

ESENCIÁLNE PRVKY V PODZEMNÝCH VODÁCH A KARDIOVASKULÁRNE OCHORENIA OBYVATEĽOV BRATISLAVSKÉHO SAMOSPRÁVNEHO KRAJA Z ASPEKTU MEDICÍNSKEJ GEOGRAFIE A MEDICÍNSKEJ GEOCHÉMIE

Vladimír Pelech*, Miloslav Khun, Richard Feciskanin*,
Alexandra Benová*, Radoslav Chudý*, Tatiana Harciníková*, Martin Iring*,
Miroslav Kožuch*, Jerguš Moravčík*, Tomáš Schmidt*, Hana Stanková*,
Juraj Vališ*, Eva Mičietová***

* Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a diaľkového prieskumu Zeme, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, pelechv@fns.uniba.sk, khun@fns.uniba.sk

** Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra geochemie, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15, Bratislava

Essential elements in groundwaters and cardiovascular diseases among the population of the Bratislava Self-Governing Region from the point of view of medical geography and medical geochemistry

The paper examines the relationship of some of the essential elements in groundwaters to cardiovascular diseases, specifically to acute coronary syndrome (ACS) with regard to the Bratislava Self-Governing Region (BSK). An index of geochemical environment suitability I_{GP} is proposed regarding its potential impact on the syndrome and its discriminatory threshold. The association of I_{GP} and ACS and the essential elements Ca and Mg and SiO_2 and ACS for the districts and municipalities of the BSK and the entire Slovak Republic has been proven based on the Pearson correlation analysis and tests of significance of the calculated correlation. Positive correlation between SiO_2 and ACS was found, which does not correspond to the known data in the literature. Therefore greater influence of SiO_2 on cardiovascular diseases than has been so far indicated is assumed. The work represents the first insight into dealing with environmental health in the BSK.

Key words: Bratislava Self-Governing region, groundwaters, index of geochemical environment suitability I_{GP} , acute coronary syndrome, calcium, magnesium, SiO_2

ÚVOD A PREHLAD LITERATÚRY

Prvok sa pokladá za esenciálny pre organizmus, ak zníženie jeho vplyvu pod určitú hranicu má za následok súhlasné zníženie fyziologickej dôležitej funkcie, alebo ak je prvok integrálnou súčasťou organickej štruktúry zabezpečujúcej vitálnu funkciu organizmu (Mertz 1998). Koncept esenciality má praktický dôsledok – do organizmu je nutné dodávať adekvátne množstvá príslušných esenciálnych prvkov. Až 99,75 % ľudského organizmu vytvára 12 chemických prvkov, tzv. makroprvkov, kým zostávajúca časť je zložená cca zo 40 stopových prvkov. Niektoré z nich sú nevyhnutné, pretože sú vo vhodnej koncentrácii potrebné na zabezpečenie bezporuchovej funkcie organizmu. To sú teda esenciálne prvky. V tomto príspevku sa zameriame na esenciálne prvky vápnik, horčík a kremík (vo forme SiO_2) v podzemných vodách vo vzťahu ku kardiovaskulárnym ochoreniam (KVO) populácie obývajúcej územie Slovenska so zreteľom na Bratislavský samosprávny kraj (BSK).

Geografické faktory v rozšírení niektorých chorôb sú známe prakticky od čias, odkedy existuje medicína ako veda. Hippokrates a niektorí jeho súčasníci sa týmto problémom zaoberali pred viac ako 2 000 rokmi. Neskoršie starí Číňania v 4. storočí nášho letopočtu poznali dôsledky environmentálnych vplyvov na ľudské zdravie, najmä v súvislosti s endemickým výskytom strumy (Lag 1992). Napriek tomu, že lekárskej vede bolo už dávno známe, že morbidita na niektoré choroby je v jednotlivých oblastiach sveta rôzna, medicínska geografia ako veda vznikla prakticky v ostatných rokoch 19. storočia a prvých desaťročiach minulého storočia (May 1950, Schneck 2005 a Meade a Emch 2010). Z geografického aspektu sa hľadali súvislosti najmä s klimatickými či topografickými faktormi – klasickým príkladom je známa závislosť medzi špecifickými klimatickými faktormi a výskytom malárie a žltej zimnice (Valenciúš 2000). Na Slovensku sa problematika geografickej medicíny riešila v Geografickom ústave SAV, či už to boli všeobecné problémy (Krajčír 1970 a 1971), rozšírenie kliešťovej encefalitídy na Slovensku vo vzťahu k niektorým geografickým faktorom (Krajčír 1972, 1989 a 1991), celkový pohľad na rozšírenie infekčných a parazitárnych chorôb na Slovensku z aspektu medicínskej geografie (Krajčír 1978), choroby obehového systému v regióne horná Nitra (Krajčír 1994) a ďalšie. Táto problematika sa rieši aj na prírodovedeckých fakultách UK v Bratislave a UPJŠ v Košiciach (napr. Kázmér a Križan 2010, Mládek 2011 a Vilinová 2012). Treba však predoslať, že spojenie geografie a medicíny nemôže vysvetliť príčinný vzťah medzi značnými zemepisnými rozdielmi a rozšírením niektorých chorôb. K zodpovednému vyriešeniu tejto kauzality je bezpodmienečne nutné využiť napr. aj geochemické poznatky, ako je distribúcia a formy vystupovania chemických prvkov, ich migrácia atď. (Khun 1998).

