

MINERÁLNE A GEOTERMÁLNE ODPADOVÉ VODY AKO POTENCIÁLNY ZDROJ ZNEČISTENIA RECIPIENTU

Maroš SIROTIK – Lenka BLINOVÁ – Alica BARTOŠOVÁ – Stefania GERENDÁS

MINERAL AND GEOTHERMAL WASTEWATER AS A POTENTIAL SOURCE OF RECIPIENT CONTAMINATION



Sustainability - Environment - Safety '2016

ABSTRAKT

Cieľom predkladaného príspevku je prezentovať výsledky analýz vybraných ukazovateľov odpadovej vody z troch geotermálnych kúpalísk pred a po jej vypustení do recipientu (v mieste predpokladaného dokonalého zmiešania). Sledovalo sa 18 ukazovateľov (farba, zákal, pach, teplota vody a ovzdušia, pH, celková alkalita ($KNK_{4,3}$), celková acidita ($ZNK_{8,3}$), vodivosť, obsah amónnych kationov, dusičnanov, dusitanov, fosforečnanov, chloridov, železitých, mangánatých, vápenatých a horečnatých kationov), pričom sa závažnejší vplyv prejavil v obsahu dusitanov. Všeobecne však môžeme konštatovať, že po dokonalom rozriedení monitorovaných geotermálnych odpadových vôd nedochádza k významnejšiemu ohrozeniu recipienta.

KEŤOVÉ SLOVÁ: minerálna a geotermálna odpadová voda, kvalita vody, Komárno, Komárom, Patince, recipient

ABSTRACT

The aim of this study is to present the results of selected wastewater quality indicators analyses of from three geothermal pools before and after it has been released into the recipient. We monitor the 18 water quality indicators (colour, smell, turbidity, water and air temperature, pH, total alkalinity, total acidity, conductivity, the content of ammonium cations, nitrate, nitrite, phosphate, chloride, iron, manganese, calcium and magnesium cations), while severe effect was observed in the nitrite content. In general, after a perfect dilution of monitored geothermal wastewater there is no more significant threat to the recipient.

KEY WORDS: mineral and geothermal wastewater, water quality, Komárno, Komárom, Patince, recipient

ÚVOD

Slovensko je krajina, ktorá sa radí množstvom, výdatnosťou a chemickým zložením minerálnych vôd medzi najvýznamnejšie štáty sveta. Ich rozloženie na území republiky je nerovnomerné, najväčšiu hustotu dosahujú v páse tiahnucom sa od Bardejova a Prešova, cez Popradskú kotlinu, Liptov, Turiec, Strážovské vrchy až po Trenčín. Ďalšou oblasťou s vysokou hustotou výskytu prameňov je údolie Hrona od prameňa po Zvolen a západná časť Slovenského rudohoria. Relatívne najmenej prameňov sa vyskytuje v oblasti Východoslovenskej a Podunajskej nížiny. Zatiaľ čo minerálna voda v horských a podhorských oblastiach sa na zemský povrch dostáva prirodzenými vývermi, v nížinných oblastiach prevažujú hydrogeologické vrty. [1]

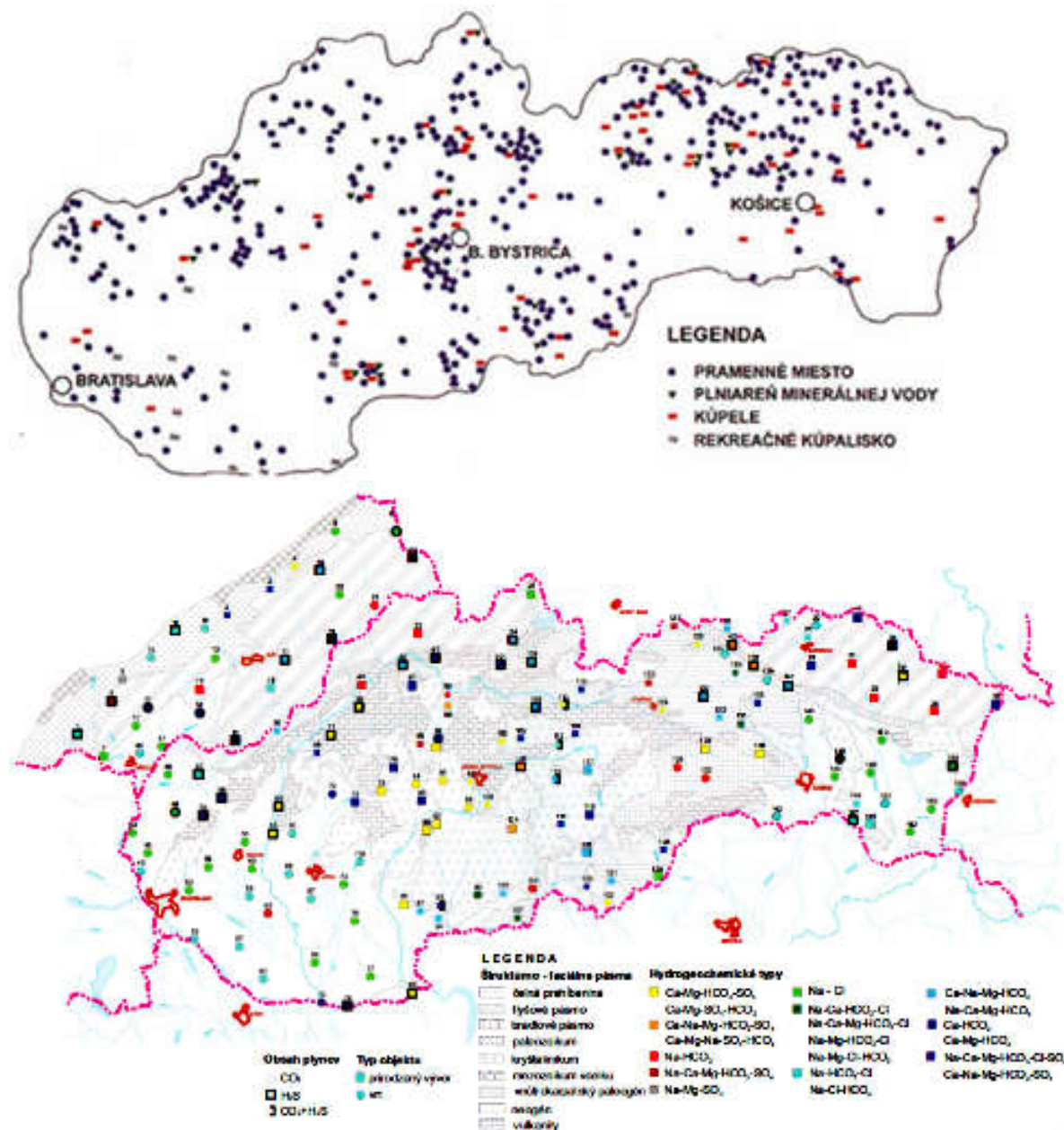
Podzemnými vodami sú všetky vody nachádzajúce sa pod povrchom zeme, v pásme nasýtenia a v bezprostrednom kontakte s pôdou alebo s pôdnym podložím vrátane podzemných vôd slúžiacich ako médium na akumuláciu, transport a exploataciu zemského tepla z horninového prostredia (Zákon č. 364/2004 Z.z., Vodný zákon).

Minerálna voda je podzemná voda s originálnym pôvodom akumulovaná v prírodnom prostredí, vyvierajúca na zemský povrch z jednej alebo viacerých prirodzených alebo umelých výstupných ciest, ktorá sa odlišuje od inej podzemnej vody najmä svojím pôvodom, obsahom stopových prvkov, obsahom a charakterom celkových rozpustených tuhých látok presahujúcich 1000 mg l^{-1} , alebo obsahom rozpustených plynných látok presahujúcich 1000 mg l^{-1} oxidu uhličitého, alebo najmenej 1 mg l^{-1} sulfátu, alebo minimálnou teplotou vody v mieste výveru $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Zákon č. 538/2006 Z.z., Kúpeľný zákon). Vyhláška č. 100/2006 minerálne vody s teplotou nad $20 \text{ }^\circ\text{C}$ označuje ako „termálne“ minerálne vody.

Termálna voda je prírodná podzemná voda, ktorá je zohriata pôsobením zemského tepla v horninovom prostredí s minimálnou teplotou vody v mieste výveru $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Zákon č. 569/2007 Z. z., Geologický zákon).

Geotermálna voda sa v minulosti považovala za obyčajnú vodu, ktorá sa vďaka niektorým geologickým štruktúram mohla dostať do rôznych hĺbok. Tu sa zohriala a obohatila o minerály. Je to podzemná voda, ktorej tepelný obsah je možné využívať na energetické ciele. Geotermálne vody sa môžeme rozdeliť na nízkoteplotné ($20 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$), strednoteplotné ($100 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$) a vysokoteplotné (viac ako $150 \text{ }^\circ\text{C}$). Najvyššia nameraná teplota geotermálnych vôd je okolo $374 \text{ }^\circ\text{C}$. Tieto vody sú

v kvapalnom stave len vďaka hydrostatickému alebo litostatickému tlaku (tlak nadložných vrstiev). Pri poklese tlaku rýchlo dosiahnu teplotu varu a vznikne prírodná para. [2] Na Slovensku je teplota prirodzených geotermálnych prameňov v rozmedzí 15 – 70 °C. Pramene s termálnou vodou (t.j. nad 25 °C) sú na Slovensku oveľa menej rozšírené ako studené. Je ich zaregistrovaných 123. Z nich najvyššiu teplotu dosahuje voda vo Veľkom Mederi, okres Dunajská Streda – 94,0 °C. Z celkového počtu termálnych prameňov je 26 obyčajných teplíc – akrototeriem. Kúpeľnícky významné z nich sú akrototermy v Bojniciach a v Rajeckých Tepliciach. [1]



Obrázok 1: Rozloženie minerálnych a termálnych prameňov na území Slovenska a ich zloženie [1, 4]

ZLOŽENIE MINERÁLNYCH A GEOTERMÁLNYCH VÔD

Minerálne aj geotermálne vody sú väčšinou ohriate podzemné vody, ktoré majú meteorický pôvod. Genéza zloženia týchto vôd, podobne ako zloženie minerálnych vôd závisí predovšetkým od reaktívnych plynov, ako sú CO₂, SO₂ alebo H₂S, ďalej od zloženia okolitých hornín a tepla, ktoré zintenzivňuje reakcie s okolitými horninami. Charakteristickou vlastnosťou geotermálnych vôd je zvýšený obsah oxidu kremičitého SiO₂, ktorý môže dosiahnuť až 300 mg l⁻¹ (obsah sa v obyčajných vodách pohybuje v rozmedzí 5 – 30 mg l⁻¹). Z koncentrovaných roztokov je možná kryštalizácia rôznych hydrotermálnych minerálov ako sú napr. kalcit, pehnit alebo epidot. [2]

Geotermálne vody na Slovensku možno na základe chemického zloženia rozdeliť na: [3, 4]

- Geotermálne vody s thalasoγένnou mineralizáciou, s dominantným zastúpením iónov Na^+ a Cl^- , resp. $\text{Na}^+\text{aHCO}_3^-$, medzi ktoré patria reliktné morské vody (ich celková mineralizácia je v súlade s paleosalinitou primárnych morských vôd, pričom sú metamorfované iba v systéme voda / hornina, resp. príronom CO_2), v rôznom čase a stupni infiltračne, petrogénne, resp. biogénne degradované morské vody a vysoko mineralizované geotermálne vody, ktoré vznikli lokálnym zahusťovaním morskej vody, resp. rozpúšťaním halitu morskou vodou.
- Geotermálne vody s petrogénnou mineralizáciou (primárna voda je meteorická) s celkovou mineralizáciou do 5 g l^{-1} reprezentované meteorickými vodami s hlbším a hlbokým obehom. Podľa podmienok sú prevládajúcimi iónmi v týchto vodách Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- a SO_4^{2-} .
- Geotermálne vody zmiešanej genézy s komplikovaným chemickým zložením. Z chemického hľadiska prevažujú Na-HCO_3 , Na-Cl-HCO_3 , Na-Cl , Ca-Mg-HCO_3 , $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$, resp. $\text{Ca-Mg-SO}_4\text{-HCO}_3$ typy vôd s mineralizáciu $0,4 - 90,0 \text{ g l}^{-1}$.

