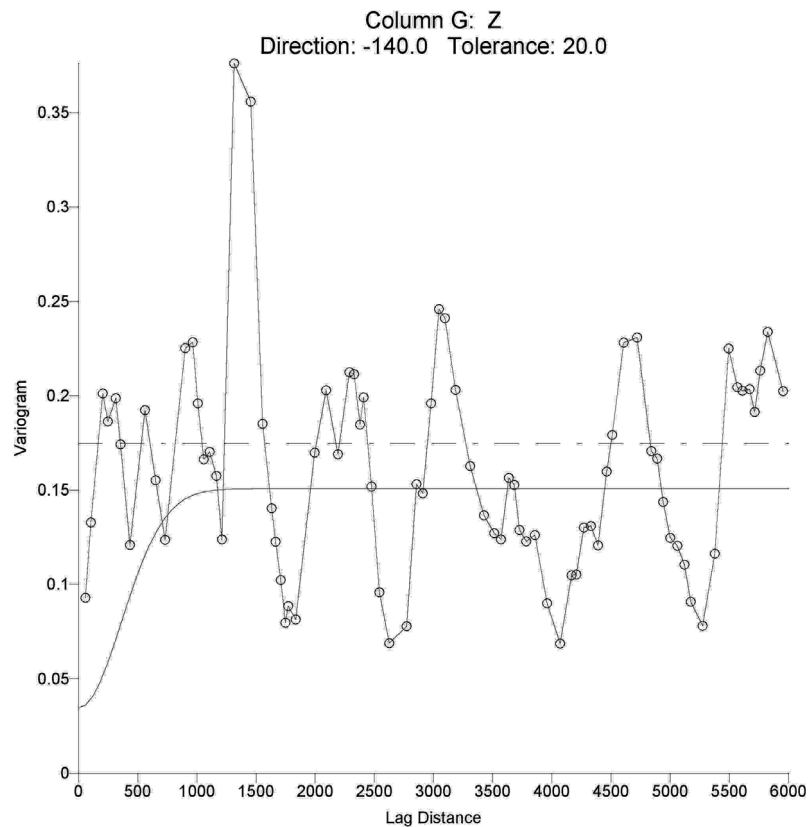
sa na semivariogramoch prejavuje tým, že modelová krivka nevychádza z počiatku súradnicových osí, ale z výšky C_0 . Spôsobuje ho rozptyl v oblasti menšej vzdialenosti, ako je základný krok alebo nepresnosť stanovenia študovanej hodnoty, a v našom prípade predstavuje hodnotu približne 0,04.

Na základe vykonanej štruktúrálnej analýzy možno popísať charakteristiku skúmaného poľa. Kontinuita poľa hodnôt indexu priepustnosti Z sa prejavuje v smeroch blízkych V – Z smeru (ZSZ – VJV až ZJZ – VSV) do vzdialenosti 600 – 900 m a je popísaná gaussovským modelom. Pole je značne nehomogénne, s priemernými rozmermi elementov nehomogenity cca 500 – 1 500 m, na danej úrovni pozorovania nepostihnuteľné nehomogenity majú priemernú hodnotu rozptylu 0,04 – 0,06 Z .

Kvartérne eolické piesky tvoria lokálne strop zvodnenca kvartérnych fluvialnych sedimentov, pričom v časti plôch svojho výskytu sú prekryté holocénnymi hlinami a inde vystupujú na povrch. Ich hrúbka dosahuje obvykle 4 – 6 m, miestami v plochých eleváciách môže presiahnuť 10 m. Ich priepustnosť sa výrazne nelíši od priepustnosti zvodnenca kvartérnych fluvialnych sedimentov. Potvrdzujú to výsledky skúšok vrto, ktoré ich hydrodynamicky overili (tab. 5.1.2, 5.1.3). Priemerná priepustnosť vyjadrená geometrickým priemerom 5 údajov má hodnotu $G(k) = 9,55 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$. Na miestach svojho výskytu pod hladinou podzemnej vody je teda súvrstvie eolických pieskov súčasťou zvodnenca kvartérnych fluvialnych sedimentov. Na miestach svojho výstupu na povrch predstavuje plochy priaznivé pre infiltráciu atmosférických vôd do zvodnenca.



Obr. 5.1.2. Semivariogram hodnôt indexu priepustnosti Z zvodnenca kvartérnych fluvialných náplavov pre smer ZSZ – VJV.



Obr. 5.1.3. Semivariogram hodnôt indexu priepustnosti Z zvodnenca kvartérnych fluvialných náplavov pre smer SV – JZ.

Tab. 5.1.6. Charakteristika distribúcie hodnôt indexu prietochnosti T a koeficientu prietochnosti T v neogénnych súvrstviach Medzibodrožia.

Ozn. súvrstvia	n	Min(Y)	Max(Y)	Md(Y)	M(Y)	s_Y	Ex(Y)	As(Y)	M(Y) ₁	M(Y) ₂	Md(T) m ² · s ⁻¹	G(T) m ² · s ⁻¹	G(T) ₁ m ² · s ⁻¹	G(T) ₂ m ² · s ⁻¹
Jazerné s. N _{pp}	8	5,22	7,24	5,92	5,97	0,630	1,82	1,11	5,53	6,40	7,10E-04	9,16E-04	5,47E-04	4,08E-03
Morské a deltové s. N _{bs}	3	2,43	4,41	3,87	3,57	1,024					2,94E-06			
Neovulkanity N _{nv}	11	3,95	5,47	4,68	4,72	0,494	-0,60	-0,31	4,43	5,02	3,53E-05	5,71E-05	2,98E-05	1,14E-04

Tab. 5.1.7. Charakteristika distribúcie hodnôt indexu priepustnosti Z a koeficientu filtrácie k v neogénnych súvrstviach Medzibodrožia.

Ozn. súvrstvia	n	Min(Z)	Max(Z)	Md(Z)	M(Z)	s_Z	Ex(Z)	As(Z)	M(Z) ₁	M(Z) ₂	Md(k)	G(k) m · s ⁻¹	G(k) ₁ m · s ⁻¹	G(k) ₂ m · s ⁻¹
Jazerné s. N _{pp}	8	3,68	5,36	4,00	4,12	0,527	6,02	2,32	3,76	4,49	2,45E-05	3,10E-05	9,23E-06	4,96E-05
Morské a deltové s. N _{bs}	3	0,14	2,38	1,50	1,34	1,127					9,58E-09			
Neovulkanity N _{nv}	11	1,95	4,65	2,41	2,82	0,935	0,53	1,33	2,27	3,37	3,70E-07	9,30E-07	2,05E-07	2,61E-06

Vysvetlivky k tab. 5.1.6, 5.1.7: n – počet údajov; Min(Y), Min(Z) – minimum zistených hodnôt Y , resp. Z ; Max(Y), Max(Z) – maximum; Md(Y), Md(Z) – medián; M(Y), M(Z) – aritmetický priemer; s_Y , s_Z – odhad smerodajnej odchýlky; Ex(Y), Ex(Z) – koeficient špicatosti; As(Y), As(Z) – koeficient šikmosti; CL(Y), CL(Z) – interval spoľahlivosti stanovenia priemernej hodnoty pre 95 %-nú pravdepodobnosť; M(Y)₁, M(Z)₁ – dolná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenia priemernej hodnoty pre 95 %-nú pravdepodobnosť; M(Y)₂, M(Z)₂ – horná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenia priemernej hodnoty pre 95 %-nú pravdepodobnosť; G(T) – geometrický priemer; G(T)₁, G(k)₁ – dolná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenia priemernej hodnoty T , k pre 95 %-nú pravdepodobnosť; G(T)₂, G(k)₂ – horná hranica intervalu spoľahlivosti stanovenia priemernej hodnoty T , k pre 95 %-nú pravdepodobnosť. Označenie súvrstvi: N_{pp} – panón až plicocen (sečovské, senianske a čechovské); N_{bs} – bádén až sarpat (vranovské, kochanovské a strelavské).

Hydrogeologický komplex neovulkanitov

Neovulkanity tvoria na území Medzibodrožia tri výrazné morfológické útvary – Chlmecké kopce (12,8 km²), Tarbucka (9 km²) a Vršok (0,8 km²). V prevahe sú zastúpené efuzívne a extruzívne typy, lokálne sprevádzané brekciami. Prevažujúcim typom priepustnosti je preto puklinová priepustnosť, s lokálnym uplatnením medzizrnovo-puklinovej priepustnosti. Na mape sme plošne vymedzili 11 hydrogeologických jednotiek neovulkanických hornín (HJ15 – HJ24), pričom rozlíšené sú obnažené časti neovulkanických masívov od častí prekrytých kvartérnymi sedimentmi – zväčša eolickými, lokálne aj deluviálnymi.

Prietochnosť a priepustnosť neovulkanických hornín v regióne Medzibodrožia možno hodnotiť na základe výsledkov 11 hydrodynamických skúšok hydrogeologických vrtov. Hodnoty indexu prietochnosti sa pohybujú v intervale 3,95 – 5,47, s mediánom Md(Y) = 4,68 (tab. 5.1.6, 5.1.7). Stredná hodnota súboru sa s 95 %-nou pravdepodobnosťou pohybuje v intervale 4,43 – 5,02. Geometrický priemer koeficientu prietochnosti $G(T) = 5,71 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ sa s 95 %-nou pravdepodobnosťou pohybuje v intervale $2,98 \cdot 10^{-5} - 1,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedené hodnoty umožňujú zaradiť masív neovulkanitov Medzibodrožia k horninovým telesám nízkej prietochnosti so zväčšenou variabilitou (trieda IVc klasifikácie Krásného, 1986). Zistené hodnoty indexu priepustnosti sa pohybujú v intervale 1,95 – 4,65, s mediánom Md(Z) = 2,41. Stredná hodnota súboru sa s 95 %-nou pravdepodobnosťou pohybuje v intervale 2,27 – 3,37. Geometrický priemer koeficientu filtrácie $G(k) = 9,30 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ sa s 95 %-nou pravdepodobnosťou pohybuje v intervale $2,05 \cdot 10^{-7} - 2,61 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedené hodnoty umožňujú zaradiť masív neovulkanitov Medzibodrožia medzi horniny so slabou priepustnosťou (trieda VI klasifikácie Jetela, 1982).

Keďže priemerná priepustnosť hydrogeologického masívu neovulkanitov je zhruba o dva rády nižšia oproti kvartérnym fluviaálnym sedimentom, neovulkanity na styku s nimi vystupujú vo funkcii hydrogeologického izolátora. Masívy neovulkanitov tvoria bariéry prúdeniu podzemných vôd kvartérnych kolektorov a sú nimi „obtekané“ (obr. 5.2.10). Na styku s kolektorskými vrstvami sečovského, senianskeho a čechovského

súvrstvia (piesky, zriedkavo štrky), ktorých priemerná priepustnosť je asi 30-krát vyššia, vystupujú neovulkanity taktiež v úlohe hydrogeologického izolátora. Vo funkcii hydrogeologického kolektora vystupujú neovulkanity na styku so slabo priepustnými neogénnymi sedimentmi (ily, ílovce, prachovce) – priemerná priepustnosť neovulkanitov je približne o 1 rád vyššia ako v prípade hydrogeologických izolátorov sečovského, senianskeho a čečehovského súvrstvia. Kolektory starších neogénnych sedimentov (pieskovce a tufity; bádén – sarmat) môžu dosahovať obdobný stupeň priepustnosti ako neovulkanity. Stupeň priepustnosti neovulkanitov sa zvyšuje priamo úmerne ich tektonickému porušeniu. Na hodnotenom území overené najpriepustnejšie zóny neovulkanického masívu dosahujú približne priemernú priepustnosť jazerných sedimentov neogénu (tab. 5.1.7).

Hydrogeologický komplex neogénnych sedimentov

Neogénne sedimenty na území Medzibodrožia nevystupujú na povrch. Tvoria bezprostredné podložie zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov. Ležia transgresívne na predneogénnom podloží a ich hrúbka narastá smerom od západu na východ až na 6 000 m.

V západnej časti regiónu – v oblasti bodrocekej roviny po masív Tarbucky a masív kóty Vříšok – vystupujú v podloží kvartéru sedimenty kochanovského (HJ13, stredný – vrchný sarmat) a stretavského súvrstvia (HJ14, spodný – stredný sarmat). Ide o súvrstvia s hydrogeologickou funkciou regionálneho izolátora, v prevahe tvorené vápnitými ílmi, v ktorých sú prítomné subhorizontálne uložené kolektorské vrstvy pieskov a tufov. Overené a hydraulicky odskúšané boli vrtom SJH-1 (č. 188). Z celkovej hrúbky sedimentov kochanovského súvrstvia, zastihnutého v hĺbke 20 – 120 m, tvorili polohy pieskov 15 % a polohy pieskovcov 19 %. Z celkovej hrúbky stretavského súvrstvia, zastihnutého v hĺbke 192 – 365,5 m, tvorili polohy pieskov 3 %, polohy pieskovcov 33 % a štrkov 3 %. Základné údaje zistené hydrodynamickou skúškou tohto vrtu sú uvedené v tab. 5.1.8.

V centrálnej časti regiónu vystupujú v podloží kvartéru sedimenty senianskeho súvrstvia (pont), vo východnej časti sedimenty čečehovského súvrstvia (dák – roman). Uvedené súvrstvia sú litologicky takmer zhodné, preto sú v našich hydrogeologických rezoch nerozlíšené (HJ12), spolu so sečovským súvrstvom (panón) vystupujúcim v podloží senianskeho súvrstvia. Ide o regionálny izolátor tvorený prevažne ílmi, v ktorom sa vyskytujú subhorizontálne vrstvy kolektorských pieskov a menej štrkov, prípadne tufov a tufitov. V hydrogeologických vrtoch, ktoré overili sedimenty senianskeho a v menšej miere aj sečovského súvrstvia, kolísal podiel vrstiev pieskov v celkovej overenej hrúbke súvrstvia predstavujúcej 3 – 150 m v rozmedzí 25 – 64 %. Podiel štrkov dosahoval 0 – 34 %, pričom celkový podiel kolektorských vrstiev tvoril 24 – 66 %. Vo vrtoch, ktoré overili sedimenty čečehovského súvrstvia v hrúbke 115 – 210 m, tvoril podiel vrstiev pieskov 25 – 80,5 % z celkovej hrúbky súvrstvia, štrky zväčša neboli zastúpené.

Väčšina realizovaných hydrogeologických vrtoch overila hydrogeologickú charakteristiku neogénnych sedimentov do hĺbky nepresahujúcej 300 m, teda vyššie uvedených súvrstvi priameho podložia kvartéru. Vrt HJ-2 (č. 198) situovaný pri Malom Kamenci (Michalík et al., 1995) overil spoločnou hydrodynamickou skúškou v intervale 370 – 491 m charakteristiku vulkanicko-sedimentárneho súvrstvia sarmatu a v intervale 491 – 648 m pieskovce a brekcie bádenu (pravdepodobne lastomírske a vranovské súvrstvie) so zistenou hodnotou koeficientu prietočnosti $T = 1,29 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a koeficientu filtrácie $k = 9,1 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (trieda VII klasifikácie Jetela, 1982). V jeho blízkosti situovaný vrt HB-2B (č. 196) overil v hĺbkovom intervale 450 – 644 m tufitické pieskovce a zlepené stratigrafického rozsahu sarmat – bádén so zistenou hodnotou koeficientu prietočnosti $T = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a koeficientu filtrácie $k = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (trieda VIII klasifikácie priepustnosti podľa Jetela, 1982). Hlbšie úrovne sedimentárnych súvrstvi, zastúpené ptrukšianskym a stretavským súvrstvom, overili prieskumné vrty plynového ložiska Ptrukša. Hodnoty koeficientu priepustnosti K boli zisťované laboratórnymi skúškami vzoriek vrtného jadra vrtu Pt-29 z hĺbkového intervalu 1 050 – 1 805 m a ich hodnoty sa pohybujú v rozmedzí $8,27 \cdot 10^{-15} - 9,18 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}$ s mediánom $\text{Md}(K) = 1,55 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$ (tab. 5.1.9), čo umožňuje klasifikovať ich priepustnosť ako slabú (trieda VI klasifikácie Jetela, 1982).

Distribúciu hydraulických parametrov neogénnych sedimentov v regióne Medzibodrožia možno hodnotiť na základe výsledkov 12 hydrodynamických skúšok hydrogeologických vrtoch. Hodnotenie je

vykonané zvlášť pre jazerné sedimenty panónu až pliocénu (sečovské, senianske a čechovské súvrstvie – NSC) a pre morské a deltové sedimenty bádenu až sarmatu (vranovské, lastomírske, stretavské a kochanovské súvrstvie). Výsledky sú sumarizované v tab. 5.1.6 a 5.1.7.

Zistené hodnoty indexu prietočnosti Y vrtov overujúcich *sedimenty stratigrafického rozsahu panón – pliocén* sú v intervale 5,22 – 7,24, s mediánom $Md(Y) = 5,92$. Stredná hodnota súboru 8 údajov sa s 95 %-nou pravdepodobnosťou pohybuje v intervale 5,53 – 6,40. Geometrický priemer koeficientu prietočnosti $G(T) = 9,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ s 95 %-nou pravdepodobnosťou sa pohybuje v intervale $5,47 \cdot 10^{-4} - 4,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedené hodnoty umožňujú zaradiť kolektorské vrstvy neogénnych sedimentov Medzibodrožia k horninovým telesám strednej prietočnosti s veľkou variabilitou prietočnosti (trieda *III d* klasifikácie Krásného, 1986). Zistené hodnoty indexu priepustnosti sa pohybujú v intervale 3,68 – 5,36, s mediánom $Md(Z) = 4,00$. Stredná hodnota súboru sa s 95 %-nou pravdepodobnosťou pohybuje v intervale 3,76 až 4,49. Geometrický priemer koeficientu filtrácie $G(k) = 3,10 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ s 95 %-nou pravdepodobnosťou sa pohybuje v intervale $9,23 \cdot 10^{-6} - 4,96 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedené hodnoty umožňujú zaradiť sedimenty senianskeho, sečovského a čechovského súvrstvia (HJ12) medzi horniny

Tab. 5.1.8. Základná hydrogeologická charakteristika vrtov Medzibodrožia v neogénnych súvrstviach.

Lokalita	Ozn. vrtu (č. na mape)	Skúšaný úsek [m]	L [m]	Q_{\max} [l · s ⁻¹]	q_1 [l · s ⁻¹ · m ⁻¹]	T [m ² · s ⁻¹]	k [m · s ⁻¹]	Litológia a stratigrafia kolektorov
Malý Kamenec	HJ-2 (198)	50 – 150	100	0,3	0,012	$9,9 \cdot 10^{-6}$	$1,98 \cdot 10^{-7}$	ryodacit (stredný sarmat)
		50 – 301	251	1,25	0,043	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-7}$	ryodacit (stredný sarmat)
		370 – 638	142	0,9	0,034	$1,29 \cdot 10^{-5}$	$9,1 \cdot 10^{-8}$	brekcie, pieskovce (báden)
	HJ-5 (200)	58 – 150	92	0,23	0,017	$2,35 \cdot 10^{-5}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$	ryodacit (stredný sarmat)
	HB-2A (197)	70 – 314	90	1,45	0,031	$3,53 \cdot 10^{-5}$	$3,71 \cdot 10^{-7}$	ryodacit (stredný sarmat)
	HB-2B (196)	450 – 644	109	0,01	0,0002	$1,25 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$	tuf, pieskovce (sarmat, báden)
	HB-5 (199)	35 – 300	165	1,1	0,032	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$6,1 \cdot 10^{-7}$	ryodacit (stredný sarmat)
	HB-8 (201)	35 – 300	185	1,25	0,042	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-7}$	ryodacit, andezit (stredný sarmat)
Leles	HJ-3 (33)	50 – 320	152	7,4	1,489	$2,04 \cdot 10^{-3}$	$4,07 \cdot 10^{-5}$	piesok (pont, pliocén)
	HB-3 (34)	50 – 314	127	46,4	1,762	$5,20 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	piesok (pont, pliocén)
Dobrá	HB-4 (132)	62 – 300	14	4,0	3,72	$3,81 \cdot 10^{-3}$	$2,73 \cdot 10^{-5}$	piesok (pont, pliocén)
Borša	HJ-6 (186)	315 – 461	105	8,4	0,181	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-6}$	tuf (stredný sarmat)
Bořany	HB-7 (105)	50 – 300	12	1,13	0,089	$3,02 \cdot 10^{-4}$	$3,02 \cdot 10^{-5}$	piesok (pont, pliocén)
Rad	HB-9 (1)	50 – 300	20	8,8	0,228	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	piesok (panón, pont)
Velký Horeš	HB-10 (220)	50 – 300	32	8,2	0,234	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$2,37 \cdot 10^{-5}$	piesok (pont) andezit (vrchný báden)
Streda nad Bodrogom	SJH-1 (188)	47 – 280	233	0,3	0,007	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$4,81 \cdot 10^{-8}$	tufit, piesok (sarmat)
	SJH-2 (195)	280 – 483	143	1,7	0,104	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$1,04 \cdot 10^{-6}$	ryodacit, tuf (sarmat)
Bačka	HJ-x-2 (111)	190 – 300	98,5	4,8	0,192	$3,65 \cdot 10^{-4}$	$2,25 \cdot 10^{-5}$	piesok (pont, pliocén)
Malé Trakany	HMT-1 (235)	81,3 – 260	33,8	14,8	0,331	$6,56 \cdot 10^{-4}$	$1,10 \cdot 10^{-5}$	piesok (pliocén)
Kráľ. Chlmec	SHK-1 (159)	30 – 100	70	0,075	0,009	$1,15 \cdot 10^{-5}$	$3,96 \cdot 10^{-7}$	andezit (báden)

Poznámka: L – hrúbka skúšaného úseku; Q_{\max} – maximálna overená výdatnosť vrtu; q_1 – merná výdatnosť vrtu (výdatnosť prepočítaná na 1 m dosiahnutého zníženia hladiny vody vo vrte); T – koeficient prietočnosti zvodnenca; k – koeficient filtrácie zvodnenca.

Tab. 5.1.9. Výsledky laboratórných skúšok vzoriek jadra vrtu PT-29 Ptruška (Tlumač, 1984b).

Č. v. z.	Hĺbka	m	K m ²	Uhlíkatý % CaCO ₃	Litológia
459	1 050 – 1 055	0,232; 0,239	2,17 · 10 ⁻¹⁴	13,1	jemne zrnitý slabo sludnatý pieskovec s vápnitým tmelom
460	1 414 – 1 419	0,147; 0,133	1,41 · 10 ⁻¹⁴	24,1	silne rozložený úlomkovitý tuftický materiál
461	1 490 – 1 495	0,088; 0,114	1,10 · 10 ⁻¹⁴	14,0	ílovec so zuholnatými rastlinnými zvyškami
462	1 490 – 1 495	0,110; 0,097	1,25 · 10 ⁻¹⁴	19,0	jemne zrnitý vápnitý pieskovec
463	1 490 – 1 495	0,112; 0,103	1,12 · 10 ⁻¹⁴	27,8	jemne zrnitý vápnitý pieskovec s uhol. detritom
464	1 495 – 1 500	0,09	8,27 · 10 ⁻¹⁵	22	jemne zrnitý sludnatý vápnitý pieskovec tenko vrstevnatý
465	1 495 – 1 500	0,142; 0,145	1,29 · 10 ⁻¹⁴	15	jemne zrnitý sludnatý vápnitý pieskovec s ílovými prepláskami
466	1 495 – 1 500	0,186; 0,192	1,52 · 10 ⁻¹⁴	18,5	jemne zrnitý sludnatý vápnitý pieskovec s ílovými prepláskami
467	1 495 – 1 500	0,185; 0,17	1,41 · 10 ⁻¹⁴	20,3	jemne zrnitý sludnatý vápnitý pieskovec s ílovými prepláskami
468	1 495 – 1 500	0,206; 0,199	1,72 · 10 ⁻¹⁴	28,3	jemne zrnitý slabo sludnatý pieskovec s vápnitým tmelom a zuholnatými rastlinnými zvyškami
469	1 495 – 1 500	0,207; 0,205	1,58 · 10 ⁻¹⁴	7,2	jemne zrnitý slabo sludnatý pieskovec s vápnitým tmelom bez rastlinných zvyškov
470	1 500 – 1 505	0,246; 0,223	2,39 · 10 ⁻¹⁴	8,0	jemne zrnitý slabo sludnatý pieskovec s uhol. detritom
477	1 500 – 1 505	0,262; 0,265	8,30 · 10 ⁻¹⁴	9,4	jemne zrnitý slabo sludnatý spevnený piesok s vápn. tmelom a uhol. detritom
482	1 590 – 1 595	0,234; 0,221	9,18 · 10 ⁻¹⁴	10,6	jemne zrnitý pieskovec s vápnitým tmelom
489	1 595 – 1 600	0,229; 0,225	8,54 · 10 ⁻¹⁴	8,6	jemne až stredne zrnitý pieskovec s vápn. tmelom
634	1 800 – 1 805	0,142; 0,163	1,62 · 10 ⁻¹⁴	11	stredne zrnitý vápn. pieskovec so zvyškami fosílií

Výsveľivky: m – koeficient pórovitosti; K – koeficient priepustnosti (kolmo na smer vrtania).

s miernou priepustnosťou (trieda IV klasifikácie Jetela, 1982).

Kolektory súvrstvi stratigrafického rozsahu bádén – sarmat boli hydrodynamicky odskúšané len v troch vrtoch (č. 188, 196 a 198). Zistené hodnoty T (tab. 5.1.8) ich zaraďujú medzi zvodnence s nízkou prietoknosťou (trieda V), hodnoty k a Z k horninám s nepatrnou až slabou priepustnosťou (triedy VI až VIII). Obdobný stupeň priepustnosti bol zistený laboratórnymi skúškami vzoriek vrtného jadra vrtu Pt-29 z hĺbky 1 050 – 1 805 m (ptruškianske a stretavské súvrstvie) počas prieskumu plynového ložiska Ptruška (Tlumač, 1984b), keď sa stanovené hodnoty koeficientu priepustnosti pohybovali v rozmedzí $K = 8,27 \cdot 10^{-15}$ až $9,18 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$.

Distribúcia hodnôt mernej výdatnosti q , indexu prietoknosti Y a indexu prietoknosti Z je graficky znázornená prostredníctvom kvantilových grafov (obr. 5.1.4), ktoré navyše názorne demonštrujú rozdiely v prietoknosti a priepustnosti medzi vyššie popisovanými hydrogeologickými komplexmi.

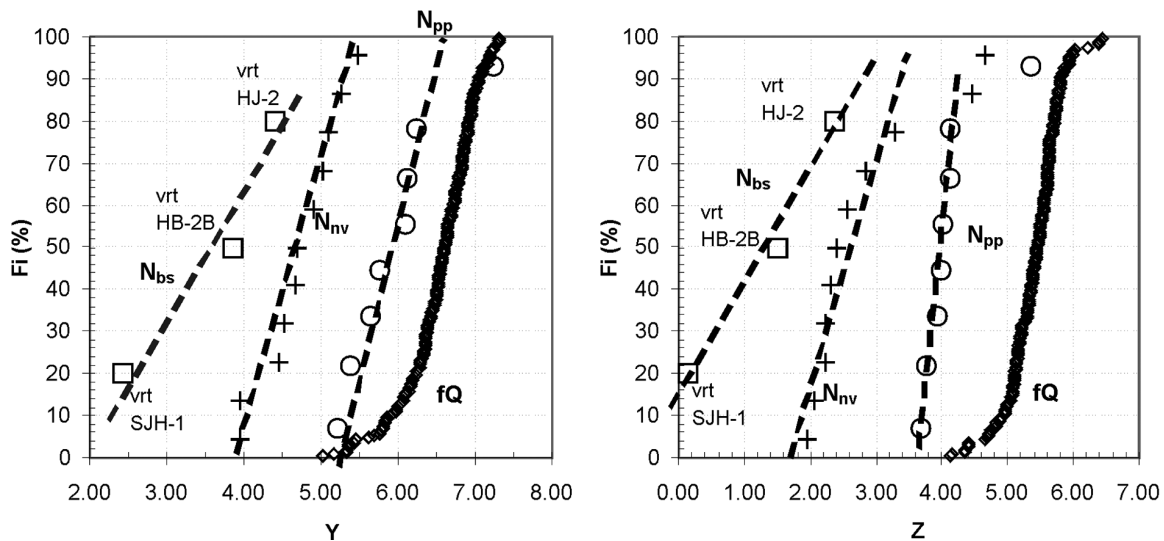
Hydrogeologický komplex hydrogeologického masívu zemlinika

Skalný masív metamorfitov zemlinika vystupuje na povrchu len v podobe osamoteného tvrdoša budovaného zlepcami, pieskoveciami a ílovcami cejkovského súvrstvia (HJ26) S od Stredy nad Bodrogom s nepatrnou rozlohou. V podloží neogénnej výplne bol zistený vrtom TGS-1 (239) pri Kline nad Bodrogom, hlbokým 1 001 m, ktorý nezachytil významnejšie množstvo podzemnej vody, nebol hydrodynamicky odskúšaný a bol hodnotený ako negatívny.

Prostredie hydrogeologických masívov je všeobecne charakteristické zvýšenou priepustnosťou v pri-

povrchovej zóny a oveľa nižšou priepustnosťou hlbších častí masívu. Keďže na hodnotenom území nie sú k dispozícii exaktné údaje o hydraulických parametroch tohto prostredia, na základe analógie s dobre preskúmaným regiónom výskytu paleozoických metamorfítov, Spišsko-gemerským rudohorím, predpokladáme priemernú prietoknosť priepovrchovej zóny blízku hodnote $T = 1,44 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (Scherer et al., 1999).

Ide o nízku prietoknosť s veľmi vysokou variabilitou (trieda *IVe* klasifikácie Krásného). Priemerná priepustnosť tohto prostredia je slabá (trieda *VI* klasifikácie Jetela, 1982). V regióne Medzibodrožia vystupuje hydrogeologický masív zemlinika vo funkcii izolátora.



Obr. 5.1.4. Kvantilové grafy hodnôt indexu prietoknosti *Y* a indexu priepustnosti *Z*, zistených vo vrtach hydrodynamicky testujúcich zvodnenec kvartérnych fluviálnych sedimentov (*fQ*), neovulkanity (*N_{nv}*), kolektory neogénnych sedimentárnych súvrstí stratigrafického rozsahu báden – sarmat (*N_{bs}*) a panón – pliocén (*N_{pp}*).

5.2. OBEH A REŽIM PODZEMNÝCH VÔD

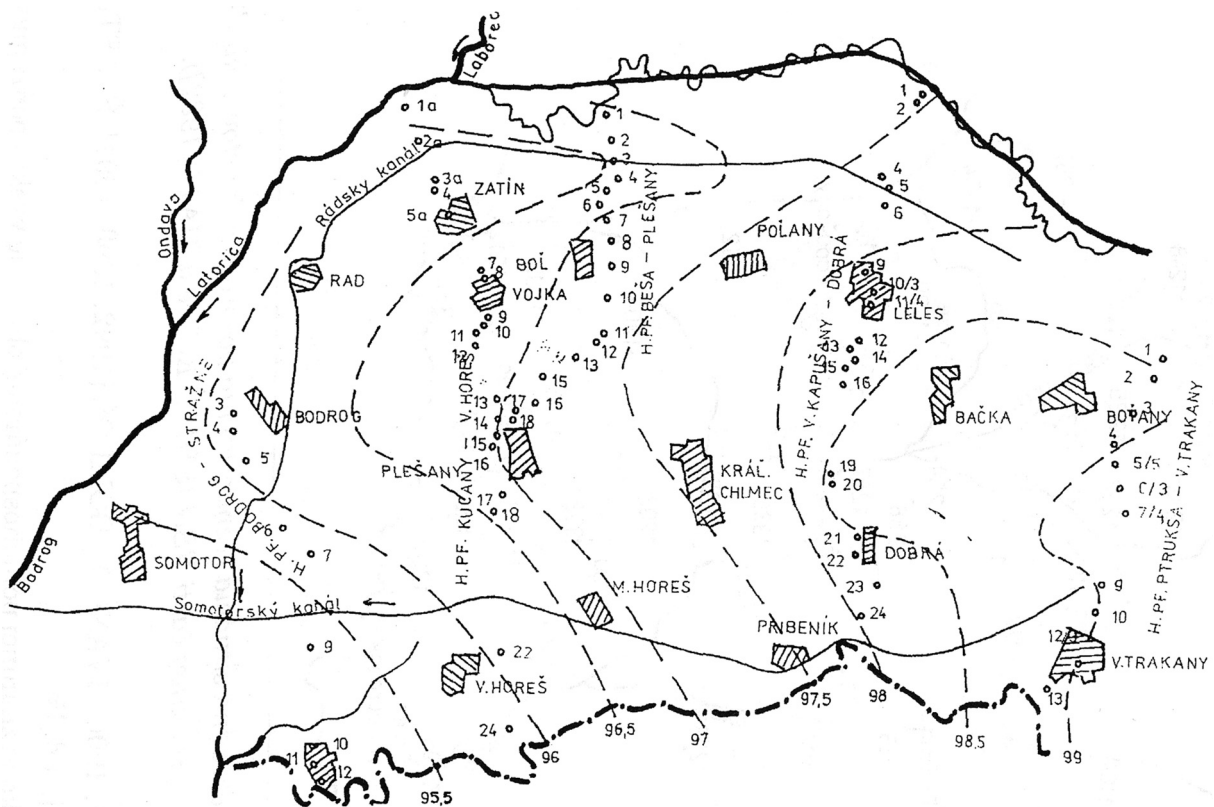
Charakter obehu a režim podzemných vôd je všeobecne podmienený hydrogeologickými pomermi, reliéfom terénu, hydrologickými a klimatickými pomermi a antropogénnymi zmenami príslušného územia. V regióne Medzibodrožia majú charakteristický a vzájomne odlišný charakter obehu a režimu podzemných vôd regionálne rozšírený zvodnenec kvartérnych fluviálnych sedimentov a pahorkatinové časti územia budované neovulkanitmi. Masívy neovulkanických hornín sú v priamom laterálnom kontakte s kolektorskými vrstvami pieskov pod súčasným povrchom terénu. Zvodnenec sedimentárneho neogénu vystupujúce v podloží zvodnenca kvartérnych fluviálnych sedimentov sú od neho na väčšine územia hydraulicky izolované bazálnymi fluviálno-limnickými sedimentmi kvartéru, lokálne sú však prepojené. Príkladom je oblasť južne od chlmeckej hrasti, kde neogénne súvrstvia tvoria priame podložie kvartérnych pieskov.

Obeh a režim podzemných vôd zvodnenca kvartérnych fluviálnych sedimentov

Zvodnenec kvartérnych fluviálnych sedimentov zaberá takmer celú plochu regiónu Medzibodrožia. Územie jeho výskytu je charakteristické plochým reliéfom terénu s nadmorskou výškou prevažne v rozmedzí 99 – 110 m n. m., zvažujúcim sa smerom od severovýchodu k juhozápadu. Na severozápadnom okraji hodnoteného regiónu je zvodnenec obmedzený zemplínskou hrastou vo funkcii regionálneho izolátora a drénuje podzemné vody kolektorov tejto tektonickej štruktúry. Tie majú vyššiu piezometrickú úroveň ako podzemné vody kvartérnych fluviálnych sedimentov a ich pôvod je v zrážkach spadnutých na územie zemplínskej hrasti. Na severnom, východnom a južnom okraji skúmaného regiónu zvodnenec kvartérnych fluviálnych sedimentov prekračuje jeho hranice kontinuálne do veľkej vzdialenosti. Z dokumentovaného

smeru prúdenia podzemných vôd vyplýva prestup podzemných vôd na slovenské územie z územia Ukrajiny, a to priestorom medzi tokmi Latorice a Tisy. Na slovenskom území je smer prúdenia spočiatku z východu na západ, v priestore chlmeckej hrasti sa postupne stáča k juhozápadu a hlavný odtok podzemných vôd na územie Maďarska, modifikovaný bariérovým účinkom hrasti Tarbucky tvorenej neovulkanitmi, prebieha v priestore medzi obcami Strážne a Borša. V priestore rozšírenia zvodnenca neotektonická stavba (zmeny reliéfu bázy kvartéru vertikálnymi pohybmi po zlomoch) neovplyvňuje významne režim a charakter obehu jeho podzemných vôd. Z hydraulického hľadiska možno za prírodnú považovať severnú a časť južnej a juhovýchodnej hranice regiónu, vedenú tokmi riek Latorica, Bodrog, Krčava a Tisa. Ich korytá predstavujú hlavné drenážne bázy územia. Latorica preteká na hraniciach s Ukrajinou v nadmorskej výške 98,5 m n. m., na sútoku s Laborcom 95,0 m n. m.. Sútok Latorice a Ondavy vytvárajúci rieku Bodrog je na úrovni 94,5 m n. m. a Bodrog opúšťa územie SR na úrovni 94,3 m n. m.. Rieka Tisa tečie na konci hraničného úseku na úrovni 95,4 m n. m.. Z hľadiska obehu a režimu podzemných vôd zvodnenca je významná rozsiahla sieť kanálov Medzibodrožia. Západný Leleský kanál je pri obci Solníčka na úrovni 97,7 m n. m., Severný radský kanál pri obci Rad na úrovni 98,8 m n. m..

Priepustnosť zvodnenca sa vo vertikálnom profile laterálne významne nemení. Napriek pomerne častému výskytu vrstiev izolátorov predstavuje hydraulicky spojené teleso podzemných vôd. Hoci neboli realizované špeciálne merania tlakových pomerov jednotlivých kolektorov zvodnenca, nasvedčuje tomu jednotný režim hladiny podzemnej vody dokumentovaný v základnej sieti pozorovacích objektov SHMÚ a zistená úroveň hladiny v hydrogeologických vrtoch overujúcich hlbšie uložené kolektory zvodnenca. Najprecíznejšia interpretácia priebehu hydroizopiez a smerov prúdenia podzemnej vody zvodnenca bola realizovaná na podklade hustej účelovej siete 74 piezometrov situovaných v 5 severo-južných profiloch s cieľom dešifrovania vplyvov vodohospodárskych úprav (Kaša, 1985). Pri priemerných stavoch hladiny je smer prúdenia v južnej polovici regiónu Medzibodrožia k juhozápadu, v severnej polovici regiónu k severozápadu (obr. 5.2.1), pričom pomerne ostrá zmena smeru priebehu hydroizopiez prebieha na osi Bodrog – Leles. To prakticky poukazuje na spád hladiny podzemnej vody od centrálnej časti regiónu smerom k jeho severozápadnému, východnému a juhozápadnému okraju a na určujúcu úlohu



Obr. 5.2.1. Hydroizopiezy priemerných hladín podzemných vôd Medzibodrožia do roku 1985 (Kaša, 1985).

atmosférických zrážok pri dopĺňaní zásob podzemných vôd. Priebeh hydroizopiez identifikuje drenážny účinok Leleského kanála (na obr. 5.2.1 je označený Radský). Vyššie uvedená generálna schéma prúdenia podzemných vôd je na miestach výstupu neovulkanických štruktúr ovplyvnená jednak ich bariérovým účinkom a jednak prestupmi podzemných vôd neovulkanitov s vyššou piezometrickou úrovňou. Miera a priestorový dosah tohto ovplyvnenia neboli dosiaľ exaktne zdokumentované. V pririečnych zónach Latorice, Bodrogu a Tisy je režim podzemnej vody ovplyvňovaný režimom hladín týchto riek. Podľa predošlých pozorovaní (Kaša, 1985; Kupčo a Hrošár, 1996) vodné toky za minimálnych a stredných stavov drénujú podzemné vody zvodnenca, kým za vysokých stavov vody vodných tokov infiltrujú do zvodnenca.

Z hľadiska charakteru režimu podzemných vôd kvartérneho zvodnenca možno oblasť jeho výskytu v Medzibodroží rozčleniť na *pririečnu zónu* riek Latorica, Bodrog a Tisa s režimom ovplyvňovaným hlavne kolísaním hladiny týchto riek a *centrálnu oblasť* s režimom ovplyvňovaným chodom zrážok (obr. 5.2.7). Rozdielny typ režimu sa prejavuje v priebehoch čiar hladín podzemných vôd zaznamenaných v pozorovacích sondách a hodnotou rozkvyv hladín. V období hydrologických rokov 1996 – 2003 bol v jednotlivých kvartérnych pozorovacích sondách Medzibodrožia zaznamenaný rozkvyv v intervale 1,49 – 7,18 m, priemerne 3,01 m. V sondách situovaných v pririečnej zóne bol zaznamenaný rozkvyv v intervale 2,45 – 7,18 m, v sondách centrálnej zóny 1,49 – 3,5 m.