Geografická distribúcia úmrtnosti na KVO bola sledovaná vo viacerých krajinách sveta. Prvá štúdia venovaná vzťahu medzi obsahom minerálov vo vode a KVO vyšla v Japonsku. Kobayashi (1957) vyslovil hypotézu, že vysoký výskyt prípadov náhlejšej mozgovej príhody súvisí s obsahom minerálov vo vode. Odvtedy sa uskutočnilo veľké množstvo štúdií po celom svete snažiacich sa potvrdiť alebo vyvrátiť hypotézu o nízkej mortalite a morbidite na KVO v oblastiach s vysokým obsahom vápnika a horčíka vo vode. Niektoré z nich túto hypotézu rozdelili na vplyv samostatných prvkov horčíka alebo vápnika, niektoré skúmali iba tvrdosť vody (spoločný obsah vápnika a horčíka bez ich samostatných hodnôt) a niektoré do tejto hypotézy zaviedli aj ďalšie prvky ako chróm, meď, zinok, kadmium, selén, olovo a kremík (Sharrett 1979, Voors 1979 in Monarca et al. 2006). Títo autori však konštatujú, že ich výsledky pri ďalších prvkoch sú nekonzistentné a nepresvedčivé. Výskum sa preto zamerlal najmä na vápnik a horčík. Comstock (1979) vo svojom príspevku konštatuje, že väčšina z viac ako 50 týchto ekologických štúdií do roku 1979 potvrdzuje prepojenie medzi tvrdosťou vody a úmrtnosťou na KVO pre obe pohlavia, častejšie však len pre jedno pohlavie. Napr. Crawford et al. (1971 in Monarca et al. 2006) študovali zmeny tvrdosti vody v 11 mestách Anglicka a Walesu za obdobie 30 rokov a vo všeobecnosti konštatujú pozitívne účinky na mieru úmrtnosti na KVO v mestách, kde sa tvrdosť vody zvýšila a opačne, kde sa znížila tvrdosť vody, konštatujú negatívne účinky, čiže zvýšenú úmrtnosť. Švédka štúdia (Rylander et al. 1991) potvrdzuje rovnaký vzťah medzi úmrtnosťou na KVO u oboch pohlaví a pri mužoch aj vzťah medzi horčíkom a úmrtnosťou na KVO. V južnom Švédsku uskutočnili aj epidemiologické štúdie typu case-control (Rubenowitz et al. 1996, 1999 a 2000), kde skúmali vzťah medzi akútnym infarktom myokardu (AIM) a tvrdosťou vody, vápnikom a horčíkom u mužov aj u žien.

Zjavný bol najmä inverzný vzťah medzi obsahom horčíka a AIM pre obe pohlavia. Vyšší obsah vápnika znižoval počet infarktov iba u žien. Podobné výsledky dosiahli aj vo Fínsku (Kousa et al. 2004, 2006 a 2008), kde konštatujú súvislosť medzi vysokým rizikom AIM v oblastiach s nízkou hodnotou tvrdosti vody. V kontraste s uvedenými štúdiami je práca Maheswaran et al. (1999), ktorí v severozápadnom Anglicku nenašli žiadnu súvislosť medzi obsahom horčíka vo vode a úmrtnosťou na AIM. K rovnakým výsledkom dospeli aj Leurs et al. (2010) v Holandsku, kde skúmali vzťah medzi tvrdosťou vody, obsahom vápnika, horčíka a úmrtnosťou na ischemické srdcové choroby, a Lake et al. (2010) v Anglicku a Walese. Vplyv tvrdosti vody na vznik aterosklerózy u detí skúmali Poursafa et al. (2014) a podporili tvrdenie o inverznom vplyve tvrdej vody na toto ochorenie. Nedávne štúdie potvrdzujú súvislosť medzi tvrdosťou vody a KVO aj na Slovensku (Rapant et al. 2014 a 2015). Zaznamenané závislosti však nie sú vo všetkých krajinách, resp. oblastiach rovnako výrazné. Dokazujú ale, že vplyv geochemického prostredia na zdravie obyvateľov je omnoho významnejší než sa doteraz predpokladalo. Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie sú tieto ochorenia jednou z najčastejších príčin úmrtia na svete a úmrtnosť je nižšia v rozvojových krajinách ako v priemyselne vyspelých krajinách (WHO 2011).