Na našom území sa nachádzajú všetky známe typy **minerálnych vôd** okrem rádioaktívnych. [1]

- Najrozšírenejšie sú u nás minerálne vody studené, preplynené. Z preplyných vôd sú zas najpočetnejšie vody uhličitú, nazývané aj kyselky. Takýchto prameňov je na Slovensku 789. Najvyšší obsah oxidu uhličitého majú pramene v Korytnici. V Korytnici máme najchladnejšiu minerálnu vodu z prameňa Klement. Teplota tu dosahuje iba $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Nie menej významné a veľmi rozšírené sú sírne, zväčša sulfánové minerálne vody. Najvyšší obsah titrovateľnej síry má prameň v kúpeľoch Smrdáky – 680 mg l^{-1} . Je to okrem vulkanických oblastí jedna z najbohatších koncentrácií sulfánu nielen v Európe, ale aj vo svete. Celkový počet sírnych prameňov na Slovensku je 219.
- Podľa obsahu farmakologicky významných prvkov sú u nás najznámejšie vody železnaté. Železnaté vody má u nás 69 minerálnych prameňov, zväčša uhličitých. Najvyšší obsah železa (Fe) bol zistený v Horných Strhároch – až 210 mg l^{-1} . Najvýznamnejšie železnaté vody sú však v kúpeľoch Korytnica, v Bardejovských Kúpeľoch a v kúpeľoch Sliač. Jódové vody sú u nás veľmi vzácne. Nielenže prameňov týchto vôd je málo, iba 8 – Číž, Čáry, Gbely, Oravská Polhora (4 pramene), Smrdáky, ale aj výdatnosť týchto zdrojov je veľmi malá, zväčša okolo $0,20 \text{ l s}^{-1}$. Preto sa v posledných rokoch intenzívne hľadajú nové zdroje najmä slaných jódových vôd. Priaznivé náznaky sú najmä na Východoslovenskej nížine, ale v pomerne veľkých hĺbkach, a v Smrdákoch, kde možno počítať s niekoľkolitrovými využiteľnými množstvami za sekundu.
- Najväčší obsah rozpustených pevných látok, teda celkovú mineralizáciu majú minerálne vody v Oravskej Polhore, kde hodnota mineralizácie dosahuje až $45\,000 \text{ mg l}^{-1}$. V Cigeľke dosahuje celková mineralizácia $31\,500 \text{ mg l}^{-1}$, v Dolných Plachtinciach $24\,500 \text{ mg l}^{-1}$, v Michalovciach $21\,000 \text{ mg l}^{-1}$, v Podhájskej $19\,000 \text{ mg l}^{-1}$ a v Kuzmiciach $15\,000 \text{ mg l}^{-1}$.
- Podľa obsahu prevládajúcich iónov, vyjadrenom v percentách milivalov, poznáme na Slovensku 56 druhov vôd. Z nich najrozšírenejšie sú minerálne vody hydrogenuhličitanové, vápenato–horečnaté, podľa staršej klasifikácie zemité – 149 prameňov. Najznámejšie takéto vody sú v Baldovciach, Beluškých Slatinách, Čeríne, Hajnáčke, Lipovciach (Salvátor). Okrem týchto vôd sú veľmi rozšírené aj vody síranovo–hydrogenuhličitanové, vápenato–horečnaté, teda sadrové zemité, ktorých máme na Slovensku 71. Z nich známejšie sú na lokalitách Badín, Banská Bystrica, Korytnica, Kováčova, Kráľova Lehota, Kremnica. Z rýdzich typov sú najrozšírenejšie minerálne vody hydrohličitanové sodné, ktoré sme prv poznali pod názvom zásadité. Poznáme 47 prameňov, najmä v miestach Bardejovské Kúpele, Cigeľka, Kalinovo, Nimnica (kúpele). Z uvedených typov sú ako stolové vody s osviežujúcimi účinkami najvhodnejšie minerálne vody hydrogenuhličitanové, vápenaté alebo vápenato–horečnaté (zemité).

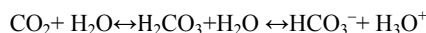
Detailnejší prehľad o chemickom zložení minerálnych a geotermálnych vôd v jednotlivých geologických štruktúrach Slovenska je detailnejšie opísaný v [4]

PROCESY OVPLYVŇUJÚCE ZLOŽENIE MINERÁLNYCH A GEOTERMÁLNYCH VÔD

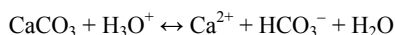
Na rozhraní medzi minerálnymi časticami a vodou prebiehajú zložité fyzikálno–chemické procesy, ktorých priebeh závisí od veľkosti častíc a špecifického povrchu. Geochemické procesy, ktoré určujú zloženie vôd sú predovšetkým: rozpúšťanie minerálov a plynov, kryštalizácia a zrážanie minerálov, hydrolýza rozpustných a pevných látok, adsorpcia, desorpcia, oxidačno – redukčné reakcie, iónová výmena a zmena v zložení vôd pri osmotickom prieniku ilových hornín. [2, 5]

- **Rozpúšťanie minerálov** je typické pri obohacovaní vody plynmi, ktoré zrážková alebo pôdna voda pohlcuje z okolia. Ich obsah v závisí od rozpustnosti daného plynu. Inertné plyny ako napr. dusík sa pri styku s vodou nemenia. Naopak, kyslík, oxid uhličitý alebo sulfán sú dobre rozpustné a po reakcii s vodou dodávajú vode schopnosť pôsobiť oxidačne, redukčne, prípadne pôsobiť na minerály hydrolyticky. Soli silných zásad a silných kyselín sa rozpúšťajú kongruentne (úplne) prostredníctvom disociácie na ich jednotlivé ióny, napr. halit (NaCl) na ióny Na^+ a Cl^- . Naopak, mnohé minerály, napríklad silikáty sa rozpúšťajú inkongruentne (neúplne) – časť uvoľnených väzbových katiónov (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} a i.) sa viaže na tuhej fáze za vzniku sekundárnych ilových minerálov, časť prechádza do vody spolu s časťou kyseliny kremičitej, prípadne aj s koloidmi hliníka a železa. Pomer katiónov vo vodnom roztoku je potom iný ako v rozpúšťajúcej sa tuhej fáze.

- **Hydrolyza** funguje na základe výmeny H_3O^+ iónov medzi pevnými a rozpustenými látkami. Oxid uhličitý sa vo vode rozpúšťa a vzniká molekula kyseliny uhličitej H_2CO_3 , ktorá disociuje a vznikajú veľmi reaktívne zlúčeniny:



Obidva ióny sú schopné reagovať s pevnými aj rozpustenými látkami. Ďalším príkladom je hydrolyza kalcitu:

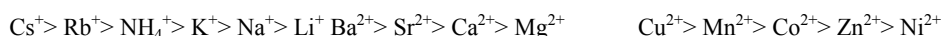


Hydrolyza závisí nie len od disociácie minerálov, ale aj od koncentrácie danej látky. Môže spôsobiť asociáciu iónov, minerálov a ich zrážanie. Napríklad hliník reaguje za vzniku hydroxylových komplexných iónov:

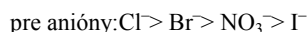
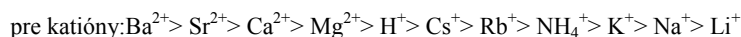


Pri všetkých hydrolytických reakciách katión H_3O^+ buď vzniká alebo sa spotrebuje, čo vplýva na pH vody.

- **Oxidačno – redukčné** reakcie patria medzi najvýznamnejšie procesy a ich podstatou je výmena elektrónov medzi rozpustnými pevnými, kvapalnými a plynými látkami. V prírodných vodách oxidačným činidlom nebýva vždy kyslík ale sú aj iné látky ako napr. trojmocný katión železa alebo dvojmocný katión manganu. Oxidácia sulfidov, najmä pyritu, ale aj iných sulfidických minerálov, má veľký environmentálny význam a zohráva kľúčovú úlohu pri formovaní kyslých banských vôd. Je zdrojom iónov železa a síranov v podzemnej vode a stopových prvkov vo vodnom, pôdnom a horninovom prostredí. Pyrit je najskôr oxidovaný atmosférickým kyslíkom za prítomnosti vody. V prírodných podmienkach väčšinou táto reakcia prebieha v dvoch krokoch. Iničiálnym krokom je oxidácia polysulfidu kyslíkom na síran. Pri polysulfidickej oxidácii sa uvoľní oveľa viac energie ako pri oxidácii železa, preto je oxidácia sulfidov často nekompletná a výsledný roztok je bohatý na Fe^{2+} a SO_4^{2-} . Táto reakcia je pomalšia a určuje rýchlosť celej oxidácie. Následne sa Fe^{2+} oxiduje kyslíkom na Fe^{3+} , ktoré sa môže v závislosti na pH vyzrážať ako FeOOH . Táto reakcia je relatívne rýchla pri neutrálnych hodnotách pH a k spomaleniu dochádza pri poklese hodnoty pH. Jej priebeh zrýchľuje baktéria *Thiobacillus Ferrooxidans*. Pri hodnote $\text{pH} > 3$ dochádza k vyzrážaniu $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Oranžové povlaky tvorené $\text{Fe}(\text{OH})_3$ je možné vidieť v povrchových tokoch drénujúcich banské vody. Tietopovlaky zohrávajú dôležitú úlohu pri adsorpcii mnohých kovov, napr. iónov Pb, Zn, Cu a As.
- **Adsorpcia a desorpcia** – vo väčšine prípadov ide o reverzibilný proces chemickej rovnováhy medzi vodou a povrchom minerálov. To znamená, že ak sa nejaký prvok dostane do prírodného roztoku, ihneď sa adsorbuje na povrchu častíc. Naopak, ak je prvok z vody odobraný, tak sa desorbuje z povrchu a jeho koncentrácia vo vode sa tým udržuje v rovnováhe (s ohľadom na dostupnú koncentráciu tohto prvku na povrchu častíc). Okrem iónov vápnika a sodíka sa však prvky väčšinou správajú ireverzibilne – adsorbujú sa na povrchu a chemickými väzbami sú pútané tak silne, že pri poklese ich koncentrácie v roztoku nemôže prísť k desorpcii. Desorpcia nastane až pri energetickej zmene v systéme, napr. pri zmene teploty, tlaku alebo pri priebehu chemickej reakcie. Sorpčná kapacita minerálov závisí od ich kryštálovej štruktúry, preto má každý minerál inú sorpčnú kapacitu. Ani schopnosť iónov adsorbovať sa nie je rovnaká, napr. klesá v rade:



- **Iónovou výmenou** je možné dosiahnuť ireverzibilnú adsorpciu. Funguje na základe výmeny iónov, ktoré majú odlišnú schopnosť viazať sa na povrch minerálov. Ióny, ktoré majú väčšiu sorpčnú schopnosť majú aj vyššiu tendenciu vytesniť ióny s menšou schopnosťou sorpcie. Pre vodné roztoky platí nasledujúca väzbová schopnosť:



Ióny, ktorú sa nachádzajú na ľavej strane majú vyššiu tendenciu vytesniť z povrchu ióny ktoré sa nachádzajú vpravo. Iónovú výmenu rovnováha v prírodných podmienkach obvykle nastane veľmi rýchlo, závisí predovšetkým od koncentrácie jednotlivých iónov v roztoku a veľkosti povrchu častíc.