Režim pririečnej zóny zvodnenca charakterizuje podobný priebeh čiary hladiny rieky a čiary hladín podzemnej vody, odrážajúci hydraulickú komunikáciu rieky a zvodnenca. V profile približne 3,5 km pod vodomernou stanicou Latorica – Veľké Kapušany je lokalizovaná sonda č. 1207 vo vzdialenosti asi 700 m od rieky a J od nej sonda č. 1204 vzdialená od rieky 4 150 m (situácia objektov je na obr. 4.1.2). Graf na obr. 5.2.2 ukazuje výraznú závislosť kolísania hladiny od priebehu hladiny vody v rieke v sondách č. 1207 a 1210, situovaných v pririečnej zóne. Keďže hladina rieky v profile sondy č. 1207 je len zhruba o 0,5 m nižšie ako v profile vodomernej stanice, možno orientačne posudzovať vzájomnú výškovú úroveň hladín na pozorovacích objektoch. Podmienky pre prúdenie podzemnej vody v smere od rieky k sonde č. 1207, a teda infiltrácia povrchovej vody do zvodnenca, trvali v hodnotenom období hydrologických rokov 2001 – 2002 503 dní, teda 69 % obdobia. Hladina podzemnej vody v sonde č. 1207 bola vyššie ako v sonde č. 1204 v období 1. 11. 2000 – 6. 12. 2000 a 6. 3. 2002 – 20. 3. 2002, spolu teda 49 dní, čo predstavuje 7 % hodnoteného obdobia, nasvedčujúc tak smer prúdenia od rieky umožňujúci dotáciu zvodnenca. Sklon hladiny v úseku medzi sondami č. 1207 a č. 1204 je však modifikovaný drenážnym účinkom východného Leleského kanála. V profile asi 4 900 m nad vodomernou stanicou Latorica – Vyšné Kapušany je v pririečnej zóne lokalizovaná sonda č. 1210, vzdialená od toku 1 500 m. Vzhľadom na uvedenú vzdialenosť od vodomerného profilu nemožno priamo porovnávať úroveň hladiny rieky a sondy. Evidentný je rozdiel v režime podzemných vôd pririečnej zóny (sondy č. 1207 a 1210) oproti podzemným vodám územia s režimom kontrolovaným chodom zrážok (sonda č. 1204), prejavujúci sa na čiarach hladín zložitou priebehom krivky a veľkosťou rozkvyv hladín.

Vo vzdialenosti 3,7 km južne od vodomernej stanice Bodrog – Streda nad Bodrogom je situovaná sonda č. 1296 a vo vzdialenosti asi 6,9 km JJV smerom sonda č. 1299. Sondy sú už mimo pririečnej zóny. Preto časový priebeh hladín nereaguje bezprostredne na vysoké stavy Bodrogu, hoci nadmorská výška jeho hladiny počas vysokých stavov prevyšuje úroveň hladín podzemných vôd až o 3 m (obr. 5.2.3). Takmer celé obdobie hydrologických rokov 2001 – 2002 bola hladina podzemnej vody v sonde č. 1299 vyššie o 10 – 40 cm oproti úrovni hladiny v sonde č. 1296, s výnimkou krátkych období 20. 12. 2000 až 27. 12. 2000 a 31. 1. 2001 – 21. 2. 2001 (56 dní, 8 % hodnoteného obdobia).

V oblasti Pribeník – Strážne sú v profile smeru VSV – ZJZ, teda v interpretovanom smere prúdenia, situované sondy č. 1341, 1202 a 1352. Porovnanie časového priebehu úrovne hladín (obr. 5.2.4) dokumentuje, že v celom období hydrologických rokov 1996 – 2003 je smer sklonu hladiny zachovaný a nepodlieha sezónnym zmenám – mení sa však veľkosť sklonu hladiny.

V oblasti Zátin – Rad je v pririečnej zóne Latorice situovaná sonda č. 1351. Asi 3,1 km južným smerom od nej je lokalizovaná sonda č. 1200 a 3,1 km na východ ďalšia sonda č. 1203. Úroveň hladiny v sonde č. 1351 neustále prevyšuje o 1 – 1,5 m úroveň hladín v sondách č. 1200 a 1203 (obr. 5.2.5), čo dokumentuje v tomto priestore stabilný smer prúdenia od rieky a dotáciu zvodnenca infiltráciou povrchovej vody.

V oblasti Malých Trakán sú v pririečnej zóne Tisy situované sondy č. 1357 a 1369, smerom na Z od nich, asi 2,8 km, je už mimo pririečnej zóny situovaná sonda č. 1211. Kolísanie hladiny rieky Tisa tu nie je sledované. Režim podzemných vôd pririečnej zóny Tisy je charakteristický veľkým rozkyvom hladín, dosahujúcim až 5 m, a rýchlym nárastom hladiny počas vzniku maxim (obr. 5.2.6). Väčšinou prebieha prúdenie podzemných vôd smerom k rieke, len počas maximálnych vodných stavov rieka dotuje zvodnenec kvartérnych fluvialných sedimentov. Napríklad v období hydrologických rokov 2002 až 2003 trvalo prúdenie vody od rieky k sonde č. 1357 spolu 175 dní, čo predstavuje 24 % obdobia.

Časový priebeh sezónneho kolísania hladín podzemných vôd centrálnej oblasti Medzibodrožia (obr. 5.2.8) poukazuje na postupný plynulý vzostup hladín trvajúci od konca jesene (október – november), pretrvávajúci v zimnom a v jarnom období a končiaci v apríli – máji, keď je nasledovaný postupným plynulým poklesom. Pokles hladín v letnom období je zapríčinený hlavne zvýšenou evapotranspiráciou, ktorej dlhodobé priemerné hodnoty v mesiacoch apríl – júl sú vyššie ako príslušné hodnoty zrážkových úhrnov (tab. 5.2.1). V tomto období sa teda v dôsledku výparu po kapilárnom vztláčaní a v dôsledku transpirácie zásoby podzemných vôd znižujú.

Zmeny hladinového režimu podzemných vôd v Medzibodroží boli hodnotené za obdobie rokov 1963 – 1995 na základe analýzy časového vývoja priemernej ročnej úrovne hladiny podzemnej vody

Tab. 5.2.1. Bilancia potenciálneho dopĺňania zásoby podzemnej vody vo vnútornej oblasti Medzibodrožia.

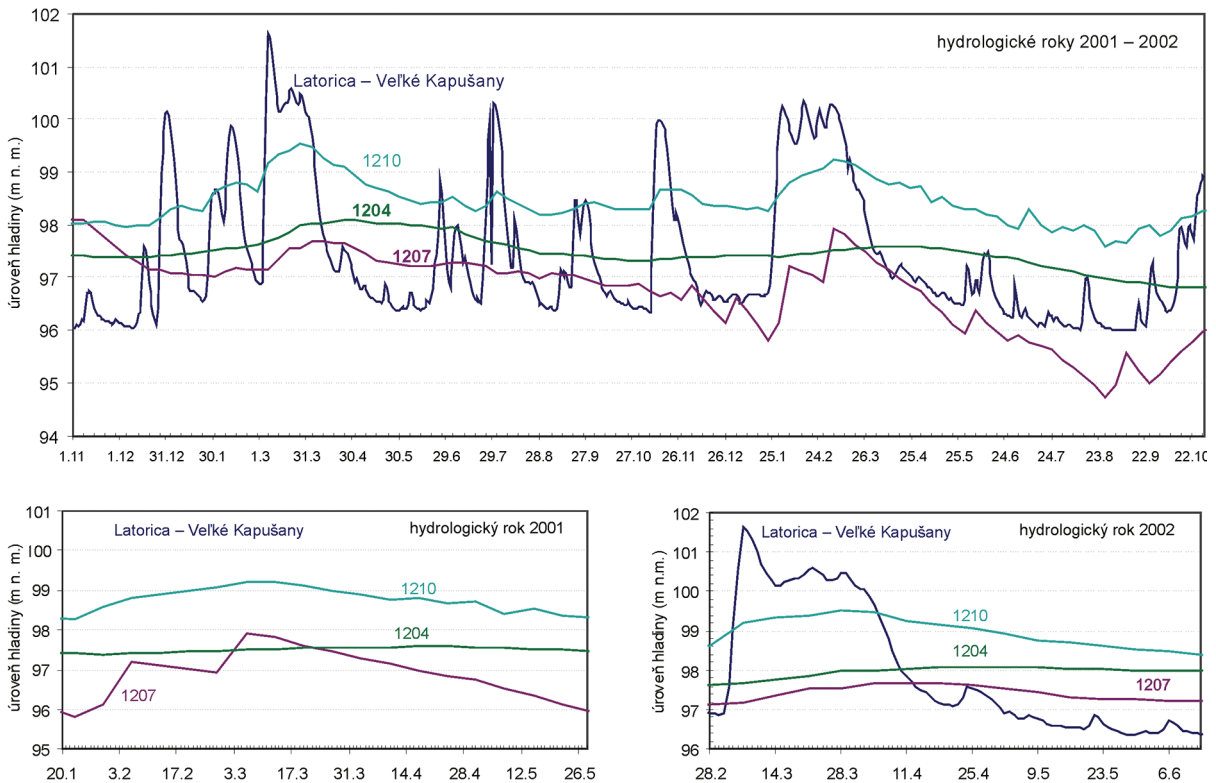
Obdobie		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1951 až 1980	Z	31	31	28	38	55	82	69	69	40	39	47	42	572
	E	1	6	25	56	74	87	82	62	42	18	7	5	465
	I	30	25	3	-18	-19	-5	-13	7	-2	21	40	37	107
1961 až 1990	Z	31	28	34	42	59	74	64	66	43	36	44	38	559
	E	2	8	28	54	79	79	71	53	37	19	8	3	441
	I	29	20	6	-12	-20	-5	-7	13	6	17	36	35	118

Vysvetlivky: Z – dlhodobý priemer zrážkových úhrnov v mm (SHMÚ, Bratislava); E – dlhodobý priemer evapotranspirácie v mm (Tomlain, 1991, 1997); O – potenciálna infiltrácia zo zrážok v mm vypočítaná ako $O = Z - E$.

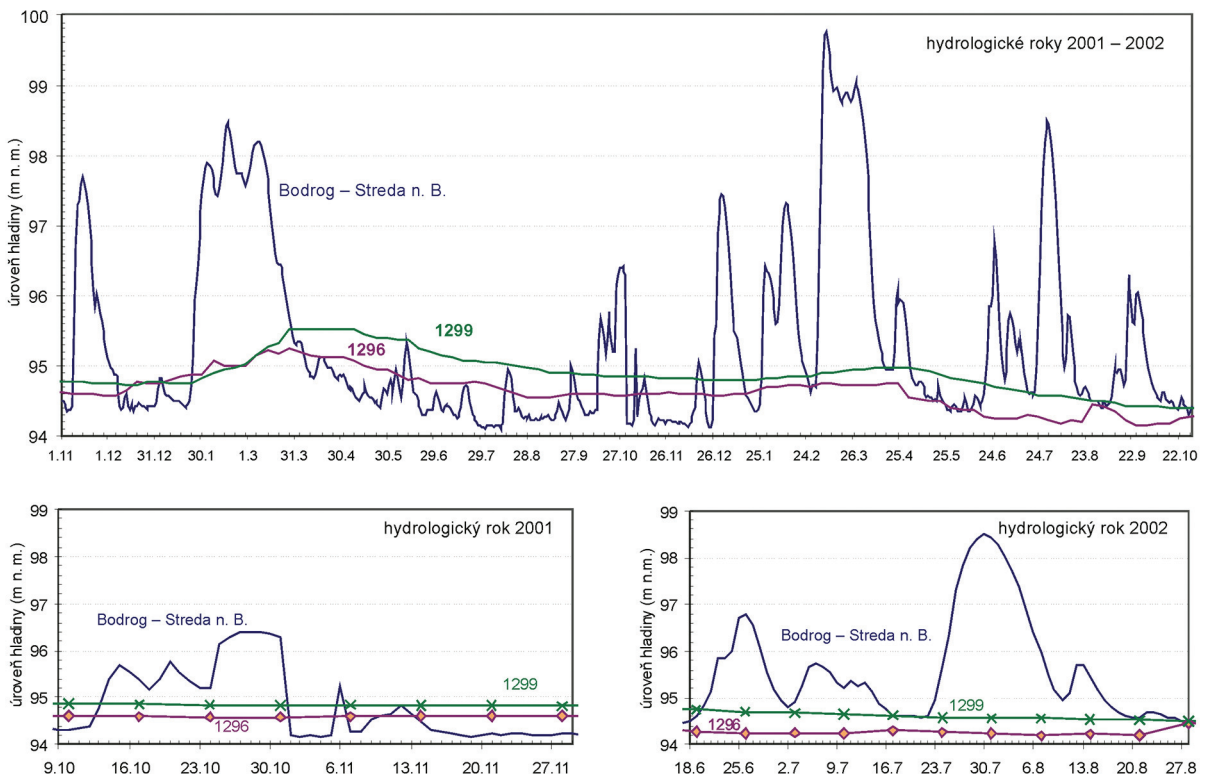
v Medzibodroží, priemernej ročnej sumy zrážok, priemernej ročnej teploty, výparu a bilančného odtoku zo Somatora a priemerného ročného prietoku Bodrogu a Latorice (Horáková et al., 1998). Zistený bol klesajúci trend priemernej ročnej úrovne hladiny podzemnej vody, spôsobený poklesom ročných zrážkových úhrnov ($2,068 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ pri priemernom ročnom zrážkovom úhrne 558 mm) a vzostupom priemernej ročnej teploty vzduchu. Pritom v období rokov 1963 – 1981 prevládal vzostup hladiny a v období 1981 – 1995 pokles. Najmenší pokles hladín bol logicky zistený v poriečnych zónach, najväčší v centrálnej zóne regiónu.

Podzemné vody zvodnenca kvartérnych fluvialných sedimentov sú dotované hlavne infiltráciou atmosférických zrážok (vnútorná oblasť), infiltráciou vôd povrchových tokov (pririečna zóna) a laterálnymi prestupmi podzemných vôd neovulkanických masívov (Tarbucka, Chlmecké pahorky, Vřšok). Zo sezónneho hľadiska sú vhodné podmienky na infiltráciu atmosférických zrážok najmä počas neskorej jesene a relatívne teplých zimných mesiacov, keď mesačná potenciálna infiltrácia dosahuje podľa dlhodobých záznamov zrážkových úhrnov a evapotranspirácie 20 – 40 mm (tab. 5.2.1). Od apríla do júla evapotranspirácia zväčša prevyšuje úhrn zrážok a nedochádza k dopĺňaniu zvodnenca, ale k určitému zníženiu zásoby podzemnej vody.

Pozdĺž svojej severozápadnej hranice, ktorú tvorí tektonický styk s hrasťou Zemplínskych vrchov, drénuje zvodnenec fluvialných sedimentov zvodnenca tejto hrasťovej štruktúry. V oblasti Ladmoviec sú vytvorené podmienky na laterálny prestup puklinovo-krasových podzemných vôd telesa dolomitov ladmovského súvrstvia, v úseku Ladmovce – Zemplín puklinových podzemných vôd metamorfitov zemplinika a v oblasti Zemplína prestup podzemných vôd masívu sarmatských ryodacitov. V oblasti Viničiek možno očakávať prestup podzemných vôd zo sarmatského ryolitového masívu, v oblasti Borše zo súvrstvia kvartérnych eolických sedimentov. Lokálne môžu byť na báze zvodnenca vytvorené podmienky na prestup podzemných vôd neogénnych sedimentárnych kolektorov.

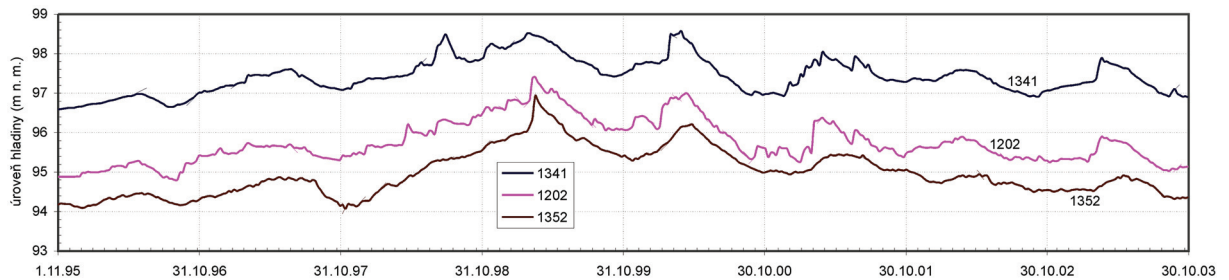


Obr. 5.2.2. Časový priebeh hladiny Latorice a podzemných vôd v sondách č. 1204, 1207 a 1210 v období hydrologických rokov 2001 – 2002 (zdroj vstupných údajov: SHMÚ, Bratislava).

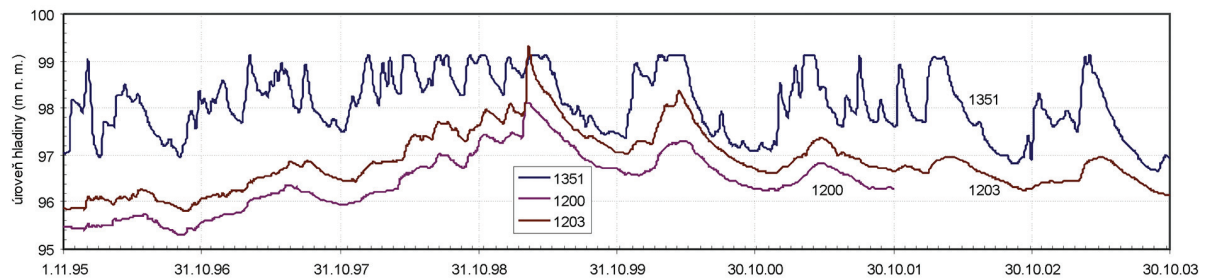


Obr. 5.2.3. Časový priebeh hladiny Bodrogu a podzemných vôd v sondách č. 1296 a 1299 v období hydrologických rokov 2001 – 2002 (zdroj vstupných údajov: SHMÚ, Bratislava).

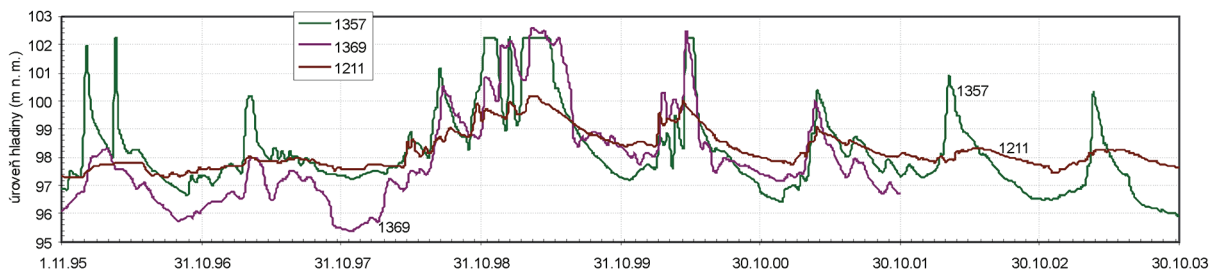
Režim hladiny podzemnej vody zvodnenca je významne ovplyvňovaný okrem prírodných činiteľov antropogénnymi vplyvmi, hlavne vodohospodárskymi úpravami. Vplyv vodohospodárskych úprav na režim podzemných vôd kvartérneho zvodnenca bol predmetom podrobného štúdia (Kaša, 1985), pričom boli zhodnotené režimové pozorovania za obdobie do roku 1963 a obdobie od roku 1964 do roku 1973. Pri porovnaní priemernej mesačnej úrovne hladín v obdobiach pred vodohospodárskymi úpravami a po nich bol zistený vzostup hladín vo východnej časti regiónu a pokles v jeho západnej časti. Zistené rozdiely sú uvedené v tab. 5.2.2 – 5.2.6. Rozdiel vo vodnosti porovnávaných období podľa prietoku



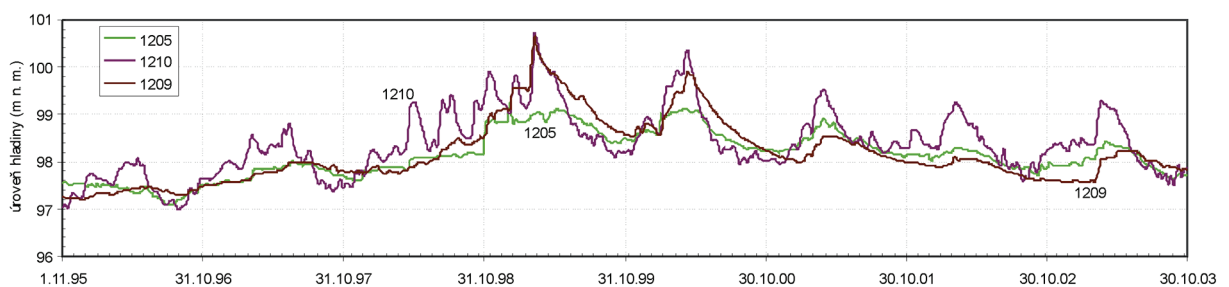
Obr. 5.2.4. Časový priebeh hladín podzemnej vody v sondách č. 1202, 1341 a 1352 v okolí Veľkého Horeša v období hydrologických rokov 1996 – 2003.



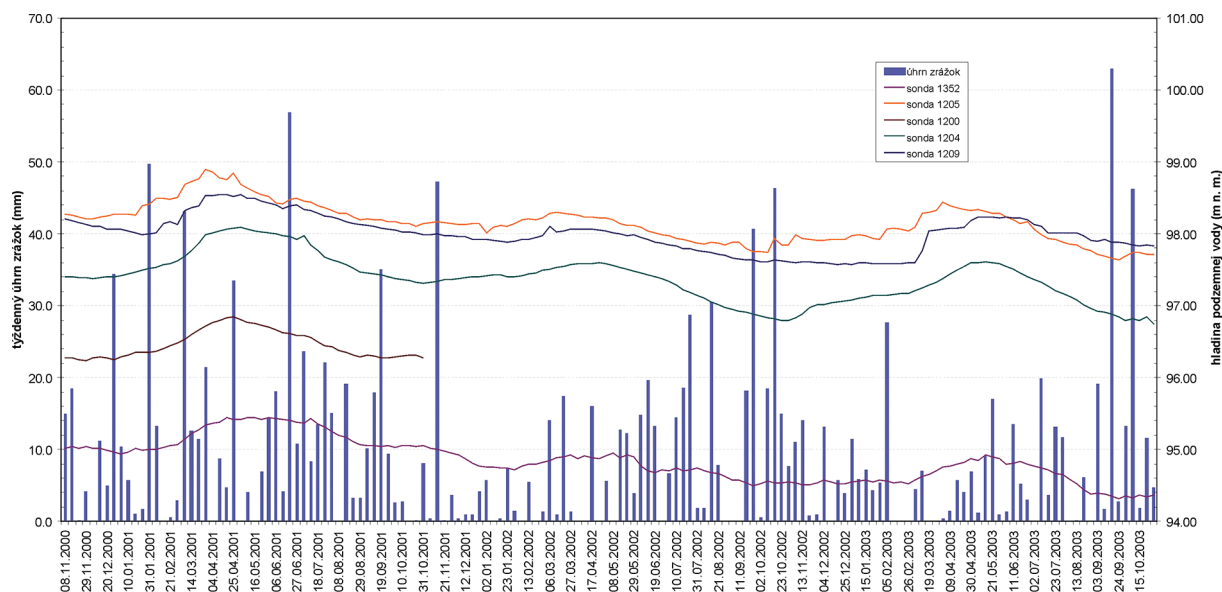
Obr. 5.2.5. Časový priebeh hladín podzemnej vody v sondách č. 1200, 1203 a 1351 v okolí Radu v období hydrologických rokov 1996 – 2003 (zdroj vstupných údajov: SHMÚ, Bratislava).



Obr. 5.2.6. Časový priebeh hladín podzemnej vody v sondách č. 1211, 1357 a 1369 v okolí Malých Trakan v období hydrologických rokov 1996 – 2003.



Obr. 5.2.7. Časový priebeh hladín podzemnej vody v sondách č. 1205, 1209 a 1210 východne od Kráľovského Chlmca v období hydrologických rokov 1996 – 2003 (zdroj vstupných údajov: SHMÚ, Bratislava).



Obr. 5.2.8. Časový priebeh kolísania hladín podzemných vôd v pozorovacích sondách centrálnej oblasti Medzibodrožia vo vzťahu k zrážkam, obdobie hydrologických rokov 2001 – 2003 (zdroj vstupných údajov: SHMÚ, Bratislava).

Tab. 5.2.2. Charakteristická úroveň hladiny podzemnej vody (HPV) pred a po úpravách v profile Bodrog – Strážne (Kaša, 1985). Lokalizácia sond je na obr. 5.2.1.

Objekt číslo	Nadm. výška terénu B. p. v. m n. m.	Priemer HPV m n. m.		Rozdiel m	HPV 30 d m n. m.		HPV 330 d m n. m.	
		pred úpr.	po úpr.		pred úpr.	po úpr.	pred úpr.	po úpr.
3/1	100,06	96,12	95,96	-0,16	96,74	96,56	95,44	95,45
4	99,21	96,46	96,31	-0,15	96,74	96,94	95,65	95,71
5	98,85	96,13	96,08	-0,05	96,43	96,65	95,55	95,60
6	96,98	95,92	95,78	-0,14	96,15	96,26	95,36	95,31
7	96,66	95,72	95,56	-0,16	95,84	96,02	95,13	95,12
9	95,83	95,32	95,17	-0,15	95,64	95,48	94,91	94,87
10/1	97,55	95,10	95,27	+0,17	95,28	95,57	94,67	94,87
11/2	101,97	95,10	95,50	+0,40	95,26	95,85	94,78	95,22
12/3	98,36	95,16	95,36	+0,20	95,36	95,93	94,62	94,92

Bodrogu v profile Streda nad Bodrogom bol hodnotený ako malý a zistené rozdiely boli prisúdené vplyvu realizovaných vodohospodárskych úprav. K najväčšiemu poklesu hladín došlo severne od Chlmeckých kopcov v okolí obcí Vojka a Boľ. K najväčšiemu vzostupu došlo na východnom okraji regiónu v oblasti Velké Trakany – Čierna nad Tisou. V plošnom vyjadrení je územie, na ktorom došlo k vzostupu hladín, asi o polovicu väčšie ako územie poklesu. Vzostup hladín sa nepriaznivo prejavil vznikom zamokrenia v terénnych depresiách v oblasti medzi Pribeníkom a Dobrou a v oblastiach, kde Somotorský kanál pretína kanály Horešský, Plešiansky a Raský.

Charakter prúdenia podzemných vôd zvodnenca kvartérnych fluvialných sedimentov je vo východnej časti Medzibodrožia výrazne modifikovaný umelými hydraulickými zásahmi. Prvým je odber podzemných vôd z vodárenského zdroja Boľany, ktorý trvá od októbra 1982 a v období rokov 2001 až 2003 bolo odoberaných sumárne $75 - 83 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemných vôd na pitné účely. Druhým významným zásahom je prevádzkovanie hydraulickej clony na ochranu pred šírením kontaminácie z areálu ŽPS Čierna nad Tisou, predstavujúce sumárny odber $17 - 30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemných vôd z vrtov ČV-1 až ČV-12 (č. 90 – 96, 102 – 103, 99, 100 – 101) situovaných v rade severne od Čiernej nad Tisou. Na základe

Tab. 5.2.3. Charakteristická úroveň hladiny podzemnej vody (HPV) pred a po úpravách v profile Kucany – Veľký Horeš (Kaša, 1985), lokalizácia sond je na obr. 5.2.1.

Objekt číslo	Nadm. výška terénu B. p. v. m n. m.	Priemer HPV m n. m.		Rozdiel m	HPV 30 d m n. m.		HPV 330 d m n. m.	
		pred úpr.	po úpr.		pred úpr.	po úpr.	pred úpr.	po úpr.
1a	98,19	96,29	96,72	+0,43	98,00	98,19	95,15	95,53
2a	97,87	96,44	96,25	-0,19	97,50	97,04	95,54	95,60
3a	99,25	97,32	96,93	-0,39	98,11	97,51	96,59	96,45
4	100,18	96,72	96,47	-0,25	97,27	96,94	96,27	96,01
5/1	99,90	96,57	96,22	-0,35	97,04	96,62	96,16	95,87
7	99,28	96,99	96,77	-0,22	97,39	97,39	96,14	96,33
8	100,14	97,28	96,87	0,41	97,58	97,28	96,98	96,54
9	100,35	97,43	96,87	-0,56	97,81	97,44	97,04	96,47
10	98,89	97,22	96,84	-0,38	97,53	97,18	96,93	96,51
11	98,41	97,20	96,85	-0,35	97,49	97,24	96,90	96,51
12	98,49	97,18	96,79	-0,39	97,55	97,19	96,85	96,46
13	98,96	97,24	96,90	-0,34	97,60	97,32	96,90	96,51
14	99,04	97,18	97,09	-0,09	97,63	97,53	96,78	96,67
15/19	99,40	97,42	97,22	-0,20	98,09	97,97	96,83	96,57
16/3	99,80	97,00	96,93	-0,07	97,37	97,39	96,66	96,50
17	98,06	96,89	96,97	+0,08	97,47	97,39	96,41	96,28
18	97,81	96,57	96,04	-0,53	97,07	96,79	96,15	95,77
22	98,11	96,21	96,03	-0,18	96,25	96,48	95,64	95,64
24	98,96	95,89	95,82	0,07	96,26	96,13	95,61	95,50

Tab. 5.2.4. Charakteristická úroveň hladiny podzemnej vody (HPV) pred a po úpravách v profile Beša – Plešany (Kaša, 1985), lokalizácia sond je na obr. 5.2.1.

Objekt číslo	Nadm. výška terénu B. p. v. m n. m.	Priemer HPV m n. m.		Rozdiel m	HPV 30 d m n. m.		HPV 330 d m n. m.	
		pred úpr.	po úpr.		pred úpr.	po úpr.	pred úpr.	po úpr.
1	98,81	96,40	97,00	+0,60	98,81	98,81	95,20	95,28
2	98,31	96,76	96,73	-0,03	98,02	97,83	95,83	95,64
3	98,43	96,48	96,51	+0,03	98,00	97,32	95,69	95,60
4	98,88	96,74	96,41	-0,33	97,85	97,15	95,78	95,05
5	100,12	96,89	96,64	-0,25	98,28	97,22	96,18	95,73
7	98,59	97,41	97,16	-0,25	97,86	97,82	96,96	96,51
8	99,39	97,50	97,25	-0,25	97,97	97,82	97,03	96,53
9	100,18	97,68	97,29	-0,39	98,11	97,78	97,29	96,76
10	100,09	97,72	97,38	-0,34	98,35	98,03	97,13	96,69
12	99,03	97,80	97,53	-0,27	98,14	97,98	97,37	96,91
13	100,15	97,99	97,46	-0,53	98,28	97,94	97,38	96,91
15	99,91	97,75	97,43	-0,32	98,20	98,26	97,29	96,78
16	99,17	98,00	98,03	+0,03	98,61	98,77	97,60	97,45
17	98,52	97,43	97,21	-0,22	97,94	98,02	97,00	96,52
18	98,04	97,30	96,99	-0,31	97,87	97,87	96,80	96,27
14/15	99,40	97,42	97,22	-0,20	98,04	97,97	96,83	96,57

výsledkov numerického modelovania prúdenia podzemných vôd bol interpretovaný smer prúdenia podzemných vôd a priebeh ich rozvodníc (Matiová et al., 2001), ktoré sú vyznačené na obr. 5.2.7 a na hydrogeologickej mape (príloha č. 1). Výsledky poukazujú na významné ovplyvnenie prúdenia prejavujúce sa vznikom dvoch depresných kuželov, oddelených od seba rozvodnicou prebiehajúcou od lokality Dravý klin pri Latorici severne od Boňan generálne JJV smerom okolo východného okraja

Tab. 5.2.5. Charakteristická úroveň hladiny podzemnej vody (HPV) pred a po úpravách v profile Veľké Kapušany – Dobrá (Kaša, 1985), lokalizácia sond je na obr. 5.2.1.

Objekt číslo	Nadm. výška terénu B. p. v. m n. m.	Priemer HPV m n. m.		Rozdiel m	HPV 30 d m n. m.		HPV 330 d m n. m.	
		pred úpr.	po úpr.		pred úpr.	po úpr.	pred úpr.	po úpr.
1	99,84	96,83	97,30	+0,47	98,84	99,06	95,81	96,00
2	99,79	97,02	97,45	+0,43	98,97	99,17	96,02	96,16
4	99,76	97,61	97,71	+0,10	98,38	98,91	96,90	96,88
5	99,52	97,69	97,87	+0,18	98,72	99,07	97,32	96,99
6	101,94	97,82	97,97	+0,15	98,54	98,60	97,20	97,08
9	98,66	98,11	98,28	+0,17	98,55	99,00	97,67	97,42
10/3	108,96	98,17	98,27	+0,10	98,56	98,94	97,81	97,54
11/4	102,40	98,22	98,42	+0,20	98,61	99,02	97,88	98,02
12	101,23	98,16	98,36	+0,20	98,55	99,42	97,85	97,55
13	101,61	98,22	98,37	+0,15	99,11	99,15	97,91	97,68
14	99,73	98,26	98,36	+0,10	98,61	99,04	97,95	97,62
15	100,31	98,23	98,23	0,00	98,62	99,04	97,91	97,62
16	100,78	98,38	98,44	+0,06	98,91	99,78	97,91	97,55
19	100,02	98,25	98,68	+0,43	98,68	99,47	97,81	97,68
20	100,28	98,18	98,64	+0,46	98,61	99,45	97,88	97,81
21	99,69	98,13	98,34	+0,21	98,73	99,01	97,75	97,65
22	102,37	97,95	98,30	+0,35	98,40	98,85	97,60	97,50
23	100,09	98,05	98,30	+0,25	98,65	98,81	97,66	97,61
24	99,10	97,83	98,28	+0,45	98,39	98,98	97,41	97,49

Tab. 5.2.6. Charakteristická úroveň hladiny podzemnej vody (HPV) pred a po úpravách v profile Ptrukša – Veľké Trakany (Kaša, 1985), lokalizácia sond je na obr. 5.2.1.

Objekt číslo	Nadm. výška terénu B. p. v. m n. m.	Priemer HPV m n. m.		Rozdiel m	HPV 30 d m n. m.		HPV 330 d m n. m.	
		pred úpr.	po úpr.		pred úpr.	po úpr.	pred úpr.	po úpr.
1	101,60	98,12	98,39	+0,27	99,56	100,06	97,16	97,41
2	101,86	98,28	98,86	+0,58	99,39	100,27	97,42	97,53
3	102,04	98,35	98,91	+0,56	99,01	99,92	97,66	97,71
5/5	101,71	98,31	98,77	+0,46	98,78	99,74	97,63	97,73
6/3	103,25	98,30	98,97	+0,67	98,76	100,42	97,57	97,78
7/4	102,30	98,48	99,19	+0,71	99,06	100,33	97,80	98,31
8	101,77	98,52	99,23	+0,71	98,90	100,71	97,94	97,86
9	102,25	98,26	99,09	+0,83	98,55	99,83	97,65	97,85
10	102,66	98,20	98,97	+0,77	98,54	99,91	97,45	97,74
12/3	103,52	98,05	99,32	+1,27	99,91	100,45	97,06	97,78
13	102,10	98,06	98,91	+0,85	98,54	99,67	97,23	97,35

Boňan a Čiernej nad Tisou k hranici s Ukrajinou. Rozvodnica podzemných vôd bola identifikovaná aj medzi hydraulickou clonou Čierna nad Tisou a riekou Tisa, pričom prebieha v smere približne VSV – ZJZ od začiatku hraničného úseku toku Tisy cez Malé Trakany a Veľké Trakany.

Obeh a režim podzemných vôd neovulkanických masívov

Masívy neovulkanitov tvoria v regióne Medzibodrožia pahorky vyvýšené maximálne 170 m nad okolitou rovinou. Ich povrch je obnažený alebo prekrytý dobre priepustnými eolickými sedimentmi, čo vytvára dobré predpoklady na infiltráciu zrážkových vôd do masívu. Potvrďuje to absencia stálych povrchových tokov na ploche výskytu neovulkanitov a len sporadický výskyt prameňov.

Keďže neovulkanické masívy sú budované prevažne efuzívnymi a extruzívnymi typmi hornín, uplatňuje sa v nich hlavne puklinový typ priepustnosti. Nepravidelná sieť puklín tektonického pôvodu je v pripovrchovej zóne zvýraznená ťahovými puklinami, dôsledkom čoho je vznik lokálnych priestorovo obmedzených plytkých obehov s hladinou tesne pod úrovňou terénu, hoci na väčšine územia neovulkanitov je hladina podzemnej vody vo väčšej hĺbke.

Hladina podzemnej vody v hydrogeologických vrtoch bola zaznamenaná v hĺbke zhruba od úrovne terénu po 18,6 m pod terénom. V studniach na vulkanických pahorkoch, dosahujúcich hĺbku 5 – 35 m, sme v období 30. 6. – 15. 7. 2003 zaznamenali úroveň hladiny podzemnej vody 1,75 – 32,2 m pod terénom, najčastejšie 4 – 10 m pod terénom. Piezometrická úroveň podzemnej vody neovulkanických masívov je teda na značne vyššej úrovni ako podzemná voda zvodnenca kvartérnych fluvialnych sedimentov. Hoci dosiaľ nie sú k dispozícii exaktné údaje o časovom chode hladín podzemnej vody v tomto prostredí, možno predpokladať rýchlu reakciu na zrážkové udalosti a značný rozkyv hladiny v jednotlivých lokalitách.

Ojedinelý výskyt dosiaľ nedokumentovaných výverov podzemných vôd (prameňov) sme zaznamenali v oblasti Chlmeckých kopcov a Tarbucky.

V oblasti Chlmeckých kopcov sme napriek podrobnému terénemu mapovaniu zistili len jeden zjavný výver podzemnej vody (č. 1, prameň „Pod grófskou studňou“). Nachádza sa 500 m VSV od kóty Veľký kopec v nadmorskej výške 278 m n. m.. Výver nastáva rozptýlene na úseku asi 10 m na dne a na báze pravého svahu v závere eróznej strže, zarezanej v neovulkanickom masíve andezitov, hlbokaj asi 10 m. Asi 30 m povyššie prameňa sa nachádza známa „Grófska studňa“, slúžiaca na zavlažovanie miestnych viníc. Hladina vody v tejto studni bola dňa 27. 4. 2003 v hĺbke 7,40 m p. t., merná elektrická vodivosť vody dosahovala $78,9 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH 6,97 a teplota vody $9,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Vo viacerých lokalitách oblasti sme zistili výskyt hladiny podzemnej vody plytko pod úrovňou terénu (menej ako 1,5 m) aj vo vyšších polohách pahorkov, čo potvrdzuje výskyt lokálnych izolovaných obehov podzemnej vody malého rozsahu.

Na dne eróznej strže asi 1 070 m severne od kóty Tarbucka v nadmorskej výške 157 m n. m. vyviera sutinovo-puklinový prameň (č. 2, prameň „Tarbucka 1“). Strž je hlboká asi 3,5 m a pod vrstvou spraší eroduje povrch vulkanického masívu, tvoreného elúviom extruzívneho hruboporfýrického ryodacitu. Voda vyviera v podobe dvoch sústredených výverov vzdialených od seba 0,5 m. Zistili sme, že prameň nie je stály, v letnom období vysychá. Výdatnosť je značne nestála, opakovaním merania v období po zrážkach sme zistili počas dvoch dní pokles výdatnosti z $0,207 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na $0,162 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tab. 5.2.7. Hydrologické a základné fyzikálno-chemické údaje dokumentovaných prameňov Medzibodrožia.

Prameň	Dátum	Výdatnosť ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$)	$T_{\text{H}_2\text{O}}$ ($^\circ\text{C}$)	EC ($\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$)	pH
Pod grófskou studňou (č. 1)	27. 4. 2004	0,223	9,8	42,1	7,55
	2. 7. 2004	0,140	13,8	31,6	7,35
	20. 8. 2004	0,110	15,3	30,9	7,92
Tarbucka 1 (č. 2)	26. 4. 2003	0,207	7,6	25,0	6,94
	28. 4. 2003	0,162	7,5	23,9	6,84
	30. 6. 2004	0			
Tarbucka 2 (č. 3)	26. 4. 2004	0,016	9,8	22,0	7,03

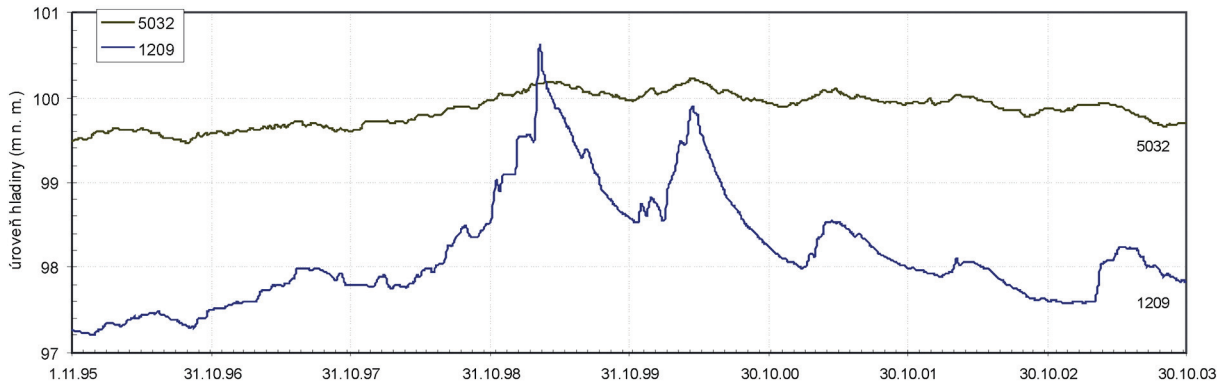
Vysvetlivky: EC – merná elektrická vodivosť vody.