Na Slovensku dlhodobo pretrváva alarmujúca situácia v úmrtnosti na KVO. Podľa údajov (WHO 2005) sa Slovensko v miere štandardizovanej úmrtnosti na choroby obehového systému zaraďuje v rámci 34 krajín Európy a 4 zoskupení (štáty strednej a východnej Európy a nové nezávislé štáty bývalého ZSSR) do poslednej tretiny. Bada (2011) uvádza, že na Slovensku sú KVO príčinou až 53 % všetkých úmrtí, čím dvojnásobne prevyšujú všetky druhy onkologických ochorení a sú u nás jednou z hlavných príčin nižších hodnôt strednej dĺžky života. Štandardizovaná úmrtnosť na tieto choroby dosahovala v roku 2005 hodnotu 508 úmrtí na 100 000 obyvateľov. Na porovnanie, vo Francúzsku je to 160,5 na 100 000 obyvateľov. Na Slovensku rieši projekty s danou problematikou, t. j. vzťah geochemického prostredia ku KVO, najmä Štátny geologický ústav D. Štúra (ŠGÚDŠ) v Bratislave. Ako príklad možno uviesť európsky projekt Life (Rapant et al. 2014).

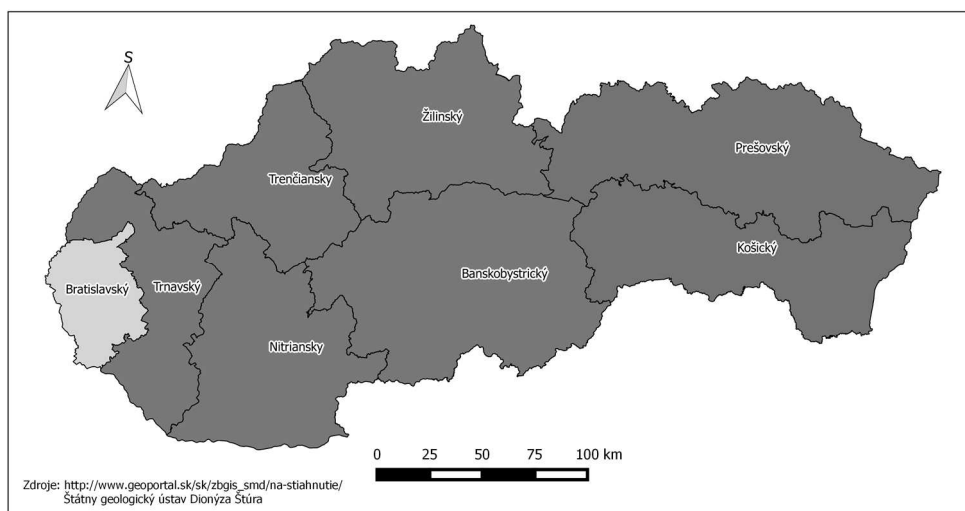
Naším cieľom je návrh indexu vhodnosti geochemického prostredia I_{GP} vo vzťahu ku KVO, konkrétne k akútnemu koronárnemu syndrómu (AKS), hlavne pre územie BSK. V príspevku sa zameriavame na prvky vápnik, horčík a kremík vo forme SiO_2 . Ide o prvý predpoklad, ktorého potvrdenie by si vyžadoval ďalší výskum.

Náčrt geografických, geologických a hydrogeochemických pomerov BSK

Bratislavský samosprávny kraj (BSK) je jeden z ôsmich samosprávnych krajov Slovenska. Zriadený bol zákonom NR SR č. 302/2001 Z. z. na území Bratislavského kraja. Je najzápadnejším a rozlohou 2 053 km² najmenším krajom Slovenska. Jeho najväčším mestom je hlavné mesto SR Bratislava. BSK sa rozprestiera na západe a juhozápade Slovenska a leží v medzipovodí riek Dunaj a Morava. Člení sa na osem okresov: Bratislava I až V (5 okresov a 17 mestských častí), Malacky, Pezinok a Senec a 72 obcí (6 miest a 66 vidieckych obcí). Počet obyvateľov k 31. 12. 2013 bol 618 380, hustota zaľudnenia bola 301,27 obyvateľa na km².

Územie BSK je tvorené tromi morfológickými celkami, a to Malými Karpatmi, slovenskou časťou Viedenskej panvy a časťou Dunajskej panvy. Geologické pomery tohto územia sú značne komplikované, a preto sa obmedzíme len na najzákladnejšiu charakteristiku. Malé Karpaty patria medzi jadrové pohoria a tu predstavujú

najzápadnejšiu časť tatransko-fatranského pásma centrálnych Západných Karpát vystupujúcu vo forme hraste JZ-SV smeru. Členia sa na dva podcelky – Devínske Karpaty a Pezinské Karpaty. Na geologickej stavbe Pezinských Karpát sa podieľa kryštalinikum a mezoikum tatrika a príkrovové systémy fatrika a hronika. Samotné kryštalinikum Malých Karpát tvorí komplex staropaleozoických metabazitov a metasedimentov, ako aj karbónske magmatity, ktoré budujú podstatnú časť bratislavského a modranského granitoidného masívu. Metamorfný komplex kryštalinika sa člení na dve litostratigrafické jednotky: perneckú skupinu a pezinskú skupinu, ktorej súčasťou je aj harmónska sukcesia (Kohút et al. in Polák et al. 2011).