- **Membránovou filtráciou** vznikajú vo všeobecnosti soľanky s dominanciou Cl^- a Ca^{2+} iónov. Obsahujú viacnásobné množstvo solí ako napríklad morská voda, vysokú koncentráciu solí nevysvetľuje ani jej extrémne odparovanie. Vznikajú tak, že fosílna morská voda uzavretá nepriepustnými ílmi v póroch piesčitých sedimentov pomaly uniká medzerami v štruktúre ílových minerálov. Vďaka tlaku sa ióny a rozpustené molekuly osmoticky oddeľujú. Malé katióny (napr. K^+), alebo neutrálne molekuly (H_2O) dokážu prenikať úzkymi záporne nabitými medzerami, zatiaľ čo

anióny Cl^- sa koncentrujú v pórovej vode. Podobne ako Cl^- , aj veľké kationy (napr. Ca^{2+}) sa koncentrujú vo vode, ich veľkosť im neumožňuje prienik cez medzery.

Keď hovoríme o procesoch tvorby chemického zloženia podzemných vôd, musíme pripomenúť, že ide o komplexné geochemické procesy. Všetky vyššie vymenované procesy pôsobia súčasne, výsledkom je zmena nielen v zložení vôd ale aj okolitých hornín. Vďaka pohybu vody je zabezpečené kontinuita procesov a prípadné rovnovážne a nerovnovážne stavy medzi horninovým prostredím a vodou.

NAKLADANIE S MINERÁLNymi A GEOTERMÁLNymi VODAMI

Vlastné využívanie geotermálnych vôd, či už ako zdroja tepelnej energie, vody pre termálne kúpaliská, pre chov rýb je v mnohých prípadoch spojené s problémami. Sú to najmä inkrustácia, korózia, tvorba neestetických zákalov v termálnych bazénoch a v neposlednej rade i častokrát problémy so zneškodňovaním v súlade so zákonmi, normami a nariadeniami vlády pre ochranu zdrojov podzemných a povrchových vôd. Odstránenie, alebo zníženie týchto nepriaznivých vplyvov si vyžadujú odborný prístup a aplikáciu technológií, ktoré znižuje rentabilitu využívania geotermálnych vôd. Ťažba a využitie minerálnych a geotermálnych zdrojov závisia hlavne od: *teploty* (teplota meraná na hlave pri čerpaní z vrtov s negatívnou hladinou), *pH* (merané na hlave vrtu pri ustálenom čerpaní pri daných podmienkach), *Ca (1)* (rozdiel medzi voľným a rovnovážnym Ca^{2+} pri ustálenom čerpaní pri daných podmienkach). V tomto prípade je voda odplynená a tlak nezodpovedá tlaku nasýtených plynov), *Ca (2)* (rozdiel medzi voľným a rovnovážnym Ca^{2+} pri teplote ako je na hlave vrtu, voda je odplynená až keď dosiahne hodnotu $pH = 8$), *Ca (3)* (rozdiel medzi voľným a rovnovážnym Ca^{2+} pri teplote vody $20\text{ }^\circ\text{C}$ a koncentrácii CO_2 , ktorá zodpovedá hodnote pH v kolónke), *Ca (4)* (rozdiel medzi voľným a rovnovážnym Ca^{2+} pri teplote vody $20\text{ }^\circ\text{C}$ a vody odplynenej na hodnotu $pH = 8$). V prípade, že rozdiel medzi voľnými a rovnovážnymi kationmi okolo 3 mg l^{-1} , tak hovoríme o neinkrustujúcej vode, ktorá nespôsobuje koróziu. Ak táto hodnota je menšia ako 3, tak má korozívne vlastnosti. V prípade ak hodnota je väčšia ako 3 tak má inkruštné vlastnosti), *Cl* (prítomnosť chloridových iónov charakterizuje pravdepodobnosť výskytu chloridovej korózie), *SO₄²⁻* (prítomnosť síranových iónov charakterizuje pravdepodobnosť výskytu síranovej korózie), *H₂S* (prítomnosť sulfánu - sumy S^{2-} , HS^- , H_2S charakterizuje pravdepodobnosť výskytu sulfárovej korózie) a *Fe* (koncentrácia všetkých iónov železa prítomných vo vode). Tieto parametre majú veľmi dôležitú úlohu aj pri využívaní termálnych vôd na rekreačné účely. *Ca (2)* a *Ca (4)* je významné pri udržaní pH vo vode, ktoré môže vystúpiť aj na hodnotu 8,3. [3] Významná je potom tvorba vápenatých inkrustov. Celkovú koncentráciu železa ovplyvňuje vzdušný kyslík, ktorého prítomnosťou môže nastať vylúčenie $Fe(OH)_3 \cdot 2H_2O$ alebo tvorba zákalu, väčšinou hnedého zafarbenia. Takúto vodu je nutné fyzikálne alebo chemicky upraviť.

Z hľadiska potreby úpravy geotermálnych vôd hodnotíme ich ako:

- nevyžadujúce žiadnu úpravu,
- vyžadujúce malú úpravu (tlakové využívanie),
- vyžadujúce strednú úpravu (odplynenie, oxidáciu H_2S aeráciou, zmiešanie s vhodnou vodou, tlakové využívanie),
- vyžadujúce veľkú úpravu (dávkovanie inhibítorov, alebo dávkovanie iných chemických činidiel),
- vyžadujúce veľmi veľkú úpravu, ohrozujúcu rentabilitu využívania pre veľké náklady (vybudovanie reinjektážneho vrtu, odstraňovanie nadmerného obsahu rozpustných látok, H_2S , CO_2 , NH_4^+ , Na^+ , Fe_{celk} , Cl^- , SO_4^{2-} a i.)



Obrázok 2: Uhličitanové inkrusty vo vrte, železité zrazeniny na výtoku podzemnej vody do recipientu a železité okre vyzrážané z kyselých vôd po zvýšení ich pH v recipiente

Medzi aplikovateľné spôsoby úpravy geotermálnych vôd pred, alebo po využití radíme napríklad odplynenie, oxidáciu aeráciou, využívanie bez odplynenia pre zamedzenie uhličitanovej inkruštnácie, oxidácia H_2S bez odplynenia pre zamedzenie uhličitanovej inkruštnácie, zmiešanie s vhodnou vodou pre elimináciu uhličitanovej inkruštnácie, filtrácia, sedimentácia, úprava pH , dezinfekcia, zmäkčovanie, čírenie, demineralizácia, aplikácia inhibítorov inkruštnácie a korózie, katodická ochrana, elektromagnetická a magnetická úprava a pod. Medzi najpoužívanejšie technologické opatrenia patria: [3]

- **dávkovanie inhibítora:** proces ktorý spomalí, prípadne preruší inkruštnáciu a koróziu ťažobného vrtu. Ide o najčastejšie používané opatrenie, ktoré je cenovo prístupné, technologicky zvládnuteľné a má protikorozívne účinky.

- **manipulácia tlakom:** geotermálna voda je udržiavaná v systéme pod takým tlakom, aby vo vode ostalo určité množstvo rozpusteného CO_2 , ktoré v roztoku zabezpečuje zotrvačnosť prítomných iónov vápnika. Prípadne sa udržiava pri tlaku blízkom bodu evázie plynov tak, aby sa nenastalo dvojfázové prúdenie zmesi plynov a kvapalín vo výmenníkoch tepla a v potrubných systémoch.
- **zriadenie rýchlokryštalizátora:** v zariadení rýchlokryštalizátora sa vďaka prudkej zmene rýchlosti, tlaku a smeru prúdenia vody zachytáva väčšie množstvo minerálov, ktoré majú schopnosť tvoriť inkrusty.
- **predradenie zariadenia na magnetickú úpravu vody:** v kombinácii s niektorým z predchádzajúcich opatrení.

Využívanie geotermálnych vôd je vo väčšine prípadov spojené s produkciou znečistenia. Medzi faktory znečistenia patrí vysoká mineralizácia, vysoká koncentrácia niektorých iónov, vysoký obsah plynov a iné. Geotermálne vody majú rôzne zloženie, čo rozhoduje, akou metódou budú zneškodnené. Likvidácia použitých geotermálnych odpadových vôd musí byť účinná, málo nákladná a nesmie mať negatívny vplyv na životné prostredie. Po ochladení sa odpadové geotermálne vody dajú odstrániť nasledujúcimi spôsobmi: [6]

- **riedenie a opätovné vypúšťanie do recipientu, prípadne infiltrácia do pôdy:** jedná sa o najlacnejší a najjednoduchší spôsob likvidácie termálnej vody, pri ktorom dochádza k znečisteniu recipientu pôsobením zostatkového tepla a množstvom nerozpustných solí. Maximálny obsah nerozpustných solí v recipiente nesmie presiahnuť 1000 mg l^{-1} . Ak vody v prípade riadenia nedosiahnu požadované zloženie, tak treba zaistiť iný zdroj vody. Pri infiltrácii do pôdy sa musí brať ohľad na to, aby sa po riadení nezmenila kvalita podzemných vôd (aby sa neohrozil rezervoár pitnej vody).
- **riedenie a použitie na závlahy:** geotermálna odpadová voda musí mať vhodné fyzikálne vlastnosti, nesmie obsahovať toxické látky a väčšie množstvo rozpustných solí ako je predpísané. Závlahové vody majú v závislosti od ročných období rôzne teploty napr. v prechodnom období $10 - 15 \text{ }^\circ\text{C}$. Závlahové vody s maximálnou mineralizáciou do 500 mg l^{-1} nevykazujú negatívne vplyvy na rastliny ani na pôdu. Pri mineralizácii $500 - 1000 \text{ mg l}^{-1}$ sa v pôde môžu prejavíť fenomény spojené so zvýšeným obsahom solí (salinizácia). Vysoko mineralizované geotermálne vody sú pre závlahy nevhodné, najprv treba upraviť ich chemické zloženie.
- **odstránenie priemyselným využitím:** hlavným cieľom je z minerálnych a geotermálnych odpadových vôd získavanie niektorých minerálnych látok, ako sú napr. chlorid draselný, jód, bróm, chlorid vápenatý.
- **odstránenie vpúšťaním do kanalizácie:** do kanalizácie je možné vypustiť geotermálnu vodu po vhodných úpravách, napr. po prevzdušňovaní, prefiltrovaní, úprave pH a vhodnom riedení, ktoré sa musí experimentálne stanoviť pre každý typ geotermálnych vôd. V čistiarňach odpadových vôd voda získa vhodné biologické oživenie, vďaka čomu nastane pokles obsahu kyselika a rozpustných solí. Potom ju je možné vypustiť aj do menej vhodných recipientov.
- **odstránenie reinjektážou:** tento spôsob sa používa pri geotermálnych vodách, ktoré obsahujú vysoký obsah rozpustných solí a predošlé spôsoby nie je možné použiť. Pri odstránení touto metódou sa geotermálna voda z vrtu čerpá pomocou ponorného čerpadla, postupuje do výmenníkov tepla a cez filtračné potrubie do reinjektážneho čerpadla. Reinjektážne čerpadlo pôsobením vysokého tlaku vytlačí geotermálnu vodu naspäť do pôvodných zvodníc. Exploatačné a reinjektážne vrty sú vrtané z jednej plošiny ale navzájom sú odklonené. Musia byť umiestnené minimálne $1000 - 1500 \text{ m}$ od seba s cieľom zabezpečenia konštantnej teploty na obdobie 25 až 30 rokov. Výhodou dvojice vrtov, že geotermálna voda sa dostane naspäť do rezervoáru a neznečisťuje životné prostredie. Nevýhodou je komplikovaná stavba vrtov a vysoké náklady.