Tab. 5.2.8. Maximálna, minimálna a priemerná úroveň hladín podzemných vôd Medzibodrožia v období hydrologických rokov 1995 – 1999 (zdroj: SHMÚ, Bratislava).

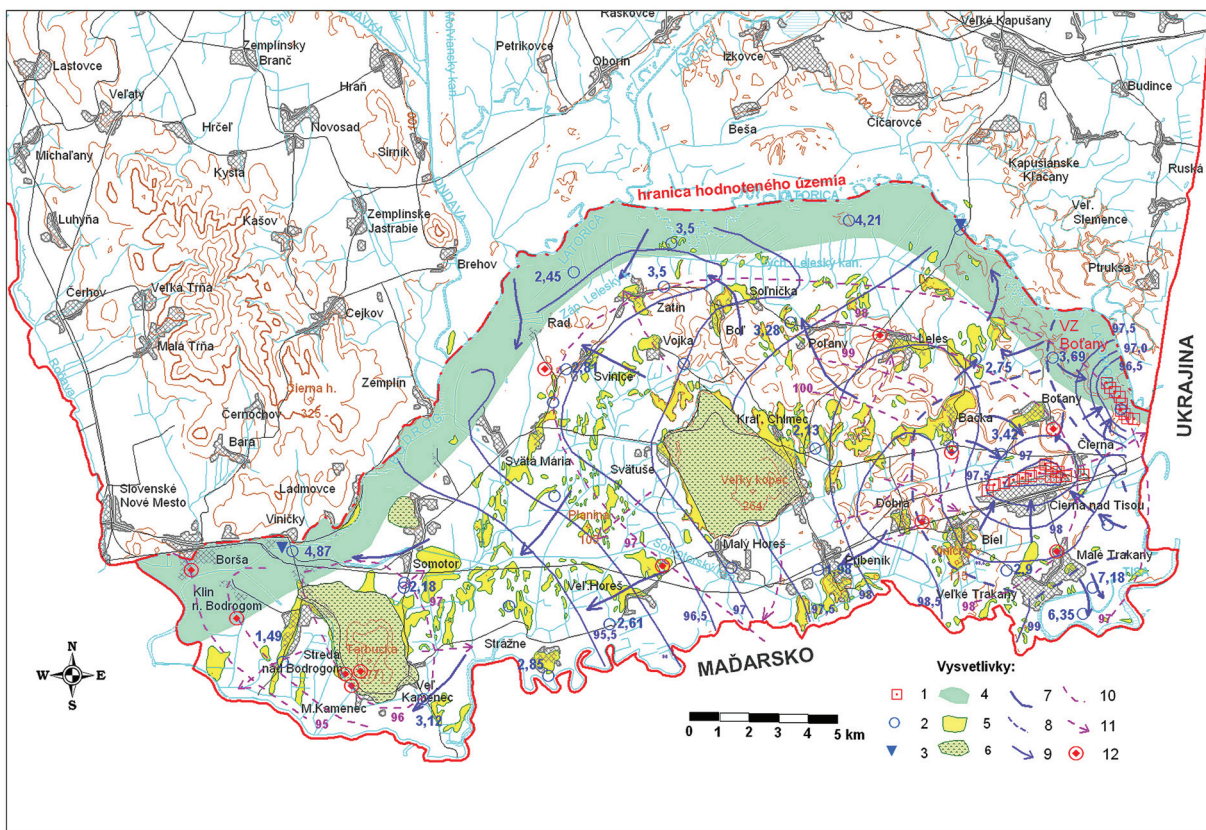
Katalógové číslo	1995			1996			1997			1998			1999		
	H max.	H min.	H priem.	H max.	H min.	H priem.	H max.	H min.	H priem.	H max.	H min.	H priem.	H max.	H min.	H priem.
1200	95,92	95,35	95,60	95,75	95,29	95,52	96,36	95,59	96,01	97,11	95,94	96,53	98,10	96,72	97,32
1202	94,23	93,78	93,97	94,35	93,73	93,98	94,67	94,24	94,46	94,45	93,40	93,91	97,41	96,06	96,64
1203	96,51	95,77	96,11	96,27	95,82	96,01	96,88	96,08	96,50	97,70	96,42	97,12	99,32	97,07	97,84
1204	96,92	96,27	96,56	96,82	96,29	96,56	97,59	96,77	97,21	98,33	97,04	97,68	99,57	97,84	98,49
1205	97,55	97,23	97,37	97,57	97,11	97,40	98,01	97,52	97,76	98,19	97,61	97,97	99,24	98,39	98,83
1207	98,07	95,99	96,79	97,61	95,29	96,38	98,09	96,19	97,02	98,47	96,31	97,37	98,60	95,42	96,94
1209	97,53	97,31	97,41	97,49	97,21	97,35	97,99	97,51	97,77	97,67	96,92	97,19	100,63	98,58	99,34
1210	98,86	97,04	97,70	98,08	97,00	97,48	98,81	97,37	98,00	99,41	97,46	98,47	100,69	98,08	99,15
1211	97,74	97,17	97,45	97,83	97,28	97,54	98,02	97,51	97,79	99,91	97,59	98,23	100,18	98,46	99,37
1294	97,26	95,11	95,90	96,03	95,10	95,53	96,45	95,06	95,90	97,68	95,53	96,50	99,83	95,62	97,11
1296	94,56	94,10	94,32	94,60	94,03	94,29	94,89	94,43	94,63	95,46	94,44	94,97	95,46	93,97	95,27
1299	94,44	94,04	94,23	94,24	93,94	94,07	94,81	94,15	94,52	95,85	94,48	95,02	97,06	95,31	96,11
1341	96,97	96,54	96,75	97,01	96,59	96,78	97,61	97,02	97,31	98,49	97,08	97,63	98,52	97,42	98,01
1351	99,12	96,34	97,90	99,05	96,96	97,73	99,20	97,55	98,22	99,12	97,50	98,62	99,12	97,45	98,41
1352	94,49	94,09	94,28	94,47	94,09	94,28	94,87	94,15	94,61	95,53	94,07	94,88	96,92	95,39	95,94
1357	99,22	96,61	97,63	102,24	96,65	97,96	100,17	97,02	97,91	101,12	97,24	98,41	102,24	97,32	100,09
1369	97,80	95,60	96,59	98,30	95,76	96,84	97,96	95,48	96,86	100,51	95,40	97,48	102,58	98,37	100,49
3208										99,24	98,00	98,61	100,68	99,02	99,79
3298										96,55	95,25	95,82	97,23	96,05	96,61
5032	99,72	99,49	99,61	99,65	99,47	99,56	99,72	99,57	99,64	99,97	99,61	99,78	100,19	99,97	100,08

Tab. 5.2.9. Maximálna, minimálna a priemerná úroveň hladín podzemných vôd Medzibodrožia v období hydrologických rokov 2000 – 2003 (zdroj: SHMÚ, Bratislava).

Katalógové číslo	2000			2001			2002			2003		
	H max.	H min.	H priem.	H max.	H min.	H priem.	H max.	H min.	H priem.	H max.	H min.	H priem.
1200	97,30	96,30	96,78	96,84	96,24	96,46						
1202	97,00	95,33	96,23	96,38	95,27	95,74	95,89	95,29	95,56	95,89	95,03	95,54
1203	98,37	96,73	97,38	97,38	96,61	96,90	96,97	96,25	96,65	96,97	96,16	96,62
1204	98,81	97,42	98,03	98,09	97,31	97,65	97,60	96,80	97,30	97,60	96,74	97,27
1205	99,11	98,22	98,66	98,90	98,10	98,40	98,30	97,74	98,06	98,30	97,64	98,04
1207	98,94	95,08	96,77	98,38	97,12	97,54	97,92	94,73	96,24	97,92	95,06	96,20
1209	99,90	98,27	98,91	98,54	97,99	98,23	98,11	97,61	97,88	98,11	97,57	97,85
1210	100,32	97,96	98,77	99,53	97,96	98,51	99,23	97,59	98,37	99,23	97,50	98,35
1211	100,01	98,01	98,78	99,06	97,77	98,26	98,32	97,76	98,04	98,32	97,46	98,01
1294	99,85	95,50	96,47	98,30	95,23	96,20	97,44	95,20	95,94	97,44	94,98	95,90
1296	95,46	94,40	95,04	95,25	94,53	94,81	94,73	94,15	94,47	94,73	93,98	94,45
1299	96,64	94,79	95,56	95,53	94,71	95,05	94,98	94,39	94,73	94,98	94,19	94,69
1341	98,57	96,96	97,68	98,04	96,94	97,48	97,59	96,91	97,28	97,59	96,90	97,26
1351	99,12	97,10	98,12	99,12	97,10	98,04	99,09	96,84	97,82	99,09	96,67	97,79
1352	96,21	94,99	95,58	95,45	94,94	95,18	95,02	94,50	94,77	94,95	94,32	94,73
1357	102,24	97,05	98,33	100,38	96,44	97,85	100,85	96,54	97,84	100,85	95,89	97,76
1369	102,40	97,47	98,62	99,95	96,74	97,63						
3208	100,42	98,65	99,39	99,33	98,43	98,77	98,80	97,98	98,38	98,80	97,93	98,35
3298	96,85	95,61	96,24	96,33	95,55	95,86	95,73	95,18	95,50	95,73	95,05	95,48
5032	100,23	99,94	100,07	100,10	99,89	99,98	100,03	99,78	99,92	100,03	99,66	99,91
6312	98,96	95,84	96,88	98,79	95,80	96,83	98,31	95,59	96,58	98,31	95,46	96,54



Obr. 5.2.9. Časový priebeh úrovne hladiny podzemnej vody v pozorovacích sondách č. 1209 (kvartérny zvodnenec) a č. 5032 (neogénny zvodnenec) v lokalite Bačka za obdobie rokov 1996 – 2003 (zdroj vstupných údajov: SHMÚ, Bratislava).



Obr. 5.2.10. Obeh a režim podzemných vôd Medzibodrožia. 1 – významný odberný objekt; 2 – sonda SHMÚ s hodnotou rozkvyu hladiny (m); 3 – vodomerňý profil SHMÚ; 4 – príriečna zóna kvartérneho zvodnenca; 5 – plochy intenzívnej infiltrácie atmosférických vôd; 6 – plochy s režimom neovulkanických masívov; 7 – hydrozooptics kvartérneho zvodnenca; 8 – rozvodnica kvartérnych podzemných vôd; 9 – smer prúdenia kvartérnych podzemných vôd; 10 – hydrozooptics neogénneho zvodnenca; 11 – smer prúdenia v neogénnom zvodneneci; 12 – hydrogeologický vrt v neogénnom kolektore.

Asi 90 m povyššie prameňa Tarbucka 1 (175 m n. m.) v tej istej eróznej strži sústredene vyviera prameň Tarbucka 2 (č. 3), z dna erózneho koryta na ploche priemeru 1 m. Vytvára mierny zárez do pravej steny svahu. Materiál prameniska tvorí kamenito-balvanito-piesčitá suť ryodacitu a eolických pieskov. Zistené hodnoty výdatnosti a základných fyzikálno-chemických parametrov vody dokumentovaných prameňov sú uvedené v tab. 5.2.7.

Obeh a režim podzemných vôd vo zvodnencoch neogénnych sedimentov

Súvrstvia neogénnych sedimentov vystupujúce v regióne Medzibodrožia výlučne v podloží zvodnenca kvartérnych sedimentov majú z regionálneho hľadiska oproti nemu funkciu izolátora. Vrstvy neogénnych kolektorských hornín – pieskov, štrkov alebo vulkanických hornín – vystupujú v prostredí ílov. Sú subhorizontálne uložené a nevystupujú na povrch, čo vylučuje ich dotáciu priamou infiltráciou atmosférických vôd. Laterálne sa pozdĺž okrajov stýkajú s hrasťovými štruktúrami neovulkanických masívov, a preto môžu byť dotované prestupmi podzemnej vody puklinových neovulkanických kolektorov.

Hydroizopiezy podzemných vôd neogénnych súvrství, konštruované na základe údajov zistených vrtmi (Michalík et al., 1995), koncentricky obklopujú hrasti neovulkanitov (obr. 5.2.10) a poukazujú na pokles piezometrických výšok v smere od ich centra. To dokumentuje, že vystupujúce telesá neovulkanických hornín majú funkciu infiltračných oblastí, z ktorých podzemné vody zostupujú do hĺbky a laterálne prestupujú do kolektorských vrstiev neogénnych sedimentov, s ktorými sú v hydraulickom kontakte. Porovnaním priebehu čiar hladín podzemných vôd kvartérnych sedimentov (sonda č. 1209) a neogénnych sedimentov (sonda č. 5032) v lokalite Bačka zisťujeme (obr. 5.2.9), že hoci rozkyv hladiny podzemnej vody v neogénnom zvodnenci je oveľa menší oproti kvartérnemu zvodnencu (0,76 m oproti 3,42 m za obdobie rokov 1995 – 2003), vertikálny pohyb hladín v čase je synchronný. To dokumentuje hydraulickú komunikáciu oboch zvodnencov. Tá by mohla fungovať najmä prostredníctvom plôch, kde sú neogénne súvrstvia priamym podloží kvartérnych pieskov (napr. v reze 2 – 2' západná časť stražnianskej depresie a v reze 1 – 1' oblasť južne od chlmeckej hrasti). Vzhľadom na kryhovú stavbu územia spôsobenú vertikálnymi posunmi pozdĺž zlomov prevažne generálnych smerov SZ – JV a SV – JZ možno tu predpokladať aj existenciu laterálneho styku kvartérnych a neogénnych kolektorov na zlomoch. Jednotlivé kryhy približne obdĺžnikového tvaru majú rozmery strán v intervale 1 – 5 km (podľa geologickej mapy – Baňacký et al., 1988).

Obeh a režim podzemných vôd v hydrogeologickom masíve zemlinika

Zrážky infiltrované do masívu metamorfítov cejkovského súvrstvia, vystupujúcich na povrch v podobe osamelého tvrdoša severovýchodne od Stredy nad Bodrogom s nepatrnou rozlohou, sú skryte odvádzané pripovrchovou zónou a drénované okolitým zvodnencom kvartérnych fluvialných sedimentov. V podloží kvartérnych, resp. neogénnych kolektorov vystupuje masív zemlinika vo funkcii hydrogeologického izolátora a tvorí ich nepriepustné podložie. Len pozdĺž priepustných regionálnych zlomov môže dochádzať k prestupom malého množstva vôd hlbokého obehu z hydrogeologického masívu do nadložných sedimentov.

6. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY

6.1. CHARAKTERISTIKA PROCESOV TVORBY CHEMICKÉHO ZLOŽENIA PODZEMNÝCH VÔD REGIÓNU

Tvorba chemického zloženia podzemných vôd prebieha vo viacerých fázach hydrologického cyklu vody. Za iniciálny stav tohto procesu možno pokladať chemické zloženie zrážkových vôd. Zmeny chemického zloženia iniciálnych vôd prebiehajú postupne vo vegetačnom pokryve, v pôdnom profile a v horninovom prostredí. Vo všeobecnosti k najdôležitejším primárnym faktorom ovplyvňujúcim chemické zloženie podzemných vôd zaraďujeme:

- množstvo a fyzikálno-chemické vlastnosti zrážkových vôd, resp. povrchových vôd vstupujúcich do podzemného obehu,
- charakter vegetácie a pôdneho pokryvu,
- mineralogicko-petrografické zloženie horninového prostredia a charakter jeho priepustnosti,
- hydrodynamické, termodynamické, resp. oxidačno-redukčné podmienky obehu prírodných vôd a dĺžku ich interakcie s horninami,
- morfológiu terénu,
- tektonické pomery,
- činnosť mikroorganizmov,
- druhotné procesy metamorfózy vôd – miešanie a iónovýmienné procesy.

Na hodnotenom území sa formujú tri základné skupiny podzemných vôd. Tie, ktorých chemické zloženie je v úzkej korelácii s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia ich obehu, sa v zmysle genetickej klasifikácie podzemných vôd Západných Karpát (Gazda, 1974) označujú ako petrogénne, resp. vody s petrogénnou mineralizáciou. Ich zdrojom sú miestne zrážky. Druhú skupinu predstavujú podzemné vody aluviálnych náplavov hlavných riek Latorica, Tisa a Bodrog. Keďže okrem miestnych zrážok sú ich zdrojom aj povrchové toky, vyznačujúce sa vlastnou časovo a priestorovo premenlivou mineralizáciou, obsahujú významný podiel potamogénnej mineralizácie. Na hodnotené územie prinášajú vody riek Latorica a Tisa mineralizáciu tvoriacu sa mimo neho na území Ukrajiny (Latorica, Tisa). Rieka Bodrog je navyše aj nositeľom mineralizácie tvoriacej sa v časti východného Slovenska v povodiach Ondavy a Laborca. Tretia skupina sa viaže na hlbšie uložené kolektory neogénnych hornín s napätou hladinou. Ide o vody s polygénnou mineralizáciou – ich petrogénna karbonátovo-silikátogénna mineralizácia je obohacovaná migráciou vôd s thalaso-génnou mineralizáciou.

Z hľadiska dopĺňania množstva podzemnej vody majú v oblasti Medzibodrožia významnú úlohu miestne atmosférické zrážky. Tie sú dôležité aj z hľadiska tvorby jej chemického zloženia, pretože prinášajú do horninového prostredia určitý obsah solí získaných z atmosféry. Ich zvýšený obsah signalizuje antropogénne znečistenie. Z tohto hľadiska sú tu rozhodujúce najmä zimné zrážky, pri ktorých sa zistilo, že najviac odrážajú dlhodobjšiu kvalitu ovzdušia. Údaje o kvalite zimných zrážok (snehu) vo vzťahu k územiu Medzibodrožia sú k dispozícii z dvoch najbližších lokalít mimo regiónu – z Vojan a Cejkova. V týchto lokalitách sa vykonávajú dlhodobé režimové merania chemického zloženia zimných zrážok, ktorých výsledky štatistického spracovania po 10-ročnom sledovaní uvádza tab. 6.1.1 (Vrana et al., 1989) a po 25-ročnom sledovaní tab. 6.1.2 (Bodiš et al., 2000).

Z uvedených údajov vyplýva, že zrážkové vody v okolí Vojan (tepelná elektráreň) sú nositeľmi pomerne významnej mineralizácie (max. až cca $70 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), vrátane väčšieho prínosu všetkých sledovaných kovov. Z hľadiska štatistického hodnotenia jednotlivých parametrov v dlhšom 25-ročnom období je možné pozorovať mierny pokles priemerného obsahu základných sledovaných zložiek, pričom však v obsahu kovov (Fe a Mn) sa trend poklesu neprejavil. Je pravdepodobné, že podiel tohto charakteru mineralizácie

Tab. 6.1.1. Priemerné chemické zloženie zimných atmosférických zrážok vo Východoslovenskej nížine v období rokov 1976 – 1985 (Vrana et al., 1989).

Lokalita početnosť parameter	pH	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MIN mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Al μg/l	Cu μg/l	Zn μg/l	Pb μg/l	
Vojany (n = 8)																		
x	5,16	1,05	0,36	4,15	0,45	4,94	14,02	6,21	1,51	1,85	39,12	0,69	0,032	1 813	24	80	27	
min	4,10	0,13	0,01	1,03	0,17	1,20	4,10	1,25	0,79	0,65	22,61	0,07	0,006	1 000	3	13	10	
max	6,80	5,00	0,91	10,40	0,81	9,54	27,76	9,85	3,65	3,12	70,39	2,30	0,088	3 720	90	240	55	
Cejkov (n = 8)																		
x	4,84	0,29	0,23	1,90	0,23	2,95	5,86	2,89	0,89	1,32	19,58	0,421	0,036	3 93	5	51	18	
min	4,25	0,03	0,07	0,50	0,07	0,75	2,95	1,40	0,50	0,50	11,04	0,060	0,014	1 40	2	10	4	
max	6,34	0,70	0,52	4,85	0,48	6,20	9,16	4,55	1,55	3,50	33,43	1,680	0,130	950	13	180	33	

Tab. 6.1.2. Priemerné chemické zloženie snehovej pokrývky vo Východoslovenskej nížine – výsledky 25-ročného pozorovania (Bodiš et al., 2000).

Lokalita početnosť parameter	pH	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	MIN mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Sr mg/l
Vojany													
x	5,20	0,58	0,22	2,53	0,36	2,9	8,69	3,65	1,135	25,44	0,693	0,027	0,040
min	4,10	0,03	0,01	0,26	0,06	0,28	1,50	0,05	0,130	9,56	0,070	0,010	0,010
max	6,80	5,00	0,91	10,40	0,81	9,54	27,76	9,85	3,120	70,38	2,300	0,090	0,090
Cejkov													
x	4,75	0,21	0,17	1,36	0,22	2,02	5,22	3,06	1,269	16,40	0,316	0,043	0,034
min	3,98	0,02	0,03	0,25	0,06	0,34	2,10	1,30	0,360	6,89	0,040	0,007	0,003
max	6,34	0,70	0,52	4,85	0,59	6,20	10,45	9,67	4,500	33,43	1,680	0,250	0,180

sa v okolí Vojan uplatňuje aj v plytkých podzemných vodách kvartérnych zvodní. Autori (Vrana et al., 1989) v hodnotení rokov 1976 až 1985 uvádzajú, že na priemyselne a poľnohospodársky exponovaných územiach SR, medzi ktoré patrí aj okolie tepelnej elektrárne vo Vojanoch, je potenciálny vysoký prínos solí najmä v zimnom polroku (október – marec).

Hlavnými mineralizačnými procesmi, ktoré sa môžu podieľať na tvorbe chemického zloženia podzemných vôd s petrogénnou mineralizáciou, sú rozpúšťanie karbonátov, hydrolytický rozklad silikátov, rozpúšťanie sadrovca, oxidácia sulfidov, iónovymenné procesy a biochemické procesy. Na predmetnom území je potrebné pri hodnotení mineralizačných procesov rozlíšiť nasledujúce hlavné typy horninového prostredia: neovulkanity, neogénne sedimenty a kvartérne nívne sedimenty. Na základe miery vplyvu hlavných mineralizačných procesov na tvorbu výsledného chemického zloženia možno následne na hodnotenom území rozlíšiť niekoľko genetických skupín podzemných vôd.

Neovulkanity v Medzibodroží vystupujú nad úroveň fluvialnej roviny v podobe niekoľkých pahorkov, kde sú čiastočne prekryté sprašami. Chlmecké pahorky sú budované na povrchu takmer výlučne lávovými prúdmi pyroxénického andezitu, v podloží s ryodacitovými tufmi. Hrať kóty Tarbucka je budovaná prevažne extruzívnym hruboporfýrickým ryodacitom (výrastlice plagioklasu An_{25-38} tvoria 25 – 30 %, kremeňa 5 – 10 %, amfibolu a biotitu 1 – 3 %, základná hmota je felsitická), v nadloží s lávovými prúdmi pyroxénických andezitov. Iniciálny zdroj podzemných vôd v priestore pahorkov tvoria výlučne miestne zrážky, ktoré do neovulkanického masívu na značnej ploche infiltrujú cez niekoľko metrov hrubú vrstvu viatych slabo vápnitých až vápnitých jemnozrnných pieskov. Infiltrujúce kyslé zrážkové vody sa tu obohacujú mineralizáciou pri rozpúšťaní vápnitej zložky pieskov. Výskyt neovulkanitov bol zistený aj v hĺbke pod kvartérnymi, prípadne neogénnymi sedimentmi. Základným procesom tvorby chemického zloženia vôd v prostredí neovulkanických hornín je hydrolytický rozklad silikátov. Pozitívny vplyv na intenzitu rozkladu silikátov má prítomnosť CO_2 a zvýšená teplota, s čím zvyčajne súvisí aj pomerne značná variabilita hodnôt obsahu rozpustených látok vo vode. Dôležitým faktorom v tomto prípade je aj dĺžka interakcie s horninovým prostredím, avšak aj pri dlhšom zdržaní v prípade obehov, ktoré nie sú dotované juvenilným CO_2 , dosahuje celková mineralizácia nízku hodnotu ($0,2 - 0,6 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Pre tvorbu silikátogénnej mineralizácie je charakteristický nárast pomeru iónu Na^+ oproti Ca^{2+} smerom do hĺbky, čo sa prejavuje postupným posunom zloženia z Ca-(Mg)- HCO_3 typov na typ Na- HCO_3 . Predpokladá sa, že pri formovaní tejto zákonitosti je nízke zastúpenie vápnika oproti sodíku výsledkom ireverzibilného rozpúšťania živcov, keď rast koncentrácie Na nie je limitovaný, ale obsah Ca sa od určitej úrovne nezvyšuje kvôli kryštalizácii Ca-montmorillonitu alebo kalcitu (Pačes, 1983). Miera významnosti uplatnenia procesu oxidácie sulfidov závisí od množstva sulfidickej síry v horninách, obsahu kyslíka potrebného na ich oxidáciu a od podmienok na biochemickú oxidáciu (klimatické podmienky, obsah živín a pod.).

Reprezentantmi podzemných vôd pripovrchovej zóny neovulkanitov sú pramene „Tarbucka“ (č. 19 na hydrogeochemickej mape, Streda nad Bodrogom) a „Pod grófskou studňou“ (č. 97, Kráľovský Chlmec). Ich chemické zloženie ovplyvňuje okrem hydrolýzy silikátových minerálov neovulkanických hornín aj pokryvná vrstva viatych pieskov v miestach svojho výskytu, a to rozpúšťaním ich vápnitej zložky. Dokumentuje to zistená hodnota indexu nasýtenia SI oproti kalcitu vody prameňa „Pod grófskou studňou“ (tab. 6.1.3). Tieto vody sú nedosýtené oproti dolomitu, sadrovcu, chloritu, amorfnému SiO_2 a CO_2 , presýtené oproti ílovým minerálom, anortitu, amorfnému $Fe(OH)_3$, chalcedónu a kremeňu. Záporné hodnoty indexov $SI_{\text{albit-kaolinit}}$ a $SI_{\text{anortit-kaolinit}}$ dokumentujú nerovnovážny stav v obidvoch uvedených systémoch a tendenciu týchto vôd ďalej rozpúšťať živce za vzniku ílových minerálov. Väčšina vzoriek indikuje rovnováhu oproti systému Ca-montmorillonit-kaolinit a nerovnováhu systému kaolinit-gibbsit, v ktorej je nestabilnou fázou gibbsit. Podzemné vody neovulkanitov dokumentované vrtmi v priestore neovulkanických pahorkov (HB-5, HB-8) a v podloží kvartérnych fluvialných sedimentov (HB-2A, HJ-6) sú z hľadiska rovnováhy oproti minerálnym fázam zhodné s vodami pripovrchovej zóny, avšak nasýtené, prípadne mierne nedosýtené okrem kalcitu aj amorfným SiO_2 . Z genetického hľadiska možno mineralizáciu podzemných vôd neovulkanitov považovať za petrogénnu, silikátovo-karbonátogénnu.

Kolektory *sedimentárneho neogénu* sú v Medzibodroží vyvinuté v podloží kvartérnych fluvialných sedimentov a ich podzemné vody majú v prevahe charakter minerálnych vôd. Na západnom okraji územia tvoria podložie kvartéru sedimenty bádenu a sarmatu, centrálnu časť sedimenty panónu

Tab. 6.1.3. Indexy nasýtenia podzemných vôd neovulkanitov Medzibodrožia oproti vybraným minerálnym fázam.

Objekt	Prameň Tarbučka	Prameň Pod grófskou studňou	Vrt SHK-1	Vrt HJ-2	Vrt HB-2A	Vrt HB-5	Vrt HB-8	Vrt HJ-6	Vrt SJH-2
Číslo na HGCH mape	19	97						1	
Dokumentáčné číslo	S36	S37	128Db/25	128Dc/36	128Dc/35	128Dc/A31	128Dc/38	128Cdl/37	128Dc/25
Dátum	29. 4. 2004	29. 4. 2004	22. 10. 1975	11. 12. 1988	23. 3. 1990	17. 10. 1990	28. 2. 1991	20. 5. 1993	31. 10. 1980
pH	6,94	7,55	7,05	7,90	7,20	7,00	7,00	6,68	7,30
Iónová sila (mol · l ⁻¹)	3,94 · 10 ⁻³	5,61 · 10 ⁻³	1,06 · 10 ⁻³	6,83 · 10 ⁻³	7,04 · 10 ⁻³	7,83 · 10 ⁻³	7,60 · 10 ⁻³	6,46 · 10 ⁻³	6,43 · 10 ⁻³
T (°C)	10,3	9,8	12,9	19,5	21,6	19	19,2	32	21,5
SI kalcit	-1,23	-0,14	-0,19	0,49	-0,05	-0,28	-0,32	-0,55	-0,24
SI dolomit	-3,16	-0,82	-0,86	0,33	-0,75	-0,99	-1,07	-1,41	-0,75
SI sadrovec	-2,08	-2,48	-1,99	-2,23	-2,97	-2,3	-2,33	-2,89	-2,75
SI Fe(OH) ₃ (a)	2,69	1,84	2,17	2,82	1,62	2,12	2,11	1,95	1,86
SI SiO ₂ (a)	-0,4	-0,54	-0,49	-0,12	-0,29	-0,02	-0,57	-0,23	-0,38
SI chalcedón	0,49	0,35	0,39	0,74	0,56	0,84	0,29	0,59	0,47
SI kremeň	0,96	0,82	0,85	1,16	0,98	1,27	0,72	0,97	0,89
SI CO ₂ (g)	-2,09	-2,36	-1,70	-2,55	-1,72	-1,63	-1,67	-1,19	-1,86
SI albit-kaolinit	-3,01	-2,58	-2,81	-0,68	-1,71	-2,01	-3,12	-2,03	-1,63
SI anortit-kaolinit	-14,37	-13,65	-13,68	-12,59	-13,14	-13,42	-13,41	-12,99	-13,28
SI Ca-montm.-kaolinit	0,20	0,24	0,22	1,02	0,57	0,87	0,14	0,57	0,45
SI kaolinit-gibbsit	2,10	1,82	1,92	2,64	2,29	2,84	1,75	2,39	2,12

Poznámka: Na výpočet indexov nasýtenia z výsledkov vlastných a prevzatých (Michalík et al., 1995) laboratórnych analýz je použitý program PHREEQC2 (Parkhurst a Appelo, 1999).

Tab. 6.1.4. Indexy nasýtenia podzemných vôd neogénnych sedimentov Medzibodrožia oproti vybraným minerálnym fázam.

Objekt	Vrt HJ-2	Vrt SJH-1	Vrt HB-9	Vrt HB-10	Vrt HB-3	Vrt HB-4	Vrt HB-7	Vrt HJ-X-2	Vrt HMT-1
Číslo na mape		6	53	77		126		136	
Dokumentáčne číslo	128Dc/36	128Cd/8	128Da/26	128Dd/25	129Ca/83	129Cc/33	129Ca/84	129Ca/26	129Ca/32
Stratigrafia	báden + neovulk.	sarmat	panón	panón + neovulk.	pliocén	pliocén	pliocén	pliocén	pliocén
Dátum vzorkovania	21. 5. 1989	17. 10. 1968	14. 2. 1994	13. 4. 1993	17. 5. 1991	20. 4. 1994	28. 3. 1994	17. 5. 1965	31. 1. 1991
pH	7,70	7,70	6,49	6,99	7,00	6,94	6,74	7,30	7,20
Iónová sila (mol · l ⁻¹)	1,27 · 10 ⁻²	2,40 · 10 ⁻²	3,79 · 10 ⁻²	2,07 · 10 ⁻²	1,49 · 10 ⁻²	3,45 · 10 ⁻²	1,17 · 10 ⁻²	1,74 · 10 ⁻²	1,40 · 10 ⁻²
T (°C)	22,5	20,2	14	24	14,5	18	11,8	19	14
SI kalcit	0,54	0,88	-0,14	-0,04	-0,14	0,27	-0,56	0,17	-0,08
SI dolomit	0,59	1,47	-0,54	0,1	-0,52	0,31	-1,41	0,32	-0,36
SI sadrovec	-1,47	-2,43	-2,18	-2,55	-2,41	-2,14	-2,66	-3,20	-2,79
SI halit	-7,02	-5,64	-5,22	-5,8	-6,27	-5,26	-6,61	-5,93	-6,19
SI albit-kaolinit	-0,90	-0,26	-2,48	-1,00	-2,53	-2,34	-3,91	-1,97	-1,64
SI anortit-kaolinit	-12,50	-12,61	-14,17	-13,19	-13,83	-13,47	-14,29	-13,31	-13,78
SI Ca-mont.-kaolinit	0,77	0,88	-0,33	0,69	-0,24	-0,38	-0,94	-0,09	0,23
SI kaolinit-gibbsit	2,29	2,49	1,36	2,53	1,28	1,01	0,41	1,32	1,93
SI SiO ₂ (a)	-0,29	-0,19	-0,77	-0,17	-0,81	-0,94	-1,25	-0,78	-0,48
SI chalcedón	0,56	0,66	0,11	0,67	0,07	-0,07	-0,36	0,08	0,39
SI kremeň	0,97	1,09	0,56	1,08	0,52	0,36	0,1	0,50	0,84
SI CO ₂ (g)	-2,21	-1,91	-0,53	-1,3	-1,36	-1,03	-1,23	-1,59	-1,58

Poznámka: Na výpočet indexov nasýtenia SI z výsledkov dostupných laboratórnych analýz je použitý program PHREEQC2 (Parkhurst a Appelo, 1999). Rovnovážne stavy systémov albit-kaolinit, anortit-kaolinit, Ca-montmorillonit-kaolinit a kaolinit-gibbsit sú vypočítané podľa vzťahov odvodených Pačesom (1983) z hodnôt aktivít zložiek vypočítaných programom PHREEQC2. SiO₂(a) – amorfný SiO₂, CO₂(g) – plynný CO₂.

a najvýchodnejšiu sedimenty pliocénu. Morské sedimenty bádenu v oblasti medzi Zemplínom, Svätou Máriou a Ladmovcami reprezentované vranovským súvrstvom tvoria vápnné ílovce a prachovce s polohami ryolitových tufov a tufitov. Brakické sedimenty stretavského súvrstvia (spodný až stredný sarmat) západne od obce Rad sú tvorené vápnnými ílmi s polohami pieskov, kyslých tufov a bentonitov. Brakické sedimenty stredného až vrchného sarmatu v oblasti západne od hrasti kóty Tarbucka reprezentuje kochanovské súvrstvie s vápnnými ílmi a prachmi s polohami kyslých tufov a tufitov. Podložie kvartéru v centrálnej časti Medzibodrožia medzi hrasťou kóty Tarbucka a Chlmeckými pahorkami tvoria íly, piesky a štrky senianskeho a sečovského súvrstvia (panón – pont) s polohami uhoľných ílov. V oblasti východne od Chlmeckých pahorkov sú to íly, piesky a štrky čečehovského súvrstvia (pliocén).

V sedimentoch bádenu a sarmatu sa vďaka prítomnosti vápnitej zložky pri tvorbe chemického zloženia podzemných vôd významne uplatňuje rozpúšťanie karbonátov. Potvrdzujú to hodnoty vypočítaných

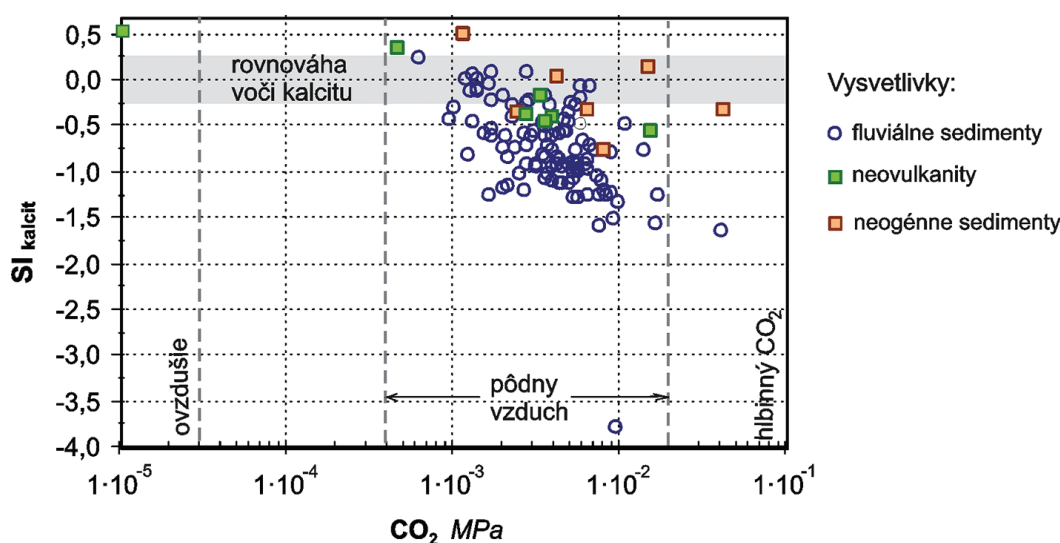
Tab. 6.1.5. Indexy nasýtenia podzemných vôd kvartérnych fluviálnych sedimentov Medzibodrožia oproti vybraným minerálnym fázam.

	Aritmetický priemer	Minimum	Maximum	Počet údajov
pH	6,95	6,40	7,90	39
Iónová sila (mol · l ⁻¹)	9,25 · 10 ⁻³	3,93 · 10 ⁻³	2,76 · 10 ⁻²	39
T (°C)	11,1	9,2	19,5	39
SI kalcit	-0,39	-1,36	0,49	39
SI dolomit	-1,41	-3,42	0,33	39
SI sadrovec	-2,37	-3,32	-0,81	39
SI anhydrit	-2,62	-3,57	-1,06	39
SI halit	-8,05	-9,16	-6,29	39
SI Fe(OH) ₃ (a)	3,58	1,08	4,94	39
SI Al(OH) ₃ (a)	-1,09	-1,64	-0,89	6
SI gibbsit	1,75	1,16	1,95	6
SI albit	-0,89	-1,72	-0,12	6
SI anortit	-2,48	-3,73	-1,97	6
SI chlorit	-9,35	-10,55	-8,03	5
SI K-živec	1,90	-0,04	7,39	6
SI K-sľuda	10,06	8,72	10,71	5
SI Ca-montmorillonit	4,92	2,8	5,96	6
SI illit	3,45	1,55	4,44	6
SI kaolinit	5,79	4,18	6,53	6
SI rodochrozit	-0,009	-0,55	0,54	39
Si albit-kaolinit	-3,36	-4,69	-2,46	36
SI anortit-kaolinit	-14,04	-14,48	-13,41	38
SI Ca-montm.-kaolinit	-0,13	-0,45	0,24	36
SI illit-kaolinit	-1,70	-2,52	-0,98	36
SI kaolinit-gibbsit	1,52	0,61	2,04	36
SI manganit	5,01	4,1	5,96	39
SI SiO ₂ (a)	-0,68	-1,15	-0,12	37
SI chalcedón	0,21	-0,26	0,74	37
SI kremeň	0,68	0,21	1,16	37
SI CO ₂ (g)	-1,58	-2,55	-1,09	39

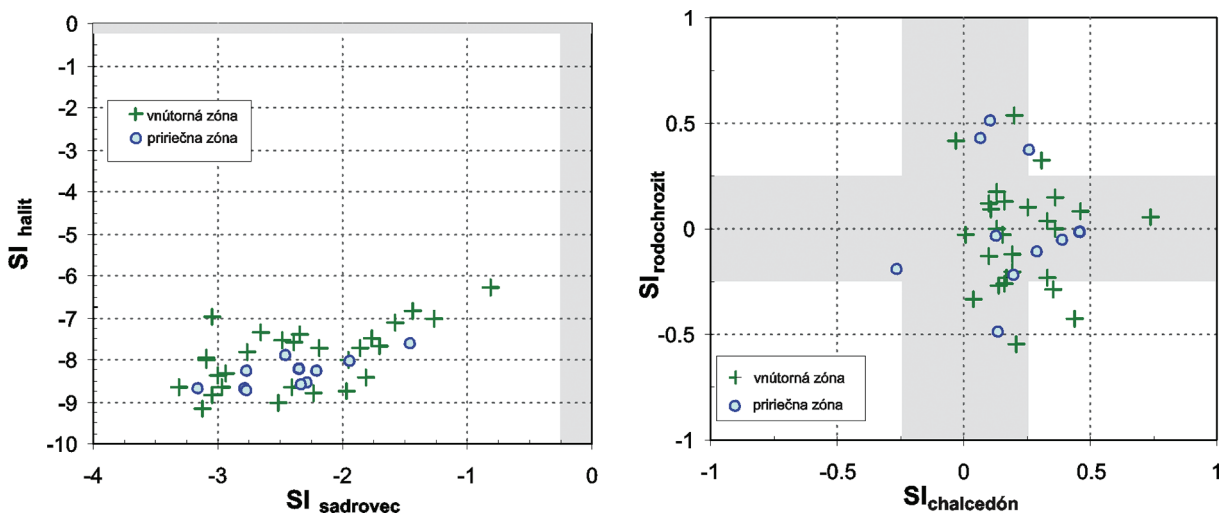
Poznámka: Na výpočet indexov nasýtenia z výsledkov vybraných laboratórnych analýz je použitý program PHREEQC2 (Parkhurst a Appelo, 1999). Rovnovážne stavy systémov albit-kaolinit, anortit-kaolinit, Ca-montmorillonit-kaolinit a kaolinit-gibbsit sú vypočítané podľa vzťahov odvodených Pačesom (1983) z hodnôt aktivít zložiek vypočítaných programom PHREEQC2.

indexov nasýtenia oproti kalcitu vzoriek vôd z vrtov HJ-2 a SJH-1, poukazujúce na presýtenosť vôd oproti tomuto minerálu (tab. 6.1.4). V súvrstviach panónu až pliocénu je prítomnosť vápnitej zložky mineralogicky popisovaná len v najspodnejšom sečovskom súvrství, významnú úlohu rozpúšťania kalcitu však indikujú vypočítané hodnoty indexu nasýtenia blízke rovnováhe aj pri podzemných vodách seniarskeho a čečehovského súvrstvia. Prítomnosť plagioklasov a pyroxénov tu podmieňuje uplatnenie hydrolyzy silikátových minerálov, ktorej prejavom je v danej hĺbkovej pozícii nárast podielu Gazdovej zložky A_1 na úkor zložky A_2 . Vypočítané hodnoty indexov nasýtenia naznačujú rovnováhu systému Ca-montmorillonit-kaolinit a nestabilitu gibbsitu, rovnovážne podmienky vôd oproti chalcedónu, resp. amorfnému SiO_2 , nedosýtenosť proti sadrovcu a výraznú nedosýtenosť proti halitu.