Obr. 1. Poloha BSK v rámci Slovenskej republiky

Viedenská panva sa skladá zo sústavy hrastí a čiastkových grábenov (Kováč 2000), maximálna hrúbka sedimentov dosahuje až 5 500 m. Výplň tejto panvy tvoria neogénne sedimenty (morské, brakické až sladkovodné). Ako uvádzajú Kordík et al. (2012) z aspektu podzemných vôd majú najväčší význam hrubé náveje eolických pieskov, ako aj neogénne sedimenty čárského súvrstvia.

Do územia BSK patrí aj západná časť Dunajskej panvy – blatnianska priehlbina a časť gabčíkovskej panvy (Vass et al. 1988). Podstatnú časť Žitného ostrova tvoria holocénne sedimenty (Kordík et al. 2012 a Michalko 2012).

Pokiaľ ide o oblasť Devína a Devínskej Novej Vsi, na tomto území vystupujú horniny kryštalinika, mladšieho paleozoika, nekrasového mezozoika, ako aj skrasovatené mezozoické vápence a kvartér aluviálnych náplavov Dunaja a Moravy (Michalko et al. 2011). V samotnej Bratislave, v jej centrálnej časti, je zachovaný kvartérny fluvialný vývoj terasového typu. Pod kvartérom sa nachádzajú sedimenty vrchného miocénu až panónu (Vaškovský et al. 1988).

Sumárne podrobné spracovanie geologickej stavby BSK s príslušnou literatúrou je výsledkom riešenia projektu ASFEU/SGÚDŠ – IMTS 26220220002 a je prístup-

né na portáli ŠGÚDŠ (Michalko 2012). Najnovšie sa perneckou a pezinskou skupinou Malých Karpát zaoberali Khun a Méres (2015).

Z hydrogeochemického hľadiska je pre sledované územie BSK signifikantné, že podstatná časť objemu podzemných vôd v tomto regióne je úzko spojená s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia, v ktorom sa formujú. Hlavnými mineralizačnými procesmi, ktorými sa formuje chemické zloženie týchto podzemných vôd, je rozpúšťanie karbonátov, hydrolytický rozklad silikátových minerálov, oxidačno-redukčné procesy, v menšej miere (najmä Malé Karpaty) aj oxidácia pyritu a rozpúšťanie síranov, prípadne ionovymenné procesy, ktoré zohrávajú významnú úlohu v pôdnom kryte.

Z podzemných vôd Žitného ostrova a pravobrežia Dunaja v oboch z aspektu hĺbky vyčlenených skupinách zo sledovaných kationov dominuje Ca^{2+} . Zistilo sa však i zvýšené zastúpenie Mg^{2+} , Na^+ ako aj K^+ . V oblasti Malých Karpát a priľahlej časti Záhorskej nížiny ide o podzemné vody so silikátogénnou, resp. silikátovo-sulfidogénnou mineralizáciou, podzemné vody s karbonátogénnou mineralizáciou a podzemné vody so zvýšenými koncentraciami síranov a teda aj s vyššou celkovou mineralizáciou (Kordík et al. 2012).

MATERIÁL A POUŽITÁ METODIKA

Z KVO sa sledoval akútny koronárny syndróm (AKS, Medzinárodná klasifikácia chorôb 2010 diagnózy I20 – I25). Je to súhrnné označenie niektorých foriem nestabilnej angíny pectoris, akútnej fázy infarktu myokardu a náhlej smrti v dôsledku uzáveru koronárnej artérie (Šašinka et al. 2003). Údaje o AKS za obdobie rokov 2003 až 2012 boli poskytnuté Národným centrom zdravotníckych informácií SR. Údaje o počtoch obyvateľov v päťročných vekových intervaloch za obce a okresy boli získané zo Štatistického úradu SR databáza DATAcube a vzťahujú sa k 30. 6. rokov 2003 až 2012. Z týchto údajov boli vypočítané priemery za obce a okresy, na základe ktorých bola priamou štandardizáciou vypočítaná štandardizovaná miera úmrtnosti podľa veku (ŠMÚ) na AKS za obce a okresy SR podľa vzorca:

$$m^{(P, stp)} = \frac{\sum_x m_x^{(P)} \cdot P_x^*}{\sum_x P_x^*} = \sum_x m_x^{(P)} \cdot p_x^*,$$

kde P_x^* , resp. p_x^* je absolútny, resp. relatívny počet x-ročných osôb v štandardnej populácii a $m_x^{(P)}$ je špecifická miera úmrtnosti x-ročných osôb. Štandardnou populáciou bola priemerná populácia SR v rokoch 2003 – 2012 k 30. 6.

Bodové údaje s obsahom chemických prvkov v podzemnej vode boli získané z ŠGÚDŠ. Išlo o 16 359 bodových údajov z celého Slovenska získavaných od roku 1991. Bodové údaje boli za jednotlivé uvedené prvky interpolované pomocou programu GRASS GIS s cieľom vytvoriť spojité rastrové povrchy s rozlíšením bunky rastra 100 m × 100 m. Vzhľadom na rozličné rozpätie nameraných hodnôt boli pre každý prvok určené rôzne interpolačné parametre v module v.surf.rst. Pre každú obec a okres bola následne zonálnou štatistikou vypočítaná priemerná hodnota obsahu chemických prvkov v podzemnej vode v programe QGIS 2.14.