Pri slabo mineralizovaných vodách je najjednoduchším spôsobom ich likvidácie vypúšťanie do recipientu. Informácie o zneškodňovacej a nariadení kapacite povrchových a podzemných vôd sú uvedené v mapách o odstránení použitých geotermálnych vôd. Pri povrchových tokoch sa ich zneškodňovacia kapacita dá vypočítať pomocou pomeru teoretickej hodnoty a existujúceho zaťaženia príslušných povrchových tokov.

MATERIÁL A METÓDY

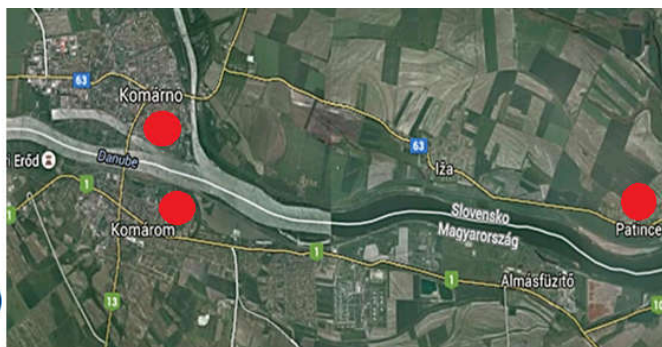
Odber vzoriek mineralizovanej geotermálnej vody z vrtu a ak sa dalo, aj po ich nariadení v recipiente z nižšie uvedených odberových miest sa realizoval počas piatich mesiacov v intervale jeden mesiac.

- **Komárno(SK)** – z geotermálneho vrtu M2 a M3. Termálne kúpalisko je vybudované na $2,5 \text{ ha}$ pozemku. Voda sa využíva pri kĺbových, reumatických a ženských chorobách a hlavne na rekreačné účely. Geotermálny zdroj bol objavený v roku 1971, keď gbelskí vrtači v hĺbke 1046 m objavili horúci prameň s teplotou $42 \text{ }^\circ\text{C}$ a výdatnosťou 61 s^{-1} (Vrt M2). Výdatnosť vrtu je v súčasnosti je $18 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ termálnej vody a $22 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ geotermálneho plynu. Voda vo vrte M2 sa považuje za slabo mineralizovanú, prírodnú, hydrogenuhlíčitavú, sodnú a termálnu. Pri vrte sú umiestnené dve kogeneračné jednotky, ktoré využívajú geotermálny plyn. Jeho zloženie je $71,56 \%$ metán (CH_4), $0,01 \%$ etán (C_2H_6), $13,80 \%$ dusík (N_2) a $14,63 \%$ oxid uhličitý (CO_2). Ďalší vrt s hĺbkou 1184 m bol realizovaný v roku 1975 – 1976 s teplotou vody $52 \text{ }^\circ\text{C}$ a výdatnosťou 300 l min^{-1} (Vrt M3). Voda vo vrte M3 sa považuje za prírodnú, horúcu a slabo mineralizovanú. Ďalej hypotonickú a síranovo–chloridovo–hydrogenuhlíčitavú, vápenato–sodnú. Obidva vrty sa nachádzajú na pozemku termálneho kúpaliska a tam sa aj využívajú. Recipientom je mestská kanalizácia. [7, 8]
- **Komárom(HU)** – z geotermálneho vrtu a z Dunaja pod výstupom 317 m dlhej podzemnej rúry slúžiacej na vypúšťanie použitej geotermálnej vody. Termálne kúpalisko využíva vrt navŕtaný v roku 1965 s teplotou vody $62 \text{ }^\circ\text{C}$ v roku 1967 získala certifikát liečivej vody a v tomto období ju zaviedli aj na mestské kúpalisko. Termálna voda obsahuje najmä hydrogenuhlíčan vápenatý, horečnatý, chloridy a sulfidy. [9]

- Patince** – z geotermálneho vrtu a z prítľahého jazera, kde sa vypúšťa nepoužitá termálna voda. Rekreačné centrum sa nachádza na ploche 30 ha a vrt sa nachádza v rekreačnom centre cca 1 km od obce. Bol navŕtaný v roku 1953, vytvára jazero s rozmermi $20 \times 30 \times 2$ m. Na zlepšenie hydrotechnických parametrov bol v blízkosti jazierka navŕtaný druhý, tzv. párový vrt, ktorý je 160 m hlboký, avšak zabudovaný je iba do hĺbky 146 metrov. Medzi charakteristické vlastnosti tohto zdroja patrí, že termálna voda nevysycha a ani nezamŕza. Teplota vody je 27°C s výdatnosťou 30 l s^{-1} . Charakterizuje sa ako prírodná, vlažná, prostá voda, hydrogenuhlíčitánová, vápenato-horečnatá voda hypotonická. Tretí vrt, ktorý sa nachádza neďaleko od jazierka bol navŕtaný v roku 1982, je hlboký 170 m, geotermálna voda z vrtu vyteká vlastným pretlakom a teplota vody je tiež okolo 27°C . Geotermálna voda sa využíva len pre potrebu kúpaliska. [10]



Odberové miesto Komárom - vrt, Dunaj (1,2)
Odberové miesto Komárno - vrt M2, vrt M3 (3,4)
Odberové miesto Patince - vrt, jazero (5,6)



Obrázok 3: Odberové miesta odberu vzoriek geotermálnych vôd

Vzorky sa odoberali do plastových fľaš s objemom 1,5 l. Fľaše boli uzatvorené tak, aby nedošlo ku kontaktu s vzdušným kyslíkom, uložené na tmavom, chladnom mieste a čo najskôr transportované do laboratória. V laboratóriu na do 24 h stanovil obsah amónnych kationov spektrofotometricky po reakcii s Nesslerovým činidlom, dusičnanov spektrofotometricky po reakcii so salycilánom sodným v prostredí kyseliny sírovej, dusitanov spektrofotometricky po diazotačnej reakcii s α -naftylamínom a kyselinou sulfanilovou v kyslom prostredí, fosforečnanov spektrofotometricky ako molybdénovú modrú, železitých iónov spektrofotometricky po reakcii stíkyanidom draselným v kyslom prostredí, mangánatých iónov spektrofotometricky po reakcii s formaldoxímom, kyselinovú neutralizačnú kapacitu (celkovú alkalitu, $\text{KNK}_{4,5}$) acidimetrickou titráciou a zásadovú neutralizačnú kapacitu (celkovú aciditu, $\text{ZNK}_{8,3}$) alkalimetrickou titráciou. Do 48 h sa potom stanovil obsah chloridov argentometrickou titráciou, tvrdosti vody, obsahu vápenatých a horečnatých kationov chelatometrickou titráciou. Priamo v teréne sa ihneď pri odbere vzoriek stanovili organoleptické (farba, zákal, pach) a fyzikálno-chemické ukazovatele (teplota vody a ovzdušia ortuťovým teplomerom, pH a vodivosti terénnym multimetrom HANNA HI 98 130). Použité metódy a postupy sú uvedené v [11, 12, 13].

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Farba vody závisí predovšetkým od vlnovej dĺžky neabsorbovaného žiarenia vo viditeľnej oblasti (400 – 760 nm). Čistá voda svetlo neabsorbuje, výnimkou je prechod medzi infračerveným a červeným žiarením – preto v tenkých vrstvách vodu vnímame ako bezfarebnú a vo väčších vrstvách ako svetlomodrú. Farbu vody väčšinou ovplyvňuje obsah huminových látok za vzniku žltého až žltéhozafarbenia vody. Ďalej môžu mať vplyv rozpustné alebo nerozpustné látky. Treba vedieť rozlišovať zdanlivú farbu vody, ktorá je spôsobená rozpustenými a aj s nerozpustenými látkami a skutočnú farbu vody, ktorá je spôsobená iba rozpustnými látkami. Napríklad, eutrofizované vody vo väčšine prípadov majú zelenomodré až zelené zafarbenie, čo je spôsobené prítomnosťou rias a siníc. Vhodnými metódami, napr. filtráciou je možné ich odstránenie. Medzi ďalšie zdroje, ktoré môžu mať vplyv na farbu vody patrí textilný priemysel, výroba farieb alebo farbiamer. Farba vody sa určuje vizuálne a slovným opisom. V prítomnosti huminových látok sa farba stanovuje pomocou štandardov (výsledná hodnota je v mg l^{-1}). Skutočná farba sa stanovuje spektrofotometricky. [5, 14]

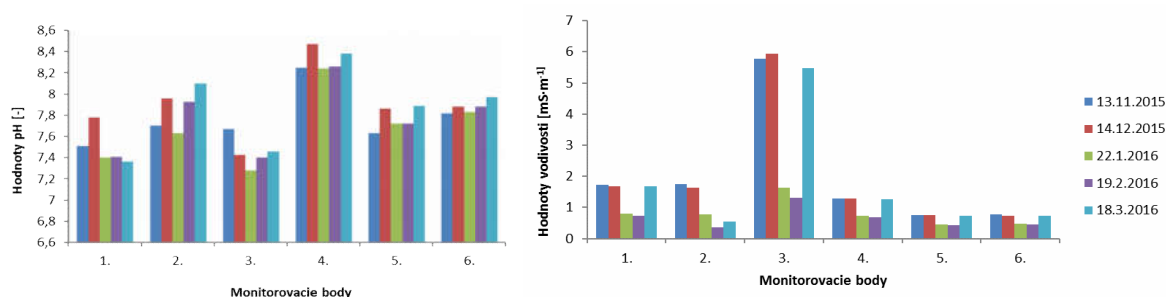
Zákal vodyspôsobujú nerozpustné anorganické a organické látky. Patrí medzi senzoricke vlastnosti a často závisí od pH a oxidačno-redukčného potenciálu vôd. Naše vzorky väčšinou boli bezfarebné, iba vzorky z odberových miest Komárom – Dunaj a Patince – jazero mali jemný odtieň zelenej farby pravdepodobne prítomnosťou siníc a rias. Ostatné vzorky boli bezfarebné ale v mnohých prípadoch zakalené.

Pach vody patrí medzi senzoricke vlastnosti vody a stanovuje sa orientačne pri 20°C a 60°C . Označuje sa pomocou slovného opisu ako je napr. zemitý, rašelinový, fenolový plesnivý, chlórový alebo podľa prítomnosti jednotlivých chemických látok. Prahová koncentrácia je koncentrácia rozpustenej látky, ktorá vyvolá pach. Po porovnaní so štandardmi sa udáva sa v mg l^{-1} . Zdroje pachu môžu byť primárne alebo sekundárne. Medzi primárne zdroje patria látky, ktoré sa nachádzajú prirodzene vo vode ako sulfán alebo látky biogénneho pôvodu. Medzi sekundárne zdroje patrí napr. dezinfekcia vody (chlórovanie). Ak voda je znečistená organickými látkami ako sú ropné látky, v tom prípade pach vody je intenzívny a prejavuje sa hlavne pri ohrievaní. [5, 14] Pach vykazovali len vzorky odberané v Patinciach. Nepoužitá geotermálna voda z vrtu sa vypúšťa do jazierka, preto nielen vrt ale aj jazero silne zápachalo po skazených vajciach, čo je spôsobené prítomnosťou sulfánu. V Komárome a v Komárne odberané vzorky z vrtu M2, M3 nemali žiadny zápach ale v celom areáli

sa dalo cítiť, že na dezinfekciu vody používajú zlúčeniny chlóru, čo sa mohlo odraziť v kvalite odpadovej vody vypúšťanej do kanalizácie, respektíve do Dunaja.