V podzemných vodách sladkovodných sedimentov panónu až pliocénu v podloží kvartérnej zvodne dosahuje významný podiel $\text{S}_1(\text{Cl})$ zložka. Jej rast v rozmedzí 25 – 45 % je sprevádzaný stúpajúcou celkovou mineralizáciou vôd z 0,7 na $2,4 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Vlastné sladkovodné sedimentačné prostredie týchto súvrství nie je zdrojom anomálne zvýšeného podielu zložky $\text{S}_1(\text{Cl})$. Jeho pôvod je možné hľadať v dvoch zdrojoch. Prvým z nich je zvyšková thalasoéna (staršie označenie marinogéna) mineralizácia podzemných vôd



Obr. 6.1.1. Parciálny tlak CO_2 v podzemných vodách fluvialných sedimentov Medzibodrožia a ich nasýtenie oproti kalcitu. V grafe sú znázornené charakteristické hodnoty pCO_2 pre atmosféru, pôdny vzduch, prírodný hlbinný CO_2 a rozsah hodnôt indexu nasýtenia vody oproti kalcitu reprezentujúci rovnovážny stav.



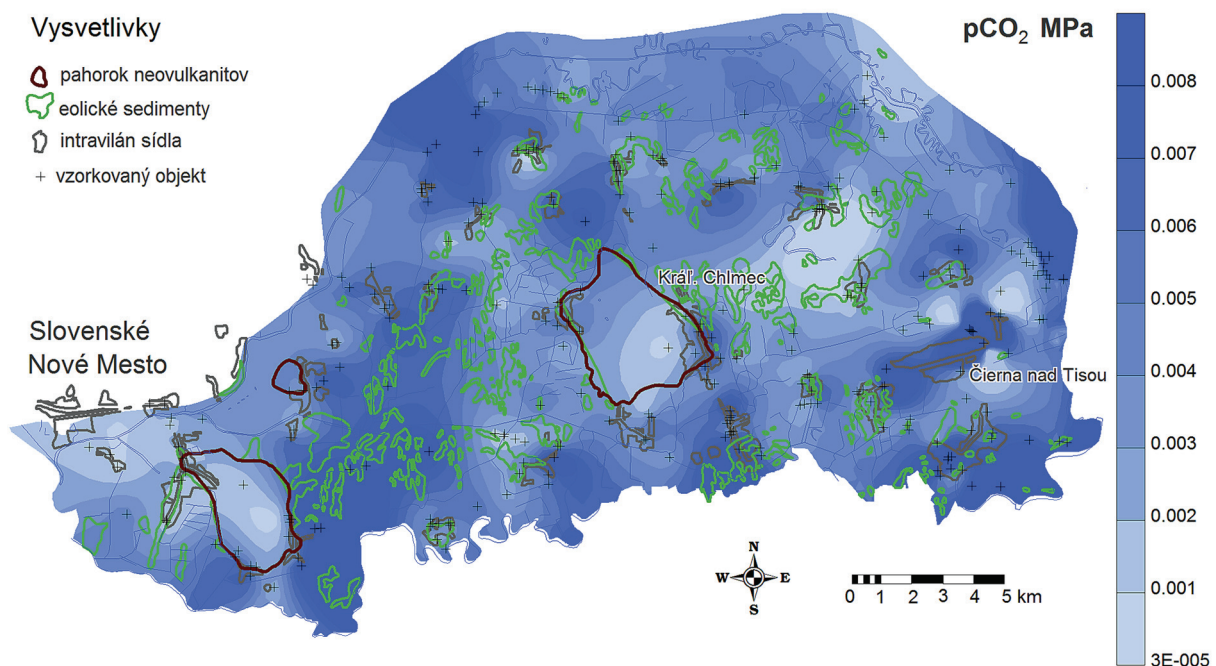
Obr. 6.1.2. (vľavo): Indexy nasýtenia podzemných vôd fluvialných sedimentov Medzibodrožia oproti sadrovcu a halitu.

Obr. 6.1.3. (vpravo): Indexy nasýtenia podzemných vôd fluvialných sedimentov Medzibodrožia oproti chalcedónu a rodochroztu. Oblasť nasýtenia roztoku oproti príslušnému minerálu je v grafe podfarbená sivou.

morských a brakických sedimentov vranovského, stretavského a kochanovského súvrstvia, ktoré migrujú z primárnych akumulácií v podložných morských a brakických sedimentoch – laterálne z vysokých tektonických krýh v okrajových častiach neogénnej panvy smerom do jej vnútra, prípadne vzostupne z podložia, – a miešajú sa s vodami petrogénnej mineralizácie infiltrovanými z kvartérnych sedimentov. Druhým možným, ale málo pravdepodobným zdrojom je rozpúšťanie halitu a slaných ílov, ktorých výskyt na hodnotenom území možno len predpokladať v ekvivalentoch zbudzského súvrstvia, no nebol exaktne potvrdený. Na malú pravdepodobnosť tvorby halogénnej mineralizácie na hodnotenom území poukazuje aj absencia $S_2(SO_4)$ zložky vo vodách sedimentárneho neogénu, produktu rozpúšťania sadrovca, ktorý býva sprievodným javom výskytu polôh kamennej soli. V priestore plynového ložiska Ptrukša (severovýchodný okraj hodnoteného územia) bol v polouzavretých a uzavretých štruktúrach kolektorov tvorených brakickými a morskými sedimentmi v hĺbke väčšej ako 1 000 m zistený výskyt slaných vôd Na-Cl typu s mineralizáciou do $35 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Výrazná nedosýtenosť oproti halitu a koncentrácia rozpustených solí, ktorá neprevyšuje ich koncentráciu v morskej vode, svedčia o tom, že ide o reliktné morské vody s thalaso- (resp. marinogénou) mineralizáciou, na rôznom stupni metamorfované – infiltračne, biogénne alebo petrogénne – hlavne pri diagenéze morských biogénnych sedimentov (vysoký obsah B, prítomnosť plynov biogénneho pôvodu s prevahou metánu).

Z genetického hľadiska možno mineralizáciu podzemných vôd neogénnych súvrství vystupujúcich v bezprostrednom podloží kvartérnych sedimentov považovať za polygénnu, petrogénno-thalaso- (resp. marinogénnu). Petrogénny podiel mineralizácie je pritom karbonátovo-silikátogénny. Iónovému sodíka za vápnik, podmieňujúcu čiastočné formovanie hydrosilikátovej mineralizácie, možno predpokladať len v prostredí kolektorov brakických a morských sedimentov stratigrafického rozsahu bádén – sarmat, mimo intenzívnej vodovýmeny.

Zvodnenec kvartérnych *fluviálnych* sedimentov predstavuje priestor tvorby podzemných vôd s významným podielom potamogénnej mineralizácie, doplneným petrogénou mineralizáciou, a s priestorovo variabilným výskytom mineralizácie antropogénneho pôvodu. Zdrojom ich dopĺňania sú vody prírodných a umelých povrchových tokov, priamo infiltrujúce zrážkové vody, príp. podzemné vody skryto prestupujúce do kvartérnych kolektorov jednak laterálne z neovulkanických masívov a tiež vzostupne z podložných neogénnych sedimentov. Vody povrchových tokov majú v čase a v priestore



Obr. 6.1.4. Parciálny tlak CO₂ v podzemných vodách prvej zvodne v Medzibodroží.

značne premenlivé chemické zloženie a ovplyvňujú podzemné vody hlavne v pririečnej zóne (bližšie kapitola 5.2). Podľa dostupných laboratórnych analýz kolíše celková mineralizácia riek Bodrog a Latorica v rozmedzí približne 200 – 300 mg · l⁻¹ s prevažujúcim podielom A₂ zložky (70 – 80 %; Ca-HCO₃ typ) a významným podielom S₁(Cl) zložky v rozmedzí 7 – 12 %, s reakciou pH = 7 – 8. Po ich infiltrácii do kvartérnych pieskov, tvorených hlavne kremeňom, v menšej miere sludami, podradne živcami a karbonátmi, amfibolmi, pyroxénmi, chloritom, epidotom a zoisitom, uplatňuje sa pri metamorfóze ich chemického zloženia najmä rozpúšťanie karbonátov a hydrolýza silikátov. Taktiež infiltrovaná zrážková voda s kyslou reakciou, ktorá do nasýtenej zóny prestupuje súvrstvím slabo vápnatých až vápnatých viatych pieskov, je obohacovaná petrogénnou mineralizáciou predovšetkým v dôsledku rozpúšťania karbonátových a hydrolýzy silikátových minerálov.

Výsledné chemické zloženie podzemných vôd kvartérneho kolektora je teda v konečnom dôsledku tvorené miešaním vôd potamogénnej mineralizácie s určitou mierou metamorfózy s vodami petrogénnej mineralizácie. Ide o vody, ktoré sú nedosýtené, resp. až v rovnováhe oproti kalcitu (tab. 6.1.5, obr. 6.1.1), ktorých zloženie je formované v podmienkach vápnatých pôd, bez významného sytenia hlbinným CO₂. Najnižšie hodnoty parciálneho tlaku CO₂ indikujúce významnejší vplyv atmosférických podmienok tvorby mineralizácie vôd, a preto aj určujúce plochy intenzívnejšej infiltrácie (napájanie zvodnenca) sa nachádzajú v oblastiach neovulkanických pahorkov (obr. 6.1.4), v pririečnej zóne Latorice a Bodrogu v oblasti medzi Kráľovským Chlmcom a Lelesom a južne od Slovenského Nového Mesta. Podzemné vody kvartérneho zvodnenca sú nedosýtené oproti dolomitu, sadrovcu a halitu (obr. 6.1.2), plagioklasom, chloritu, amorfnému SiO₂ a Al(OH)₃, sú presýtené oproti ílovým minerálom, gibbsitu, K-živcu, slúde a kremeňu. Indexy nasýtenia pre systémy albit-kaolinit a anortit-kaolinit dokumentujú nerovnovážne stavy v oboch uvedených systémoch a tendenciu podzemných vôd ďalej rozpúšťať živce za vzniku ílových minerálov. Všetky vypočítané hodnoty indexu nasýtenia pre systém Ca-montmorillonit-kaolinit sú z intervalu -0,5 až 0,5 čo dokazuje, že analyzované vody sú v rovnováhe s týmto systémom. Gibsit a illit sú v systémoch s kaolinitom nestabilnými fázami. Koncentrácia mangánu rozpusteného v podzemnej vode je kontrolovaná rozpustnosťou rodochrozitu (MnCO₃) a koncentrácia SiO₂ najmä rozpustnosťou chalcedónu (obr. 6.1.3).

6.2. CHARAKTERISTIKA A KLASIFIKÁCIA CHEMICKÉHO ZLOŽENIA PODZEMNÝCH VÔD

Výsledné chemické zloženie podzemných vôd je odrazom vyššie popísaných procesov jeho tvorby. V regióne Medzibodrožia možno vyčleniť podzemné vody s petrogénnou a potamogénnou mineralizáciou. V rámci petrogénnej mineralizácie tu vystupujú vody neovulkanitov so silikátogénnou mineralizáciou a vody sedimentárneho neogénu so silikátovo-karbonátogénnou mineralizáciou.

Charakteristické primárne chemické zloženie jednotlivých genetických skupín môže byť lokálne aj v rozsiahlejšom priestorovom rozsahu modifikované prínosom látok antropogénneho pôvodu, príp. aj miešaním rôznych typov vôd na kontakte kolektorov.

Vychádzajúc zo základných prác o genetických procesoch mineralizácie v podzemných vodách (Gazda, 1974; Franko et al., 1975 a i.) a z výsledkov zhodnotenia všetkých doteraz vykonaných prác na území, možno na predkladanej základnej hydrogeochemickej mape Medzibodrožia v mierke 1 : 50 000 vymedziť a charakterizovať jednotlivé hydrogeochemické skupiny podzemných vôd.

Vody s petrogénnou mineralizáciou

- *Silikátogénna mineralizácia podzemných vôd metamorfovaných sedimentov cejkovského súvrstvia (mladšie paleozoikum zemlinika) s puklinovou priepustnosťou, A₂ základný, Ca-Mg-HCO₃ typ s celkovou mineralizáciou prevažne v rozmedzí 100 – 450 mg · l⁻¹.*

- *Silikátogénna a silikátovo-karbonátogénna mineralizácia podzemných vôd lávových prúdov a ich brekcií, vulkanoklastík a extrúzií neovulkanitov (báden – panón) andezitového a ryodacitového zloženia s puklinovou priepustnosťou, A₂ základný, Ca-HCO₃ typ s mineralizáciou prevažne v rozpätí 300 – 500 mg · l⁻¹.*

Vody s polygénou petrogénno-thalaso-génou (petrogénno-marinogénou) mineralizáciou

Petrogénna karbonátovo-silikátogénna mineralizácia podzemných vôd v sladkovodných súvrstviach neogénu (stredný sarmat – pliocén) obohacovaná migráciou vôd s thalaso-génou mineralizáciou z brakických a morských súvrství neogénu (báden – spodný sarmat) s medzizrnovou priepustnosťou, vody rozmanitých chemických typov od základného A_2 nevýrazného typu cez prechodné $A_2-S_1(Cl)$ až k $S_1(Cl)$ a A_2 zmiešaným typom (najčastejšie Na- HCO_3 -Cl typ) s celkovou mineralizáciou $0,7 - 2,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, na celom hodnotenom území sú prekryté kvartérmym zvodnencom.

Vody s potamogénou mineralizáciou

Potamogénna, ale čiastočne aj petrogénna silikátovo-karbonátogénna mineralizácia podzemných vôd s A_2 základným, Ca- HCO_3 chemickým typom, v kvartérnych fluviálnych a fluviálno-eolických sedimentoch (piesky, piesčité štrky, hliny) riek Latorica, Bodrog a Tisa s medzizrnovou priepustnosťou, s celkovou mineralizáciou prevažne v rozpätí $400 - 550 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. V intravilánoch a v blízkosti sídiel sú nepravidelne antropogénne, ovplyvnené priemerným nárastom mineralizácie na $1 - 150 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a posunom chemického zloženia k zmiešaným typom.

Silikátogénna mineralizácia podzemných vôd metamorfovaných sedimentov cejkovského súvrstvia

Metamorfované sedimenty cejkovského súvrstvia, reprezentované polymiktnými zlepenkami, pieskocami a ílovitými bridlicami vystupujú na hodnotenom území iba v maloplošnom výskyte severne od Stredy nad Bodrogom. Chemické zloženie podzemných vôd tohto prostredia nie je dokumentované laboratórnou analýzou. Analogicky s poznatkami z iných regiónov o výskyte metamorfitov mladšieho paleozoika predpokladáme, že ide o podzemné vody so silikátogénou mineralizáciou, A_2 základného, Ca-Mg- HCO_3 typu s celkovou mineralizáciou prevažne v rozmedzí $100 - 450 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Podzemné vody neovulkanitov so silikátogénou a silikátovo-karbonátogénou mineralizáciou

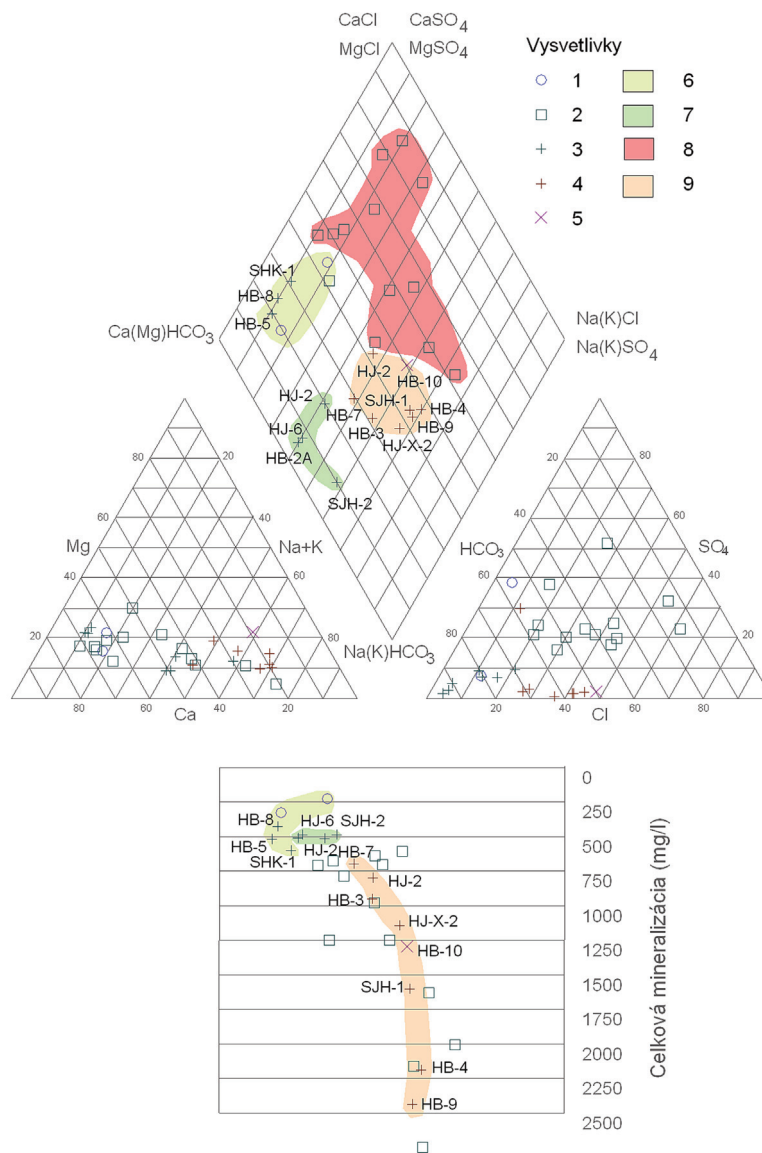
Vody tohto genetického typu boli v Medzibodroží dokumentované v ojedinelých prameňoch vulkanických pahorkov a vo viacerých hydrogeologických vrtoch (tab. 6.2.1). Podzemné vody

Tab. 6.2.1. Základné fyzikálno-chemické parametre podzemných vôd neogénnych vulkanitov.

Objekt	Dátum	Hĺbka (m)	T (°C)	pH	MIN (mg/l)	A_1 (%)	A_2 (%)	$S_1(Cl)$ (%)	$S_1(SO_4)$ (%)	Chemický typ	Gazdov typ
Prameň Tarbucka	29. 4. 2004	–	7,5	6,84	224,5	0	55,1	3,9	12,9	Ca- HCO_3 - SO_4	A_2 nevýr.
Prameň Pod grófskou studňou	29. 4. 2004	–	9,8	7,55	327,9	0	80,2	10,4	4,4	Ca- HCO_3	A_2 výr.
Vrt SHK-1 (159)	22. 10. 1975	30 – 98	12,9	7,05	601,2	0	69,4	0	0	Ca- HCO_3	A_2 výr.
Vrt HB-5 (1999)	17. 10. 1990	35 – 300	19,0	7,00	519,0	0	80,1	4,9	0	Ca- HCO_3	A_2 výr.
Vrt HB-8 (201)	28. 2. 1991	35 – 300	19,2	7,00	425,9	0	76,1	1,5	0	Ca- HCO_3	A_2 výr.
Vrt HJ-2 (198)	11. 12. 1988	50 – 301	19,5	7,90	515,0	21,2	58,8	8,9	9,3	Ca-Na- HCO_3	A_2 nevýr.
Vrt HB-2A (197)	23. 3. 1990	70 – 287	21,6	7,20	507,7	34,1	60,0	2,5	1,8	Ca-Na- HCO_3	A_2 nevýr.
Vrt HJ-6 (186)	20. 5. 1993	333 – 458	32,0	6,68	487,3	32,7	59,6	4,9	2,7	Ca-Na- HCO_3	A_2 nevýr.
Vrt SJH-2 (195)	31. 10. 1980	280 – 463	21,5	7,30	488,6	47,4	42,1	4,1	5,1	Na-Ca- HCO_3	A_1 - A_2 prech.

pripovrchovej zóny, dokumentované v prameňoch, majú základný výrazný (prameň „Pod grófskou studňou“, č. 7), resp. nevýrazný (prameň „Tarbucka“, č. 19) A_2 chemický typ (Ca-HCO_3 , resp. $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$) s nízkou celkovou mineralizáciou. Podobný charakter zloženia reprezentujú vody dokumentované vo vrtoch SHK-1 (č. 159 na hydrogeologickej mape), HB-5 (č. 199) a HB-8 (č. 201). Pri vodách hlbších obehov dokumentovaných hydrogeologickými vrtmi HJ-2 (č. 198), HB-2A (č. 197), HJ-6 (č. 186), SJH-2 (č. 195) bola zistená prítomnosť rôznych chemických typov. Vo vrtoch HB-2A a HJ-2 boli zistené základné A_2 nevýrazné Ca-Na-HCO_3 chemické typy s celkovou mineralizáciou do $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, pričom vo vrchnom horizonte vrtu HJ-2 bol zistený posun zloženia k prechodnému typu $\text{Na-Ca-Mg-HCO}_3\text{-Cl}$ ako dôsledok infiltrácie vôd zo sedimentárnych súvrství. Vo vrte HJ-6 bol zistený základný výrazný Na-HCO_3 typ s celkovou mineralizáciou $625 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, vo vrte SJH-2 prechodný $A_1\text{-}A_2$, Na-Ca-HCO_3 typ. Tieto typy sú charakteristické pre hlbšiu úroveň vôd so silikátogénnou mineralizáciou, kde sa výraznejšie uplatňuje rast podielu zložky A_1 na úkor zložky A_2 .

Oxidácia sulfidov sa prejavuje v chemickom zložení vody prítomnosťou síranov, posunom A_2 základného typu chemického zloženia k $S_2(\text{SO}_4)$ prechodnému typu, príp. zvýšenými hodnotami charakterizačného koeficientu SO_4/M . Na hodnotenom území je tento proces identifikovaný vo vode prameňa „Tarbucka“ (č. 19), kde podiel $S_2(\text{SO}_4)$ zložky dosahuje 26,72 %.



Obr. 6.2.1. Systemizačný graf chemického zloženia podzemných vôd neovulkanitov a neogénnych sedimentov Medzibodrožia. 1 – prameň; 2 – studňa; 3 – vrt v neovulkanitoch; 4 – vrt v neogénnych sedimentoch; 5 – vrt v neovulkanitoch a v neogénnych sedimentoch; 6 – vody neovulkanitov plytšieho obehov; 7 – vody neovulkanitov hlbšieho obehov; 8 – antropogénne ovplyvnené vody neovulkanitov; 9 – vody sedimentárneho neogénu (sarmat – pliocén).

V domových studniach častí sídiel lokalizovaných na úpätiach pahorkov budovaných neovulkanitmi sú dokumentované podzemné vody so silikátogénnou a silikátovo-karbonátogénnou mineralizáciou ovplyvnené prínosom látok antropogénneho pôvodu (obr. 5.2.2). Oproti neovplyvneným podzemným vodám majú vyššiu mineralizáciu, spôsobenú hlavne nárastom koncentrácie draslíka, síranov, dusičnanov a chloridov. V súbore vzoriek z 13 studní dosahuje mineralizácia týchto vôd rozsah $599 - 2743 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s mediánom $968 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, koncentrácia draslíka $16 - 148 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s mediánom $42 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, síranov $70 - 404 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s mediánom $173 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, koncentrácia dusičnanov $48 - 795 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s mediánom $146 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a chloridov $18 - 335 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s mediánom $74 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Podzemné vody neogénnych sedimentov s petrogénno-thalasoogénnou mineralizáciou

Na území Medzibodrožia je chemické zloženie podzemných vôd neogénnych kolektorov, vyvinutých výlučne v podloží kolektora kvartérnych sedimentov, dokumentované vo viacerých hydrogeologických vrtoch.

V tab. 6.2.2 je uvedená základná charakteristika podzemných vôd overená hydrogeologickými vrtmi v sedimentoch stratigrafického rozsahu sarmat – pliocén, teda prostredia brakickej a sladkovodnej sedimentácie. Vrt HJ-2 overil morské sedimenty bádenu v podloží sarmatských ryodacitov. V tabuľke sú vrty uvedené v poradí stúpajúcej hodnoty celkovej mineralizácie dokumentovaných vôd, pozorovať môžeme súčasný nárast podielu zložiek A_1 a $S_1(\text{Cl})$ za poklesu podielu A_2 zložky. V súlade s faktmi uvedenými v predošlej podkapitole považujeme podiel zložiek mineralizácie vôd A_1 a A_2 za petrogénny a karbonátovo-silikátogénny, len s lokálnym významnejším podielom hydrosilikátogénnej mineralizácie. Zložku $S_1(\text{Cl})$ mineralizácie vôd považujeme za thalasoogénnu (marinogénnu). V súčasnosti známe údaje naznačujú, že celková mineralizácia podzemných vôd neogénnych sedimentov v podloží kvartéru spolu so zložkou $S_1(\text{Cl})$ generálne klesá smerom od západu na východ – vrty dokumentujúce vodu s mineralizáciou nižšou ako $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (HB-3, HB-7, HMT-1) sú lokalizované v najvýchodnejšej časti územia, východne od spojnice Poľany – Bačka – Veľké Trakany. Popisované makrochemické zloženie podzemných vôd neogénnych sedimentov je spolu s vodami viazanými na neovulkanity graficky znázornené na obr. 6.2.1. Projekčné body vzoriek vôd neogénnych sedimentov vykazujú v kationovej oblasti pomerne malý rozptyl, podobne aj v aniónovej oblasti – tu však s výnimkou nárastu podielu síranov na úkor chloridov vo vzorke z vrtu HJ-2. Trend rapidného nárastu celkovej mineralizácie vôd s miernym nárastom podielu $S_1(\text{Cl})$ zložky je zreteľný a v grafe úzko vymedzený. Slané vody dokumentované v hĺbke väčšej ako 1 km v ložiskových vrtoch plynového ložiska Ptrukša nie sú graficky zobrazené. Viazané sú na piesčité kolektory ptrukšianskeho (brakické prostredie), stretavského a lastomírskeho súvrstvia (morské prostredie sedimentácie). Sú základného $S_1(\text{Cl})$ výrazného typu, s celkovou mineralizáciou $1,9 - 35,7 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Koncentrácia brómu dosahuje maximálne $34,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, jódu $16,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, HBO_2 $46 - 268 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. V zložení plynov prevláda metán (81,5 %), etán (8,7 %) a propán (4,3 %), podiel CO_2 je 1,4 % a dusíka 0,85 %.

Z mikrozložiek dosahuje v podzemných vodách neogénnych kolektorov pomerne vysoké hodnoty koncentrácia železa, pohybujúca sa v rozmedzí $1 - 10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Koncentrácia mangánu nebýva vyššia ako $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Obsah dusičnanov neprevyšuje hranicu $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, amónneho iónu $4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, fosforečnanov $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Obsah stroncia kolíše v intervale $0,5 - 1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, v stotínach až desatinách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ sa pohybuje koncentrácia lítia a fluóru. Zistená koncentrácia kovov je nasledujúca: Al = $0,044 - 0,643 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Zn < $0,111 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, As < $0,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Pb < $0,049 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Hg < $0,001 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Se < $0,005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Cd < $0,003 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Cu < $0,012 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Tab. 6.2.2. Vybrané fyzikálno-chemické parametre podzemných vôd neogénnych sedimentov.

Vrt	Dátum	SÚV (m)	T (°C)	pH	MIN (mg · l ⁻¹)	A ₁ (%)	A ₂ (%)	S ₁ (Cl) (%)	S ₁ (SO ₄) (%)	Chemický typ	Gazdov typ
HB-7	28. 3. 1994	64 – 273	11,8	6,74	698	18,8	51,3	26,6	2,3	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	A ₂ nevýr.
*HJ-2	21. 5. 1989	370 – 638	22,5	7,70	787	4,4	53,3	11,1	30,1	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄	A ₂ nevýr.
HMT-1	31. 1. 1992	83 – 239	15,0	7,29	936	32,8	34,8	32,2	1,7	Na-HCO ₃ -Cl	A ₂ zmieš.
HB-3	17. 5. 1991	50 – 257	14,5	7,00	951	26,1	42,7	27,9	3,1	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	A ₂ zmieš.
HJ-X-2	17. 5. 1965	190 – 210	19,0	7,30	1 143	29,8	32,9	36,8	0,6	Na-HCO ₃ -Cl	S ₁ (Cl) zmieš.
HB-10	7. 4. 1993	62 – 290	24,0	6,9	1 300	7,4	41,0	49,6	1,7	Na-Cl-HCO ₃	A ₂ -S ₁ (Cl) prech.
*SJH-1	17. 10. 1968	0 – 194	20,2	7,70	1 602	23,4	33,1	41,6	1,6	Na-HCO ₃ -Cl	A ₂ -S ₁ (Cl) prech.
HB-4	20. 4. 1994	100 – 270	18,0	6,90	2 190	23,1	30,0	44,6	2,1	Na-HCO ₃ -Cl	S ₁ (Cl) zmieš.
HB-9	14. 2. 1994	55 – 242	14,0	6,50	2 435	25,7	31,3	41,2	0	Na-HCO ₃ -Cl	A ₂ -S ₁ (Cl) prech.

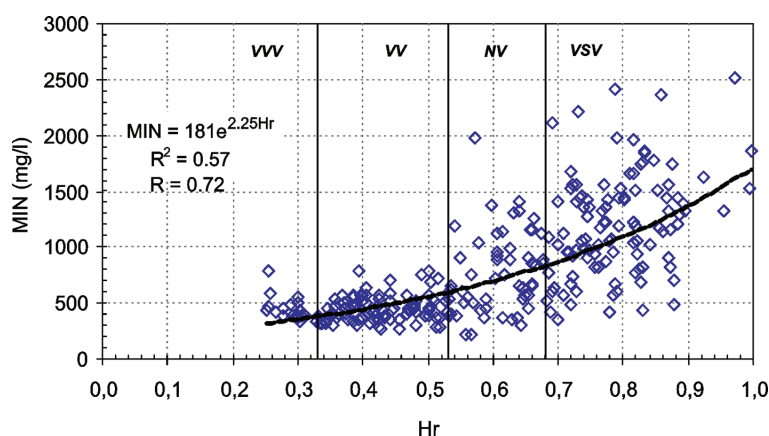
Poznámka: SUV – skúšaný úsek vrtu.

Vody fluviaálnych sedimentov s potamogénnou mineralizáciou

Chemické zloženie podzemných vôd kvartérnych fluviaálnych sedimentov Medzibodrožia je priestorovo značne variabilné. Ich základnou charakteristickou črtou pritom je výskyt základného výrazného A_2 typu v antropogénne nezaťažených častiach územia, ako aj prechod cez A_2 nevýrazný typ a prechodné typy k zmiešaným typom za rastu celkovej mineralizácie v antropogénne zaťažených častiach územia. Pozorovateľná je významná kladná korelácia hodnôt celkovej mineralizácie týchto podzemných vôd a miery ich vyhranosti, vyjadrenej podľa Jetela (1975) vnútornou relatívnou informačnou entropiou Hr (obr. 6.2.2). Hodnoty Hr väčšie ako 0,68 reprezentujú veľmi slabo vyhranené vody, zodpovedajúce prechodným a zmiešaným typom Gazdovej klasifikácie, hodnoty $Hr = 0,53 - 0,68$ zodpovedajú vodám nevýrazného základného typu. Výskyt podzemných vôd nevýrazne vyhranených a veľmi slabo vyhranených, s vyššou celkovou mineralizáciou, je koncentrovaný do intravilánov sídiel a ich blízkeho okolia (pozri mapky s priestorovou distribúciou hodnôt celkovej mineralizácie a Hr na obr. 6.2.3 a 6.2.4) a bol dokumentovaný takmer výlučne v domových studniach. V hydrogeologických vrtoch, v prevahe situovaných mimo obývaných oblastí, boli prechodné a zmiešané typy vôd dokumentované výnimočne. Prehľad zistených Gazdových typov vôd vo vzorkovaných objektoch hodnoteného územia spolu s priemernými hodnotami celkovej mineralizácie je uvedený v tab. 6.2.3. Z prehľadu vyplýva, že z dokumentovaných studní až 54 % má vodu zmiešaných typov, 3 % vodu prechodných typov a 32 % má vodu základného A_2 nevýrazného typu. Medzi zmiešanými typmi dominuje A_2 typ (60 %), nasledovaný typom $S_2(SO_4)$ v zastúpení 11,5 % a typom $A_2-S_1(NO_3)-S_2(Cl)-S_2(SO_4)$ v zastúpení 10 %. V prípade vrtov až 82 % z nich má vodu základného A_2 výrazného typu. Variabilitu chemického zloženia vôd dokumentovaných v domových studniach oproti vodám z hydrogeologických vrtov ilustruje systematický diagram na obr. 6.2.3. Antropogénne podmienený nárast celkovej mineralizácie vôd je sprevádzaný zvyšovaním podielu sodíka a draslíka na úkor vápnika v kationovej oblasti a nárastom podielu chloridov, síranov a dusičnanov v aniónovej oblasti. Podiel Gazdovej charakteristiky $S_1(NO_3)$ dosahuje v prípade dokumentovaných studní prevažne interval 3 – 15 %, $S_1(Cl)$ 3 – 14 % a $S_1(SO_4)$ do 14 % (tab. 6.2.5).

Časovú variabilitu zmien chemického zloženia na území je náročné hodnotiť, keďže absentuje dlhodobý rad pozorovaní v sieti objektov zodpovedajúcej podmienkam územia. Ak porovnáme mediány súborov hodnôt celkovej mineralizácie dokumentovanej hydrogeologickými vrtmi pred rokom 1970, v rokoch 1970 – 1980, 1980 – 1990 a po roku 1990, zistíme, že sa pohybujú v pomerne úzkom rozmedzí 397 – 483 $mg \cdot l^{-1}$ (počet údajov v súboroch je 27 – 46). Z tohto porovnania vyplýva, že antropogénny vplyv v Medzibodroží v tomto období nespôsobil významnú zmenu makrochemického zloženia podzemných vôd regionálneho rozsahu.

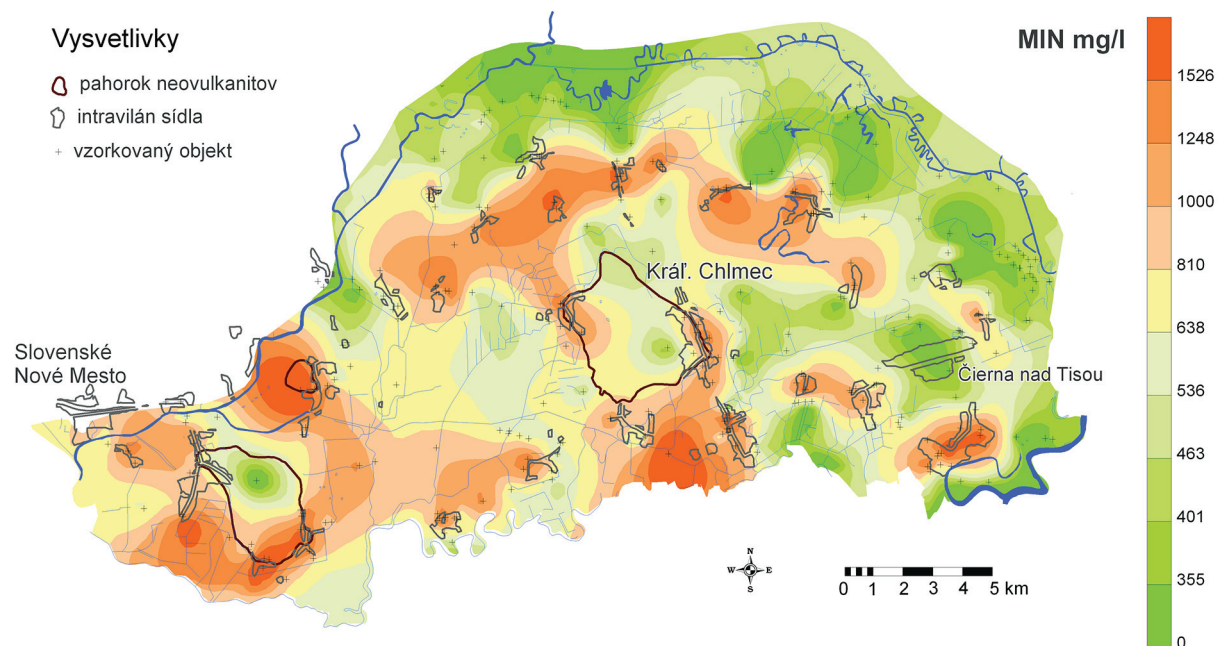
Podľa Smernice MŽP SR č. 9/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 sa za antropogénne a čiastočne antropogénne ovplyvnené podzemné vody považujú vody



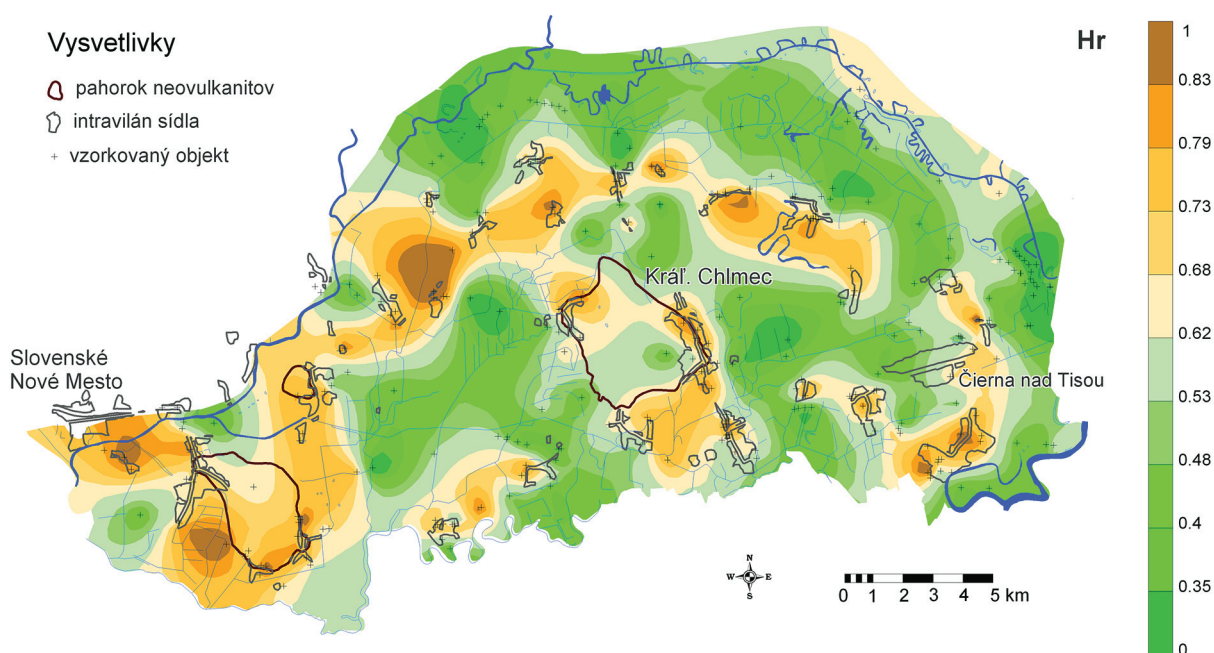
Obr. 6.2.2. Vzťah celkovej mineralizácie podzemnej vody kvartérnych fluviaálnych sedimentov Medzibodrožia k vyhranosti ich chemického zloženia. MIN – celková mineralizácia; Hr – vnútorná relatívna informačná entropia; VVV – vody veľmi výrazne vyhranené; VV – vody výrazne vyhranené; NV – vody nevýrazne vyhranené; VSV – vody veľmi slabo vyhranené (klasifikácia podľa Jetela, 1975).