Podzemné vody ako environmentálny indikátor, ale aj vo vzťahu k zdravotným indikátorom, majú v SR značnú výpovednú hodnotu. Približne z 90 % ich zásob sa u nás pripravuje pitná voda (Klinda, Lieskovská et al. 2010). V BSK bolo v roku

2015 95,3 % obyvateľstva zásobovaných verejným vodovodom (MŽP SR 2015). Situáciu so spotrebou vody však značne komplikuje pitie minerálnych vôd a ďalších balených nápojov na individuálnej úrovni. V našom príspevku sme nepočítali so spotrebou balených minerálnych vôd, kde je v ponuke viacero minerálnych vôd s rôznymi obsahmi Ca a Mg. To by bolo možné len prieskumom formou anket, čo nie je cieľom nášho príspevku.

Pretože Ca a Mg majú rôzne biochemické vlastnosti, ktoré sú niekedy až antagonistické, zdravotný účinok vody nemôže byť podmienený len ich sumárnou koncentráciou – tvrdosťou vody. Týmto pojmom sú však potom obidvom prvkom pripisované (zrejme nie práve najvhodnejšie) rovnaké chemické, ale aj biologické vlastnosti. Treba povedať, že vplyvy tvrdosti vody sa vo väčšine prípadov nedotýkajú koncentrácií oboch katiónov, no len jedného z nich. Dôležité však je, že prispievať k negatívnym, resp. pozitívnym vplyvom na ľudské zdravie môžu aj ďalšie prvky prítomné vo vode, ako napr. Na, K, Al, Fe či podľa novších výskumov aj Si. Táto skutočnosť nás viedla k návrhu diskriminačného kritéria vhodnosti geochemického prostredia pokiaľ ide o jeho potenciálny vplyv na výskyt, resp. úmrtnosť na KVO, a to pri použití širšej škály prvkov než je suma koncentrácií Ca a Mg (tvrdosť vody). Spočiatku sa pracovalo so štyrmi prvkami (Ca, Mg, Na a K) a SiO_2 . Zohľadňovali sa rôzne aspekty, ako napr. protónové číslo prvku alebo to, či z aspektu jeho biochemického účinku je prvok intracelulárny alebo extracelulárny. Predbežne najlepšie výsledky na rozlíšenie vhodnosti geochemického prostredia vo vzťahu k AKS však poskytol jednoduchý vzorec – index geochemického prostredia (I_{GP}); (Khun 2015):

$$I_{GP} = \frac{Ca + Mg}{SiO_2}.$$

Obsahy Na^+ a K^+ v podzemných vodách sa zatiaľ pre interpretácie nepoužili, budú predmetom ďalších výskumov.

Vápnik je extracelulárny ión a vo voľnej ionizovanej forme je koncentračne v podstate zanedbateľný oproti jeho viazanej forme a práve tieto Ca^{2+} ióny sú dôležité pre mnohé fyziologické pochody v ľudskom tele. Telo dospelého človeka obsahuje viac ako 1 000 g (spravidla asi 1200 g) vápnika (Melicherčík a Melicherčíková 2010). V podzemných vodách prevláda jednoduchá forma výskytu Ca^{2+} . Vyššie koncentrácie sú podmienené dostatočnou koncentráciou CO_2 (karbonátová rovnováha). Nariadenie vlády SR č. 496/2010 Z. z. určuje ako limitnú hodnotu (odporúčaná hodnota) koncentráciu vápenatých iónov Ca^{2+} v pitnej vode $> 30 \text{ mg.l}^{-1}$.

Horčík patrí medzi biogénne prvky a bez neho nemôže byť človek zdravý. Zúčastňuje sa takmer všetkých životne dôležitých procesov. V tele dospelého človeka sa nachádza 25 – 30 g horčíka. Horčík je intracelulárny katión (Melicherčík a Melicherčíková 2010). Horčík je v podzemných vodách zastúpený menej ako vápnik, pomer Ca k Mg kolíše od 4:1 do 1:2. (Rapant et al. 1996). Nariadenie vlády SR č. 496/2010 Z. z. určuje ako limitnú hodnotu (odporúčaná hodnota) koncentráciu horečnatých iónov Mg^{2+} v pitnej vode v rozmedzí 10,0 až 30,0 mg.l^{-1} , medzná hodnota je 125 mg.l^{-1} .