Teplota vody je ukazovateľom kvality vôd, ovplyvňuje jej chemickú a biologickú aktivitu. Teplota vody má výraznú úlohu pri posudzovaní agresivity vody, uhličitanových rovnováh, rozpustnosti plynov a látok, stanovení BSK a samočistiacej schopnosti (napr. pri 0 °C biochemické procesy prebiehajú veľmi pomaly). Teplota podzemných vôd sa zvyšuje s hĺbkou. Konštantnú teplotu majú jedine podzemné vody, ktoré majú hlbšie obehy, ich teplota nezávisí ani od ročných období. Priemerná teplota týchto vôd je okolo 10 °C. Pre podzemné vody, ktoré majú plytký obeh je naopak charakteristické kolísanie teploty podľa ročných období. Kolísanie teploty má dôležitý vplyv na kyslíkový režim a pri samočistiacich procesoch. [5, 14] Zistené teploty vzoriek vody vo vrtoch ako aj v recipientoch sú viac-menej stále s predpokladanými najnižšími hodnotami v januári. Vzorky vody v odberovom mieste 1 – Komárom vrt dosahovali teploty od 23,1 do 29,8 °C, 2 – Komárom Dunaj od 9,3 do 13,0 °C, 3 – Komárno vrt M2 od 37,7 do 41,1 °C, 4 – Komárno vrt M3 od 27,2 do 29,1 °C, 5 – Patince vrt od 20,7 do 23,1 °C a 6 – Patince jazero od 14,3 do 22,5 °C.

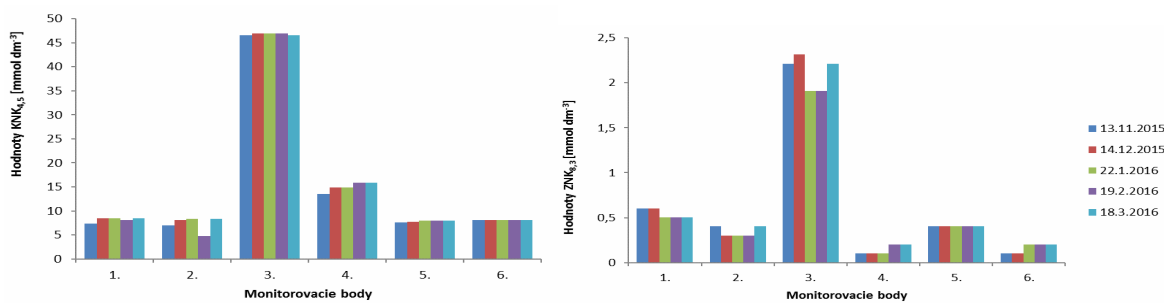
Teplota ovzdušia sa menila nielen pri každom odbere ale aj počas vzorkovacieho dňa. Najvyššia teplota 16 °C bola zaznamenaná dňa 13.11.2015 a 18.03.2016 v Komárome, a najnižšia teplota -11 °C bola nameraná dňa 22.01.2016 v Komárne.



Obrázok 4: Reakcia vody (pH) a vodivosť

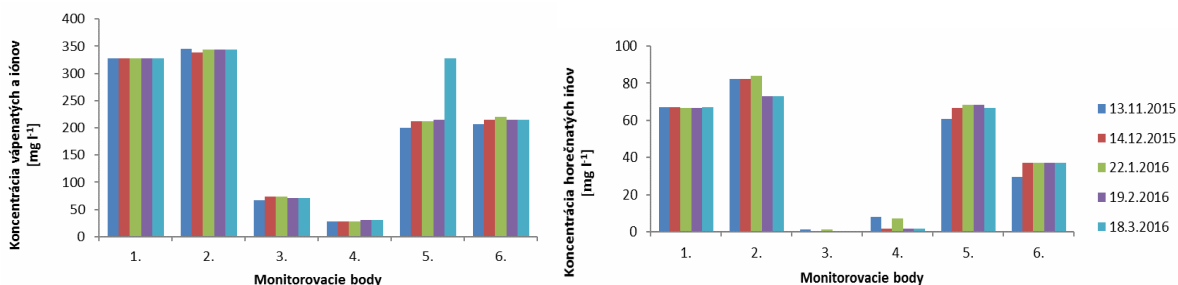
Stanovenie **pH** slúži na zistenie kyslosti alebo zásaditosti vôd. Rozoznávame vody veľmi silne kyslé s pH < 2, vody silne kyslé s pH 2 – 4, vody kyslé s pH 4 – 6, vody slabokyslé s pH 6 – 6,9, vody neutrálne s pH = 7, vody slabobázické s pH 7,1 – 7,5, vody bazické s pH 7,5 – 8, vody silne bazické s pH 8 – 9 a vody veľmi silne bazické s pH > 9. Podobne ako teplota vody má vplyv na chemické a biochemické procesy. Používa sa pri hodnotení agresivity vôd, úpravách vody a pri biologickom čistení odpadových vôd. Pre vodné organizmy príliš kyslá / zásaditá voda môže byť toxická. Pre podzemné vody sú charakteristické hodnoty pH v rozmedzí 6,5 – 7,5. [5, 14] Nami sledované vzorky spadajú do oblasti bazických vôd. Najvyššie pH vykazujú vzorky z odberového miesta 4 s pH 8,24 – 8,26, čo je dolná hranica silne bazických vôd. Vzorky 2, 5 a 6 patria medzi vody bazické (s pH 7,70 – 8,10; 7,63 – 7,89 a 7,83 – 7,97) a v monitorovacích bodoch 1 a 3 vody slabobázické (s pH 7,36 – 7,78; 7,28 – 7,67). Najvyššia hodnota pH 8,89 bola nameraná dňa 18.03.2016 v monitorovacom bode 4, kým najnižšia hodnota pH 7,28 bola nameraná dňa 22.01.2016 v monitorovacom bode 3.

Vodivosť slúži na orientačné posúdenie celkovej mineralizácie vody, pri hydrologickom mapovaní a čerpacích skúškach. Orientačne preto, lebo postihuje len látky vyskytujúce sa v iónových formách. Je nepriamym ukazovateľom, hovorí o množstve elektrolytov na 1 m², ktoré sú prítomné vo vode a vzdialené 1 m. Konduktometer musí byť kalibrovaný roztokom KCl s koncentráciou 0,1 mol dm⁻³ (pri teplote 25 °C vykazuje konduktivitu 141 mS m⁻¹). Meria sa pri teplote 25 °C a výsledok sa udáva v S m⁻¹ alebo mS m⁻¹. Elektrolytická vodivosť podzemných vôd je obvykle v rozmedzí 5 – 50 mS m⁻¹. Závisí predovšetkým od množstva koncentrácie iónov, ich charakteru, teploty a viskozity vody. Rozoznávame vody s nízkou elektrolytickou vodivosťou 0 – 35 mS m⁻¹, vody so strednou elektrolytickou vodivosťou 35 – 75 mS m⁻¹, vody s vysokou elektrolytickou vodivosťou 75 – 100 mS m⁻¹ a vody s veľmi vysokou elektrolytickou vodivosťou 100 – 150 mS m⁻¹. [5, 14] Vzorky vody v odberovom mieste 1 – Komárom vrt dosahovali vodivosť od 0,73 do 1,72 mS m⁻¹, 2 – Komárom Dunaj od 0,35 do 1,75 mS m⁻¹, 3 – Komárno vrt M2 od 1,30 do 5,93 mS m⁻¹, 4 – Komárno vrt M3 od 0,73 do 1,29 mS m⁻¹, 5 – Patince vrt od 0,44 do 0,76 mS m⁻¹ a 6 – Patince jazero od 0,45 do 0,77 mS m⁻¹. Najvyššia hodnota 5,93 mS m⁻¹ bola nameraná dňa 18.03.2016 v monitorovacom bode 3, ide o vodu so strednou elektrolytickou vodivosťou. Najnižšia hodnota vodivosti 0,35 mS m⁻¹ bola nameraná dňa 19.02.2016 v monitorovacom bode 2, čiže ide o vodu s nízkou elektrickou vodivosťou.



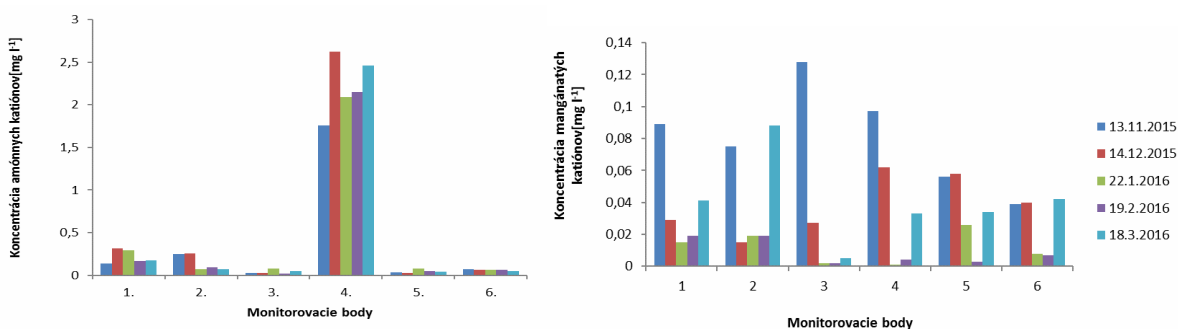
Obrázok 5: Neutralizačná kapacita uhlíčanového systému

Neutralizačná kapacita je schopnosť vody viazať hydroxidové alebo oxóniové ióny. Táto schopnosť je významnou vlastnosťou všetkých vôd a je spôsobená rôznymi protolytickými systémami. V prírodných vodách väčšinou prevažuje uhlíčanový systém, ale v niektorých odpadových vodách môžu dominovať aj iné protolytické systémy. Neutralizačnou kapacitou sa rozumie látkové množstvo silnej jednosýtnej kyseliny alebo silnej jednosýtnej zásady v mmol, ktoré spotrebuje 1 liter vody na dosiahnutie určitej hodnoty pH. Preto sa rozdeľuje na kyselinovú kapacitu (KNK) a zásadovú kapacitu (ZNK). Pri chemickej analýze prírodných a úžitkových vôd väčšinou sa pracuje s hodnotami pH bodu ekvivalencie 8,3 a 4,5, ktoré zodpovedajú priemernej koncentrácii CO₂. Pri rozbere prírodných vôd je hodnota KNK_{4,5} jeden zo základných údajov. Čo sa týka ostatných neutralizačných kapacít, tak nepriamo je obmedzená hodnota ZNK_{8,3} tam, kde je limitovaná koncentrácia voľného CO₂ napr. pri chove rýb. [14] Vzorky vody vykazovali KNK_{4,5} v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 7,37 do 8,52 mmol dm⁻³, 2 – Komárom Dunaj od 4,79 do 8,33 mmol dm⁻³, 3 – Komárno vrt M2 od 46,51 do 46,99 mmol dm⁻³, 4 – Komárno vrt M3 od 13,50 do 15,89 mmol dm⁻³, 5 – Patince vrt od 7,66 do 7,94 mmol dm⁻³ a 6 – Patince jazero od 8,04 do 8,04 mmol dm⁻³. Vzorky vody vykazovali ZNK_{8,3} v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 0,50 do 0,60 mmol dm⁻³, 2 – Komárom Dunaj od 0,30 do 0,40 mmol dm⁻³, 3 – Komárno vrt M2 od 1,91 do 2,21 mmol dm⁻³, 4 – Komárno vrt M3 od 0,10 do 0,20 mmol dm⁻³, 5 – Patince vrt od 0,40 do 0,40 mmol dm⁻³ a 6 – Patince jazero od 0,10 do 0,204 mmol dm⁻³. Najnižšia hodnota KNK_{4,5} bola 4,79 mmol dm⁻³ bola nameraná dňa 19.02.2016 v monitorovacom bode 2. Najvyššia hodnota KNK_{4,5} bola 46,9887 mmol dm⁻³ nameraná dňa 14.12.2015, 22.01.2016, 19.02.2016 v monitorovacom bode 3. Najnižšia hodnota ZNK_{8,3} bola 0,10 mmol dm⁻³ bola nameraná dňa 13.11.2015 a 14.12.2015 v monitorovacom bode 4. a 6. Najvyššia hodnota ZNK_{8,3} bola 2,31 mmol dm⁻³ nameraná dňa 14.12.2015 v monitorovacom bode 3.