Tab. 6.2.3. Početnosť výskytu hlavných chemických typov podzemných vôd kvartérnych sedimentov Medzibodrožia a stredná hodnota ich celkovej mineralizácie (MIN).

Chemický typ podľa Gazdovej charakteristiky		Studne		Vrty		Studne a vrty	
		n	MIN (mg · l ⁻¹)	n	MIN (mg · l ⁻¹)	n	MIN (mg · l ⁻¹)
Základné	A ₂ výr.	15	630	118	455	133	475
	A ₂ nevýr.	41	1 012	17	523	58	869
Prechodné	A ₂ -S ₂ (SO ₄)	3	1 310	1	1 269	4	1 300
	A ₁ -A ₂	1	1 031	0	–	1	1 031
Zmiešané	A ₂ a iné	70	1 330	8	1 034	78	1 299



Obr. 6.2.3. Celková mineralizácia podzemných vôd prvého zvodnenca v Medzibodroží.

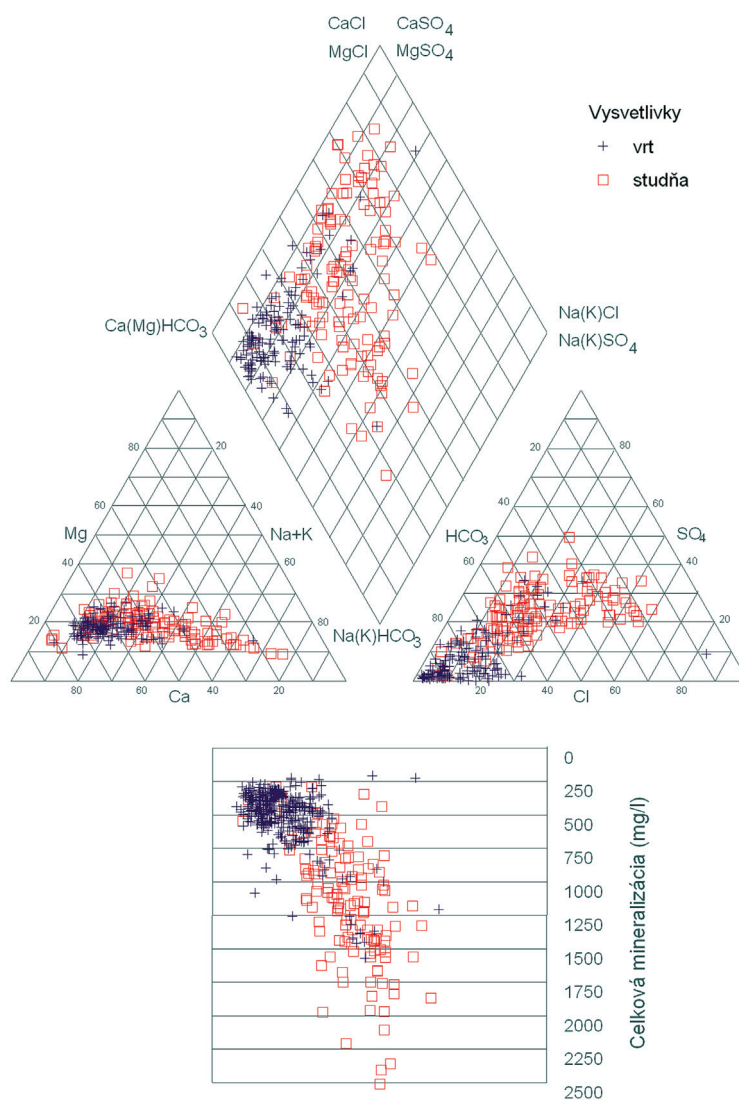


Obr. 6.2.4. Vnútornej relatívnej informačnej entropia Hr podzemných vôd prvého zvodnenca v Medzibodroží.

rôznych nevyhranených typov (prechodné, zmiešané) s výskytom nadlimitného obsahu vodohospodársky významných zložiek, pri ktorých nárast hodnôt celkovej mineralizácie predstavuje 25 – 50 % a viac ako 50 %. Pri vzorkovaní podzemných vôd v domových studniach v Medzibodroží bola zistená významná miera antropogénneho vplyvu na makrochemické zloženie vôd, ale aj jeho vysoká priestorová variabilita prejavujúca sa prítomnosťou rôznych chemických typov v blízkych objektoch. Napríklad v obciach Rad – časť Hrušov a Leles sa vyskytuje až 7 chemických typov vôd. Porovnaním s chemickým zložením vôd vzorkovaných v objektoch situovaných mimo osídlenia (takmer výlučne hydrogeologické vrty) zisťujeme, že výskyt výrazne antropogénne ovplyvnených podzemných vôd je v celom Medzibodroží sústredený takmer výlučne do intravilánov miestnych sídiel a ich blízkeho okolia, ale aj tam sú priestorovo veľmi variabilné a prelínajú sa s blízkym výskytom antropogénne neovplyvnených vôd. Preto na mape plošne nevyhranujeme výskyt antropogénne ovplyvnených podzemných vôd (resp. vôd s antropogénnou mineralizáciou).

Základné popisné štatistické parametre súboru vybraných zložiek z laboratórnych analýz vzoriek podzemných vôd použitých na interpretáciu hydrogeochemických pomerov Medzibodrožia sú uvedené v tab. 6.2.4. V nasledujúcej tab. 6.2.5 sú separátne spracované údaje dokumentované v studniach a vo vrtoch. Prezentované údaje kvantifikujú vyššie popisovanú značnú variabilitu obsahu sledovaných chemických zložiek a vypočítaných geochemických parametrov. Celková mineralizácia vôd dokumentovaných vrtmi kolíše v rozmedzí 382 – 564 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s hodnotou mediánu 451 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Naproti tomu v studniach boli dokumentované vody s celkovou mineralizáciou 827 – 1 441 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s mediánom 1 143 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Pri porovnaní týchto dvoch súborov údajov zisťujeme výrazný nárast koncentrácie sodíka, draslíka, stroncia, dusičnanov, fosforečnanov a kovov zinku v studniach oproti vrtom. Tieto údaje, spolu s hodnotami Gazdových indexov $S_1(\text{NO}_3)$, $S_1(\text{Cl})$, $S_2(\text{SO}_4)$ a pomerom $r(\text{Na} + \text{K})/r(\text{Ca} + \text{Mg})$, charakterizujú značný vplyv antropogénnej činnosti na chemické zloženie podzemných vôd. Tento fakt dokumentujú aj zistené korelačné vzťahy medzi jednotlivými chemickými zložkami (tab. 6.2.6), pričom vysoký stupeň korelácie vykazujú všetky makrozložky vzájomne aj oproti celkovej mineralizácii. Charakter priestorovej distribúcie makrozložiek sa prejavuje v rozdelení početnosti výskytu ich hodnôt – ide o ľavostranne asymetrické typy rozdelenia lognormálneho, prípadne exponenciálneho typu, často viacvrcholové (obr. 6.2.6).

Určitú variabilitu makrochemického zloženia možno pozorovať aj smerom do hĺbky. Prejavuje sa stabilizáciou makrochemického zloženia a výšky celkovej mineralizácie (obr. 6.2.7),



Obr. 6.2.5. Systemizačný diagram chemického zloženia podzemných vôd kvartérnych sedimentov Medzibodrožia.

Tab. 6.2.4. Základné popisné štatistické parametre vybraných chemických zložiek a geochemických koeficientov podzemných vôd kvartérnych sedimentov Medzibodrožia.

	n	%MS	M	Md	G	s	b ₁	b ₂	Min	Max	Q _{0,25}	Q _{0,75}	IS _{95%}
pH	276	0	6,96	6,94	6,95	0,36	-0,6	4,1	5,00	8,10	6,75	7,15	0,04
EC	241	0	93	79	78,11	55	1,0	0,6	26	301	45	130	6,96
CHSK _{Mn}	168	0,6	3,33	2,80	2,84	1,98	2,6	14,4	0,03	17,40	2,03	4,32	0,30
O ₂ mg t ⁻¹	138	0	3,95	3,65		2,27	0,4	-0,5	0,00	9,80	2,03	5,58	0,38
O ₂ %	138	0	37,1	35,0		21,3	0,4	-0,7	0,0	91,0	19,5	52,0	3,56
Li	155	1,8	0,022	0,012	0,014	0,029	5,0	37,6	<MS	0,270	0,007	0,027	0,004
Na	276	0	43,3	25,0	30,0	39,9	1,7	3,0	4,0	215,0	15,1	61,2	4,7
K	269	0	37,8	3,2	5,7	78,6	2,5	5,6	0,0	370,0	1,7	16,9	9,4
Ca	276	0	110,2	89,4	95,5	64,5	1,6	2,7	26,5	400,8	62,9	136,2	7,6
Mg	276	0	24,6	17,5	27,6	18,6	2,1	5,7	5,8	116,7	12,2	31,9	2,2
Sr	148	0	0,49	0,45	0,43	0,27	1,3	2,8	0,07	1,74	0,29	0,64	0,04
Fe	276	35,1		0,101					<MS	63,68	<MS	3,52	
Mn	274	7,3	0,640	0,450	0,185	0,747	1,7	3,6	<MS	4,431	0,034	0,940	0,088
NH ₄	269	31,6		0,09					<MS	11,00	<MS	1,02	
F	172	23,8	0,14	0,12	0,11	0,17	8,5	93,3	<MS	2,00	0,05	0,17	0,03
Cl	276	6,9	53,0	37,0	32,5	53,4	1,9	3,8	2,1	277,9	13,5	68,7	6,29
SO ₄	276	0,7	97,3	53,1	38,5	106,7	1,4	2,1	0,01	559,3	10,6	162,1	12,59
NO ₂	128	35,2		0,010					<MS	8,260	<MS	0,030	
NO ₃	271	17,7	64,3	3,0	6,1	113,6	2,4	5,8	<MS	653,4	0,5	73,3	13,5
PO ₄	246	30,5		0,03					<MS	20,50	<MS	0,15	
HCO ₃	276	0,0	355,7	316,7	326,4	150,0	1,2	1,6	18,3	989,7	250,6	433,2	17,7
SiO ₂	251	0,0	21,3	19,5	19,9	8,0	1,2	2,3	2,7	56,4	16,0	25,0	1,0
volCO ₂	262	0,0	57,6	52,1		38,7	1,6	4,9	0,0	275,0	29,2	78,7	4,69
Heyer	163	0,0	3,1	0,0		6,6	2,2	4,0	0,0	28,6	0,0	2,1	1,0
Cr	176	54,5		<MS			4,0	17,6	<MS	0,0180	<MS	0,0010	0,0004
Cu	181	24,9	0,0036	0,0020	0,0020	0,0053	5,0	32,1	<MS	0,0460	0,0010	0,0040	0,0008
Zn	181	3,3	0,523	0,130	0,111	1,21	5,0	31,0	0,002	10,100	0,033	0,452	0,176
As	160	63,1		<MS					<MS	0,0180	<MS	0,0010	
Cd	176	84,7		<MS					<MS	0,1880	<MS	<MS	
Se	143	54,5		<MS					<MS	0,0310	<MS	0,0035	
Pb	176	61,4		<MS					<MS	0,0160	<MS	0,0020	
Hg	147	89,1		<MS					<MS	0,0010	<MS	<MS	
Al nefiltr.	149	21,5	0,091	0,030	0,037	0,1760	4,5	26,6	<MS	1,4500	0,0200	0,0700	0,0283
Al filtr.	116	82,8		<MS					<MS	0,0500	<MS	<MS	
Ba	144	0,0	0,0734	0,0600	0,065	0,0417	2,2	8,0	0,020	0,300	0,050	0,090	0,007
Sb	143	81,8		<MS					<MS	0,0020	<MS	<MS	
Ca+Mg	276	0	3,766	2,989	3,235	2,286	1,6	2,8	0,971	13,376	2,066	4,611	0,270
MIN	276	0	807,7	601,8	689,0	476,6	1,1	0,6	224,7	2511,1	434,2	1123,0	56,2
S ₁	276		20,09	16,41		11,48	0,8	0,0	3,11	52,86	11,26	26,96	1,35
S ₂	276		13,96	5,22		18,23	1,3	0,7	0,00	70,84	0,00	22,42	2,15
A ₁	276		3,80	0,00		7,82			0,00	62,86	0,00	4,65	
A ₂	276		60,77	63,94		19,89	-0,5	-0,6	0,00	89,42	46,83	77,95	2,35
S ₁ (NO ₃)	276		5,27	0,86		7,33	1,5	1,4	0,00	32,69	0,12	8,70	0,86
S ₁ (Cl)	276		9,62	9,02		6,28	0,7	0,8	0,00	34,75	4,99	13,56	0,74
S ₁ (SO ₄)	276		5,18	2,19		6,73	1,6	1,7	0,00	28,87	0,00	8,16	0,79
S ₂ (NO ₃)	276								0,00	0,00			
S ₂ (Cl)	276								0,00	0,00			
S ₂ (SO ₄)	276								0,00	22,17			
H _r	276		0,595	0,605	0,563	0,187	0,0	-1,1	0,251	0,996	0,426	0,749	0,022
(Na+K) (Ca+Mg)	276		0,746	0,437	0,530	0,810	3,2	13,9	0,096	6,421	0,309	0,839	0,096
Mg/Ca	276		0,360	0,327	0,342	0,124	1,5	3,5	0,123	0,933	0,279	0,418	0,015
Cl/Na	276		0,895	0,709	0,701	1,163	11,7	168,7	0,097	17,930	0,509	1,026	0,137
SO ₄ /MIN	276		0,049	0,043	0,000	0,038	0,6	-0,5	0,000	0,182	0,012	0,076	0,005

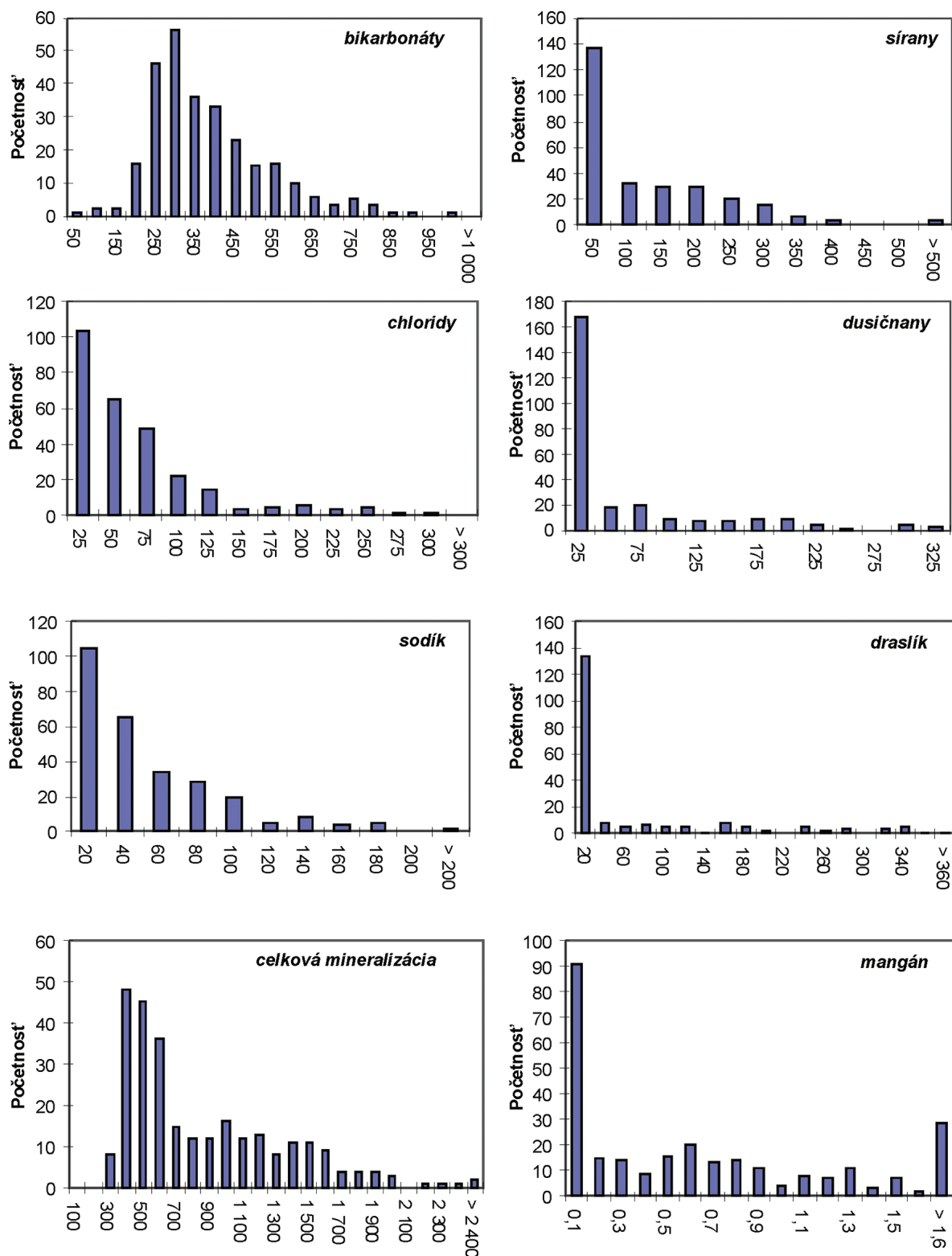
Vysvetlivky: Koncentrácie chemických zložiek sú v mg · l⁻¹ s výnimkou Ca + Mg (mmol · l⁻¹). MS – medza stanovenia laboratórnej metódy (tab. 4.3.2 a 4.3.3); EC – merná elektrická vodivosť vody v mS · m⁻¹; MIN – celková mineralizácia vody v mg · l⁻¹. Geochemické koeficienty (Na + K)/(Ca + Mg), Mg/Ca a SO₄/MIN sú počítané z molárnych koncentrácií príslušných zložiek; n – počet hodnôt súboru. Aritmetický priemer súboru (M), geometrický priemer (G), výberová smerodajná odchýlka (s), šikmosť (b₁), špicatosť (b₂) a hodnota intervalu spoľahlivosti pre strednú hodnotu súboru pri hladine α = 0,05 (IS_{95%}) sú vypočítané pre súbor, v ktorých podiel počtu hodnôt súboru pod medzou stanovenia (%MS) neprekračuje 25 % (%MS < 25 %).

keď sa v hĺbke do 20 m vyskytuje jej vysoká hodnota nad $1\ 000\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$, spôsobená prínosom látok antropogénneho pôvodu, v hĺbke pod 30 m však mineralizácia nepresahuje $600\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. V dôsledku hĺbkového poklesu koncentrácie síranov a chloridov stúpa zároveň podiel Gazdovej charakteristiky A_2 . Zvýšená koncentrácia dusičnanov nad $10\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ sa vyskytuje do hĺbky 30 m, podobne aj zvýšená koncentrácia amónneho iónu prevyšujúca $1\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Hodnota redox potenciálu s hĺbkou rapídne klesá a v plytkých záchytných objektoch býva koncentrácia rozpusteného kyslíka nízka. Na význam redukčných procesov v kvartérnom kolektore poukazuje vyššia priemerná koncentrácia amónneho iónu ($1\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) vo vrtoch oproti stopovým mediánovým hodnotám v súbore vzoriek zo studní a výrazne vyššia priemerná koncentrácia železa a mangánu (tab. 6.2.5). V prípade železa a mangánu je zvýšená koncentrácia v podzemnej vode podmienená geogénne.

Tab. 6.2.5. Základné popisné štatistické parametre vybraných chemických zložiek a geochemických koeficientov podzemných vôd studní a vrtov v kvartérnych sedimentoch Medzibodrožia.

	n	% MS	M	Md	s	Min	Max	Q _{0,25}	Q _{0,75}	IS _{95%}	n	% MS	M	Md	s	Min	Max	Q _{0,25}	Q _{0,75}	IS _{95%}
pH	131		7,07	7,03	0,34	6,32	8,10	6,86	7,30	0,06	145		6,86	6,90	0,36	5,00	7,70	6,70	7,00	0,06
EC	130		126	124	52	30	301	91	151	8,96	111		55	45	27	26	176	38	62	4,95
CHSK _{Min}	130	0	3,35	2,76	2,04	0,88	17,40	2,08	4,30	0,35	38	3	3,29	3,05	1,80	<0,5	9,60	1,92	4,52	0,57
O ₂ mg l ⁻¹	100		4,02	3,90	1,88	0,80	8,30	2,40	5,43	0,37	38		3,79	2,99	3,10	0,00	9,80	1,31	6,62	0,99
O ₂ %	100		37,96	37,55	17,90	8,29	78,82	22,59	50,43	3,51	38		34,8	26,5	28,7	0,0	91,0	11,7	62,2	9,12
Li	132	3	0,020	0,015	0,017	<0,01	0,102	0,009	0,025	0,003	24	0	0,034	0,006	0,060	0,003	0,270	0,004	0,041	0,02
Na	132		66,4	59,6	43,4	5,6	215,0	34,3	85,5	7,4	145		22,0	17,5	19,4	4,0	175,0	12,0	24,0	3,2
K	132		71,5	13,8	101,1	0,01	370,0	2,1	112,7	17,3	138		5,3	2,6	14,0	0,0	105,2	1,7	3,7	2,3
Ca	132		143,9	133,5	71,2	26,5	400,8	93,8	183,6	12,1	145		78,7	70,5	35,4	31,7	243,0	57,7	89,4	5,8
Mg	132		35,4	31,1	20,9	7,5	116,7	20,9	43,3	3,6	145		14,6	11,7	7,6	5,8	52,5	10,7	15,8	1,2
Sr	131	0	0,52	0,46	0,28	0,07	1,74	0,32	0,66	0,05	71	0	0,06	0,05	0,04	0,03	0,32	0,04	0,07	0,01
Fe	131	66	<MS	<MS	<MS	<MS	4,065	<MS	0,018		145	8	5,505	2,490	7,842	<MS	63,680	0,160	8,720	1,276
Mn	131	14	0,357	0,040	0,755	<MS	4,431	0,009	0,306	0,129	143	1	0,899	0,730	0,639	<MS	2,810	0,460	1,250	0,105
NH ₄	131	55	<MS	<MS	<MS	<MS	0,38	<MS	0,07		138	9	1,45	1,00	1,74	<MS	11,00	0,38	1,64	0,29
F	131	30	<MS	0,12	<MS	<MS	2,00	<MS	0,19		41	5	0,10	0,10	0,03	<MS	0,17	0,06	0,12	0,01
Cl	132		78,2	64,9	60,2	4,4	277,9	37,7	96,6	10,3	145		29,7	20,0	31,8	2,1	241,1	9,6	37,6	5,2
SO ₄	132		170,8	155,7	103,0	4,2	559,3	99,3	228,0	17,6	145		29,7	12,3	49,8	0,0	335,8	4,9	28,8	8,1
NO ₂	31	0	0,535	0,030	1,764	0,010	8,260	0,020	0,045	0,621	97	46	0,010	0,010		<MS	2,580	<MS	0,030	
NO ₃	131	11	124,6	66,9	136,8	<MS	653,4	23,6	181,1	23,4	140	24	7,9	0,9	30,2	<MS	215,3	0,3	2,5	5,0
PO ₄	130	26	0,10	0,10	<MS	<MS	20,50	<MS	0,90		116	35	0,02	0,02		<MS	1,09	<MS	0,05	
HCO ₃	132		420,4	406,0	175,2	95,0	989,7	289,5	537,0	29,9	145		294,4	277,6	85,4	18,3	549,2	238,6	347,8	13,9
SiO ₂	132		20,5	18,7	7,5	11,5	49,6	15,9	22,7	1,3	120		22,0	22,0	8,5	2,7	56,4	16,1	26,2	1,5
vo. CO ₂	131		54,0	46,2	41,6	0,0	275,0	22,2	71,5	7,1	131		61,2	52,8	35,5	0,8	191,4	39,4	80,7	6,07
Heyer	100		0,3	0,0	1,9	0,0	17,6	0,0	0,0	0,4	63		7,6	4,3	8,6	0,0	28,6	0,0	13,2	2,1
Cr	131	65	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0093	<MS	0,0010		45	62	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0180	<MS	0,0030	
Cu	131	24	0,0033	0,0019	0,0056	<MS	0,0460	0,010	0,0036	0,0010	50	28	0,0035	0,0035	0,0035	<MS	0,0230	<MS	0,0060	
Zn	131	0	0,684	0,216	1,371	0,002	10,1	0,084	0,669	0,235	50	6	0,101	0,025	0,333	<MS	2,293	0,005	0,056	0,092
As	131	73	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0180	<MS	0,0011		29	83	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0040	<MS	<MS	
Cd	131	91	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0020	<MS	<MS		45	67	<MS	<MS	<MS	<MS	0,1880	<MS	0,0030	
Se	131	51	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0310	<MS	0,0043		12	92	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0020	<MS	<MS	<MS
Pb	131	63	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0090	<MS	0,0020		45	47	0,0010	0,0010	0,0010	<MS	0,0160	<MS	0,0020	<MS
Hg	131	90	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0010	<MS	<MS		16	81	<MS	<MS	<MS	<MS	<MS	<MS	<MS	<MS
Al _{effr.}	131	10	0,0951	0,0400	0,1837	<MS	1,4500	0,0200	0,0800	0,03	18	33	0,03	0,03	0,03	<MS	0,36	<MS	0,04	
Al _{intr.}	100	82	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0300	<MS	<MS	<MS	16	88	<MS	<MS	<MS	<MS	0,05	<MS	<MS	<MS
Ba	131	0	0,0690	0,0600	0,0367	0,020	0,2500	0,0450	0,0850	0,01	13	0	0,118	0,100	0,061	0,040	0,300	0,100	0,110	0,033
Sb	131	82	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0020	<MS	<MS		12	83	<MS	<MS	<MS	<MS	0,0002	<MS	<MS	<MS
Ca+Mg	130		5,090	4,544	2,503	0,971	13,376	3,325	6,355	0,43	145		2,568	2,253	1,152	1,111	8,021	1,932	2,923	0,19
MIN	126		1156,2	1142,7	469,1	290,8	2511,1	826,6	1440,6	81,9	145		505,5	451,3	206,5	224,7	1417,0	382,2	563,8	33,6
S ₁	131		27,11	26,44	11,74	4,61	52,86	16,60	35,83	2,01	145		13,74	12,93	6,46	3,11	32,97	9,16	17,29	1,05
S ₂	131		21,93	18,37	20,69	0,00	70,72	0,00	38,74	3,54	145		6,75	0,18	11,76	0,00	70,84	0,00	9,42	1,91
A ₁	131		4,05	0,00	9,74	0,00	62,86	0,00	2,27	3,54	145		3,58	0,00	5,58	0,00	32,02	0,00	6,42	0,91
A ₂	131		46,80	47,52	16,25	0,04	87,37	34,17	56,20	2,78	145		73,38	76,79	13,38	0,00	89,42	69,32	82,07	2,18
S ₁ (NO ₃)	131		9,89	8,57	7,94	0,02	32,69	3,06	15,21	1,36	145		1,09	0,21	2,94	0,00	20,20	0,09	0,67	0,48
S ₁ (Cl)	131		9,45	9,52	6,66	0,00	34,75	4,68	13,54	1,14	145		9,76	8,14	5,92	1,31	31,28	5,33	13,56	0,96
S ₁ (SO ₄)	131		7,73	4,51	8,48	0,00	28,87	0,00	14,38	1,45	145		2,87	1,65	3,22	0,00	17,38	0,45	3,93	0,52
S ₂ (NO ₃)	131					0,00	0,00				145					0,00	0,00			
S ₂ (Cl)	131					0,00	0,00				145					0,00	0,00			
S ₂ (SO ₄)	131					0,00	22,17				145					0,00	0,00			
H _r	131		0,731	0,745	0,131	0,292	0,996	0,659	0,818	0,022	145		0,472	0,443	0,155	0,251	0,891	0,372	0,536	0,025
(Na+K)/(Ca+Mg)	131		1,099	0,742	1,007	0,096	6,421	0,406	1,419	0,172	145		0,427	0,341	0,350	0,120	3,710	0,278	0,459	0,057
Mg/Ca	131		0,414	0,390	0,138	0,143	0,933	0,326	0,479	0,024	145		0,312	0,293	0,085	0,123	0,673	0,266	0,341	0,014
SO ₄ /MIN	130		0,075	0,074	0,031	0,006	0,182	0,056	0,095	0,005	145		0,025	0,015	0,027	0,000	0,119	0,006	0,033	0,004

Vysvetlivky: Koncentrácie chemických zložiek sú v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s výnimkou $\text{Ca} + \text{Mg}$ ($\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). MS – medza stanovenia laboratórnej metódy (tab. 4.3.2 a 4.3.3); EC – merná elektrická vodivosť vody v $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$; MIN – celková mineralizácia vody v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Geochemické koeficienty $(\text{Na} + \text{K})/(\text{Ca} + \text{Mg})$, Mg/Ca a SO_4/MIN sú vypočítané z molárných koncentrácií príslušných zložiek; n – počet hodnôt súboru. Aritmetický priemer súboru (M), výberová smerodajná odchýlka (s) a hodnota intervalu spoľahlivosti pre strednú hodnotu súboru pri hladine $\alpha = 0,05$ ($\text{IS}_{95\%}$) sú vypočítané pre súbory, v ktorých podiel počtu hodnôt súboru pod medzou stanovenia (%MS) neprekračuje 25 % ($\text{MS} < 25\%$).

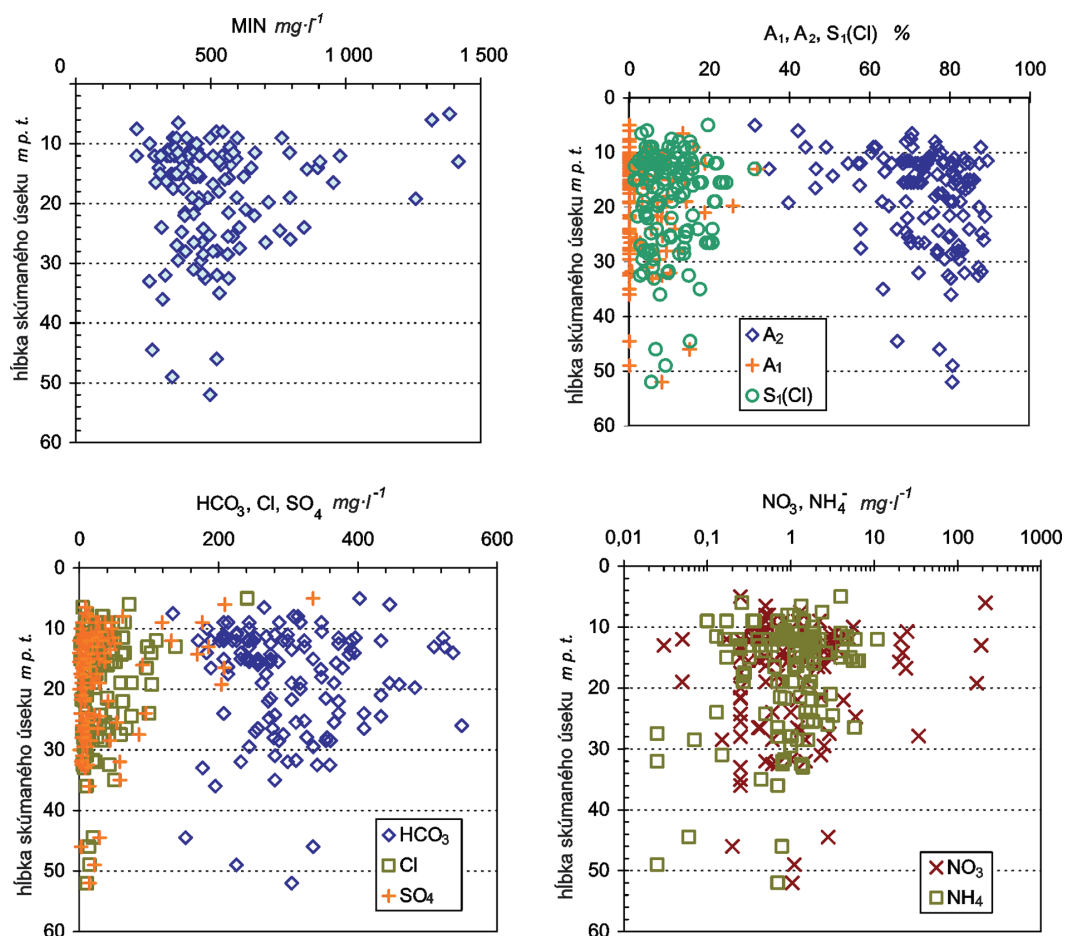


Obr. 6.2.6. Histogramy absolútnej početnosti rozdelenia hodnôt koncentrácie hlavných chemických komponentov v podzemných vodách kvartérnych sedimentov Medzibodrožia.

Tab. 6.2.6. Korelačná matica vybraných chemických zložiek podzemných vôd kvartérnych sedimentov Medzibodrožia.

	Li	Na	K	Ca	Mg	Sr	Mn	NH ₄	F	Cl	SO ₄	NO ₃	HCO ₃	SiO ₂	Cr	Cu	Zn	Se	Al	Ba	
Li	1																				
Na	0,01	1																			
K	0,29	0,29	1																		
Ca	0,08	0,59	0,07	1																	
Mg	0,08	0,74	0,22	0,83	1																
Sr	0,04	0,62	-0,21	0,88	0,88	1															
Mn	-0,09	-0,20	-0,20	-0,17	-0,14	0,07	1														
NH ₄	-0,12	-0,27	-0,23	-0,26	-0,28	-0,07	0,34	1													
F	0,12	0,19	0,20	-0,04	0,08	-0,03	-0,10	-0,12	1												
Cl	0,09	0,75	0,21	0,81	0,80	0,77	-0,02	-0,18	0,01	1											
SO ₄	0,03	0,78	0,30	0,83	0,87	0,79	-0,20	-0,35	0,08	0,80	1										
NO ₃	0,14	0,56	0,29	0,69	0,67	0,55	-0,27	-0,27	0,00	0,60	0,71	1									
HCO ₃	0,25	0,57	0,60	0,47	0,59	0,35	-0,17	-0,19	0,25	0,45	0,46	0,18	1								
SiO ₂	0,04	-0,15	0,02	-0,19	-0,20	-0,35	-0,08	0,11	0,03	-0,22	-0,21	-0,01	-0,13	1							
Cr	0,17	-0,11	-0,11	-0,11	-0,12	-0,08	0,16	0,42	-0,05	-0,06	-0,10	-0,16	-0,12	-0,17	1						
Cu	0,15	0,00	0,17	-0,10	-0,07	-0,05	0,03	0,13	0,10	0,00	-0,02	0,00	0,01	-0,04	0,19	1					
Zn	0,19	0,19	0,07	0,21	0,27	0,18	0,17	-0,11	-0,02	0,26	0,32	0,09	0,16	0,05	0,02	0,00	1				
Se	0,32	0,11	0,37	0,00	0,05	-0,01	-0,15	-0,09	-0,06	0,08	0,10	0,08	0,26	-0,02	0,15	0,07	-0,05	1			
Al	-0,06	-0,07	0,04	-0,08	-0,08	-0,05	-0,10	-0,06	0,00	-0,10	-0,10	-0,08	0,03	0,00	-0,06	0,09	-0,02	-0,09	1		
Ba	-0,01	-0,10	-0,06	0,11	0,04	0,04	0,18	-0,01	-0,21	0,14	-0,05	0,13	-0,07	0,15	-0,09	-0,04	0,11	-0,02	0,01	1	
MIN	0,21	0,81	0,56	0,82	0,88	0,71	-0,24	-0,33	0,16	0,81	0,89	0,74	0,74	-0,14	-0,16	0,01	0,25	0,24	-0,06	0,02	

Vysvetlivky: Kritická hodnota koeficienta korelácie pri hladine významnosti $\alpha = 0,01$ je 0,254. Štatisticky významné hodnoty koeficienta korelácie sú zvýraznené tučným písmom. Počet údajov hodnoteného súboru $n = 276$, s výnimkou Li ($n = 155$), Sr, Al ($n = 148$), Cr, Cu, Zn ($n = 181$) a Se, Ba ($n = 143$).



Obr. 6.2.7. Vertikálna zonálnosť chemického zloženia podzemnej vody kvartérnych sedimentov dokumentovaná v hydrogeologických vrtoch.

6.3. CHARAKTERISTIKA KVALITATÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNÝCH VÔD

Kvalitatívne vlastnosti podzemných vôd hodnoteného územia sú na základnej hydrogeochemickej mape Medzibodrožia vyjadrené prostredníctvom 8 tried kvality podzemných vôd (A až H). Triedy kvality podzemných vôd sú vyčlenené na základe zoskupenia medzných ukazovateľov v zmysle normovaných požiadaviek na pitnú vodu a v súlade s Vyhláškou MZ SR č. 151/2004 Z. z.. Na plošné vymedzenie výskytu kvalitatívnych tried podzemných vôd boli využité hlavne laboratórne analýzy vôd objektov spĺňajúce odporúčaný rozsah analýz v zmysle vyššie uvedenej smernice. Ich lokalizácia je zobrazená na hydrogeochemickej mape. Ako pomocné rozhodovacie kritérium boli však využité výsledky laboratórnych analýz, ktoré síce nespĺňajú odporúčaný rozsah podľa vyššie uvedenej smernice (chýbajúce stanovenie komplexu kovov), ale v rámci základného rozboru obsahujú informácie o vodohospodársky významných zložkách, ktoré sú na území najčastejšími kontaminantmi (Fe, Mn, amónne ióny, dusitany, dusičnany). Tieto objekty nie sú zobrazené na hydrogeochemickej mape, ale sú uvedené na mape hydrogeologickej dokumentácie. Takto rozšírený súbor obsahuje analýzu vzoriek podzemných vôd z 293 objektov, pričom percentuálne zastúpenie jednotlivých tried kvality je uvedené v tab. 6.3.1.

Tab. 6.3.1. Početné a plošné zastúpenie kvalitatívnych tried podzemných vôd na území Medzibodrožia.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Objekty (n)	13	8	47	14	14	21	103	73
Objekty (%)	4,4	2,7	16	4,8	4,8	7,2	35,2	24,9
Rozloha (km ²)	13		102,4				246,9	33,1
Rozloha (%)	4		25,5				61,5	8,2

Z uvedeného prehľadu je zrejmé, že z kvalitatívneho hľadiska sú podzemné vody Medzibodrožia výrazne kontaminované. Zo súboru hodnotených vzoriek podzemných vôd sú najviac zastúpené (cca 60 %) triedy s najhoršou kvalitou (G a H) a celková rozloha ich plochy predstavuje 70 % z celkovej rozlohy hodnoteného regiónu.

V triede G dominuje charakter znečistenia (NH₄⁺) – (Mn), ku ktorému v menšom počte pristupuje aj zložka (NO₃⁻) a (Fe).

V triede H k znečisteniu (NH₄⁺) – (Mn) – (Fe) – (NO₃⁻) pribúda najmä vysoká úroveň CHSK_{Mn} a celkové rozpustené látky. V menšom počte vzoriek sa vyskytuje aj zložka (SO₄²⁻), viackrát sa ako kontaminant objavil aj selén (Se).

Zlá kvalita vody (triedy kvality G a H) bola zistená nielen v studniach, ale aj v hlbších vrtoch a časovú stálosť prítomnosti kontaminácie potvrdzujú aj výsledky monitorovania kvality podzemnej vody z vrtov základnej monitorovacej siete SHMÚ. Zaradenie do kvalitatívnej triedy G spôsobujú najčastejšie nadlimitné hodnoty mangánu (Mn) a železa (Fe) geogénneho pôvodu spolu so zvýšeným obsahom amónneho iónu. Pôvod iónu NH₄⁺ môže byť čiastočne aj geogénny, ale z podstatnej časti je antropogénny – ide o redukciu dusičnanov pochádzajúcich hlavne z poľnohospodárskej výroby. Pre podzemné vody celého územia Medzibodrožia je charakteristický najmä vyšší obsah mangánu (Mn) a viac-menej prevládajúce redukčné prostredie. Dôsledkom prebiehajúcich redukčných procesov je, že vo vodách je všeobecne rozšírený zvýšený obsah amónnych iónov (NH₄⁺) na úkor obsahu dusičnanov (NO₃⁻). Vody týchto kvalitatívnych tried lokálne predstavujú antropogénne, resp. čiastočne antropogénne ovplyvnené podzemné vody kvartérnych zvodní. Vyskytujú sa na intenzívne poľnohospodársky využívanom území (hnojenie) a v okolí obcí (komunálne znečistenie).

Územia s najhoršou kvalitou podzemnej vody v triede H, kde oproti predošlej kvalitatívnej triede pribúda hlavne nadlimitná úroveň chemickej spotreby kyslíka (CHSK_{Mn}) indikujúcej zvýšený obsah organických látok, sú oproti triede G plošne menej rozšírené (cca 8 %). Ich výskyt je v dôsledku komunálneho znečistenia sústredený do okolia väčších sídelných aglomerácií (Streda nad Bodrogom, Kamenec) a do miest s hustejším osídlením (Svinice, Vojka, Zátin, Solníčka).