Kremík má významnú úlohu pri tvorbe kostného matrixu a mineralizácii kostí, týmto podporuje rast. Ďalej má funkciu pri elasticite kože, svalov a cievnych stien. Cievny sú elastickejšie, čím sa zabráňuje vzniku trhlín a tepny potom znášajú vyššie

hladiny lipidov (cholesterolu) a teda kremík má pozitívny vplyv na srdce. Údaje o obsahu Si v ľudskom tele sa značne líšia – od 1,4g po 260 mg.kg⁻¹ (Li 2000), starnutím sa obsah Si v ľudskom organizme znižuje (Melicherčík a Melicherčíková 2010). V prírodných vodách sa Si vyskytuje hlavne vo forme slabej kyseliny ortokremičitej Si(OH)₄, ak je pH pod 9, Si sa vyskytuje prevažne v rozpustenej forme (Fľaková et al. 2010). Primárny zdroj Si vo vodách závisí od okolitej geologickej stavby, zúčastňuje sa na ňom najmä hydrolytický rozklad alumosilikátov.

Vypočítané hodnoty I_{GP} sa použili ako diskriminačné kritérium vhodnosti geochemického prostredia z aspektu AKS v mapovej forme pre BSK, ako aj na porovnanie s celou SR, a to v kategóriách okresov a jednotlivých obcí. Korelačnou analýzou sa zisťovala miera závislosti I_{GP} a zdravotného indikátora AKS. Ako korelačné koeficienty sa počítali Pearsonove korelačné koeficienty r v Microsoft Office Excel 2007 podľa vzorca:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}},$$

kde x predstavuje hodnoty I_{GP} a y predstavuje hodnoty ŠMÚ na AKS na 1 000 obyvateľov.

Pre umelo vytvorené súbory okresov SR a obce BSK bolo rozdelenie početností normálne, pri ostatných súboroch sa viac-menej k tomuto rozdeleniu blížilo, resp. bolo lognormálne. Spearmanove koeficienty poradovej korelácie sa nepoužili, pretože by sa mali využívať len pri súboroch s malými rozsahmi a čo je podstatné, tu sa uvažuje len o korelácii poradí, ktorá spočíva v nahradení jednotlivých hodnôt oboch premenných poradovými číslami. Teda nemožno usudzovať na koreláciu pôvodných hodnôt x a y , ale len na koreláciu ich poradí (Cyhelský 1981). Testovanie štatistickej významnosti vypočítaných korelačných koeficientov r pre I_{GP}/AKS ako aj pre Ca/AKS, Mg/AKS a SiO₂/AKS pre okresy a obce sa vykonalo pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Postupovalo sa tak, že pre vypočítaný koeficient korelácie r pri zvolenej hladine významnosti $\alpha = 0,05$ sme porovnávali jeho p-value (p-hodnota) s hladinou významnosti. Ak bola p-hodnota menšia ako 0,05, považujeme existenciu vzťahu medzi premennými na hladine významnosti 0,05 za preukázanú.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základné údaje, z ktorých sa počítal navrhnutý I_{GP} z aspektu jeho vplyvu na zdravotný indikátor AKS, jeho hodnoty I_{GP} a zdravotný indikátor AKS pre BSK, sú v tab. 1. Na základe rozpätia vypočítaných hodnôt I_{GP} v BSK, ale aj so zohľadnením celej SR, bol stanovený diskriminačný prah pre vhodnosť príslušného geochemického prostredia vo vzťahu ku KVO (zatiaľ len AKS) na I_{GP} = 4. Teda vypočítané hodnoty I_{GP} < 4 predstavujú prostredie menej vhodné z hľadiska jeho potenciálneho vplyvu na KVO, konkrétne tu na AKS. Naopak, hodnoty I_{GP} ≥ 4 predstavujú vhodnejšie prostredie z aspektu zdravotného pre dané ochorenie – čím vyššia hodnota I_{GP}, tým vhodnejšie prostredie. Ako vyplýva z tab. 1, geochemické prostredie BSK patrí do tej lepšej časti SR, všetky hodnoty I_{GP} sú vyššie ako 4, ako najvhodnejšie prostredia vychádzajú Bratislava II a V. K diskriminačnému prahu sa však

blíži najmä Bratislava III ($I_{GP} = 4,58$), menšou mierou okres Pezinok ($I_{GP} = 6,08$). Situáciu znázorňuje obr. 2 (časť A).