Obrázok 6: Obsah vápenatých a horečnatých kationov

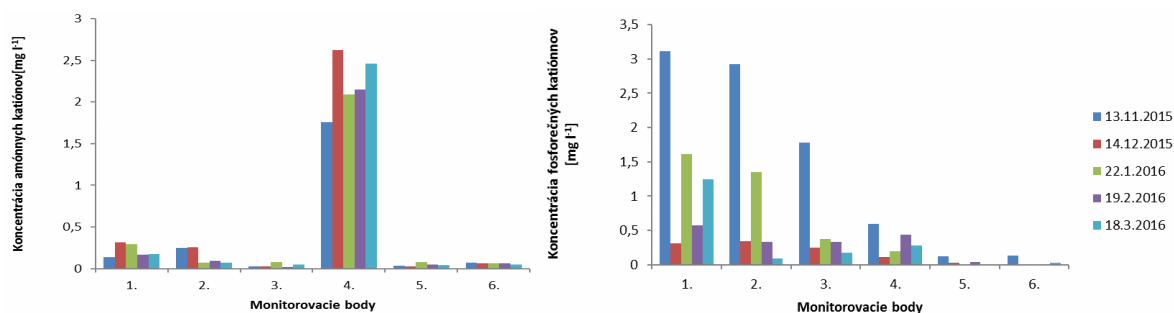
Zlúčeniny vápnika a horčíka sú v prírode veľmi rozšírené. V prírodných vodách sa väčšinou vyskytujú vo forme jednoduchých iónov Ca²⁺ a Mg²⁺. Horčík je vo vodách obvykle menej zastúpený ako vápnik. Do vôd sa dostávajú rozkladom vápenatých a horečnatých hliníkokremičitanov, vápencov, magnezitu alebo sádrovca. Antropogénnym zdrojom vápenatých a horečnatých iónov môžu byť odpadové vody, v ktorých sa neutralizujú prítomné kyseliny. Ďalším zdrojom je proces stabilizácie málo mineralizovaných vôd pridávaním CaO a CO₂. Z hygienického hľadiska sú menej významné. Chuťovo sú najlepšie sú tie, ktoré obsahujú vápenaté kationy a hydrogenuhlíčitany. Vody s vysokou koncentráciou zlúčenín vápnika a horčíka nie sú vhodné na prípravu potravín a nápojov. Vody s mimoriadne vysokou koncentráciou horečnatých kationov a síranov majú laxatívne účinky. [14] Vzorky vody obsahovali vápenaté ióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 327,88 do 327,88 mg l⁻¹, 2 – Komárom Dunaj od 337,73 do 345,50 mg l⁻¹, 3 – Komárno vrt M2 od 66,54 do 74,54 mg l⁻¹, 4 – Komárno vrt M3 od 28,17 do 30,70 mg l⁻¹, 5 – Patince vrt od 200,14 do 327,82 mg l⁻¹ a 6 – Patince jazero od 207,24 do 214,92 mg l⁻¹. Najnižšia koncentrácia vápenatých kationov bola 28,17 mg l⁻¹ bola nameraná dňa 13.11.2015, 14.12.2015 a 22.1.2016 v monitorovacom bode 4. Najvyššia koncentrácia vápenatých kationov bola 345,49 mg l⁻¹ nameraná dňa 13.11.2015 tiež v monitorovacom bode 2. Vzorky vody obsahovali horečnaté ióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 66,78 do 67,01 mg l⁻¹, 2 – Komárom Dunaj od 72,99 do 83,86 mg l⁻¹, 3 – Komárno vrt M2 od 0,09 do 1,24 mg l⁻¹, 4 – Komárno vrt M3 od 1,55 do 7,77 mg l⁻¹, 5 – Patince vrt od 60,92 do 68,33 mg l⁻¹ a 6 – Patince jazero od 29,58 do 37,27 mg l⁻¹. Najnižšia koncentrácia horečnatých kationov bola 0,09 mg l⁻¹, ktorá bola nameraná dňa 14.12.2015 a 18.03.2016 v monitorovacom bode 3. Najvyššia koncentrácia horečnatých iónov bola 83,86 mg l⁻¹ nameraná dňa 22.01.2016 v monitorovacom bode 2.



Obrázok 7: Obsah železnatých a mangánatých katiónov

V malých koncentráciách sú železo a mangán bežnou zložkou vôd. Podobne ako fosfor, aj tieto zlúčeniny v stojatých vodách stratifikujú. V podzemných vodách neobsahujúcich kyslík sa **železo** vyskytuje v oxidačnom stupni II, v prostredí obsahujúcom kyslík v oxidačnom stupni III. Z týchto vôd sa vylučuje ako zrazenina hydratovaného oxidu železitého. Železité zlúčeniny spôsobujú škody predovšetkým tým, že pri styku zafarbiajú materiál na žlté až hnedé. Zlúčeniny železa narušajú niektoré technologické procesy, preto v priemysle nie sú vítané. Z hygienického hľadiska negatívne ovplyvňujú organoleptické vlastnosti vody – zákal, chuť a farbu. Môžu spôsobiť rozvoj železitých baktérií, ktoré upchávajú potrubia. Dôležitú rolu má aj pri chove rýb, pri vysokej koncentrácii Fe^{3+} , môže dôjsť k ich úhynu. [14] Vzorky vody obsahovali železité ióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 0,006 do 0,440 $mg\ l^{-1}$, 2 – Komárom Dunaj od úrovne pod detekčným limitom do 0,581 $mg\ l^{-1}$, 3 – Komárno vrt M2 od 0,004 do 0,061 $mg\ l^{-1}$, 4 – Komárno vrt M3 od 0,012 do 0,085 $mg\ l^{-1}$, 5 – Patince vrt od úrovne pod detekčným limitom do 0,017 $mg\ l^{-1}$ a 6 – Patince jazero od 0,001 do 0,091 $mg\ l^{-1}$. Najvyššia hodnota 0,581 $mg\ l^{-1}$ bola nameraná dňa 18.03.2016 v monitorovacom bode 2, koncentráciapod detekčným limitom bola viackrát nameraná v monitorovacom bode 6.

Koncentrácia **mangánu** je v podzemných vodách vyššia ako v povrchových, kde prebiehajú oxidačné procesy. Chemická oxidácia vplyva aj na jeho biochemickú oxidáciu mangánovými baktériami. Obsah mangánu vo vode je obvykle oveľa nižší ako množstvo železa, ktoré temer vždy sprevádza. Príčinou jeho zvýšenej koncentrácie môžu byť humínové látky, ktoré ho vo vodách ho viažu do komplexov. Mimoriadne vysoké koncentrácie je možné nájsť v kyslých vodách z okolia rudných baní, v odpadových vodách zo spracovania rúd a metalurgických závodov. Mangán nie je škodlivý pre rastliny a živočíchy. Významne ovplyvňuje organoleptické vlastnosti vody, viac ako železo. [14] Vzorky vody obsahovali mangánaté ióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 0,015 do 0,089 $mg\ l^{-1}$, 2 – Komárom Dunaj od 0,015 do 0,088 $mg\ l^{-1}$, 3 – Komárno vrt M2 od 0,002 do 0,128 $mg\ l^{-1}$, 4 – Komárno vrt M3 od 0,001 do 0,097 $mg\ l^{-1}$, 5 – Patince vrt od 0,003 do 0,056 $mg\ l^{-1}$ a 6 – Patince jazero od 0,007 do 0,042 $mg\ l^{-1}$. Najvyššia koncentrácia mangánatých iónov 0,128 $mg\ l^{-1}$ nameraná dňa 13.11.2015 v monitorovacom bode 3. Najnižšia koncentrácia 0,002 $mg\ l^{-1}$ bola nameraná dňa 22.01.2016 a 19.02.2016 v monitorovacom bode 3.

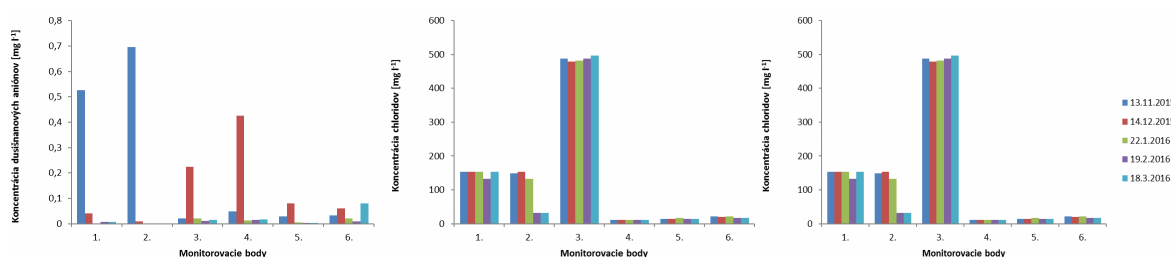


Obrázok 8: Obsah amónnych katiónov a fosforečnanových aniónov

Amoniakálny dusík je primárnym produktom rozkladu organických dusíkatých látok živočíšneho a rastlinného pôvodu. Ako minerály sa jednoduché amonné soli v prírode nevyskytujú. Hlavným antropogénnym zdrojom amoniakálneho dusíka sú splaškové odpadové vody, organické odpady z poľnohospodárstva a anorganické dusíkaté hnojivá. V podzemných vodách sa vyskytuje vo veľmi nízkych koncentráciách. Výnimkou sú podzemné vody kontaminované fekáliami alebo dusíkatými hnojivami a podzemné vody ropného pôvodu. V povrchových vodách koncentrácia amoniakálneho dusíka väčšinou nepresahuje koncentráciu ako 1 $mg\ l^{-1}$. Amoniakálny dusík je vo vodách v oxidačných podmienkach nestály a veľmi ľahko podlieha biochemickej oxidácii. Na rozdiel od biochemickej oxidácie je chemická oxidácia pomerne ťažká. Jediné činidlo, ktoré dokáže amoniakálny dusík vo vodných roztokoch oxidovať je chlór. Amoniakálny dusík vo vode významne zvyšuje koróziu medi a ich zliatin. Na ryby pôsobí veľmi toxicky. Z hygienického hľadiska je veľmi dôležitý. [14] Vzorky vody obsahovali amonné katióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 0,135 do 0,319 $mg\ l^{-1}$, 2 – Komárom Dunaj od 0,068 do 0,256 $mg\ l^{-1}$, 3 – Komárno vrt M2 od 0,018 do 0,082 $mg\ l^{-1}$, 4 – Komárno vrt M3 od 1,759 do 2,625 $mg\ l^{-1}$, 5 – Patince vrt od 0,024 do 0,077 $mg\ l^{-1}$ a 6 – Patince jazero od 0,050 do 0,069 $mg\ l^{-1}$. Najvyššia hodnota 2,625 $mg\ l^{-1}$ bola

nameraná dňa 14.12.2015 pri monitorovacom bode 4, kým najnižšia koncentrácia amónnych iónov bola 0,018 mg l⁻¹ nameraná dňa 14.12.2015 pri monitorovacom bode 3.