Do tretej, najpočetnejšej (16 % vzoriek) kvalitatívnej C triedy zaraďuje podzemné vody len vysoký obsah mangánu (Mn), iba ojedinele aj celkového železa (Fe). Oproti najrozšírenejším triedam G a H

obsah foriem výskytu dusíka v triede **C** (amónny ión, dusitany, dusičnany) neprekračuje limitné hodnoty. Oblasť s najväčším plošným rozšírením podzemnej vody tejto kvality možno vymedziť najmä v severovýchodnej časti regiónu pozdĺž toku rieky Latorica (nadväzuje na územie CHKO Latorica bez antropogénnych aktivít), ktorá je poľnohospodársky neobrábaná, podobne ako aj oblasť medzi Fejsešom a Čiernou nad Tisou vo východnej časti regiónu a oblasť odvodňovaná kanálmi S od Somotorského kanála.

Podzemné vody v kvalitatívnej triede **D** charakterizuje vysoká mineralizácia a vysoký obsah mangánu (Mn), chloridov (Cl^-) a síranov (SO_4^{2-}). Sú zastúpené v malom počte vzoriek rozptýlene na celom území a na mape predstavujú bodové anomálie.

Bodovými anomáliami je na mape znázornené aj rozmiestnenie objektov s vodou v kvalitatívnych triedach **E** a **F**. Z celkového súboru hodnotených vzoriek predstavuje zastúpenie obidvoch týchto tried (**E** + **F**) 12 %. V rámci triedy **E** je o. i. pre plytké podzemné vody územia určujúci výlučne obsah (NO_3^-), v triede **F** k nim pristupuje aj vysoká CHSK_{Mn} a vysoká mineralizácia.

Triedy **B** a **A** sú vo vzorkovaných objektoch regiónu zastúpené v cca 8 % z celkového počtu objektov. Do triedy **B** patrí len 8 vzoriek s vysokou úrovňou CHSK_{Mn} a v troch prípadoch navyše aj vysokou mineralizáciou. Priestorovo sú rozptýlené a plošný rozsah ich výskytu na mape nevymedzujeme. Najlepšiu triedu kvality (**A**) podzemnej vody má v celom regióne 13 objektov. Na mape sú znázornené tiež ako bodové anomálie, ale v neosídlených a v poľnohospodársky intenzívne nevyužívaných oblastiach pahorkov budovaných neogénnymi vulkanitmi (Chlmecské pahorky, hrašť kóty Tarbucka, hrašť kóty Vŕšok) je možné územie s potenciálnou kvalitou vôd triedy **A** vymedziť aj plošne.

Časový vývoj kvality podzemných vôd na Slovensku je dlhodobo sledovaný v rámci národného monitorovacieho programu (Luptáková et al., 2005). V Medzibodroží sa v období rokov 2000 – 2004 sledovala kvalita podzemnej vody vo zvodnenci kvartérnych fluvialných sedimentov na 5 monitorovacích objektoch (tab. 6.3.2). Štyri z nich sú pozorovacie sondy SHMÚ s dlhodobým sledovaním hladiny podzemnej vody (ich lokalizácia je zobrazená na obr. 4.1.2 a ich základná charakteristika je uvedená v tab. 4.1.1) a jeden (č. 5021 – Boľany VZ) je využívaným vodárenským zdrojom. Objekty boli v tomto období vzorkované raz ročne, v októbri, resp. v novembri. Rozsah sledovaných parametrov bol nasledujúci: pH, rozpustený O_2 , RL, Na, K, Ca, Mg, NH_4 , Fe, Mn, Al, Cl, SO_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 , HCO_3 , CO_3 , SiO_2 , H_2S , ChSK_{Mn} , As, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg, Zn, fenoly, humínové látky, kyanidy, NEL (UV). Obsah parametrov, pri ktorých bolo zistené prekročenie limitu pre pitnú vodu (podľa Vyhlášky MZ SR č.151/2004 Z. z.), je uvedený v tab. 6.3.2, zvlášť pre jednotlivé objekty, spolu s obsahom rozpustených látok (RL). Koncentrácia Fe a Mn trvalo prekročovala limit pre pitnú vodu vo všetkých monitorovaných objektoch. Vo väčšine z nich je trvale prekročený limit pre obsah amónneho iónu, nie je dosiahnutá odporúčaná úroveň nasýtenia vody rozpusteným kyslíkom a občasne sa vyskytuje zvýšený obsah nepolárnych extrahovateľných látok (NEL UV – stanovované v UV spektre). Obsah ortuti sa pohyboval v prvých tisícinách miligramu na liter, s maximom $\text{Hg} = 0,0006 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ zisteným dňa 6. 10. 2004 v lokalite Boľany-kolónia. Obsah arzénu nepresiahol $0,004 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, zinku $0,025 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Len sporadicky prekročil medznú hodnotu použitej laboratórnej metódy stanovenia obsah chrómu ($2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$), kadmia ($0,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$), medi ($2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$), niklu ($2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) a olova ($4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$). Obsah fenolov neprekročil ani v jednom prípade medznú hodnotu $2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Tab. 6.3.2. Výsledky sledovania kvality podzemnej vody v Medzibodroží v období 2000 – 2004 (zdroj údajov: SHMÚ, Bratislava – Monitoring kvality podzemných vôd). Údaje sú v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ s výnimkou obsahu rozpusteného O_2 uvedeného v % nasýtenia.

Objekt	Lokalita	RL	NH_4	Fe	Mn	Al	O_2	ChSK_{Mn}	NEL UV
1202	Veľký Horeš	380 – 500	0,20 – 1,05	6,13 – 8,56	0,81 – 0,92	$\leq 1,19$	$\leq 4,3$	2,20 – 3,47	$\leq 0,10$
1205	Král. Chlmec	402 – 462	0,65 – 1,03	4,59 – 10,20	0,67 – 0,79	$\leq 0,37$	$\leq 31,7$	3,35 – 4,12	$\leq 0,12$
1209	Boľany kolónia	312 – 358	0,32 – 0,50	3,60 – 4,47	1,23 – 1,37	$\leq 0,20$	$\leq 4,6$	0,33 – 1,80	$\leq 0,03$
5021	Boľany VZ	230 – 318	0,89 – 1,08	10,04 – 15,70	0,57 – 0,75	$\leq 0,04$	$\leq 62,5$	0,99 – 1,97	0,02 – 0,41
6312	Boľ-Zatín	212 – 274	0,68 – 1,08	10,90 – 19,10	0,93 – 1,04	$\leq 0,03$	$\leq 21,0$	$\leq 1,12$	$\leq 0,13$
Limit pre pitnú vodu		1000	0,5	0,2	0,05	0,2		3	0,05

Poznámka: Sivou sú podfarbené údaje nevyhovujúce požiadavke na pitnú vodu. Červenou sú podfarbené trvalo nevyhovujúce parametre oproti občasne nevyhovujúcim.

Vodohospodárske kritériá upraviteľnosti podzemných vôd

Z hľadiska vodohospodárskych kritérií upraviteľnosti surovej podzemnej vody v zmysle Vyhlášky č. 636/2004 Z. z. sa takmer polovica (48,5 %) vzoriek podzemných vôd regiónu kontamináciou vymyká kritériám pre kategórie štandardných metód úpravy surovej vody (tab. 6.3.1). Príčinou je hlavne veľmi vysoký obsah dusičnanov (NO_3^-), síranov (SO_4^{2-}) a tým aj nadlimitný obsah celkových rozpustených látok (RL). Vody s touto kvalitou reprezentujú prakticky celé osídlené a hospodársky využívané územie Medzibodrožia.

Druhá polovica hodnotených vzoriek podzemnej vody (51,5 %) patrí do kategórií A2 a A3 štandardnej upraviteľnosti (dvojstupňová a viacstupňová úprava). V regióne Medzibodrožia možno tieto triedy upraviteľnosti podzemných vôd očakávať najmä v pririečnej zóne pozdĺž toku Latorice a v poľnohospodársky nevyužívaných oblastiach v okolí mŕtvych ramien, mokradí a kanálov, ktoré sú dostatočne vzdialené od ľudských sídel. Úprava kvalitatívnych vlastností čerpaných podzemných vôd kvartérneho zvodnenca je v súčasnosti prevádzkovaná na vodárenských zdrojoch v Boľanoch.

Tab. 6.3.3. Kategórie štandardných metód úpravy vôd na pitnú vodu (Vyhláška č. 636/2004 Z. z.) a ich zastúpenie v podzemných vodách regiónu.

Upraviteľnosť	Zastúpenie na území	Charakter kontaminácie
Kategória A2 Fyzikálna a chemická úprava (koagulačná filtrácia, pomalá biologická filtrácia, infiltrácia, koagulácia, flokulácia, usadzovanie, filtrácia, dezinfekcia). Odželezňovanie a odmangánovanie s jedностupňovou a dvojstupňovou separáciou kalu.	26 %	Cl^- , NH_4^+ , Mn, (Fe)
Kategória A3 Intenzívna fyzikálna úprava a chemická úprava, rozšírená úprava a dezinfekcia (chlorácia), koagulácia, flokulácia, usadzovanie, filtrácia, adsorpcia (aktívne uhlie), ozonizácia, kombinácia s biologickými metódami úpravy.	25,5 %	
Mimo kritérií štandardných metód úpravy	48,5 %	NO_3^- , SO_4^{2-} , (Cd) celkové rozpustené látky

Rádioaktivita vôd

Na stanovenie obsahu rádioaktívnych prvkov (U, Ra a Rn) bolo z regiónu v rámci úlohy Geochemický atlas (Daniel et al., 1996) odobratých 32 vzoriek kvartérnych podzemných vôd zo studní a 4 vzorky z hlavných povrchových tokov (Tisa, Bodrog, Latorica, Somotorský kanál). Z hľadiska rádiologických ukazovateľov obsah všetkých hlavných rádionuklidov (^{238}U , ^{226}Ra a ^{222}Rn) vo vodách vyhovuje limitom Vyhlášky MZ SR č. 12/2001 Z. z. o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany.

Kontaminácia územia ropnými a špeciálnymi organickými látkami

Závažný zdroj znečistenia ropnými, resp. aj niektorými ďalšími organickými látkami predstavuje okolie železničnej prekládkovej stanice v Čiernej nad Tisou (ŽPS), hlavne stanica prečerpávania kvapalín 24/24. Nachádza sa v juhovýchodnej časti regiónu Medzibodrožia pri hraniciach s Ukrajinou. V rokoch 1982 – 1992 tu boli realizované viaceré prieskumné práce, zamerané hlavne na identifikáciu zdrojov kontaminácie podzemnej vody, rozsah a mieru znečistenia zemín a podzemných vôd, ako aj spôsob šírenia znečistenia tohto charakteru v podzemných vodách (kapitola 3). Zistená bola závažná plošná kontaminácia zemín s koncentráciou prevyšujúcou sanačné limity kategórie C podľa metodického pokynu MSPNM SR a odporúčenia SK ŽP č. 130-1992/I. Podzemné vody boli kontaminované v celej hrúbke kvartérnych kolektorov, lokálne aj s voľnou fázou ropných látok na hladine.

Spôsob sanácie kontaminovanej oblasti prečerpávacieho komplexu 24/24 Čierna nad Tisou navrhol Banský (1994). Skúšobnú prevádzku tohto systému realizovala spoločnosť EHS, s. r. o., Trenčín.

Na základe zhodnotenia výsledkov skúšobnej prevádzky bol vypracovaný prevádzkový poriadok, pomocou ktorého realizuje od roku 2001 sanačné práce firma Hydro G. E. P. Banská Bystrica (Klúz, 2001, 2002). Sanačné čerpanie sa realizuje vo vrtoch HF-3 ($4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) a HF-4 ($3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$), pričom vo vrtoch blízkych HF-3A a HF-4A sa kumuluje voľná fáza ropných látok, ktorá sa odčerpáva do veľkoobjemovej nádrže. Dosah vyvolanej depresie hladiny a úroveň kontaminácie v okolí sanačných vrtoch sa monitoruje v 10 sondách.

Zdrojom kontaminácie v oblasti ŽPS boli vážne ohrozené podzemné vody širokého okolia, najmä však významné vodárenské zdroje v blízkych Boňanoch, z ktorých sa v tej dobe odoberalo okolo $200 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ pitnej vody. Na základe matematického modelu prúdenia podzemných vôd (Mucha a Paulíková, 1987) bola na zamedzenie šírenia znečistenia z areálu ŽPS Čierna nad Tisou navrhnutá hydraulická ochrana podzemných vôd nížiny, najmä vo vzťahu k vodárenskému územiu Boňany. Predstavuje 12 prevádzkovo-sanačných vrtoch, ktoré spolu so sieťou pozorovacích sond vytvárajú pri čerpaní tzv. hydraulickú bariéru. Tento systém hydraulickej ochrany podzemných vôd je prevádzkovaný od roku 1996. V roku 2002 sa z troch vrtoch hydraulickej bariéry čerpalo $60 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, pričom limitná hodnota pre kategóriu C nebola prekročená ani v jednej vzorke.

V roku 1994 boli vodné zdroje (rad 10 exploatačných studní) v Boňanoch znova ohrozené, tentoraz v dôsledku havarijného znečistenia Latorice ropnými látkami po havárii ropovodu pri Mukačeve na Ukrajine. Situácia si vyžiadala realizáciu monitorovacích vrtoch medzi radom 10 exploatačných studní a ľavým brehom Latorice. Vplyv znečistenia povrchového toku na podzemné vody sa monitoringom nepreukázal.

Do databázy na zostavenie hydrogeochemickej mapy (príloha č. 3) boli vybrané aj objekty, z ktorých boli k dispozícii aj stanovenia NEL (ÚV). Celkovo je to 123 výsledkov z vrtoch realizovaných v rámci vyššie uvedených úloh, v ktorých obsah NEL (ÚV) zväčša nepresahuje $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Limit C v zmysle metodického pokynu MSPNM SR a odporúčania SK ŽP č. 130-1992/I (ktorý určuje potrebu sanácie – koncentrácia NEL nad $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) bol prekročený len v 2 prípadoch. Vo vrte HPR-3 pri obci Rad bola 13. 6. 1990 zistená koncentrácia $1,95 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Ostrolucký et al., 1991). Maximálna koncentrácia NEL (ÚV) $13,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bola zistená 16. 12. 1999 v pozorovanom vrte SHMÚ č. 1340 pri obci Svätušie.

V povrchových vodách v okolí toku Latorice (kanály, mŕtve ramená) je obsah NEL (ÚV) v rozmedzí od $0,006$ do $0,064 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, čo vyhovuje NV SR č. 296/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistených odpadových vôd a osobitných vôd.

6.4. CHARAKTERISTIKA KVALITY POVRCHOVÝCH VÔD

Podľa štatistických výsledkov sledovania kvality povrchových vôd v rámci pozorovacej siete SHMÚ (3 objekty) patria hlavné toky Medzibodrožia do III. až V. triedy kvality (STN 75 7221). Okrem organických látok sú určujúcimi znečisťujúcimi zložkami najmä niektoré kovy. Ich zvýšený obsah môže byť okrem iného aj dôsledkom viacerých havárií s únikom toxických a ropných látok, ktoré nedávno postihli rieku Tisu a Latoricu. Prehľad hlavných zložiek znečistenia je uvedený

Tab. 6.4.1. Prehľad zistených parametrov znečistenia povrchových tokov v rokoch 1998 – 2004 v profiloch sledovaných SHMÚ.

Tok – riečny km – profil	Parametre znečistenia v triedach kvality povrchových vôd		
	III.	IV.	V.
Latorica – 21,30 km Leleš	Cu, Fe, As, Hg	Zn, Mn	–
Bodrog – 6,00 km Streda nad Bodrogom	CHSK _{Cp} , TOC, N – NO ₃ , P-PO ₄ , Fe, Mn	RL, Zn	Al
Tisa (hranica) – 0,00 km Malé Trakany	Cu, Hg, NEL	Zn	–

v tab. 6.4.1. Konkrétnou problematikou ovplyvnenia podzemných vôd kvartérnych zvodní znečistenou povrchovou vodou sa v príslušnom čase v konkrétnej lokalite zaoberali viaceré špeciálne prieskumné práce (pozri predošlú podkapitolu). Vzhľadom na riedku sieť profilov SHMÚ a selektívnosť skupín stanovovaných ukazovateľov (A – F) v jednotlivých profiloch je problematické hodnotiť regionálny vzťah ku kvalite podzemných vôd územia.

7. PREHĽAD PRÍRODNÝCH ZDROJOV A VYUŽITEĽNÉHO MNOŽSTVA PODZEMNÝCH VÔD, ICH SÚČASNÁ EXPLOATÁCIA

Ohraničenie záujmového územia – regiónu Medzibodrožia – je totožné s hranicami hydrogeologického rajónu QN 104 Kvartér juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny (Šuba et al., 1984). Južná a východná hranica tohto rajónu je z hľadiska bilancovania podzemných vôd umelá (štátna hranica s Maďarskom a Ukrajinou), severozápadnú hranicu tvorí rieka Bodrog a severnú rieka Latorica.

V súčasnosti je v hydrogeologickom rajóne QN 104 po prerokovaní a schválení v KKZZ evidovaných 69 l · s⁻¹ prírodných zdrojov v kategórii C₁, 147 l · s⁻¹ využiteľného množstva v kategórii C₂ a 368 l · s⁻¹ v kategórii C₁ (tab. 7.1). Využiteľné množstvo kategórie C₂ je viazané na podzemné vody neogénnych kolektorov a bolo overené vyhľadávacím hydrogeologickým prieskumom (Michalík et al., 1995). Z celkového množstva využiteľného množstva kategórie C₁ 368 l · s⁻¹ je 318 l · s⁻¹ viazaných na kvartérny zvodnenec (Halešová et al., 1983) a 50 l · s⁻¹ na neogénne kolektory (Michalík et al., 1995).

V tab. 7.2 je uvedené využiteľné a využívané množstvo podzemných vôd pre hydrogeologický rajón QN 104 za rok 2002 (Michalík et al., 2003). Využiteľné množstvo je rozdelené na dva základné typy. Zdroje a zásoby schválené Komisiou pre klasifikáciu zdrojov a zásob podzemných vôd (KKZZ), ktoré sú klasifikované v kategóriách C₂, C₁, B a A podľa stupňa overenia. Zdroje a zásoby podzemných vôd, ktoré KKZZ neschvalovala a na základe použitých dokumentačných materiálov sú rozdelené podľa stupňa preskúmanosti a spoľahlivosti na 3 kategórie (I., II., III.).

Kvalita podzemných vôd je uvádzaná skratkami: CA – znečistenie chemické – anorganické, O – kvalita nehodnotená, SC – znečistenie chemické – stopové prvky, N – kombinované znečistenie.

Využitelnosť obsahuje charakteristiku podľa nasledujúcich kritérií: V1 – lokalita (zdroj) vodohospodársky nevyužitá alebo len čiastočne využitá s dobre zdokumentovanými využiteľnými zdrojmi podzemných vôd, s kvalitou vyhovujúcou požiadavkám na pitnú vodu, zdroj prístupný z hľadiska využívania a možnosti ochrany; V2 – lokalita (zdroj) vodohospodársky nevyužitá alebo len čiastočne využitá s dobre zdokumentovanými využiteľnými zdrojmi podzemných vôd, s kvalitou nevyhovujúcou požiadavkám na pitnú vodu, alebo zdroj nevyhovujúci z hľadiska prístupnosti a možnosti ochrany; V3 – lokalita (zdroj) vodohospodársky nevyužitá alebo len čiastočne využitá s nedostatočne zdokumentovanými zdrojmi podzemných vôd, na vodohospodárske využitie je nutná realizácia doplnujúcich hydrogeologických prieskumov; V4 – lokalita (zdroj) vodohospodársky značne alebo plne využitá; V5 – lokalita (zdroj) odberom devastovaná.

Tab. 7.1. Prehľad množstva podzemných vôd hydrogeologického rajónu QN 104 „Kvartér JV časti Východoslovenskej nížiny“ (Znášiková et al., 2002).

Lokalita	Geol. útvar	Prír. zdroje (l · s ⁻¹)		Využiteľné množstvo (l · s ⁻¹)				Kvalita vody	Ev. číslo ZS v Geofonde	Organizácia
		C ₂	Z toho C ₁	C ₂	Z toho C ₁	Z toho B	Z toho A			
Rad – Zatín	Q	–	14	–	94	–	–	Zvýšený obsah Fe, Mn, NH ₄ , agr. CO ₂ , ropných látok	54 619	IGHP Košice
Veľký Horeš		–	20,5	–	81	–	–			
Dobrá		–	34,5	–	143	–	–			
Spolu kvartér		–	69	–	318	–	–			
Spolu neogén	N	–	–	147	50	–	–	80 622	Geoconsult	
Spolu	Q, N	–	69	147	368	–	–			

Tab. 7.2. Zhodnotenie využívania podzemných vôd hydrogeologického rajónu Q 104 (Mihálik et al., 2003).

QN 104 Kvartér JV časti Východoslovenskej nížiny								
Povodie: Bodrog 4-30-01, 4-30-02, 4-30-11			Plocha: 379,2 km ²			Kategória preskúmanosti: P2		
Využitelné množstvo podzemných vôd: 784,0 l · s ⁻¹ (0-0-368-97/200-30-89-0) Odber (2002): 108,63 l · s ⁻¹ účel využitia (90,03-0-0-0,53-0-0,38-17,64) Odber (2001): 123,43 l · s ⁻¹ účel využitia (92,81-0-0-0,98-0-0-29,64) Nárast/úbytok k aktuálnemu roku: - 14,8 l · s ⁻¹ bilančný stav: dobrý								
BG 00 Subrajón povodia Bodrogu Plocha: 379,2 km ² Využitelné množstvo podzemných vôd: 784,0 l · s ⁻¹ (0-0-368-97/200-30-89-0) Odber: 108,63 l · s ⁻¹ Bilančný stav: dobrý Bilančný profil: 1320 (Latorica nad Laborcom) Využitelné množstvo podzemných vôd: 201,0 l · s ⁻¹ (0-0-1-0/200-0-0-0) Odber: 90,8 l · s ⁻¹ Bilančný stav: uspokojivý								
Názov lokality	Okres	Využitelné množstvo			Zhodnotenie využívania			Poznámka
		Kat.	Množstvo (l · s ⁻¹)	Kvalita	Odber (l · s ⁻¹)	Využitelnosť	Bilančný stav	
Boľany	TV	C1 I.	1,0 200,0	CA, CO, B CA, B	90,08	V4	uspokojivý 2,23	
Bilančný profil: 7200 (Bodrog – Streda nad Bodrogom) Využitelné množstvo podzemných vôd: 380,0 l · s ⁻¹ (0-0-283-50/0-10-37-0) Odber: 0,38 l · s ⁻¹ Bilančný stav: dobrý								
Názov lokality	Okres	Využitelné množstvo			Zhodnotenie využívania			Poznámka
		Kat.	Množstvo (l · s ⁻¹)	Kvalita	Odber (l · s ⁻¹)	Využitelnosť	Bilančný stav	
Dobrá	TV	C1	143,0	CA	0,0	V2	dobrý	
Rad – Zátin	TV	C1	94,0	CA	0,0	V2	dobrý	
Leles – Kapoňa	TV	C1 C2 II.	46,0 50,0 10,0	CA, CA O CA, CO	0,0	V2	dobrý	fiktívne vrty (C2)
Boľ	TV	III.	15,0	CA	0,0	V3	dobrý	
Rozpt. lokálne zdroje	TV	III.	22,0	CA	0,38	V3		
Bilančný profil: 7570 (Bodrog – štátna hranica) Využitelné množstvo podzemných vôd: 203,0 l · s ⁻¹ (0-0-84-47/0-20-52-0) Odber: 18,17 l · s ⁻¹ Bilančný stav: dobrý								
Názov lokality	Okres	Využitelné množstvo			Zhodnotenie využívania			Poznámka
		Kat.	Množstvo (l · s ⁻¹)	Kvalita	Odber (l · s ⁻¹)	Využitelnosť	Bilančný stav	
Veľký Horeš	TV	C1	81,0	CA	0,28	V2	dobrý 289,29	
Čierna nad Tisou – Veľké Trakany – Malé Trakany	TV	C2 II. III.	45,0 20,0 20,0	CA, O CA CA	17,64	V2	dobrý 4,82	30 l · s ⁻¹ – fiktívne vrty
Streda nad Bodrogom	TV	C2 III.	2,0 2,0	CA	0,0	V2	dobrý	
Malý Kamenec	TV	C1	3,0	CA, B	0,0	V2	dobrý	
Rozpt. lokálne zdroje	TV	III.	30,0	CA	0,25			

Bilančný stav je stanovený vzájomným pomerom využiteľného množstva a odberov podzemných vôd a je delený podľa nasledujúcich kritérií: *Bs dobrý* – využíva sa menej ako 30 % stanoveného využiteľného množstva, *Bs uspokojivý* – využíva sa 30 – 69 % stanoveného využiteľného množstva, *Bs napätý* – využíva sa 70 – 84 % stanoveného využiteľného množstva, *Bs kritický* – využíva sa 85 – 99 % stanoveného využiteľného množstva, *Bs havarijný* – využíva sa viac ako 99 % stanoveného využiteľného množstva.

Z porovnania evidovaného a využívaného (odoberaného) množstva podzemných vôd vyplýva pre región Medzibodrožia dobrý až uspokojivý bilančný stav (tab. 7.2).

Evidované množstvo odoberaných podzemných vôd v regióne Medzibodrožia za roky 2001 – 2003 je uvedené v tab. 7.3. Priemerné ročné množstvo odoberaných vôd sa v uvedenom období pohybovalo od 108 do 123 l · s⁻¹. Takmer celé odoberané množstvo (99,2 – 99,4 %) sa sústreďuje v dvoch lokalitách.

Z vodárenského zdroja Boľany sa v období rokov 2001 – 2003 odoberalo 90,1 – 96,6 l · s⁻¹ podzemných vôd, čo predstavuje 75,2 – 82,9 % z celkového odoberaného množstva v regióne. Podzemná voda vodárenského zdroja Boľany sa začala využívať od októbra 1982. Do augusta 1983 bolo v prevádzke

Tab. 7.3. Prehľad odberných objektov a množstva odoberaných podzemných vôd v regióne Medzibodrožia za obdobie rokov 2001 – 2003 (zdroj SHMÚ, Bratislava).

Kód HF	Názov organizácie	Názov zdroja	Číslo na mape	Lokalita odberu	2001	2002	2003
502134	VVaK	studňa SH-1	47	Boľany	12,152	8,701	8,152
502135	VVaK	studňa SH-2	48	Boľany	4,225	4,317	7,953
502136	VVaK	studňa SH-3	49	Boľany	14,440	10,097	9,729
502137	VVaK	studňa SH-4	50	Boľany	15,244	6,353	10,435
502138	VVaK	studňa SH-5	51	Boľany	14,831	10,757	12,320
502139	VVaK	studňa SH-6	52	Boľany	0,000	1,752	5,368
502160	VVaK	studňa SH-7	53	Boľany	8,011	13,122	10,201
502161	VVaK	studňa SH-8	54	Boľany	2,997	12,125	13,462
502162	VVaK	studňa SH-9	55	Boľany	8,858	8,914	13,961
502163	VVaK	studňa SH-10	234	Boľany	12,060	13,952	4,987
563901	PD	studňa HM-1	166	Malý Horeš	0,253	0,247	0,211
563902	PD	studňa	140	Malý Horeš – Pribeník	0,170	0,133	0,189
563903	PD	studňa HM-2	164	Malý Horeš-hosp. dvor	0,0560	0,076	0,069
568303	PD	vrtaná studňa		Szolos	0,163	0,172	0,175
568401	PD	studňa č. 2	219	Veľký Horeš-Starý dvor	0,135	0,092	0,000
568404	PD	studňa č. 4 (VH-3)	226	Veľký Horeš-Nový dvor	0,140	0,131	0,000
568405	PD	studňa č. 5	222	Veľký Horeš-sušička	0,057	0,057	0,000
675801	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-1	90	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675802	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-2	91	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675803	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-3	92	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675804	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-4	93	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675805	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-5	94	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675806	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-6	95	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675807	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-7	96	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675808	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-8	102	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675809	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-9	103	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675810	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-10	99	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675811	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-11	100	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
675812	ŽSR Divízia DC	vrt ČV-12	101	Čierna nad Tisou	2,466	1,468	1,644
Spolu región Medzibodrožia					123,384	108,614	116,940

iba 5 studní, neskôr 10 studní (č. 47 – 55, 234). Veľkosť odberu spočiatku kolísala od 160 do 200 l · s⁻¹. Vzhľadom na zvýšený obsah Fe, Mn a amoniaku je voda pred distribúciou do vodárenskej siete upravovaná.

Druhú významnú odbernú lokalitu tvorí rad 12 studní lokalizovaných S od Čiernej nad Tisou, čerpaním ktorých sa vytvára hydraulická ochrana vodárenského zdroja Boľany pred šírením kontaminácie z oblasti Čierna nad Tisou. V rokoch 2001 – 2003 bolo odoberaných v priemere 17,6 – 29,6 l · s⁻¹ podzemnej vody, čo predstavovalo 16,2 – 24,0 % z celkového odoberaného množstva v regióne.

Ostatné odberné lokality, predstavujúce osamelé studne na zásobovanie miestnych, hlavne poľnohospodárskych prevádzok, sú z hľadiska odoberaného množstva málo významné. V rokoch 2001 až 2003 sa z celkového počtu 7 objektov odoberalo približne 0,6 – 1,0 l · s⁻¹, čo bolo 0,2 – 0,4 % z celkového odoberaného množstva podzemných vôd v regióne.

8. ZDROJE MINERÁLNYCH A GEOTERMÁLNYCH VÔD

Na území Medzibodrožia sa nenachádzajú registrované zdroje minerálnych vôd. Celý región Medzibodrožia je súčasťou vymedzenej geotermálnej oblasti Východoslovenskej panvy, do severovýchodnej časti tohto regiónu zasahuje svojim južným cípom geotermálna štruktúra Beša – Čičarovce (Franko et al., 1995). Minerálne vody boli overené viacerými vrtmi v neogénnych súvrstviach v podloží kvartéru. Pri prieskume plynového ložiska Ptrukša boli v hĺbke nad 1 km zistené vysoko mineralizované slané vody.

Podzemná voda zachytená vrtom HJ-X-2 (č. 111) Bačka, hlbokým 300 m, v pieskoch pliocénu je podľa klasifikácie prírodných minerálnych vôd studená, stredne mineralizovaná, slabo alkalická, hydrogénuhličitano-chloridová sodná. Výsledky analýzy chemického zloženia vzorky z 29. 4. 1965 sú uvedené v tab. 8.1. Zvýšený podiel Na-Cl zložky ju radí k $S_1(Cl)$ zmiešaného typu, s celkovou mineralizáciou $1\,141,59\text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Teplota vody dosahovala $19,0\text{ }^\circ\text{C}$.

Tab. 8.1. Obsah vybraných chemických zložiek podzemnej vody vrtu HJ-X-2 Bačka (Šindler, 1966).

pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	NH ₄ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	H ₂ SiO ₃
7,3	220	9,6	54,51	26,51	0,20	0,10	0,52	204,62	4,11	0,06	598,0	23,36

Vrt SJH-1 (č. 188) Streda nad Bodrogom, s hĺbkou 365,5 m (Frankovič, 1969), overil v pieskoch a v íloch sarmatu veľmi nízko termálnu, stredne mineralizovanú, slabo alkalickú, hydrogénuhličitano-chloridovú sodnú podzemnú vodu so zvýšeným obsahom kyseliny kremičitej. Výsledky analýzy chemického zloženia vzorky zo 17. 10. 1968 sú uvedené v tab. 8.2 a dokladajú prechodný $A_2-S_1(Cl)$ typ vody s celkovou mineralizáciou $1\,621,65\text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Teplota vody dosahovala $20,2\text{ }^\circ\text{C}$.

Tab. 8.2. Obsah vybraných chemických zložiek podzemnej vody vrtu SJH-1 (Frankovič, 1969).

pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	NH ₄ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	H ₂ SiO ₃
7,3	297	40,4	97,0	25,1	0,16	0,10	1,27	317,58	16,46	732,2	88,26

Minerálne vody boli zachytené aj prieskumnými hydrogeologickými vrtmi počas vyhľadávacieho prieskumu neogénu Medzibodrožia (Michalík et al., 1995) v hĺbke do 300 m pod povrchom v pliocénnych pieskoch v podloží kvartérneho zvodnenca. Vybrané ukazovatele ich chemického zloženia sú uvedené v tab. 8.3. Obsah voľného CO₂ je nízky a nepresahuje $75\text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, vody neobsahujú H₂S ani farmakologicky významné komponenty. Podľa klasifikácie prírodných minerálnych vôd je podzemná voda vrtu HB-10 prírodná, stredne mineralizovaná, hydrogénuhličitano-chloridová, sodno-vápenatá, so zvýšeným obsahom kyseliny kremičitej, neutrálna, veľmi nízko termálna. Voda vrtu HB-4 je prírodná, vysoko mineralizovaná, hydrogénuhličitano-chloridová, sodná, neutrálna, studená. Voda vrtu HB-9 je prírodná, vysoko mineralizovaná, hydrogénuhličitano-chloridová, sodno-vápenatá, slabo kyslá, studená. Prehľad dokumentovaného obsahu prírodných rádionuklidov v týchto zdrojoch minerálnych vôd je uvedený v tab. 8.4. Celková objemová aktivita alfa a beta vo všetkých vzorkovaných zdrojoch vyhovuje limitom pre prírodnú minerálnu stolovú vodu (Vyhláška MZ SR č. 12/2001 Z. z.). Zistený obsah objemovej aktivity radónu ²²²Rn vo vrtoch HB-4 a HB-9 mierne prevyšuje stanovený limit $20\text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$.

Vysokú mineralizáciu majú podzemné vody plynového náleziska Ptrukša, ktoré svojim južným okrajom zasahuje do regiónu Medzibodrožia. Infiltračnou oblasťou vyššie opisovaných zdrojov minerálnych vôd v Medzibodroží, viazaných na neogénne súvrstvia, sú pravdepodobne hraste neovulkanických hornín, vystupujúce v podobe pahorkov nad prevažne rovinatú časť regiónu. Poukazujú na to výsledky interpretácie piezometrických úrovní podzemnej vody, dokumentované vo vrtoch

Tab. 8.3. Vybraté fyzikálno-chemické parametre minerálnych vôd vrtov HB-4, HB-9 a HB-10 (Michalík et al., 1995).

Č.	Vrt (č. v mape)	T [°C]	pH	M [g · l ⁻¹]	[cz %]				Mg/Ca	Cl/Na
					S ₁ (Cl)	S ₁ (SO ₄)	A ₁	A ₂		
1.	HB-4 (132)	19,9	6,94	1,988	36,9	4,6	32,8	27,2	1,05	0,55
2.	HB-9 (1)	14,0	6,53	2,411	41,5	1,7	21,6	34,9	0,59	1,36
3.	HB-10 (220)	24,0	6,91	1,368	47,7	3,7	7,9	40,3	0,91	0,90

Tab. 8.4. Rádiologické ukazovatele minerálnych vôd vrtov HB-4, HB-9 a HB-10 a geotermálnej vody vrtu HJ-6 (Michalík et al., 1995).

Vrt (číslo v mape)	Celková objemová aktivita alfa (Bq · l ⁻¹)	Celková objemová aktivita beta (Bq · l ⁻¹)	Objemová aktivita radónu ²²² Ra (Bq · l ⁻¹)
HB-4 (132)	0,37	0,30	29,0
HB-9 (1)	0,24	0,79	23,5
HB-10 (220)	0,35	0,89	-
HJ-6 (186)	0,41	0,38	-

(obr. 5.2.10). Ide o stredne až silne mineralizované (8,5 – 23,5 g · l⁻¹) vody chemického typu Na-Cl, viazané na vrstvy pieskov vrchného (ptrukšianske súvrstvie) a spodného (stretavské súvrstvie) sarmatu (Rudinec, 1989). Chemické zloženie podzemných vôd overených ložiskovými vrtmi na území Medzibodrožia je uvedené v tab. 8.5. Vzorky vôd boli odobraté piestovaním po ustálení koncentrácie chloridov počas odberu. Všetky mali organický zápach v dôsledku obsahu plynnej zložky – ľahkých uhľovodíkov alebo gazolínu (zloženie plynu vo vzorke 10/84 z vrtu Pt-35: metán 81,4 %, etán 8,7 %, propán 4,3 %, dusík 0,85 %, CO₂ 1,4 %), preto nespĺňajú požiadavky na prírodnú minerálnu vodu.

Východoslovenská panva je v rámci Slovenska územím s najvyššou geotermálnou aktivitou. V regióne Medzibodrožia sa hustota povrchového tepelného toku pohybuje približne v rozmedzí 90 – 115 mW · m⁻², pričom priemerná hodnota pre územie Slovenska je 82 mW · m⁻² (Franko et al., 1995).

Teplotné pomery regiónu Medzibodrožia významne ovplyvňuje okrem hrúbky kôry, ktorá je práve v oblasti Východoslovenskej panvy najtenšia, aj neogénny vulkanizmus. Karotážnymi meraniami vo vrtoch (Michalík et al., 1995) boli zistené najvyššie hodnoty teploty v strednosarmatských vulkanitoch a v ich pyroklastikách, v oblasti medzi Boršou a Vyšným Kamencom. Nižšia teplota bola zistená vo vrchnobádenských vulkanitoch, v oblasti Kráľovský Chlmec – Veľký Horeš – Dobrá – Rad. Najnižšia teplota bola nameraná v oblasti Leleš – Boľany, ktorá je najďalej od produktov neogénneho vulkanizmu (tab. 8.4). Vo vrte TGS-1 (č. 239) Streda nad Bodrogom bol do hĺbky 300 m zistený enormne vysoký tepelný gradient 82 °C/km, zodpovedajúci anomálne vysokému tepelnému toku a odrážajúci vysokú tepelnú aktivitu sarmatského vulkanizmu. Hlbšie ležiace sedimenty do hĺbky 600 m vykazujú tepelný gradient len 37 °C/km a tepelný tok zodpovedajúci priemernej hodnote oblasti. Teplota vo väčšej hĺbke bola overená na území Medzibodrožia vo vrtoch TGS-1 Streda nad Bodrogom, VTO-14 Somotor, Z-1 Zatin; bezprostredne vedľa severnej hranice regiónu overili teplotné podmienky vrty PT-1, PT-2 a PT-7 Ptrukša (tab. 8.5, obr. 8.1).

Pochovaný stratovulkán sarmatského veku Beša – Čičarovce, tvorený andezitmi a ich pyroklastikami, je overený viacerými vrtmi lokalizovanými mimo regiónu Medzibodrožia. Z vrtu Stretava-21 nastal po prevrtaní neovulkanitov v SV časti stratovulkánu v hĺbke 2 662 – 2 712 m preliv s výdatnosťou okolo 1 l · s⁻¹, s teplotou na ústí 75 – 80 °C vody chemického typu Na-Cl (Rudinec, 1989). Ide o thalaso- (marinogénnu) mineralizáciu geotermálnych vôd, zasiaknutých v období sarmatu do andezitov a ich pyroklastík. Vrchné časti štruktúry overili vrty Čičarovce-5 (1 146 m) a Čičarovce-6 (837 m), v spodných častiach bol zaznamenaný preliv s výdatnosťou až 6 l · s⁻¹. Pravdepodobné neobnovované využiteľné množstvo geotermálnej energie, ktoré je možné exploatovať zo štruktúry systémom reinjektáže, sa hodnotí na 268,72 MW. Na území Medzibodrožia zasahuje táto geotermálna štruktúra svojím J okrajom do priestoru Beša – Leleš – Kapušianske Kľačany (obr. 8.1), pričom teleso andezitov je interpretované v hĺbke približne 1 000 – 2 500 m v prostredí sedimentov stretavského súvrstvia.

Tab. 8.5. Chemické zloženie podzemných vôd plynového ložiska Ptrukša (Tlumač, 1984a, 1984b; Tlumač a Jung, 1984); obsah chemických zložiek v mg · l⁻¹.