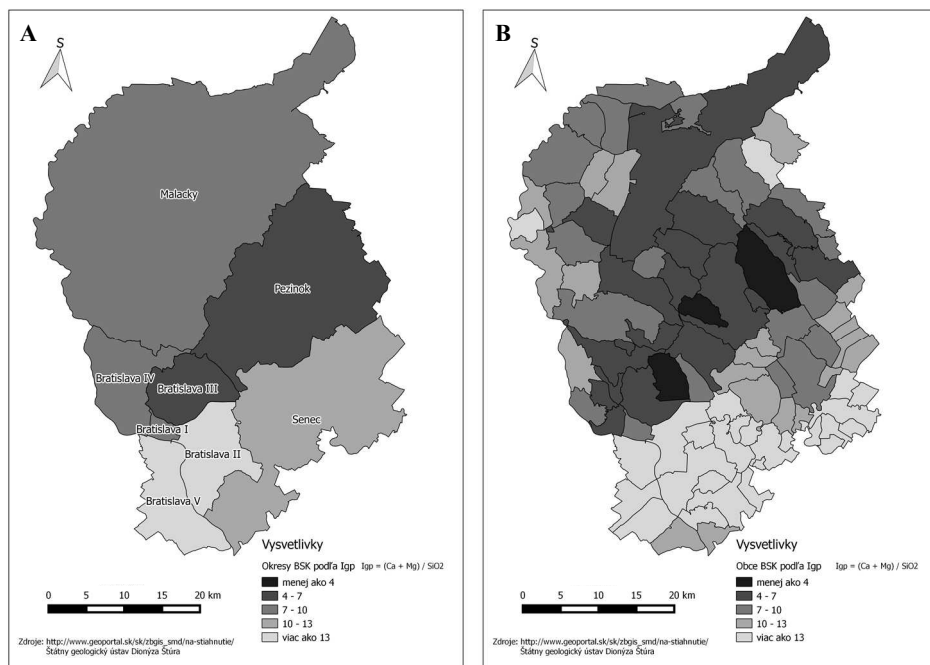
Tab. 1. Obsah vybraných prvkov v podzemnej vode, priamo štandardizovaná miera úmrtnosti podľa veku (ŠMÚ) na akútny koronárny syndróm (AKS) za obdobie 2003 – 2012 a I_{GP} v okresoch BSK

Okresy BSK	Obsah prvkov v podzemnej vode (mg/l)			ŠMÚ na AKS na 1 000 obyvateľov	I_{GP}
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SiO ₂		
Bratislava I	101,57	29,25	13,48	2,23	9,70
Bratislava II	111,83	29,42	9,14	2,11	15,45
Bratislava III	85,96	25,42	24,34	1,96	4,58
Bratislava IV	115,23	27,94	19,56	1,95	7,31
Bratislava V	99,81	28,89	8,80	1,94	14,62
Malacky	95,50	22,94	15,39	2,05	7,69
Pezinok	87,92	36,92	20,54	1,77	6,08
Senec	113,06	47,78	18,82	2,04	12,55

Zdroje údajov: podzemné vody Geofond Bratislava; zdravotné indikátory Národné centrum zdravotníckych informácií. Vysvetlivky: $I_{GP} = \text{Ca+Mg/SiO}_2$

Ako vyplýva z obr. 2 (časť A), aplikované indexy rozdelili oblasť BSK v podstate na tri pásma. Z pohľadu medicínskej geografie je zaujímavé územie okresov Bratislava III (Rača) a Pezinok s I_{GP} do 7, teda prostredie zdravotne najmenej vhodné vo vzťahu ku KVO. Tu sa možno zamerať na geomorfologické faktory (v tomto príspevku na reliéf), ktoré sú oproti ostatným regiónom BSK rozdielne. Vplyv reliéfu na ostatné prvky prírodného prostredia a ľudského zdravia je výsledkom značného prekrývajú sa charakteristikami reliéfu a geografickým rozdelením, najmä v morfológicky viac vyvinutých oblastiach. V oblastiach členitého reliéfu je kvartérna pokrývka obvykle tenšia a údolia riek sú úplne alebo vo veľkej miere v kontakte s rôznymi podložnými horninami. Toto má za následok zahrnutie chemických prvkov, ktoré tieto horniny obsahujú, do recentnej migrácie a takéto prvky majú potom zásadný vplyv na geochemickú krajinu a následne aj na zdravie tam žijúcej populácie. Toto môže byť aj prípad vyčleneného územia Bratislava – Rača – Pezinok, pretože práve tu sú interpretované najmenšie hrúbky kvartérnych sedimentov do 10 m. Ide o územie na styku Podunajskej nížiny a Malých Karpát, ktoré je výrazne tektonicky ohraničené malokarpatskými dislokáciami. V dôsledku tejto malej hrúbky kvartéru okresy Bratislava III a Pezinok majú najvyššie priemerné obsahy SiO₂ v podzemných vodách BSK (24,34 a 20,54 mg.l⁻¹ – tab. 1), čo zodpovedá silikátogénnemu typu mineralizácie vôd. Zaujímavé je však to, že okres Pezinok má najnižšiu mieru úmrtnosti (1,77) a okres Bratislava III taktiež patrí k tým s nižšou mierou úmrtnosti na AKS v sledovanom samosprávnom kraji (1,96). Na druhej strane okres Bratislava V s rovinatým typom reliéfu (Podunajská rovina s nižšou nadmorskou výškou) má druhú najnižšiu úmrtnosť v okresoch BSK na sledované ochorenie (1,94) s najnižším priemerným obsahom SiO₂ 8,8 mg.l⁻¹ v podzemných vodách a súčasne druhý najvyšší index vhodnosti prostredia pre okresy BSK I_{GP} 14,62 (tab. 1). Z týchto predbežných výsledkov nemožno zatiaľ

určiť kauzálne vzťahy morfológických parametrov a úmrtnosti na AKS z aspektu medicínskej geografie.