Fosfor sa vo vode vyskytuje vo forme rozpustných minerálov. Nerozpustný anorganický viazaný fosfor je tvorený rôznymi fosforečnanmi (Ca, Mg, Fe, Al), buď voľne dispergovanými alebo chemicky resp. sorpčne viazanými na iných anorganických alebo organických nerozpustných látkach a sedimentoch. Antropogénnym zdrojom anorganického fosforu sú aplikácia fosforečných hnojív, polyfosforečnany používané v čistiaciach a odmasťovacích prostriedkoch a protikoroziívne prísady. Zdrojom organického fosforu je živočíšny odpad a rozklad biomasy. Človek vylučuje denne cca. 1,5 g fosforu, ktorý prechádza do splaškových odpadových vôd. Vzhľadom na tvorbu málo rozpustných fosforečnanov s Ca, Mg, Fe, Al a vzhľadom na ich významnej chemisorpciu na tuhých fázach sa fosforečnany vyskytujú vo vodách vo veľmi malých koncentráciách. V dôsledku chemických, biochemických a sorpčných procesov v stojatých vodách môže dôjsť k stratifikácii fosforu s periodickými zmenami behom roku. Fosforečnany sa významne absorbujú na dnových sedimentoch. Vo vode veľký význam majú málo rozpustné fosforečnany kovov. Oplyvňujú zvyškové koncentrácie fosforu a používajú sa pre odstraňovanie niektorých kovov z vôd. Majú veľkú úlohu v prírodnom kolobehu látok. Fosfor a jeho zlúčeniny nie sú škodlivé pre organizmy, tie ho premieňajú na organicky viazaný fosfor. Po rozklade sa fosforečnany znova sa uvoľňujú do prostredia. Fosfor má kľúčový význam v eutrofizácii povrchových vôd. V podzemných vodách majú indikačný význam. V prípade, ak koncentrácia náhle zrastie, svedčí to o fekálnom znečistení. [14] Vzorky vody obsahovali fosforečnany v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 0,310 do 3,1100 mg l⁻¹, 2 – Komárom Dunaj od 0,087 do 1,354 mg l⁻¹, 3 – Komárno vrt M2 od 0,174 do 1,778 mg l⁻¹, 4 – Komárno vrt M3 od 0,115 do 0,598 mg l⁻¹, 5 – Patince vrt od 0,006 do 0,125 mg l⁻¹ a 6 – Patince jazero od 0,002 do 0,139 mg l⁻¹. Najvyššia hodnota 3,110 mg l⁻¹ bola nameraná dňa 13.11.2015 v monitorovacom bode 1, kým najnižšia koncentrácia fosforečnanových iónov bola 0,002 mg l⁻¹ nameraná dňa 22.1.2016 v monitorovacom bode 6.



Obrázok 9: Obsah dusičnanových, dusitanových a chloridových aniónov

Dusičnany sa vyskytujú takmer vo všetkých vodách, patria medzi štyri hlavné anióny prítomné vo vodách. Dusičnany sú konečným produktom mineralizácie organicky viazaného dusíka a v oxidačných podmienkach sú stabilné. Koncentrácia dusičnanov sa mení v závislosti na vegetačnom období. Maximálna koncentrácia dusičnanov sa nachádza v podzemných vodách v zimnom, resp. mimovegetačnom období, kedy sa vylúhujú z pôdy (pôdou sú v pôdnom sorpčnom komplexe len veľmi slabo zadržované, ich celkové množstvo závisí od spôsobu obrábania pôdy). Vo vegetačnom období sú naopak z vôd odčerpávané. Minerálne vody dusičnany obsahujú iba v stopových množstvách. Dusičnany sú málo škodlivé, môžu však škodiť nepriamo tým, že sa v gastrointestinálnom trakte môžu bakteriálnou činnosťou redukovať na toxické dusitany. [14] Vzorky vody obsahovali dusičnanové anióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 0,002 do 0,526 mg l⁻¹, 2 – Komárom Dunaj od 0,001 do 0,659 mg l⁻¹, 3 – Komárno vrt M2 od 0,011 do 0,224 mg l⁻¹, 4 – Komárno vrt M3 od 0,014 do 0,425 mg l⁻¹, 5 – Patince vrt od 0,003 do 0,080 mg l⁻¹ a 6 – Patince jazero od 0,010 do 0,080 mg l⁻¹. Najnižšia hodnota 0,001 mg l⁻¹ bola nameraná dňa 18.03.2016 pri monitorovacom bode 2. Najvyššia koncentrácia dusičnanov bola 0,659 mg l⁻¹ nameraná dňa 13.11.2015 tiež pri monitorovacom bode 2.

Dusitany vo vodách vznikajú predovšetkým biochemickou oxidáciou amoniakálneho dusíka, alebo biochemickou redukciou dusičnanov. Rýchly nárast koncentrácie v podzemných vodách môže indikovať fekálne znečistenie. Vo vodách sú nestále, môžu byť ľahko chemicky aj biochemicky ďalej oxidované alebo redukované. Vďaka svojej labilite sa vo vodách väčšinou vyskytujú vo veľmi nízkych až v stopových množstvách. Dusitany pôsobia na ryby toxicky. Toxicita veľmi závisí na celkovom zložení vody (veľký význam majú chloridy). V koncentráciách obvyklých pre povrchové a podzemné vody sú hygienicky nevýznamné. Vo väčších koncentráciách môžu spôsobiť methemoglobinémiu. [14] Vzorky vody obsahovali dusitanové anióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 0,075 do 0,640 mg l⁻¹, 2 – Komárom Dunaj od 0,039 do 0,368 mg l⁻¹, 3 – Komárno vrt M2 od 0,019 do 0,076 mg l⁻¹, 4 – Komárno vrt M3 od 0,011 do 0,070 mg l⁻¹, 5 – Patince vrt od 0,013 do 0,127 mg l⁻¹ a 6 – Patince jazero od 0,050 do 0,084 mg l⁻¹. Najnižšia hodnota 0,011 mg l⁻¹ bola nameraná dňa 18.03.2016 v monitorovacom bode 4. Najvyššia hodnota 0,640 mg l⁻¹ bola nameraná dňa 19.02.2016 v monitorovacom bode 1.

Základné druhy hornín a pôd obsahujú pomerne 10 až 500 mg kg⁻¹ **chloridov**. Ich zvetraním a vylúhovaním (tvoria dobre rozpustné minerály a zlúčeniny) prechádzajú do vody, kde sú chemicky a aj biochemicky stabilné a patria medzi jej základné anióny. Sú hygienicky neškodné, ale vo vysokých koncentráciách ovplyvňujú chuť vody. V technológii sa ako oxidačné činidlo pri úprave vôd, pri čistení odpadových vôd a na hygienické zabezpečenie pitnej vody používa chlór. Vo vode má oxidačné a aj chloračné účinky, vďaka čomu dokáže znížiť tlmivú kapacitu vody. Časť chlórových zlúčenín sa mení na



chloridy.[14] Vzorky vody obsahovali chloridové anióny v odberovom mieste 1 – Komárom vrt v rozsahu od 132,046 do 152,678 mg l⁻¹, 2 – Komárom Dunaj od 31,354 do 152,652 mg l⁻¹, 3 – Komárom vrt M2 od 479,250 do 496,205 mg l⁻¹, 4 – Komárom vrt M3 od 10,650 do 10,650 mg l⁻¹, 5 – Patince vrt od 14,200 do 17,722 mg l⁻¹ a 6 – Patince jazero od 17,722 do 21,811 mg l⁻¹. Najnižšia hodnota 10,650 mg l⁻¹ bola nameraná behom celého merania v monitorovacom bode 4. Najvyššia koncentrácia chloridov 496,205 mg l⁻¹ bola nameraná dňa 18.03.2016 v monitorovacom bode 3.

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo prezentovať výsledky analýz vybraných ukazovateľov odpadovej vody z troch geotermálnych kúpalísk pred a po jej vypustení do recipientu (v mieste predpokladaného dokonalého zmiešania). Pre zhodnotenie potenciálnu týchto vôd zhoršiť kvalitu vody sme využili Nariadenie vlády č. 296/2005 Z. z. ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd, konkrétne Prílohu č. 1 *Všeobecné požiadavky na kvalitu povrchovej vody* k a Prílohu č. 2 *Kvalitatívne ciele povrchovej vody určenej na odber vody pre pitnú vodu, vody určenej na závlahy a vody vhodnej pre život a reprodukciu pôvodných druhov rýb*, ktorá je rozdelená do 3 častí: časť A – Kvalitatívne ciele povrchovej vody určenej na odber vody pre pitnú vodu (ďalej sa člení na A1 - voda vyžadujúca jednoduchú fyzikálnu úpravu a dezinfekciu, resp. rýchlu filtráciu a dezinfekciu, A2 - voda vyžadujúca fyzikálno-chemickú úpravu a dezinfekciu a A3 - voda vyžadujúca intenzívnu fyzikálno-chemickú úpravu a dezinfekciu), časť B - Vody určené na závlahy a časť C – Vody vhodnej pre život a reprodukciu pôvodných druhov rýb (pre lososovité ryby a pre kaprovité ryby). Z dosiahnutých výsledkov možno uviesť:

- **Farba a zákal vody:** Vzorky boli väčšinou bezfarebné, iba vzorky z odberových miest Komárom – Dunaj a Patince – jazero mali jemný odtieň zelenej farby. Ostatné vzorky boli bezfarebné, ale v mnohých prípadoch zakalené.
- **Pach vody:** Pach vykazovali len vzorky odberané v Patinciach. Nepoužitá geotermálna voda sa z vrtu vypúšťa do jazierka, preto nielen vrt ale aj recipient silne zapáchal po skazených vajciach, čo je spôsobené prítomnosťou sulfánu.
- **Teplota vody:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č.1 je odporúčaná teplota vody menej ako 26 °C. Príloha č. 2 v kategórii A1 uvádza odporúčanú teplotu 8 – 12 °C, pre kategóriu A2 a kategóriu A3 teplotu 22 °C a ako medznú limitnú teplotu vo všetkých troch prípadoch 25 °C. V časti B je uvedená najvyššia prípustná teplota 35 °C, v časti C medzná hodnota pre lososovité ryby 21,5 °C a pre kaprovité ryby je 28 °C. Podľa Zákona 538/2005 Z. z. (Kúpeľný zákon) vypúšťanie oteplených vôd nesmie spôsobiť prekročenie teploty meranej po prúde od bodu termického vypúšťania. Hodnotené vzorky spĺňajú všetky vyššie uvedené kritéria.
- **Teplota ovzdušia:** Teplota ovzdušia sa menila pri každom odbere v súlade s ročným obdobím.
- **Reakcia vody:** v prípade odberového miesta Komárom – vrt M3 bola zaznamenaná dolná hranica silne alkalickéj vody. Vzorky z odberových miest Komárom – Dunaj, Patince – vrt a Patince - jazero sú vody alkalické a pri monitorovacích bodoch Komárom - vrt a Komárom – vrt M3 sú slabo alkalické. Podľa vyššie uvedenej Prílohy č.1 je odporúčaná hodnota pH v rozmedzí 6,0 – 8,5. V Prílohe č. 2 pre kategóriu A1 je uvedená odporúčaná hodnota pH v rozmedzí 6,5 – 8,5; pre kategóriu A2 v rozmedzí 5,5 – 8, 5 a pre kategóriu A3 v rozmedzí 5,5 do 9,0. V časti B je uvedená najvyššia prípustná hodnota pH 5,0 – 8,5. V časti C je medzná hodnota pre lososovité ryby aj pre kaprovité ryby v rozmedzí pH 6 – 9. Vypúšťané geotermálne odpadové vody nemajú zásadný vplyv na recipient.
- **Vodivosť:** Hodnotené vzorky vôd spadali medzi vody so strednou (Komárom – vrt M2) až nízkou elektrickou vodivosťou. Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 pre vodivosť nie je uvedená odporúčaná hodnota. V Prílohe č. 2 pre kategóriu A1, A2 a aj A3 je odporúčaná hodnota 1000 μS cm⁻¹. V časti B a C tiež nie sú uvedené žiadne limitné hodnoty. Sledované vzorky neprekročili vyššie uvedené hodnoty.
- **KNK_{4,5}:** Pre tento ukazovateľ neexistuje odporúčaná ani limitná hodnota. Ukazovateľ má však informatívnu hodnotu pre posudzovanie agresivity vody, resp. potenciálu vytvárať inkrusty. Najnižšia hodnota 4,785 mmol l⁻¹ bola stanovená v monitorovacom bode Komárom – Dunaj. Najvyššia hodnota bola 46,989 mmol l⁻¹ v monitorovacom bode Komárom – vrt M2.
- **ZNK_{8,3}:** Pre tento ukazovateľ neexistuje odporúčaná ani limitná hodnota. Ukazovateľ má však informatívnu hodnotu pre posudzovanie agresivity vody, resp. potenciálu vytvárať inkrusty. Najnižšia hodnota bola 0,100 mmol l⁻¹ v monitorovacom bode Komárom – vrt M3 a v monitorovacom bode Patince – jazero. Najvyššia hodnota bola 2,313 mmol l⁻¹ stanovená v monitorovacom bode Komárom – vrt M2.
- **Koncentrácia vápenatých iónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je pre vápnik odporúčaná hodnota 200 mg l⁻¹. V Prílohe č. 2 pre kategóriu A1, A2, A3 ani C limitná hodnota nie je uvedená. V časti B je najvyššia prípustná hodnota pre vápnik 100 mg l⁻¹. V monitorovacích miestach Komárom – ver M2 a M3 nie je dosiahnutá odporúčaná hodnota, vo všetkých ostatných ju niekoľko násobne prevyšuje. Vzhľadom na hygienickú nezávadnosť vápenatých kationov toto prekročenie limitov nepredstavuje závažnejší problém.
- **Koncentrácia horečnatých iónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je pre horčík odporúčaná hodnota 100 mg l⁻¹. V Prílohe č. 2 pre kategóriu A1, A2, A3 ani C limitná hodnota nie je uvedená. V časti B je najvyššia prípustná hodnota 200 mg l⁻¹. Hodnotené vzorky neprekročili vyššie uvedené limitné hodnoty.
- **Koncentrácia železitých iónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je pre odporúčaná koncentrácia pre celkové železo 2 mg l⁻¹. V Prílohe č. 2 je pre kategóriu A1 odporúčaná hodnota 0,1 mg l⁻¹ a medzná limitná koncentrácia 0,3 mg l⁻¹, pre kategóriu A2 odporúčaná hodnota 0,1 mg l⁻¹ a medzná limitná koncentrácia 0,2 mg l⁻¹ a pre kategóriu A3 odporúčaná hodnota 1 mg l⁻¹. V časti B je najvyššia prípustná hodnota 10 mg l⁻¹. V časti C limitná hodnota nie je uvedená. Hodnotené vzorky neprekročili tieto kritéria.

- **Koncentrácia mangánatých iónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je odporúčaná koncentrácia pre celkový mangán $0,3 \text{ mg l}^{-1}$. V Prílohe č. 2 je pre kategóriu A1 odporúčaná hodnota menej ako $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ a medzná limitná koncentrácia $0,05 \text{ mg l}^{-1}$, pre kategóriu A2 $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ a medzná limitná koncentrácia $2,0 \text{ mg l}^{-1}$ a pre kategóriu A3 $0,3 \text{ mg l}^{-1}$ a medzná limitná koncentrácia 3 mg l^{-1} . V časti B je najvyššia prípustná hodnota je 3 mg l^{-1} . V časti C limitná hodnota nie je uvedená. Hodnotený vzorky neprekročili tieto kritériá.
- **Koncentrácia amónnych katiónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je odporúčaná hodnota amoniakálneho dusíka 1 mg l^{-1} . V Prílohe č. 2 je pre kategóriu A1 odporúčaná hodnota $0,04 \text{ mg l}^{-1}$, pre kategóriu A2 $0,4 \text{ mg l}^{-1}$ a pre kategóriu A3 $0,8 \text{ mg l}^{-1}$. V časti B najvyššia prípustná hodnota nie je uvedená. V časti C je odporúčaná hodnota $0,03 \text{ mg l}^{-1}$ a medzná hodnota $0,08 \text{ mg l}^{-1}$ pre lososovité a odporúčaná hodnota $0,15 \text{ mg l}^{-1}$ a medzná hodnota $0,8 \text{ mg l}^{-1}$ pre kaprovité ryby. Hodnotený vzorky neprekročili tieto kritériá.
- **Koncentrácia fosforečných aniónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je odporúčaná hodnota celkového fosforu $0,4 \text{ mg l}^{-1}$. V Prílohe č. 2 je pre kategóriu A1 odporúčaná hodnota fosforečnanov $0,4 \text{ mg l}^{-1}$, pre kategóriu A2 a A3 $0,7 \text{ mg l}^{-1}$. V časti B a C limitná hodnota nie je uvedená. Hodnotený vzorky neprekročili tieto kritériá.
- **Koncentrácia dusičnanových aniónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je odporúčaná hodnota dusičnanového dusíka 5 mg l^{-1} . V Prílohe č. 2 je pre kategóriu A1 odporúčaná hodnota 1 mg l^{-1} a medzná limitná koncentrácia $11,0 \text{ mg l}^{-1}$, pre kategóriu A2 a A3 je odporúčaná hodnota 7 mg l^{-1} a medzná limitná koncentrácia $11,0 \text{ mg l}^{-1}$. V časti B je najvyššia prípustná hodnota 23 mg l^{-1} . V časti C limitná hodnota nie je uvedená. Hodnotený vzorky neprekročili tieto kritériá.
- **Koncentrácia dusitanových aniónov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je odporúčaná hodnota dusitanového dusíka $0,02 \text{ mg l}^{-1}$. V Prílohe č. 2 nie je pre kategóriu A1, A2, A3 ani B uvedená limitná hodnota. V časti C je odporúčaná hodnota $0,003 \text{ mg l}^{-1}$ pre lososovité a $0,01 \text{ mg l}^{-1}$ pre kaprovité ryby. Hodnotený vzorky neprekročili všeobecné požiadavky na kvalitu povrchovej vody podľa vyššie uvedenej Prílohy 1, avšak viaceré vzorky presahujú odporúčanú hodnotu pre život a reprodukciu lososovitých a kaprovitých rýb Podľa Prílohy 2 časť C. Vzhľadom na zimné obdobie monitorovania predpokladáme, že nárast obsahu dusitanov je spôsobený znížením biologickej aktivity a teda aj biochemickej premeny dusitanov na dusičnany.
- **Koncentrácia chloridov:** Podľa vyššie uvedenej Prílohy č. 1 je odporúčaná hodnota 200 mg l^{-1} . V Prílohe č. 2 je pre kategóriu A1, A2 a aj A3 odporúčaná hodnota 100 mg l^{-1} . V časti B je najvyššia prípustná hodnota 300 mg l^{-1} . V časti C limitná hodnota nie je uvedená. Vo vodách z odberových miest Komárom vrt, Komárom Dunam, Komárno – vrt M2 aj M3 dochádza často k prekročeniu odporúčaných hodnôt. Vzhľadom na hygienickú nezávadnosť chloridov toto prekročenie limitov nepredstavuje závažnejší problém.

Monitoringom sa zistilo, že geotermálna voda čerpaná z podzemia a využitá na rekreačné účely v sledovaných lokalitách ovplyvňuje kvalitu povrchových vôd. Najzávažnejší vplyv bol zaznamenaný v prípade dusitanov, chloridov a vápenatých iónov. V týchto prípadoch, ešte pred ich dokonalým rozriedením môže dôjsť k lokálnemu zhoršeniu kvality vody v recipiente.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] MICHAELI, E. 2014: Regionálna geografia Slovenskej republiky. 1. časť. Prešov, Prešovská univerzita, Fakulta humanitných a prírodných vied. 121 s.
- [2] PAČES, T., 1982, Voda a Země. Vydavatelství: ČSAV Praha, 174 s.
- [3] FRANKO, O., REMŠÍK, A., FENDEK M. 1995: Atlas geotermálnej energie Slovenska. Geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, 268 s.
- [4] FRANKO, O., MELIORIS, L. 2000: Minerálne a termálne vody Slovenska – vznik a rozšírenie. In: Pozdenná voda, VI, č.1, s. 5 – 28.
- [5] FLAKOVÁ, R., ŽENIŠOVÁ, Z., SEMAN, M., 2010. Chemická analýza vody v hydrológii. Vydavateľstvo: Slovenská asociácia hydrogeológov Bratislava, 166s. ISBN 978 - 80 - 969342 - 8 - 7
- [6] RYBÁR, P., KUZEVIČ, Š., 2002: Alternatívne zdroje energie II. - Geotermálna energia. Vydavateľstvo: elfa, s.r.o., Košice, 90 s. ISBN 80 - 80966 - 35 - 6
- [7] Register vrtu: Vrt II na kúpalisku M - 2, [cit. 2016-01-03]. Dostupné na internete: <http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/kn/ko-8.html>
- [8] Register vrtu: Vrt II na kúpalisku M - 3, [cit. 2016-01-03]. Dostupné na internete: <http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/kn/ko-12.html>
- [9] Brigetio gzózfürdő Komárom: Bemutatókózas, [cit. 2016-01-03]. Dostupné na internete: <http://www.komthermal.hu/bemutakozas>
- [10] Register vrtu: Vrt I pri jazierku SB - 1, [cit. 2016-01-03]. Dostupné na internete: <http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/kn/ko-4.html>
- [11] SIROTIK, M., MICHALÍKOVÁ, A. 2015: Environmentálna Chémia: Návody na cvičenia. Trnava: Materiálovotechnologická fakulta STU. 224s. ISBN 978-80-8096-222-7
- [12] BARTOŠOVÁ, A., MICHALÍKOVÁ, A., SIROTIK, M., SOLDÁN, M. 2013: Comparison of Two Spectrophotometric Techniques for Nutrients Analyses in Water Samples. In: Research Papers of Faculty of Materials Science and Technology, Slovak University of Technology. January 2013. Vol.20., Issue 32. pp. 8 – 19. ISSN 1338-0532

- [13] SIROTIAK, M. BARTOŠOVÁ, A. and BLINOVÁ, L. 2014: UV-VIS spectrophotometric determinations of selected elements in modelled aqueous solutions. Journal of Environmental Protection, Safety, Education and Management. Vol 1, No. 2014, ISSN 1339-5270
- [14] PITTER, P. 1999: Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT, Praha. 2. vyd. 568 s. ISBN 80-03-00525-6

ADRESY AUTOROV:

Maroš SIROTIAK, RNDr., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >maros.sirotiak@stuba.sk<

Lenka BLINOVÁ, Ing. PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >lenka.blinova@stuba.sk<

Alica BARTOŠOVÁ, Ing., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >alica.bartosova@stuba.sk<

Stefania GERENDAS, Ing.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.