Vrt č. rozboru	Skúš. interval [m]	Dátum	T vody [°C]	M	Na	K	NH ₄	Ca	Mg	Fe _{calc.}	Cl	Br	J	SO ₄	HCO ₃	kys. krem.	kolektory odobratých vzoriek
Pt-29 50/83	1 520,5 – 1 516,5	21. 10. 1983	28	15 882,7	5 595,7	164,2	7,2	192	75,3	0	8 843,4	12,3	10,1	316,8	951,6	14,1	jemne piesčité vápenaté íl, jemno- až hrubozrnný Ca pieskovec
Pt-29 44/83	1 584,0 – 1 582,0	26. 9. 1983	26	16 044,7	5 768,2	156,4	st.	148	72,9	0	8 933,4	16	12,7	148,1	780,8	8,2	jemne piesčité vápenaté íl, jemno- až hrubozrnný Ca pieskovec
Pt-29 47/83	1 536,0 – 1 534,0	5. 10. 1983	24	13 788,3	4 788,8	148,5	9,1	208	68	0	7 373,6	13,9	11,8	234,5	915,0	17,1	jemne piesčité vápenaté íl, jemno- až hrubozrnný Ca pieskovec
Pt-29 40/83	1 700,5 – 1 692,0	8. 9. 1983		29 540,0	11 051,2	199,3	14,1	128	75,3	0	17 087,0	18,7	12,7	199,2	725,4	29,1	jemne piesčité vápenaté íl, tuftitický Ca pieskovec 1 : 1
Pt-29 43/76	1 825,0 – 1 806,0	5. 10. 1976	30	20 209,3	7 448,7	164,2	-	104	66,8	st.	11 432,6	18,1	16,1	127,1	823,5	8,2	jemne piesčité vápenaté íl, tuftitický Ca pieskovec 15 : 5 + úlomky čierneho uhlia
Pt-35 10/84	1 792,5 – 1 787,5	15. 3. 1984		17 937,8	6 122,2	242,3	14,3	166	75,3	0	8 472,3	8,5	16,1	395,0	2 415,6	10,2	jemne piesčité vápenaté ílovec s vrstvami a vrstvičkami tuftitický Ca pieskovec 15 : 5 + úlomky čierneho uhlia
Pt-38 31/84	1 076,0 – 1 070,0	26. 6. 1984	20	10 570,9	3 816,3	63,8	17,1	73,6	29,1	0	5 601,1	12,8	5,1	86,4	841,8	23,8	jemnozrnný vápenatý piesok, vápnitý silno piesčité íl 8 : 2
Pt-38 26/84	1 741,5 – 1 736,5	19. 6. 1984	29	12 013,9	4 394,4	62,5	10,2	72	16,5	0	6 061,9	8,5	7,6	251	1 110,2	19,1	jemne piesčité vápenaté íl – silt 7 : 1
Pt-38 23/84	1 880,0 – 1 875,5	10. 6. 1984	42	10 189,7	3 533,6	54,9	16,1	128	35,9	0	4 998,4	16,0	10,6	150,2	1 232,2	13,8	jemne piesčité vápenaté íl – silt – pieskovec s tufit. prímesou 4 : 2 : 1
Pt-38 22/84	1 972,5 – 1 968,0	1. 6. 1984	30	8 376,0	2 853,0	72,3	11,1	128	31,6	0	4 041,3	19,7	12,7	230,4	963,8	12,1	jemne piesčité vápenaté íl – silt – pieskovec s tufit. prímesou 4 : 3 : 1
Pt-38 21/84	2 046,0 – 2 041,5	25. 5. 1984	20	8 115,8	2 765,7	78,2	-	112	34	0	3 917,2	16,5	10,1	160,4	1 012,6	9,1	jemne piesčité vápenaté íl – silt – pieskovec s tufit. prímesou 6 : 2 : 1
Pt-38 20/84	2 060,0 – 2 054,0	9. 5. 1984	19	7 145,2	2 181,7	54,7	-	65,2	24	-	2 850,2	13,3	8,4	234,9	1 512,8	-	jemne piesčité vápenaté íl – silt – pieskovec s tufit. prímesou 6 : 2 : 1

Zdrojom nízkopotenciálnej geotermálnej vody je vrt HJ-6 (č. 186) pri obci Borša na západnom okraji hodnoteného územia, odvrátný počas vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu neogénu v Medzibodroží (Michalík et al., 1995). V hĺbke 315 – 468 m pod terénom bola overená poloha sarmatských ryolitových tufov, z ktorej sa čerpalo $8,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ pri znížení 49,7 m. Teplota čerpanej vody dosahovala 31,8 až 32,0 °C, jej chemické zloženie je vhodné na geotermálne využitie: celková mineralizácia dosahuje $500 - 630 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a obsah makrozložiek je priaznivý pre možnosť vypúšťania do povrchových vôd. Z mikrozložiek je len mierne zvýšený obsah železa, jeho maximálna zistená hodnota dosiahla $6,12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Predpokladá sa, že tento kolektor obsahuje na rozlohe 8 km^2 pri priemernej hrúbke 380 m prírodné statické zásoby podzemnej vody v množstve 608 mil. m^3 a pružné zásoby podzemnej vody 312 m^3 . Pre vrt HJ-6 bolo odporučené odberné množstvo podzemnej vody $7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ pri znížení 49 m.

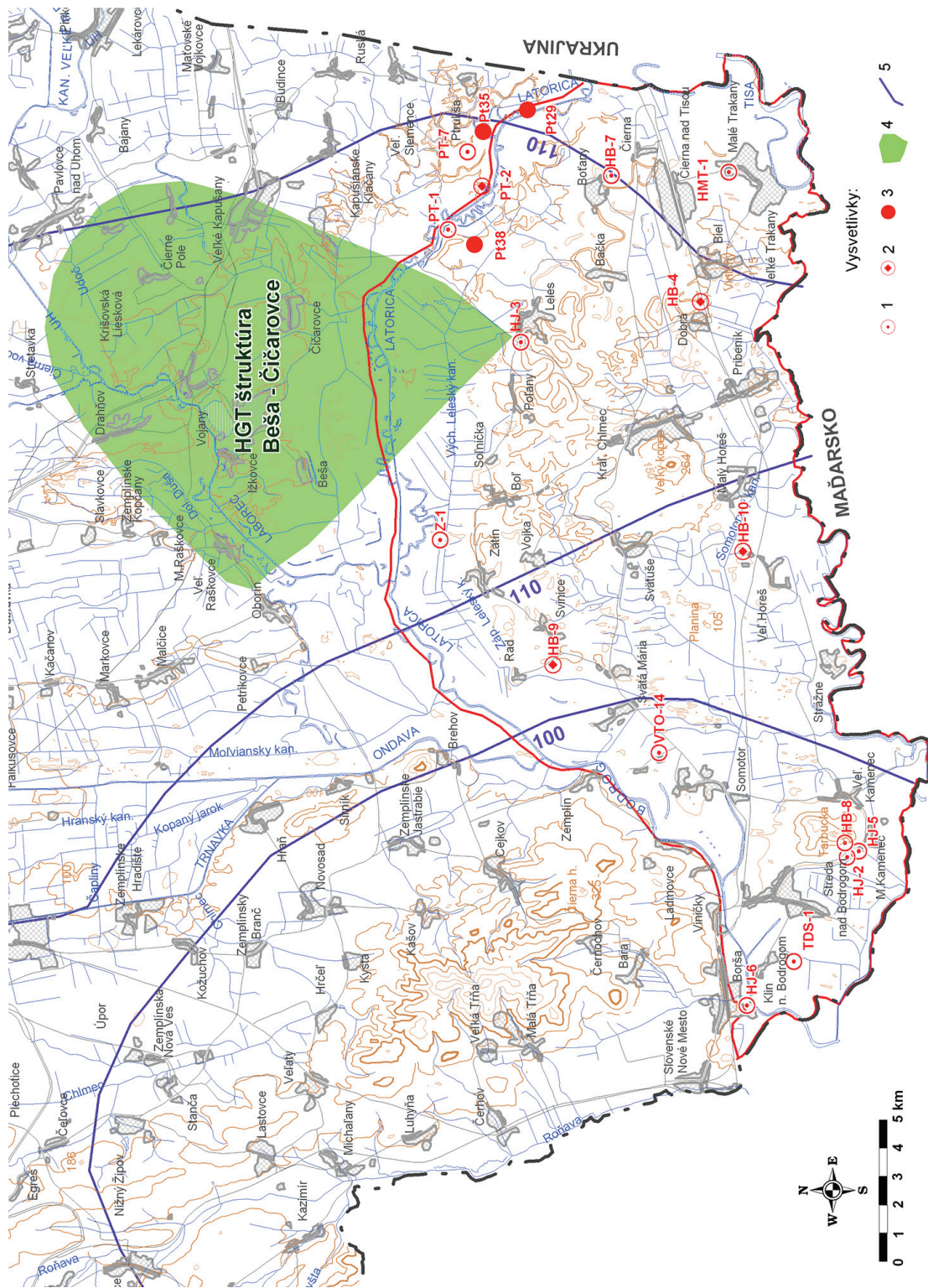
Tab. 8.6. Teplotná charakteristika horninových komplexov lokalít Medzibodrožia (Michalík et al., 1995).

Vrt (č. v mape)/lokalita	Hĺbka	Teplotný gradient σ (°C · km ⁻¹)	Teplotná vodivosť hornín λ (W · m ⁻¹ · K ⁻¹)	Hustota tepelného toku Q (mW · m ⁻²)	Horninový komplex
HJ-2 (198) M. Kamenec	309	43,9	2,2	96,6	vulkanický (ryodacit)
	462	47,6	2,0	95,2	vulkanicko-sedimentárny (tufy, pieskovce)
	640	66,6	1,9	126,5	sedimentárny (ílavec)
HJ-3 (33) Leleš	280	43,8	2,4	105,1	sedimentárny (piesok, íl)
HJ-5 (200) M. Kamenec	328	31,7	2,2	69,7	vulkanický (ryodacit)
HJ-6 (186) Borša	438	65,5	2,0	131,0	vulkanoklastický (tufy)
HB-7 (105) Boňany	260	21,1	2,4	52,0	sedimentárny (piesok, íl)
HB-8 (201) M. Kamenec	299	43,8	2,2	96,4	vulkanický (ryodacit)
HB-9 (1) Rad	284	41,9	2,4	100,6	sedimentárny (piesok, íl)
HB-10 (220) V. Horeš	290	32,1	2,1	67,4	vulkanický (andezit)
TGS-1 (239) Streda n/Bodrogom	300	82,0	2,0	164,0	vulkanoklastický (tuf)
	600	37,0	2,7	99,9	sedimentárny (pieskovec)

Tab. 8.7. Teplota a hustota tepelného toku v hlbokých vrtoch Medzibodrožia (Franko et al., 1995).

Hĺbka (m)	500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000	4 000	5 000	6 000	Q
TGS-1	44	65	83	104	118	133	167	202	233	94,1
VTO-14	42	65	87	106	119	134	170	205	236	–
Z-1	44	70	93	115	135	154	195	230	264	113,7
PT-1	38	64	89	114	136	161	201	236	266	114,2
PT-2	39	67	91	116	140	162	203	237	264	114,2
PT-7	38	65	91	115	140	164	202	236	262	113,9

Poznámka: Q – hustota tepelného toku (mW · m⁻²)



Obr. 8.1. Geotermálna charakteristika regiónu Medzibodrožie (podľa Franka et al., 1995). 1 – vrt, ktorý poskytol geotermálne údaje s dokumentovaným výskytom minerálnych vôd; 2 – vrt, ktorý poskytol geotermálne údaje s dokumentovaným výskytom minerálnych vôd; 3 – vrt s dokumentovaným výskytom minerálnych vôd; 4 – rozsah geotermálnej štruktúry Beša – Čičarovce; 5 – izolácie hustoty povrchového tepelného toku ($mW \cdot m^{-2}$).

9. ZÁVER

Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Medzibodrožia je zostavená v mierke 1 : 50 000 na podklade geologickej mapy s tou istou mierkou ako tematické mapové dielo. Základná hydrogeologická mapa zobrazuje hydrogeologické pomery tohto územia hlavne prostredníctvom grafického vyjadrenia priestorových zmien prietochnosti horninového prostredia a jej variability, hraníc zvodnených horninových telies a ich okrajových podmienok a dynamiky prúdenia podzemných vôd. Na ňu nadväzuje základná hydrogeochemická mapa, v ktorej sú vyjadrené kvalitatívne vlastnosti podzemnej vody spolu s jej geochemicko-genetickými, environmentálnymi a vodohospodárskymi parametrami. Keďže pre spôsob zostavovania základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp sú na území Slovenskej republiky ustanovené záväzné podmienky (smernica MŽP SR č. 8/2004-7 a č. 9/2004-7), uvedené grafické vyjadrenie hydrogeologických a hydrogeochemických pomerov Medzibodrožia má náplň a štruktúru zhodnú s ďalšími obdobnými mapovými výstupmi. Ide o mapy regiónov Vihorlat, Žiar, Čergov, Muránska planina, západná časť Veľkej Fatry, Turčianska kotlina, Ipel'ská kotlina a Žitný ostrov, ktoré boli zostavené v rámci geologickej úlohy vedy a výskumu číslo 12-02-9/0200 „Základné hydrogeologické mapy vybraných regiónov Slovenska“, aj mapy ďalších regiónov, ktoré budú zostavované v budúcnosti.

Predkladané hodnotenie hydrogeologických a hydrogeochemických pomerov Medzibodrožia sa opiera o spracovanie dostupného archívneho materiálu doplnené vlastnými terénnymi prácami. Hydrogeológia horninových telies bola študovaná predovšetkým prostredníctvom reinterpretácie dokumentácie starších hydrogeologických vrtov, ktorá je archivovaná v Geofonde ŠGÚDŠ v Bratislave. V hodnotenom regióne bolo v minulosti odvrátených 277 hydrogeologických vrtov, z toho 257 overovalo kvartérne sedimenty a 22 neogénne súvrstvia. Spôsob vykonávania hydrodynamických skúšok a kvalita ich dokumentácie na väčšine týchto vrtov neumožňuje priame určenie hydraulických parametrov testovaných zvodnencov. V týchto prípadoch bol aplikovaný postup na regionálne hodnotenie hydraulických vlastností hornín pomocou aproximatívnych logaritmických parametrov (podľa Jetela, 1985). Reprezentatívnosť charakteristických hodnôt hydraulických parametrov uvádzaných v tejto práci pre vyčlenené horninové telesá (hydrogeologické jednotky) znižuje v prípade kvartérnych sedimentov častá neúplnosť vrtov (neotvorili zvodnenec v celej jeho hrúbke) a v prípade neogénnych sedimentov pomerne malá početnosť dostupných údajov, hlavne pre súvrstvia bádenu a sarmatu. Vlastné terénne práce spočívali v mapovaní významných hydrogeologických objektov, hlavne prameňov a studní. Pri hodnotení hydrogeochemických pomerov územia boli využité dostupné spoľahlivé výsledky laboratórnych rozborov podzemných vôd, doplnené vlastnými odbermi vzoriek a ich laboratórnym vyhodnotením. Okrem uvedených podkladových údajov boli využité aj výsledky dlhodobého pozorovania kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov vôd, vykonávaného prostredníctvom štátnej monitorovacej siete Slovenským hydrometeorologickým ústavom.

Geologické pomery Medzibodrožia sú znázornené na geologickej mape južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov (Baňacký et al., 1988). Povrch tohto regiónu budujú prevažne fluvialne, menej eolické kvartérne sedimenty. V podobe hrasť tu vystupujú na povrch neovulkanické masívy (báden – pont) tvoriace pahorky. Výplň neogénnej panvy tvoria v podloží kvartéru okrem neovulkanitov aj neogénne sedimenty nižnohrabovského, vranovského, lastomírskeho, stretavského, kochanovského, ptrukšianskeho, sečovského, senianskeho a čečehovského súvrstvia (báden – pliocén). Geomorfologicky ide o nízinnú oblasť s výskytom pahorkatinových oblastí s malou rozlohou.

Z hľadiska hydrogeologických vlastností hornín možno v regióne Medzibodrožia rozlíšiť štyri hlavné komplexy hornín: kvartérne sedimenty, neovulkanity, neogénne sedimenty a paleozoický hydrogeologický masív. Na základe vyššie uvedeného štúdia hydrogeologických pomerov Medzibodrožia, premietnutého do základnej hydrogeologickej mapy, podávame ich bližšiu charakteristiku. V rámci uvedených jednotlivých komplexov, zásadne sa vzájomne odlišujúcich charakterom a stupňom priepustnosti, je vyčlenených 26 typov horninových telies, resp. hydrogeologických jednotiek – s obdobným charakterom, avšak odlišiteľným stupňom priepustnosti (tab. 5.1.1).

Štatistickou analýzou hodnôt indexu priepustnosti Z reprezentujúcich zvodnenec kvartérnych fluviaálnych sedimentov vystupujúci v Medzibodroží, odvodených z hydrodynamických skúšok dosiaľ realizovaných hydrogeologických vrtov, sa zistilo, že jeho priemerná priepustnosť je stredná (tretia najvyššia v 8-triednej klasifikácii priepustnosti hornín navrhnutej Jetelom, 1982) s malou až zväčšenou variabilitou (triedy b a c 6-triednej stupnice Krásného, 1986). Priepustnosť tohto zvodnenca ani jej variabilita sa v rámci hodnoteného regiónu významne nemenia laterálne ani vertikálne. To naznačuje, že podmienky sedimentácie kolektorských vrstiev tohto súvrstvia, od konca pliocénu až po recent, boli stabilné a jej zdrojová oblasť sa nemenila. Výsledkom geoštatistickej štrukturálnej analýzy hodnôt Z pomocou semivariogramov je poznanie, že geometrická anizotropia priepustnosti sa prejavuje najnižšou anizotropiou v smere približne $V - Z$, odrážajúc prevládajúci smer prínosu sedimentov Latoricou a Tisou. Homogenitu tohto zvodnenca vo vertikálnom profile narúšajú polohy povodňových hĺn, ktoré v hydrogeologickej funkcii izolátora rozčleňujú zvodnenec na tri hlavné kolektory. Vďaka vysokej homogenite priepustnosti je v regionálnej mierke variabilita prietochnosti zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov Medzibodrožia určovaná predovšetkým priestorovou variabilitou jeho hrúbky. Tá sa v hodnotenom regióne mení od 14 do 55 m. Priemerná hrúbka tohto zvodnenca pre vyčlenené neotektonické oblasti kolíše od 23 m do 46 m, pričom charakteristické hodnoty koeficientu prietochnosti sú z intervalu $T = 3,41 \cdot 10^{-3} - 1,29 \cdot 10^{-2}$. Tieto kvantitatívne parametre ho radia k najvýznamnejším zvodnencom Slovenska.

Kvartérne eolické piesky vyvinuté v nadloží zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov sú v časti plôch svojho výskytu prekryté holocénnymi hlinami alebo vystupujú na povrch. Ich hrúbka dosahuje obvykle 4 – 6 m, miestami – na miestach plochých elevácií – môže presiahnuť 10 m. Ich priepustnosť je vysoká a výrazne sa nelíši od priepustnosti zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov (tab. 5.1.3). Na miestach svojho výskytu pod hladinou podzemnej vody je teda súvrstvie eolických pieskov súčasťou zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov. Na miestach svojho výstupu na povrch predstavuje plochy priaznivé pre infiltráciu atmosférických vôd do zvodnenca, čo je fakt významný pre bilančné hodnotenie obehu vôd a zraniteľnosti oproti ich antropogénnemu znečisteniu.

Priepustnosť neogénnych sedimentov sečovského, senianskeho a čečehovského súvrstvia (panón – pliocén, tab. 5.1.7) je oproti nadložnému kvartérnemu zvodnenec v priemere približne o jeden rád nižšia. Na väčšine hodnoteného územia sú neogénne súvrstvia od nadložného kvartérneho zvodnenca oddelené vrstvami fluviaálno-limnických sedimentov (izolátor). Zvodnenca neogénnych súvrství sa však lokálne stýkajú s kvartérnym kolektorom (vďaka primárnej absencii izolátora alebo na vertikálnych posunoch po zlomoch), a preto s ním hydraulicky komunikujú.

Dokumentovaná priepustnosť neovulkanitov Medzibodrožia, vyjadrená geometrickým priemerom koeficientu filtrácie $G(k) = 9,30 \cdot 10^{-7}$, je zhruba o jeden rád nižšia v porovnaní s neovulkanitmi vystupujúcimi v pohoriach Vihorlatské vrchy, Slanské vrchy, resp. Štiavnické vrchy, kde Olekšák (2002) dokumentoval nasledujúce hodnoty $G(k)$: $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Keďže priemerná priepustnosť masívu neovulkanitov v Medzibodroží je zhruba o dva rády nižšia oproti kvartérnym fluviaálnym sedimentom, neovulkanity na styku s nimi vystupujú vo funkcii hydrogeologického izolátora. Hrasti neovulkanitov sú preto podzemnými vodami kvartérnych kolektorov „obtekané“. Stupeň priepustnosti neovulkanitov sa zvyšuje priamo úmerne k ich tektonickému porušeniu. Na hodnotenom území overené najpriepustnejšie zóny neovulkanického masívu dosiahli približne priemernú priepustnosť neogénnych kolektorov sečovského, senianskeho a čečehovského súvrstvia (tab. 5.1.7).

Vyššie uvedené údaje dokumentujú generálny pokles priemernej priepustnosti zvodnenecov sedimentárnych súvrství Medzibodrožia s rastúcou hĺbkou a vekom (obr. 5.1.4) – od silnej priepustnosti (trieda II) kvartérnych fluviaálnych sedimentov cez miernu (trieda IV) priepustnosť jazerných sedimentov panónu až pliocénu k slabej až nepatrnej (triedy VI – VIII) priepustnosti morských a deltových sedimentov bádenu až sarmatu. Ten je odrazom zmien zrnitostného zloženia facií akumulovaných v rôznych podmienkach vývoja sedimentačného bazénu a uplatnenia procesov diagenézy.

V regióne Medzibodrožia majú charakteristický a vzájomne odlišný charakter obehu a režimu podzemných vôd regionálne rozšírený zvodnenec kvartérnych fluviaálnych sedimentov a pahorkatinové časti územia budované neovulkanitmi. Masívy neovulkanických hornín sú v priamom laterálnom kontakte s kolektorskými vrstvami pieskov pod súčasným povrchom terénu. Zvodnenca sedimentárneho neogénu vystupujúce v podloží zvodnenca kvartérnych fluviaálnych sedimentov sú od neho na väčšine územia hydraulicky izolované

bazálnymi fluvialno-limnickými sedimentmi kvartéru, lokálne sa však s ním stýkajú. Z dokumentovaného smeru prúdenia podzemných vôd zvodnenca kvartérnych fluvialných sedimentov vyplýva prestup podzemných vôd na slovenské územie s rozsahom zvodnenca z územia Ukrajiny, priestorom medzi tokmi Latorice a Tisy. Na slovenskom území je smer prúdenia spočiatku z V na Z. V priestore chlmeckej hrasti sa postupne stáča k JZ a hlavný odtok podzemných vôd na územie Maďarska prebieha v priestore medzi obcami Strážne a Borša, pričom je modifikovaný bariérovým účinkom hrasti Tarbucky tvorenej neovulkanitmi. Charakter prúdenia podzemných vôd je vo východnej časti Medzibodrožia výrazne modifikovaný umelými hydraulickými zásahmi. Prvým je odber podzemných vôd z vodárenského zdroja Boťany a druhým je prevádzkovanie hydraulickej clony na ochranu pred šírením kontaminácie z areálu ŽPS Čierna nad Tisou (obr. 5.2.10). Z hľadiska charakteru režimu podzemných vôd kvartérneho zvodnenca možno oblasť jeho výskytu v Medzibodroží rozčleniť na pri riečnu zónu riek Latorica, Bodrog a Tisa s režimom ovplyvňovaným hlavne kolísaním hladiny týchto riek a centrálnu oblasť s režimom ovplyvňovaným chodom zrážok. Časový priebeh sezónneho kolísania hladín podzemných vôd centrálnej oblasti Medzibodrožia poukazuje na postupný plynulý vzostup hladín trvajúci od konca jesene (október – november), pretrvávajúci v zimnom a v jarnom období a končiaci v apríli – máji, keď je nasledovaný postupným plynulým poklesom. Pokles hladín v letnom období je zapríčinený hlavne zvýšenou evapotranspiráciou, ktorej dlhodobé priemerné hodnoty v mesiacoch apríl – júl sú vyššie ako príslušné hodnoty zrážkových úhrnov. Hydroizopiezy podzemných vôd neogénnych súvrství koncentricky obklopujú hrasti neovulkanitov a poukazujú na pokles piezometrických výšok v smere od ich centra. To dokumentuje, že vystupujúce telesá neovulkanických hornín majú funkciu infiltračných oblastí, z ktorých podzemné vody zostupujú do hĺbky a laterálne prestupujú do kolektorských vrstiev neogénnych sedimentov. Porovnanie časového priebehu úrovne hladiny podzemných vôd kvartérnych sedimentov a neogénnych sedimentov v lokalite Bačka (obr. 5.2.9) ukazuje, že hoci rozkyv hladiny podzemnej vody v neogénnom zvodnení je oveľa menší oproti kvartérnemu zvodneniu, vertikálny pohyb hladín v čase je však synchronný a dokumentuje hydraulickú komunikáciu oboch zvodnenecov. Tá pravdepodobne funguje najmä prostredníctvom vrstevných plôch, kde sú neogénne kolektory priamym podloží kvartérnych pieskov. Ku kontaktu týchto zvodnenecov dochádza navyše na zlomoch s vertikálnymi posunmi tektonických blokov.

Podľa výsledkov štúdia chemického zloženia podzemnej vody vo vzťahu k horninovému prostrediu jej výskytu, premietnutého do základnej hydrogeochemickej mapy, možno v Medzibodroží vyčleniť výskyt nasledujúcich hlavných hydrogeochemických typov mineralizácie podzemnej vody: petrogénnu, polygénnu a fluviogénnu. K petrogénnej mineralizácii zaraďujeme silikátogénnu mineralizáciu podzemných vôd metamorfovaných sedimentov cejkovského súvrstvia a silikátogénnu, prípadne silikátovo-karbonátogénnu mineralizáciu podzemných vôd neovulkanitov. Metamorfované sedimenty cejkovského súvrstvia (mladšie paleozoikum zemplanika) majú puklinovú priepustnosť, ich podzemná voda je A_2 základného, Ca-Mg- HCO_3 typu s celkovou mineralizáciou prevažne v rozmedzí 100 – 450 mg · l⁻¹. Silikátogénna, prípadne silikátovo-karbonátogénna mineralizácia podzemných vôd lávových prúdov a ich brekcií, vulkanoklastík a extrúzií neovulkanitov (báden – sarmat) andezitového a ryodacitového zloženia s puklinovou priepustnosťou je A_2 základného, Ca- HCO_3 typu s celkovou mineralizáciou prevažne v rozpätí 300 – 500 mg · l⁻¹. Vyčleneným typom polygénnej mineralizácie je petrogénno-thalaso-génna (petrogénno-marinogénna) mineralizácia, pričom petrogénna karbonátovo-silikátogénna mineralizácia podzemných vôd v sladkovodných súvrstviach neogénu (stredný sarmat – pliocén) je obohacovaná migráciou vôd s thalaso-génnou mineralizáciou z brakických a morských súvrství neogénu (báden – sarmat) s medzizrnovou priepustnosťou. Ide o vody rozmanitých chemických typov od základného A_2 nevýrazného typu cez prechodné $A_2-S_1(Cl)$ až k $S_1(Cl)$ a A_2 zmiešaným typom (najčastejšie Na- HCO_3 -Cl typ) s celkovou mineralizáciou 0,7 – 2,5 g · l⁻¹. Zvodnenec tohto typu sú na celom hodnotenom území prekryté kvartérnym zvodnencom a na hydrogeochemickej mape nie sú znázornené. Vody s potamogénnou mineralizáciou reprezentujú A_2 základný, Ca- HCO_3 typ s celkovou mineralizáciou prevažne v rozpätí 400 – 550 mg · l⁻¹, formovaný v kvartérnych fluvialných a fluvialno-eolických sedimentoch (piesky, piesčité štrky, hliny) riek Latorica, Bodrog a Tisa s medzizrnovou priepustnosťou. Časovo i priestorovo premenlivý je v nich určitý podiel petrogénnej silikátovo-karbonátogénnej mineralizácie. V intravilánoch a v blízkosti sídiel sú nepravidelne antropogénne ovplyvnené s priemerným nárastom mineralizácie na 1 150 mg · l⁻¹ a posunom chemického zloženia k zmiešaným typom. V hodnotenom regióne prevažuje výskyt podzemných vôd so zlou kvalitou, ktoré podľa metodiky zostavovania

hydrogeochemických máp patria do kvalitatívnych tried **G** a **H**. Zaradenie do kvalitatívnej triedy **G** spôsobujú najčastejšie nadlimitné hodnoty mangánu a železa geogénneho pôvodu, zvýšený obsah amónneho iónu (jeho pôvod môže byť čiastočne geogénny, avšak pravdepodobne hlavne antropogénny) a dusičnanov prevažne antropogénneho pôvodu. Vyšší obsah mangánu (Mn) v podzemných vodách celého Medzibodrožia je podmienený geogénne, regionálnym rozšírením redukčných podmienok v podzemnej vode. Podľa výsledkov geochemického modelovania je výška jeho koncentrácie určovaná rozpustnosťou rodochrozitu. Ďalším dôsledkom prevažujúceho redukčného prostredia je, že vo vodách je bežne zvýšený obsah amónnych iónov (NH_4^-) na úkor obsahu dusičnanov (NO_3).

Lokálne predstavujú vody týchto kvalitatívnych tried antropogénne, resp. čiastočne antropogénne ovplyvnené podzemné vody kvartérnych zvodní – na intenzívne poľnohospodársky využívanom území (hnojenie) a v okolí obcí (komunálne znečistenie). V okolí väčších sídelných aglomerácií (Streda nad Bodrogom, Kameneč) a hustejšieho osídlenia (Svinice, Vojka, Zátin, Soľnička) je možné plošne vyčleniť územia s najhoršou kvalitou podzemnej vody v triede H, kde oproti predošlej kvalitatívnej triede pribúda hlavne nadlimitná úroveň chemickej spotreby kyslíka (CHSK_{Mn}) indikujúca zvýšený obsah organických látok.

Z hľadiska vodohospodárskych kritérií upraviteľnosti podzemnej vody sa prakticky na celom osídlenom a hospodársky využívanom území Medzibodrožia vyskytuje nevhodná podzemná voda (tab. 6.3.1). Príčinou je hlavne veľmi vysoký obsah dusičnanov (NO_3^-), síranov (SO_4^{2-}) a tým aj nadlimitný obsah celkových rozpustených látok (RL). Podzemnú vodu kategórie A_2 a A_3 štandardnej upraviteľnosti (dvojstupňová a viacstupňová úprava) možno očakávať najmä v pririečnej zóne pozdĺž toku Latorice a v poľnohospodársky nevyužívaných oblastiach v okolí mŕtvych ramien, mokradí a kanálov, ktoré sú dostatočne vzdialené od ľudských sídel.

Ohraničenie regiónu Medzibodrožia je totožné s hranicami hydrogeologického rajónu QN 104 „Kvartér juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny“. V súčasnosti je v hydrogeologickom rajóne QN 104 po prerokovaní a schválení v KKZ evidovaných $69 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ prírodných zdrojov v kategórii C1, $147 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ využiteľného množstva v kategórii C2 a $368 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v kategórii C1. Z porovnania evidovaného a využívaného množstva podzemných vôd vyplýva pre región Medzibodrožia dobrý až uspokojivý bilančný stav. Priemerné ročné množstvo odoberaných vôd sa v období rokov 2001 – 2003 pohybovalo od 108 do $123 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Takmer celé odoberané množstvo (99,2 – 99,4 %) sa sústreďuje v dvoch lokalitách – vo vodárenskom zdroji Boňany a v ochrannej „hydraulikej clone“ pri Čiernej nad Tisou.

Na území Medzibodrožia sa nenachádzajú registrované zdroje minerálnych vôd. Charakter minerálnych vôd majú podzemné vody dokumentované hydrogeologickými vrtmi HJ-X-2 (č. 111) Bačka, SJH-1 (č. 188) Streda nad Bodrogom, HB-4 (č. 132) Dobrá, HB-9 (č. 1) Rad a HB-10 (č. 220) Veľký Horeš, viazané na neogénne sedimenty. Celý región Medzibodrožia je súčasťou vymedzenej geotermálnej oblasti Východoslovenskej panvy, do severovýchodnej časti regiónu zasahuje svojím južným cípom geotermálna štruktúra Beša – Čičarovce. V oblasti Borše bolo vrtom HJ-6 (č. 186) zdokumentovaných $7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ stredne mineralizovanej, nízkotermálnej vody s teplotou $32 \text{ }^\circ\text{C}$.

Keďže z porovnania evidovaného a využívaného množstva podzemných vôd v regióne Medzibodrožia vyplýva dobrý až uspokojivý bilančný stav, v súčasnosti tu nie je nutné zabezpečovať nové vodárenské zdroje. Avšak vzhľadom na veľký vodárenský potenciál tohto územia a pomerne vysoký stupeň antropogénneho ovplyvnenia kvality podzemnej vody, pozornosť ďalšieho výskumu by mala byť zameraná hlavne na monitoring a štúdium obehu kontaminantov v hydrologickom cykle a na zmeny foriem výskytu týchto chemických zložiek počas obehu vo zvodnencoch. Navyše je potrebné získať podrobnejšie exaktné údaje hlavne o priepustnosti pokryvných sedimentov, o zásobnosti kvartérnych a neogénnych kolektorov, o priestorovom rozšírení a o hydraulickej účinnosti izolátorských vrstiev, o morfológii bázy sedimentov kvartéru a o geometrii a priepustnosti neogénnych kolektorov. To umožní presnejšie modelovať umelé ovplyvnenie hydraulických pomerov kvartérneho zvodnenca realizovanými a projektovanými vodohospodárskymi protipovodňovými úpravami na území a odbermi podzemnej vody, ako aj navrhovať účinnejšie prvky ochrany podzemnej vody a revitalizácie kontaminovaných lokalít v tomto regióne. Extrémne zaujímavou oblasťou je v tomto zmysle najvýchodnejšia časť Medzibodrožia, kde sa nachádza významný vodárenský zdroj Boňany v blízkosti zdroja kontaminácie ŽPS Čierna nad Tisou. V tejto oblasti je potrebné prehodnotiť hustotu existujúcej základnej monitorovacej siete SHMÚ, pričom úroveň hladiny podzemnej vody by mala byť kontinuálne sledovaná automatickými registračnými stanicami a jej kvalita podrobne monitorovaná.

10. LITERATÚRA

B

- Bajo, I. a Banský, V., 1972: Latorica – II. etapa hydrogeologického prieskumu. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Baláz, P., 1989a: Neogén JV časti Východoslovenskej nížiny, geofyzika. Manuskript. Brno, archív Geofyzika.
- Baláz, P., 1989b: Neogén juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny – doplnujúce magnetické merania. Manuskript. Brno, archív Geofyzika.
- Banský, V., 1994: Ochrana podzemných vôd na lokalite Čierna nad Tisou. Likvidácia zdroja znečistenia na úseku Prečerpávací komplex. Manuskript. Žilina, archív EHS.
- Baňacký, V., 1974: Záverečná správa za prehľadnú etapu výskumu kvartéru Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Baňacký, V., Vozárová, A., Vozár, J., Lexa, J., Kaličiak, M., Elečko, M., Straka, P., Šucha, P., Škvarka, L., Vaškovská, E., Horniš, J. a Stankovič, J., 1984: Vysvetlivky ku geologickým mapám Východoslovenskej nížiny 1 : 25 000, listy 38-341, 38-343, 38-332 (Zemplínske vrchy a okolie). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Baňacký, V. et al., 1978: Vysvetlivky k listom Bežovce, Pavlovce nad Uhom, Budkovce, Ložín, Hraň, Novosad (1 : 25 000). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Baňacký, V. et al., 1981: Vysvetlivky ku geologickým mapám Východoslovenskej nížiny 1 : 25 000, listy 38-324, 38-342, 38-413, 38-431, 38-433. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Baňacký, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Lexa, J., Straka, P., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1988: Geologická mapa južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Baňacký, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Straka, P., Škvarka, L., Šucha, P., Vass, D., Vozárová, A. a Vozár, J., 1989: Vysvetlivky ku geologickej mape južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 143 s.
- Biely, A., Bezák, V., Elečko, M., Gross, P., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, J., Mello, J., Nemčok, J., Potfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. a Vozárová, A., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenska. Bratislava, GÚDŠ, Vyd. D. Štúra, 77 s.
- Bodiš, D., Lopašovská, M., Lopašovský, K. a Rapant, S., 2000: Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku – výsledky 25-ročného pozorovania. Podzemná voda (Bratislava), 2, 162 – 173.
- Bondarenková, Z., Franko, O., Hramec, J. a Haluška, M., 1980: Senec a Streda nad Bodrogom – geotermálne vrty FGS-1, FGS-1A, TGS-1. Záverečná správa z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu, časti: I. – VI. Žilina. Manuskript. IGHP, Bratislava, SGÚ.
- Borsy, Z., 1953: A Bodrogeköz felszínének kialakulása. Földrajzi Ért. (Budapest), 3, 30 – 35.
- Borsy, Z. a Félégyházióvá, E., 1983: Evolution of the Network of Water Courses in the North-Eastern Part of the Great Hungarian Plain from the End of the Pleistocen to Our Days. Quat. stud. Pol., 4, 115 – 124.
- Brestenská, E., 1980: Správa o mikropaleontologickom spracovaní sedimentov z kvartérnych vrtovej Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív Geol. Úst. D. Štúra.

C

- Cibuľa, J., 1992: Chránená krajinná oblasť Latorica. Ekológia, ÚŠOP, Bratislava.

Č

- Čechovič, V. et al., 1963: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR, 1 : 200 000, list Trebišov – Čierna. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 7 – 80.
- Čverčko, J. a Smetana, J., 1973: Záverečná správa o plytkom a stredne hlbokom štruktúrnom prieskume v Potiskej nížine. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Čverčko, J., 1977: Zlomy vo východoslovenskej neogénnej oblasti a jej tektogenetický vývoj. Kandidátska dizertačná práca. Michalovce, Nafta, PTZ.

D

- Daniel, J., Lučivjanský, L. a Stercz, M., 1996: Geochemický atlas Slovenska. Prírodná rádioaktivita hornín. Bratislava, GS SR.
- Drahoš, M. a Tometz, L., 1995: Boľany – hydrogeologický prieskum, náhradné zdroje podzemnej vody. Manuskript. Budimír, archív Geopol.

Ď

- Ďurica, D., 1982: Geológia Východoslovenskej nížiny. Bratislava, Miner. Slov. – Monogr., 1, 1 – 60.

F

- Fedor, I., 1960: Hydrogeologický posudok o možnosti získania pitnej a úžitkovej vody pre JRD Nová Vieska, okres Trebišov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Fedor, I., 1962: Hydrogeologická správa. JRD Poľany. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Fedor, I., 1963a: Hydrogeologická prieskumná správa pre výrobné stredisko, JRD Leles, farma Kapoňa, okres Trebišov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

- Fedor, I., 1963b: Správa o prevedenom hydrogeologickom prieskume pre hospodársky dvor ŠM Fejséš. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Franko, O., Gazda, S. a Michalíček, M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 230 s.
- Franko, O., Remšík, A. a Fendek, M., 1995: Atlas geotermálnej energie Slovenska. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Frankovič, J., 1969: Streda nad Bodrogom – Hg, vrt SJH-1. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Frankovič, J., 1980: Streda nad Bodrogom – Hg, vrt SJH-2. Vyhľadávací hydrogeologický prieskum. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Fusán, O., Ibrmayer, J. a Plančár, J., 1984: Bloky Západných Karpát i ich svjaz s glubinnym strojenijem. In: Bončev, E. (ed.): Blokove strojenje i razlomly. Sofia, BAN, 92 – 100.
- Fusán, O. et al., 1971: Geologická stavba podložia zakrytých oblastí južnej časti vnútorných Západných Karpát. Bratislava, Západ. Karpaty, 15, 5 – 173.

G

- Gazda, S., 1974: Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a jeho genetická klasifikácia. Mater. z III. celoslov. geol. konfer., Bratislava, Slov. geol. úrad – Št. Geol. Úst. D. Štúra, 43 – 50.
- Grofik, R. et al., 1987: Štatistika. Príroda (Bratislava), 519 s.

H

- Halešová, A., Drahoš, M., Szabová, A. a Kašová, A., 1983: Potiská nížina – hydrogeologický prieskum, predbežný hydrogeologický prieskum. Manuskript. Košice, archív IGHP, 130 s.
- Halešová, A., 1981: Potiská nížina – hydrogeologický prieskum, II. etapa – dokumentačná správa. Manuskript. Košice, archív IGHP, 3 s.
- Haluška, M., 1967: Limnigrafické sondy – povodie Bodrogu. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Haluška, M., Franko, O., Hramec, J. a Sztyehlik, K., 1976: Senec a Streda nad Bodrogom – geotermálne vrty FGS-1, FGS-2, TGS-1. Záverečná správa z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Haluška, M. a Szabová, A., 1997: Oblasť Trebišov – Kráľovský Chlmec – vyhľadanie prírodných minerálnych vôd a ich ochrana – prípravná štúdia. Manuskript. Košice, Geoconsult, 46 s.
- Horáková, A., Ivančo, J. a Šťastný, P., 1998: Zmeny hladinového režimu podzemných vôd v Medzibodroží za obdobie 1963 – 1995. J. Hydrol. Hydromech., 46, 1, 62 – 78.
- Horecká, V. a Valovič, Š., 1978: Atmosferické zrážky. Klimatické pomery Slovenska. Vybrané charakteristiky. In: Zbor. prác SHMÚ, Bratislava, 33/I, 1991, 107 – 144.
- Horniš, J., 1974: Sedimentárno-petrografický výskum kvartéru Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív, Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Horniš, J., 1977: Sedimentárno-petrografická analýza kvartérnych sedimentov Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Horniš, J., 1982: Sedimentárno-petrografický výskum kvartéru Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Horniš, J., 1984: Správa o sedimentárno-petrografickom výskume na listoch 38-341, 38-343, 38-332. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Horniš, J., 1986a: Sedimentárno-petrografický výskum kvartéru v južnej časti Východoslovenskej nížiny. Čiastková správa za rok 1986. Manuskript. Bratislava, archív GÚDŠ, 14 s.
- Horniš, J., 1986b: Výsledky a interpretácia petrografického výskumu kvartérnych sedimentov Východoslovenskej nížiny. Region. Geol. Západ. Karpát, 21, 161 – 166.
- Hrabková, T., 1983: Náplavy Tisy, výsledky hydrogeologických prieskumných prác, hydrogeologický prieskum. Manuskript. Prešov, archív Vodné zdroje, 35 s.

CH

- Chotvác, 1958a: Hydrogeologický posudok JRD Strážne, okres Kráľovský Chlmec. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Chotvác, 1958b: Hydrogeologický posudok o možnosti získania vody pre JRD Boľ, okres Kráľovský Chlmec. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

I

- Ivan, L., 1962: Ročná správa z listu Borša. Úkol 02-A-8. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Ivan, L., 1963: Správa o ložiskách bentonitov v oblasti Michalany a Luhyňa, okres Trebišov (stav zásob k 1. 12. 1963). Úkol 02-AN. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Ivan, L., 1966: Nerudné suroviny pri Cejkove, okres Trebišov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

J

- Jacob, C. E., 1944: Notes on determining permeability by pumping tests under water-table conditions. U. S. Geol. Surv. Mimeo. Rep., Washington.
- Janočko, J., Elečko, M., Karolí, S., Konečný, V., Kováč, M., Nagy, A., Vass, D., Jacko, S. jr. a Kaličiak, M., 2003: Third sedimentary evolution of the Tertiary basins of the Western Carpathian. Miner. Slov. (Bratislava), 35, 3 – 4, 181 – 254.
- Janšák, Š., 1950: Eolické formácie na Slovensku. Zemep. Sbor. Slov. Akad. Vied Umeni, Bratislava, 2, 3, 4, 7 – 31.

- Januvka, L., Syčev, V., Mazáč, O. a Hron, J., 1991: Medzibodrožie – geofyzikálne merania. Manuskript. Spišská Nová Ves, archív Geofyzika.
- Jetel, J., 1974: Complementement régional de l'information sur les paramètres petrophysiques en vue de l'élaboration des modèles des systèmes aquifères. Mém. Assoc. Intern. Hydrogéol., 10. Congr. De Montpellier 1974, 1, Paris, 199 – 203.
- Jetel, J., 1975: Application of information entropy in hydrogeochemistry and in hydrogeochemical maps. Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 50, 1, 33 – 36.
- Jetel, J., 1982: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. Knih. Ústř. Úst. geol. (Praha), 58, 248.
- Jetel, J., 1985: Metody regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin. Metod. příruč. Ústř. Úst. geol. (Praha), 1, 147.
- Jetel, J., 1993: Stanovenie hydraulických parametrov hornín pre regionálne prognózy. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Jetel, J., 1999: Regionálne zhodnotenie hydraulických parametrov hornín a jeho aplikácia v modelovom území neogénnych kolektorov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 102 s.
- Jiríček, R., 1972: Problém hranice sarmat-panon ve vídeňské, podunajské a východoslovenské pánvi. Miner. Slov. (Bratislava), 4, 14, 38 – 93.

K

- Kaša, J., 1985: Plošné zhodnotenie režimu podzemných vôd na Medzibodroží. Záverečná správa. Bratislava, SHMÚ, pobočka Košice.
- Klúz, M., 2001: Čierna nad Tisou – ochrana podzemných vôd, doplnujúci hydrogeologický prieskum. Manuskript. Archív Hydro.G.E.P., Banská Bystrica, 27 s.
- Klúz, M., 2002: Ochrana podzemných vôd – Čierna nad Tisou, doplnujúci inžiniersko-geologický a hydrogeologický prieskum – sanácia znečistených zemín v komplexe 24/24, sanácia znečistených podzemných vôd v priestore prečerpávacieho komplexu 24/24. Manuskript. Archív Hydro.G.E.P., Banská Bystrica, 25 s.
- Kolektív autorov 1991: Základné údaje o rozvoji meliorácií na Slovensku. ŠMS Bratislava, 40 s.
- Kordík, J. a Slaninka, I., 2000: Mapa kvality prírodných vôd 1 : 50 000. Čiastková záverečná správa. In: Puchnerová et al. (ed.): Prieskum prírodných zdrojov vo vzťahu k životnému prostrediu – Tibreg (okolie trebišovskej panvy), geofaktory životného prostredia. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 64 s.
- Král, M., Jančí, J. a Franko, J., 1989: Geotermický výskum SSR, technická správa za rok 1988. Manuskript. Archív, Geofyzika, š. p., Bratislava.
- Krásný, J., 1986: Klasifikace transmisivity a její použití. Geol. Průzk., 28, 6, 177 – 179.
- Kullman, E. ml., Malík, P., Patschová, A. a Bodiš, D., 2005: Vymedzenie útvarov podzemných vôd na Slovensku v zmysle rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES. Podzemná voda (Bratislava), 11, 1, 5 – 18.
- Kupčo, M. a Hrošár, M., 1996: Hladinový režim podzemných vôd na Medzibodroží počas obdobia 1964 – 1994. In: II. Zbor. Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia. Bratislava, ÚH SAV, 131 – 138.
- Kvitkovič, J., Lukniš, M. a Mazúr, E., 1956: Geomorfológia a kvartér nížiny Slovenska. Geogr. Čas. (Bratislava) 8, 2, 2 – 3.
- Kvitkovič, J., 1955: Geomorfologické pomery JV časti Patiskej nížiny. Geogr. Čas. (Bratislava), 7, 1 – 2, 72 – 84.

L

- Leško, B. a Slávik, J., 1967: Les triats foudamentaux de la structure geologique de la region situee entre les Karpates occidentales et les Karpates orientales. Geol. Zbor. Geol. carpath., 18, 1, 169 – 172.
- Líška, L., 1958a: Hydrogeologický posudok o možnosti získania pitnej a úžitkovej vody pre ŠM Streda nad Bodrogom. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Líška, L., 1958b: Malý Horeš. Manuskript. Archív KŠVP Košice.
- Líška, L., 1958c: Hydrogeologický posudok JRD Hrušov, okres Kráľovský Chlmec. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Líška, L., 1960a: Hydrogeologický posudok JRD Malý Kamenec. Manuskript. Košice, archív Agroprojekt.
- Líška, L., 1960b: ŠM Kráľovský Chlmec. Manuskript. Košice, archív KŠVP.

Ľ

- Luptáková, A., Kvapilová, L., Žákovičová, A., Molnár, L., Jančár, V. a Hulková, E., 2005: Kvalita podzemných vôd na Slovensku, 2004. Účelová publikácia SHMÚ Bratislava, 275 s.

M

- Matiová, Z., 1996: Sanácia devastovaného horninového podložia a podzemných vôd v lokalite prečerpávacích komplexov 24/24 Čierna nad Tisou. Správa za obdobie 11/95 – 5/96. Manuskript. Archív HGM, s. r. o., Žilina.
- Matiová, Z., Kovařík, K. a Drahoš, M., 2001: Čierna nad Tisou – ochrana podzemných vôd. Prieskum geofaktorov ovplyvňujúcich životné prostredie. Manuskript. Bratislava, archív ZSR.
- Mazúr, E. a Lukniš, M., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. Bratislava, Slovenská kartografia.
- Metodický pokyn MSPNM SR a odporúčenie SK ŽP č. 130-1992/I. na uplatňovanie ukazovateľov a normatífov pre asanáciu znečistených podzemných vôd a zemín.
- Mihálik, F., Leitmann, Š., Gavurník, J., Sopková, M., Možešiková, K. a Juráčeková, D., 2003: Štátna vodohospodárska bilancia SR. Vodohospodárska bilancia za rok 2002. Časť podzemné vody. Účelová publikácia SHMÚ Bratislava, 298 s.
- Michalík, L. a Petrivalský, P., 1992: Malé Trakany – hydrogeologický prieskum. Manuskript. Košice, archív Geokonzult.
- Michalík, L., Petrivalský, P., Šťastný, V. a Bajo, I., 1995: Východoslovenská nížina – neogén JV časti, vyhľadávaci hydrogeologický prieskum. Manuskript. Košice, archív Geoconsult, 120 s.

- Mládek, J., 2002: Socioekonomické pomery. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vyd. Bratislava: MŽP SR, Banská Bystrica: SAŽP, 174 – 175.
- Mojžiš, L., 1963: Hydrogeologický prieskumný vrt na hospodárskom dvore ŠM Klin nad Bodrogom, okres Trebišov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Miklós, L., Kočická, E. a Kočický, D., 2002: Krajinnoekologické komplexy. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vyd. Bratislava: MŽP SR, Banská Bystrica: SAŽP, 194 – 195.
- Mucha, I. a Paulíková, E., 1987: Čierna nad Tisou – hydraulická ochrana podzemných vôd – technická pomoc – priestorové modelovanie prúdenia podzemných vôd v Potiskej nížine – návrh ochrany. Manuskript. Bratislava, archív PF UK.

N

- Nariadenie vlády SR č. 296/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistených odpadových vôd a osobitných vôd.
- Nemčok, J. a Rudinec, R., 1983: Tektonický pulz terciéru východného Slovenska a jeho vzťah k bradlovému pásmu. Miner. Slov. (Bratislava), 15, 6, 501 – 516.
- Nešvara, J., 1962: Hydrogeologický prieskum, Čierna nad Tisou. Manuskript. Žilina, archív IGHP.

O

- Olekšák, S., 2002: Priepustnosť a prietoknosť neovulkanitov vybraných území Slovenska. Podzemná voda (Bratislava), 8, 1, 5 – 16.
- Ostrolucký, J., 1988: Boťany – hydrogeologické pomery okolia vodného zdroja, hydrogeologický prieskum. Manuskript. Žilina, archív IGHP.
- Ostrolucký, J., 1991: Čierna nad Tisou – ochrana podzemnej vody. Manuskript. Košice, archív Geoconsult.
- Ostrolucký, J., 1992: Čierna nad Tisou – železničný uzol – zistenie znečistenej zeminy. Manuskript. Košice, archív Geoconsult.
- Ostrolucký, J., 1998: Boťany – hydrogeologický posudok. Manuskript. Košice, archív VVaK, 10 s.
- Ostrolucký, J. a Karol, J., 1985: Čierna nad Tisou – hydrogeologický prieskum pre ochranu podzemných vôd, I. etapa. Manuskript. Košice, archív IGHP.
- Ostrolucký, J. a Karol, J., 1989: Čierna nad Tisou – Boťany – prieskum pre ochranu vodného zdroja, hydrogeologický prieskum. Manuskript. Košice, archív IGHP.
- Ostrolucký, J., Karol, J. a Pelikán, V., 1991: Čierna nad Tisou – ochrana podzemnej vody, prieskumno-sanačné čerpanie vody z prieskumnej hydraulickej clony, vyhľadávaci hydrogeologický prieskum. Manuskript. Košice, archív Geokonzult.
- Ostrolucký, J. a Petriválský, P., 1982: Čierna nad Tisou – ochrana podzemných vôd – štúdia. Manuskript. Košice, archív IGHP, 14 s.
- Ostrolucký, J., Pramuk, V. a Karol, J., 1994: Boťany – Latorica, hydrogeologický prieskum pre ochranu podzemnej vody. Manuskript. Košice, archív Geokonzult.

P

- Pačes, T., 1983: Základy geochemie vod. Academia (Praha), 300 s.
- Papšíková, M., 1986: Palinologický výskum kvartérnych sedimentov južnej časti Východoslovenskej nížiny. Čiastková správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Parkhurst, D. L. a Appelo, C. A. J., 1999: User's guide to Phreeq C (version 2) – A Computer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water-Resources Investigations Report 99-4259, U. S. Geological Survey, U. S. Department of the interior, 236 p.
- Pavelková, D., 1994: Zmeny vodných pomerov na Medzibodroží. In: Zbor. Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia. ÚH SAV, Zemplínska Šírava, 194 – 170.
- Pelikán, V., 1991: Ochrana podzemných vod na seřazovacím nádraží v Černé nad Tisou. Manuskript. Brno, archív VÚGI.
- Pelíšek, J., 1955: Charakteristika pieskových kvartéru Čsl. republiky. Anthropozoikum (Praha), 5, 123 – 129.
- Planderová, E., 1968: Palinologické vyhodnotenie vrtoz z VSN. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Porubský, A., 1956: Hydrogeologický posudok vrtu S-3 v Kráľovskom Chlmci. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Porubský, A., 1957: Hydrogeologický prieskum v Trebišove. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Porubský, A., 1959: Čierna nad Tisou – vyhodnotenie hydrogeologických vrtoz S-2 až S-5, HGP, účel: zaistiť vodný zdroj pre objekt „Rozvod pitnej vody – objekty IV. etapa“ v danej lokalite. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Porubský, A., 1961b: Zhodnotenie dvoch hydrogeologických vrtoz Čierna nad Tisou, HGP. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Porubský, A., 1962: Východoslovenská nížina – limnigrafické sondy. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Pospíšil, P., 1964: Prehľad hydrogeologických pomerov obyčajných podzemných vôd vo Východoslovenskej nížine. Geol. Práce, Zpr., 32 s.
- Pospíšil, P., 1966: K otázke obehu Fe a Mn v podzemných vodách Východoslovenskej nížiny. Geol. Práce, Zpr., 40 s.
- Pospíšil, L., 1983: Syntéza geofyzikálnych údajov v oblasti východoslovenských neovulkanitov. Kandidátska dizertačná práca. Manuskript. Bratislava, archív Slov. Akad. Vied.
- Pospíšil, P. a Gazda, S., 1967: Základný hydrogeologický výskum kvartéru Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Pospíšil, P. et al., 1969: Vysvetlivky k hydrogeologickej mape 1 : 200 000, list Trebišov – Čierna nad Tisou. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Potyš, Z., 2000a: Sanácia devastovaného horninového podložia a podzemných vôd v lokalite prečerpávacích komplexov 24/24 Čierna nad Tisou. Doplnkový geologický prieskum životného prostredia, I. etapa. Manuskript. Archív EHS Trenčín, s. r. o.
- Potyš, Z., 2000b: Sanácia devastovaného horninového podložia a podzemných vôd v lokalite prečerpávacích komplexov 24/24 Čierna nad Tisou. Čiastková správa zo sanácie. Manuskript. Archív EHS Trenčín, s. r. o.

Pramuk, V. a Karol, J., 1991: Streda nad Bodrogom – prieskum pre ochranu podzemných vôd, hydrogeologický prieskum. Košice, Geokonzult.

Puchnerová, M. et al., 1985: Geofyzikálny výskum – Zemplínske vrchy-juh. Manuskript. Brno, archív Geofyzika.

R

Rapant, S., Vrana, K. a Bodiš, D., 1996: Podzemné vody (Geochemický atlas Slovenskej republiky). Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Repovský, J., 1984: Plešany – odvodnenie pozemkov JRD Veľký Horeš, podrobný hydrogeologický prieskum. Manuskript. Štátna melioračná správa, Košice, 20 s.

Rudinec, R., 1989: Zdroje ropy, zemného plynu a geotermálnej energie na východnom Slovensku. Miner. Slov. – Monogr., Bratislava, Alfa, 162 s.

Rudinec, R. a Čverčko, J., 1970: Výsledky štruktúrneho a čiastočne pionierskeho prieskumu v podvihorlatskej oblasti so zreteľom na prieskum živíc. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Rudinec, R. a Slávik, J., 1970: Geologická stavba podložja východoslovenského neogénu. Geol. Práce, Spr., 53, 145 – 156.

Rudinec, R. a Tereska, C., 1972: Naftovo-plynónádejnosť vulkanických štruktúr vo východoslovenskom neogéne. Miner. Slov. (Bratislava), 4, 4, 23 – 28.

Rudinec, R., 1973: Neogénna výplň a predneogénne podložie juhovýchodnej časti podvihorlatskej oblasti (vrt Vysoká-1). Geol. Práce, Spr., 61, 211 – 218.

Rudinec, R., 1980: Možnosti výskytu ropy a plynu v predneogénnom podloží východoslovenskej neogénnej panvy. Miner. Slov. (Bratislava), 12, 6, 507 – 531.

S

Seneš, J. et al., 1963: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list Čierna. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 85 – 110.

Scherer, S., Malík, P., Bajtoš, P., Gedeon, M. a Kordík, J., 1999: Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa severnej časti Spišsko-gemerského rudohoria v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Schmidt, Z., 1974a: Mäkkýše kvartéru južnej časti Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Schmidt, Z., 1974b: Paleomalakologický výskum nížin Slovenska. Ročná správa za roky 1972 – 1973. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 4 s.

Slávik, J., 1976: Zemplinikum – možná nová tektonická jednotka centrálnych Karpát. Geol. Práce, Spr., 44 – 45.

Smernica Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 26. októbra 2004 č. 8/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000.

Smernica Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 26. októbra 2004 č. 9/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000.

Smetana, J. a Magyar, J., 1995: Ptrukša-56 – záverečná vrtno-geologická správa o vrte predbežného prieskumu. Manuskript. Archív Nafta, Gbely.

Soták, J., Biroň, A., Kotulová, J., Rudinec, R. a Spišiak, J., 1995: Stavba podložja východoslovenskej panvy vo svetle faktov a regionálnotektonických súvislostí. Miner. Slov. (Bratislava), 27, 1, 1 – 8.

Starobová, M., 1959: Štruktúra Kráľovský Chlmec. Sedimentárne petrografické zhodnocení. Manuskript. Hodonín, archív Čs. naftové doly.

Sviridenko, V. G., 1976: Geologická stavba predneogénneho podložja zakarpatskej prehľbeniny. Miner. Slov. (Bratislava), 8, 5, 395 – 406.

Š

Šamaj, F. a Valovič, Š., 1978: Dlhodobé priemery úhrnu zrážok na Slovensku za obdobie 1901 – 1970. Zbor. prác. Bratislava, SHMÚ, 14, 413.

Šauer, V., 1928: Vývoj údolí Uže a Latorice. Praha, Sbor. Čs. Společ. zeměp., 35, 3 – 4, 69 – 77.

Šauer, V., 1929: Předvěká činnost karpatoruských řek. Praha, Sbor. Čs. Společ. zeměp., 35, 3 – 4, 92 – 109.

Šindler, M. a Frankovič, J., 1969: Potiská nížina – hydrogeológia. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Šindler, M., 1966: Potiská nížina X, hydrogeologické pomery. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Šindler, M. a Petrivaldský, P., 1985: Neogén juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny, hydrogeologická štúdia. Manuskript. Žilina, archív IGHP, 55 s.

Škvarka, L., Frankovič, J., Zakovič, M., Franko, O., Baňacký, V., Vass, D. a Koráb, T., 1976: Hydrogeológia územia listu 38-Michalovce 1 : 200 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 314 s.

Škvarka, L., ed., 1985: Základná hydrogeologická mapa ČSSR v mierke 1 : 200 000, list 38 Michalovce. Bratislava, archív Geol. Úst. D. Štúra.

Šlahor, L., 1955: Poznámky k pokryvným útvarom v okolí Kráľovského Chlmca. Geol. Zbor., 6, 1 – 2, 65 – 80.

Šuba, J., Bujalka, P., Cibulka, L., Frankovič, J., Hanzel, V., Kullman, E., Porubský, A., Pospíšil, P., Škvarka, L., Šubová, A., Tkáčik, P. a Zakovič, M., 1984: Hydrogeologická rajonizácia Slovenska. 2. vydanie. Bratislava, SHMÚ, 308 s.

Šútor, J., 1986a: Priestorová variabilita hydrofyzikálnych charakteristík pôd – Retenčné vlastnosti pôd. Vodohospod. Čas., 34, 1, 95 – 125.

Šútor, J., 1986b: Priestorová variabilita hydrofyzikálnych charakteristík pôd – Hydraulické vlastnosti pôd. Vodohospod. Čas., 34, 3, 284 – 313.

Šútor, J., Mati, R., Ivančo, J., Gomboš, M., Kupčo, M. a Šťastný, P., 1995: Hydrológia Východoslovenskej nížiny. Michalovce, Media Group, v. o. s., 467 s.

T

- Tkáčová, H. a Bodnár, J., 1996: Trebišov – Kráľovský Chlmec – vymapovanie stolových vôd a stanovenie podmienok ich ochrany – reinterpretácia geofyzikálnych údajov. Manuskript. Bratislava, archív Geocomplex, 12 s.
- Tlumač, C., 1984a: Záverečná vrtno-geologická správa o podrobnom vrte Ptrukša-38. Manuskript. Michalovce, archív Moravské naftové doly, 19 s.
- Tlumač, C., 1984b: Záverečná vrtno-geologická správa o sledovanom vrte Ptrukša-29. Manuskript. Michalovce, archív Moravské naftové doly, 8 s.
- Tlumač, C., 1984c: Záverečná vrtno-geologická správa o sledovanom vrte Ptrukša-39. Manuskript. Michalovce, archív Moravské naftové doly, 13 s.
- Tlumač, C., 1995: Ptrukša-54 – záverečná vrtno-geologická správa o predbežnom vrte. Manuskript. Archív Nafta, Gbely.
- Tlumač, C. a Jung, F., 1984: Záverečná vrtno-geologická správa o ťažobnom vrte Ptrukša-35. Manuskript. Michalovce, archív Moravské naftové doly, 12 s.
- Tometzová, M., 1984: Ptrukša – čerpacia stanica, doplnok k záverečnej správe, hydrogeologický prieskum. Manuskript. Košice, archív IGHP, 8 s.
- Tometzová, M., 1993: Malé Trakany – čerpacia skúška, hydrogeologický prieskum. Košice, Východoslovenské vodárne a kanalizácie.
- Tomlain, J., 1991: Modelovanie evapotranspirácie z rôznych povrchov na území Slovenska. Manuskript. Hydrogeológia, výskum a prax, Bratislava, 118 – 134.
- Tomlain, J., 1997: Rozloženie evapotranspirácie na území Slovenska za obdobie 1961 – 1990. Podzemná voda (Bratislava), 3, 1, 5 – 23.

V

- Vass, D., Cverčko, J., Elečko, M., Kaličiak, M., Mořkovský, M. a Vozár, J., 1991: Odkrytá geologická mapa Východoslovenskej nížiny, 1 : 100 000. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Vaškovská, E., 1974: Litologická charakteristika kvartérnych piesčitých sedimentov juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny. Manuskript. Bratislava, archív Geol. Úst. D. Štúra.
- Vaškovská, E., 1981: Rádiouhlíkové datovanie pochovaných a fosilných pôd kvartéru Západných Karpát. IV. slovenská geologická konferencia 5. Bratislava, SGÚ, 52 – 59.
- Vaškovská, E., 1984: Litogeochemická a mikromorfologická charakteristika kvartérnych sedimentov a pôd na listoch Kráľovský Chlmec 1, Kráľovský Chlmec 3, Slanec 3. Manuskript. Bratislava, archív Geol. Úst. D. Štúra.
- Vaškovská, E., 1985: Paleomagnetické interpretácie a rádiometrické datovania veku fosilných driev južnej časti Východoslovenskej nížiny. Čiastková správa za rok 1985. Manuskript. Bratislava, archív Geol. Úst. D. Štúra, 15 s.
- Verčimák, M., 1980a: Kráľovský Chlmec – Centrum III., vyhodnotenie dlhodobej čerpacjej skúšky, hydrogeologický prieskum. Manuskript. Archív JRD Oblík, Prešov, 7 s.
- Verčimák, M., 1980b: Leles – vyhodnotenie dlhodobej čerpacjej skúšky, hydrogeologický prieskum. Manuskript. Archív JRD Oblík, Prešov, 6 s.
- Vozár, J., Vozárová, A., Tomek, C., Rakús, M., Kováč, P. a Novotný, M., 1993: Reinterpretácia podložia Východoslovenskej panvy a jej korelácie s jednotkami Karpát. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Vozárová, A. a Vozár, J., 1988: Late Paleozoic in West Carpathians. Monografia. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 313 s.
- Vrana, K., Bodiš, D., Lopašovský, K. a Rapant, S., 1989: Regionálno-hydrogeochemické zhodnotenie kvality snehovej pokrývky na území Slovenska. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol., 7, 87 – 128.
- Vyhláška MZ SR č. 12/2001 Z. z. o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany.
- Vyhláška MZ SR č. 151/2004 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody.

Z

- Zadraba, M., 1967: Petrografické rozborý vzoriek z vrtu Zatin-1. Manuskript. Hodonín, archív Čs. naft. Doly.
- Zadraba, M., 1968: Sedimentárne petrografické zhodnocení vrtu Zatin-1. Manuskript. Hodonín, archív Čs. naft. Doly.
- Zbořil, L., Král, M., Puchnerová, M. a Tkáčová, H., 1985: Východoslovenská nížina – hydrogeologické pomery neogénu, reinterpretácia geofyzikálnych meraní – I. etapa. Manuskript. Bratislava, archív Geofyzika, 45 s.
- Znášiková, B., Kiripolský, J. a Gargulák, M., 2002: Prehľad množstiev podzemných vôd hydrogeologických celkov Slovenskej republiky k 1. januáru 2002. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 30 s.

Ž

- Žák, A., Horovský, J., Letko, V. a Kovács, T., 2000: Boňany – nové vodné zdroje, doplnkový hydrogeologický prieskum. Manuskript. Prešov, archív Horsman, 26 s.

11. SUMMARY

The Medzibodrožie region is a part of the Východoslovenská nížina lowland, which is located in the SE corner of the Slovakia. This region is delimited by the Slovak-Ukraine border on the east and the Slovak-Hungary border on the south. The Latorica river forms its northern and the Bodrog river its western boundary. Its areal extent is 384.6 km².

According to geomorphological classification of the Slovak territory by Mazúr and Lukniš (1986), the main part of the Medzibodrožie region belongs to the Medzibodrocké pláňavy subunit (Fig. 2.1.1), with typical eolian relief forms (sand dunes up to 15 m high) and altitudes around 100 m above sea level. Weathered relics of Neogene volcanic bodies create undulated hilly relief – the Chlmecké pahorky and the Tarbucka hills, reaching altitudes up to 277 m a.s.l. Rest of the studied region is flat, belonging to the Latorická rovina or the Bodrocká rovina subunits.

In 150 year old appropriate literature, the Medzibodrožie region is characterized as sodden and forested bottom land. Nowadays it represent cultural deforested steppe, containing relics of riverine forest. The most important environmental changes are induced by such anthropogenic activities as the water management and deforestation, both forced by flood protection and agriculture intensification. Almost all the region is drained by a dense net of canals (Fig. 2.4.1), but some of its parts must be irrigated in dry periods (Fig. 2.4.2).

During period of August 2002 – September 2004, Slovak Geological Institute of Dionýz Štúr performed hydrogeological investigation of this region in the frame of geological project no. 12-02-9/0200 “Basic hydrogeological maps of chosen Slovak regions”, financed by the Ministry of Environment of the Slovak Republic. As a result, the basic hydrogeological map and the basic hydrogeochemical map of the Medzibodrožie region at a scale of 1 : 50 000 were compiled, both in accordance with binding methodic standards (Guideline of Ministry of Environment of the SR no. 8/2004-7 for compilation of basic hydrogeological maps at a scale 1 : 50 000, as well as the Guideline of Ministry of Environment of the SR no. 9/2004-7 for compilation of basic hydrogeochemical maps in scale 1 : 50 000). Submitted publication represents an explanatory text for these maps.

Both, hydrogeological and hydrogeochemical maps were constructed using geological map of studied area (Baňacký et al., 1988). On the ground, a prevailing extent of this area is built by Quaternary fluvial sediments (Fig. 2.5.1; expl. 1), mainly represented by sand and sandy gravel with thin intercalations of loam. Highest dunes represent outcrops of Quaternary eolian sediments (Fig. 2.5.1; expl. 2) – fine grained sands, loesses and loess loams accumulated during Riss, Wurm and Holocene. Hills are built by Neogene volcanic rocks of Badenian – Panonian age (Fig. 2.5.1; expl. 3), which are often superimposed by Quaternary eolian sediments (Fig. 2.5.1; expl. 4). Only one outcrop of older rocks occurring here, represented by a small hill, is built of metamorphosed Upper Paleozoic rocks (Fig. 2.5.1; expl. 3). Quaternary fluvial sediments are up to 70 m thick and they overlay marine, brackish and lacustrine Neogene sedimentary complexes (Badenian – Pliocene). Due to active neotectonic activity, Quaternary basin is complex, divided into depressions (brown coloured areas in Fig. 2.5.2), buried horsts or buried flats (yellow coloured areas in Fig. 2.5.2) and horsts (green coloured areas in Fig. 2.5.2 – hills). Geological conditions of studied area are comprehensively described in explanatory text for geological map of the Východoslovenská nížina lowland (Baňacký et al., 1989).

Hydraulic parameters of rocks

From the hydrogeological point of view, four main rock complexes can be distinguished at the Medzibodrožie region: Quaternary sediments, Neogene volcanic rocks, Neogene sediments and Paleozoic hydrogeological massif. These individual rock complexes differ from each other significantly

by basic hydrogeological characteristics, involving type and magnitude of permeability and by character of groundwater circulation. Despite of generally uniform hydrogeological feature of these main rock complexes, each of them can be subdivided into specific rock bodies, based on differences of mean permeability magnitude, permeability variability or special character of the groundwater circulation. These quazi-homogeneous types of rock environment (as a rule they correspond to lithological-stratigraphic units) are termed as hydrogeological units. In our hydrogeological map of the Medzibodrožie region, complemented by hydrogeological sections, spatial definition of 26 hydrogeological units (HJ1 – HJ26 in Tab. 5.1.1) is visualized.

As a part of activities, connected with compilation of the basic hydrogeological map of the Medzibodrožie region, the permeability and transmissivity of Quaternary and Neogene aquifers were studied. Archival results of hydrodynamic testing on 204 older boreholes were reevaluated, in order to determine such hydraulic parameters as permeability index Z , transmissivity index Y , hydraulic conductivity k and transmissivity coefficient T . Statistical analysis of this database revealed very low regional variability of the Quaternary fluvial sediments permeability, both in vertical profile and laterally (Tab. 5.1.3). Therefore, aquifer transmissivity varies depending on its thickness from $T = 3.41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ to $T = 1.29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (Tab. 5.1.5), across the neotectonic structures (Fig. 2.5.2) of the area. Hydraulic conductivity is strong in average, represented by geometric mean $G(k) = 3.70 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Geostatistical analysis using semivariograms showed W – E direction of geometric anisotropy in this aquifer (Fig. 5.1.2), corresponding with general course of fluvial sedimentation. Seeing that permeability of eolian sediments is nearly so high as that of fluvial sands (Tab. 5.1.3), they together create hydraulically uniform aquifer. Lacustrine sediments accumulated during Pontian to Pliocene (Sečovce, Senné and Čečehovce formations) create sedimentary complex underlying the Quaternary aquifer, being one order of magnitude less permeable in average. Geometrical mean of its hydraulic conductivity $G(k) = 3.10 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ is calculated on the basis of hydrodynamic tests in 8 boreholes. Only 3 hydraulic tests characterize the permeability of older (Badenian – Sarmatian: Vranov, Lastomír, Klčov, Stretava, Kochanovce and Ptrukša fms.) Neogene deltaic or marine sediments as probably very low, when interpreted k values are $2.5 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $3.2 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ and $9.1 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Permeability of Neogene volcanic rocks is the weakest – 11 hydrodynamic tests showed mean value of hydraulic permeability $G(k) = 1.07 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. As permeability of Neogene volcanic horsts is about 3 orders of magnitude lower in comparison with the Quaternary aquifer, they affect groundwater circulation as hydraulic barrier. Most permeable zones in Neogene volcanic rocks can be as permeable as the Neogene lacustrine sediments, so local strong hydraulic interaction of these rock environments is possible.

Groundwater circulation

Natural recharge to the Quaternary aquifer is supplied by infiltration of surface water from the Latorica, Bodrog and Tisa rivers and also by atmospheric precipitation. Two types of groundwater table regime can be distinguished here. In the riverine zone (Fig. 5.2.10; expl. 4), the groundwater regime is controlled by the river water table fluctuation. Aquifer is charged during relatively short periods of high water-level stage in rivers (Tab. 2.3.6, Figs. 5.2.2 and 5.2.3), whereas during medial or low water-level stages (Tab. 2.3.7), it is drained by rivers. In central zone (prevailing extent of studied area), the groundwater regime in Quaternary aquifer is controlled mainly by the precipitation and air temperature (Fig. 5.2.8). Favourable conditions for infiltration of precipitation last most frequently during late autumn and relatively warm winter months. From April to July, evapotranspiration usually exceeds precipitation (Tab. 5.2.1) and the groundwater storage diminishes. More intensive infiltration probably takes place at outcrops of permeable eolian sediments (Fig. 5.2.10; expl. 5), comparing to prevailing part of aquifer covered by flood loams. In addition to natural conditions, groundwater circulation is affected by anthropogenic impacts. Study of the groundwater regime changes during period 1964–1973 has shown (Kaša, 1985), that building of flood protection works caused groundwater table increase in the eastern part of the Medzibodrožie region and decrease in its western part (Tabs. 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4; Fig. 5.2.1). In its easternmost part, natural character of the groundwater circulation is influenced also by the groundwater withdrawal (Fig. 5.2.10). About $80 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ of the groundwater is permanently pumped

from the Quaternary aquifer at the Bořany water supply station for drinking purposes. To prevent spread of oil contamination from the Čierna nad Tisou railway transshipment, the groundwater amount of $20\text{--}30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ is pumped from a set of boreholes, to create hydraulic barrier.

Contour lines of the piezometric surface in confined Neogene aquifers are located concentrically around the Neogene volcanic horsts (Fig. 5.2.10). This fact and also very small number of springs situated on horsts indicate, that horsts (Fig. 5.2.10; expl. 6) act as infiltration areas for the groundwater accumulated in the Neogene aquifers. However, the temporal variation of the groundwater piezometric level in Neogene confined aquifers is synchronous with the groundwater table fluctuation in Quaternary unconfined aquifer (Fig. 5.2.9), supposing their hydraulic interconnection.

Hydrogeochemistry

In the Medzibrodzie region, three main hydrogeochemical types of the groundwater are formed due to the different evolution of water mineralization. The chemical composition of the petrogenous groundwaters is formed by a water-rock interactions at hills composed of the Neogene volcanics or Paleozoic rocks. The groundwater mineralization, accumulated in the Quaternary aquifers, comes mostly from the river/stream water (dissolved solids of surface water origin), drained by aquifers, being partially complemented by petrogenic dissolved solids and often also by solids of anthropogenic origin. The groundwaters occurring in confined Neogene aquifers contain polygenic dissolved solids, representing combined petrogenic-thalassogenic mineralization. Spatial distribution of the groundwater hydrogeochemical types is presented on submitted basic hydrogeochemical map of studied area by hatched areas.

Petrogenous groundwaters are represented by two subtypes. Silicatogenic dissolved solids prevail in the groundwater of metamorphosed sediments (Cejkov Fm., Late Paleozoic of Zemplín Group), which create isolated outcrop of very small areal extent, located between Streda nad Bodrogom and Somotor. Water is of Ca-Mg-HCO₃ chemical type, TDS content ranges between 100 and 450 mg · l⁻¹. Groundwater, percolating through fractures and permeable layers in the areas of Neogene volcanic horsts – the Chlmecké pahorky hills, the Tarbucka hill and the Vřšok hill – bears silicatogenic and silicate-carbonatogenic dissolved solids and it is of Ca-HCO₃ chemical type, whereby TDS content reaches 300–500 mg · l⁻¹ (Tab. 6.2.1). These rocks are of andesite or rhyodacite type of volcanism (Badenian – Panonian).

Dissolved solids of the surface water origin form Ca-HCO₃ chemical type of the groundwater with TDS content of 400–550 mg · l⁻¹ in Quaternary fluvial and fluvio-eolian sediments (sand, sandy gravel, loam). Final chemical composition of these waters is created also by the water-rock interactions in the underground, though intensity of this metamorphism can be only hardly evaluated. Additionally, solids of anthropogenic origin reach groundwater table on many places over studied area, causing the TDS content elevation (Fig. 6.2.3) and changing the type of macrochemical composition (Tab. 6.2.3, Fig. 6.2.5).

Petrogenic, carbonate-silicatogenic mineralization of the groundwater in Neogene lacustrine sediments (Middle Sarmatian – Pliocene) is being enriched by thalassogenic mineralization of water migrating from lower brackish and marine sedimentary complexes (Badenian – Lower Sarmatian). As a result, their macrochemical composition changes from Ca-HCO₃ type to more complex types, most frequently Na-HCO₃-Cl type, and also TDS content is very variable, varying between 0.7 and 2.5 g · l⁻¹ (Tab. 6.2.2, Fig. 6.2.1). In deeper situated marine sediments, salt waters were documented in boreholes.

Groundwater quality

The groundwater quality in uppermost aquifer over the studied area is generally bad. In basic hydrogeochemical map, 6 quality classes are recognized (A – H), being visualized by coloured areas. The worst quality ones, G and H, were recognized in the groundwater over 70 % of total area extent, due to high concentration of ammonium cations and manganese and less frequently also iron and nitrates. The waters of H quality are characterized also by the high values of chemical oxygen demand,

indicating elevated concentration of organic compounds. Groundwater of C quality spreads over 26 % of total area extent, at anthropogenically (agriculture, settlement) less affected areas. In these waters, only manganese or (less frequently) iron concentrations exceed drinking water limits. The best A quality of the groundwater was documented in small areas (4 % of total area extent) on Neogene volcanic horsts. Remaining quality classes B, D, E and F were rarely identified (Tab. 6.3.1) and they are depicted as point marks in the hydrogeochemical map. Decontamination of the water and soil at the Čierna nad Tisou railway transshipment, polluted by oil, have performed since 2001 (Klúz, 2001, 2002).

All settled and agricultural parts of studied area have groundwater which is unsuitable in terms of requirements for treatment of water for drinking, mainly due to high nitrate and sulphate anions concentrations (Tab. 6.3.1). Groundwater suitable for the use after two-stage or multistage treatment can be found in riverine zone alongside the Latorica river and in others locations far from settlements, which are not intensively farmed.

Mineral and geothermal waters

A natural carbon dioxide or hydrogen sulphide mineral waters do not occur in the Medzibodrožie region. Highly mineralized groundwaters with TDS content of $1\text{--}2.5\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, with chemical type Na-HCO₃-Cl or Na-Cl-HCO₃, were documented by boreholes in Sečovce, Senné and Čečehovce fms. (Panonian – Pliocene; Tabs. 8.1, 8.2 and 8.3, Fig. 6.2.1). Salt waters of Na-Cl type were documented in depths of more than 1 km (marine sediments of the Ptrukša and Stretava fms., Sarmatian), with TDS content up to $36\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, Br content up to $34\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ and J content up to $17\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Rudinec, 1989). They are connected with the Ptrukša gas deposit, therefore they contain gas phase of following composition: methane 81.4 %, ethane 8.7 %, propane 4.3 %, nitrogen 0.85 %, CO₂ 1.4 %.

In the studied area, the heat flow density ranges between $90\text{--}115\text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ (Franko et al., 1995). It represents a part of the Východoslovenská panva geothermal district and the Beša – Čičarovce geothermal structure overlaps its north-eastern part. Expected exploitable amount of geothermal energy at this structure is evaluated as high as 268.72 MW (Rudinec, 1989). Using borehole HJ6 situated in the western part of studied area, exploitable groundwater amount of $7\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ with temperature 32 °C was evaluated.

Groundwater exploitation

In the period of 2001–2003, the annual average groundwater exploitation ranged between 108 and $123\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ in the Medzibodrožie region. Comparing to total documented exploitable groundwater amount of $147\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ for C₁ category and $368\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ for C₂ category, one can state the good balance state of the groundwater exploitation (groundwater resources are not overexploited). Almost all amount of the groundwater (99.2–99.4 % of total) is exploited only at two localities – at the Bořany water source and at the Čierna nad Tisou groundwater pumping system.

**VYSVETLIVKY K ZÁKLADNEJ HYDROGEOLOGICKEJ
A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE MEDZIBODROŽIA
1 : 50 000**

Vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava 2014

Vedúci odd. Vydavateľstva ŠGÚDŠ a propagácie: RNDr. Ladislav Martinský

Jazyková redaktorka: Mgr. Lucia Jasinská

Grafická úprava a technické spracovanie: Alena Wolfová, Mária Dryjová

Preklad do anglického jazyka: Ing. Zoltán Németh, PhD.

Návrh obálky: Mgr. František Bottlik

Tlač a knižárske spracovanie: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

ISBN 978-80-89343-84-3



ISBN 978-80-89343-84-3