Obr. 2. Priestorová distribúcia indexov vhodnosti geochemického prostredia vo vzťahu k akútnemu koronárnemu syndrómu

A – pre okresy Bratislavského samosprávneho kraja, B – pre obce Bratislavského samosprávneho kraja

Vyčlenené pásma na obr. 2 (časť B) možno dať do súvisu so zdrojom podzemných vôd a ako už bolo uvedené, sú úzko spojené s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia, v ktorom sa formujú. Smerom z J na S je to oblasť Žitného ostrova a pravobrežia Dunaja (I_{GP} vyššie ako 10), oblasť Malých Karpát (najnižšie I_{GP} v rozmedzí 4 a 7) a oblasť priľahlej Záhorskej nížiny (I_{GP} medzi 7 – 10). Chemické zloženie podzemnej vody v oblasti Žitného ostrova a pravobrežia Dunaja závisí najmä od iniciálneho zloženia vody Dunaja a priebehu geochemických procesov, ako aj ďalších faktorov – miery vápnitosti kvartérnych sedimentov atď. (Benková 2005 in Kordík et al. 2012). V oblasti Malých Karpát a priľahlej Záhorskej nížiny sú podzemné vody viazané na horninové prostredie kryštalika, neogénne sedimenty a fluválne sedimenty. Z pohľadu zamerania tohto príspevku je zaujímavá oblasť Malých Karpát, kde boli vypočítané najnižšie I_{GP} v Bratislavskom samosprávnom kraji v rozmedzí 4 – 7. Podrobnejšie to možno sledovať na obr. 2 (časť B), kde sú vypočítané I_{GP} aplikované na obce BSK. Tu možno vidieť, že v spomínanom pruhu (Malé Karpaty) dokonca v obciach Rača, Limbach a Modra I_{GP} majú hodnoty nižšie ako 4. Tu sa zrejme najviac prejavuje vplyv horninového prostredia, ktoré formovalo chemické zloženie dotknutých pod-

zemných vôd. Ide väčšinou o silikátogénne vody s vyššími obsahmi SiO_2 , ktorý ako bude pertraktované nižšie, má signifikantný význam pre vhodnosť geochemického prostredia z aspektu AKS.

V tab. 2 sú porovnané okresy BSK s niektorými ďalšími okresmi SR podľa I_{GP} , a to s najvhodnejším prostredím, ako aj s najmenej vhodným prostredím. Medzi geochemické prostredia s potenciálne pozitívnym vplyvom na výskyt AKS medzi okresy BSK možno zaradiť napr. okresy Šaľa a Senec. Naopak, v SR najhoršie z tohto hľadiska vychádzajú okresy Banská Štiavnica, Krupina, Detva a Zvolen. Tým sa potvrdzuje publikované zistenie Rapanta et al. (2014), že najmenej vhodným horninovým prostredím, pokiaľ ide o vplyv na KVO na Slovensku, sú neovulkanity.

Detailnejšie to možno dokumentovať pre obce SR, kde sa zreteľne vyčleňujú stredoslovenské neovulkanity a na východe pohoria Slanské vrchy a Vihorlat, a kde je zrejme aj ďalšie rozšírenie negatívneho vplyvu silikátových hornín do kryštalinika (granity a granodiority), staršieho paleozoika (fylity, vulkanity a amfibolity), kde všade sa môže v podzemných vodách prejavovať vplyv SiO_2 na AKS. Zaujímavé je i rozšírenie do karbonatického mezozoika a bazálneho paleogénu na severe, kde však napriek zastúpeniu karbonátov geochemické prostredie nemalo až taký významný vplyv na KVO (Rapant et al. 2014 a Sípóš 2014). Teda aj hodnoty I_{GP} potvrdzujú, že Ca, Mg a SiO_2 v podzemných vodách sú relevantné z hľadiska ich vplyvu na KVO populácie Slovenska.

Tab. 2. Porovnanie okresov BSK s vybranými okresmi SR z aspektu vhodného, resp. menej vhodného geochemického prostredia I_{GP} a ŠMÚ na AKS

Okres	I_{GP}	ŠMÚ na AKS na 1 000 obyvateľov
Bratislava II	15,45	2,11
Bratislava V	14,62	1,94
Šaľa	13,44	3,45
Senec	12,55	2,04
Bratislava I	9,70	2,23
Malacky	7,69	2,05
Bratislava IV	7,31	1,95
Pezinok	6,08	1,77
Bratislava III	4,45	1,96
Banská Štiavnica	1,36	5,11
Krupina	1,29	5,35
Zvolen	0,89	3,65
Detva	0,89	3,52

Výsledky korelačnej analýzy pre okresy a obce SR (2 895 obcí – do analýzy neboli započítané obce a vojenské obvody bez úmrtnia na AKS) sú uvedené v tab. 3. Vypočítané korelačné koeficienty pre BSK neboli štatisticky významné a preto nie sú uvedené. Príčinou by pravdepodobne mohli byť pestré geologické pomery na relatívne malom území (BSK je najmenší z krajov na Slovensku) ovplyvňujúce zloženie podzemných vôd. Indexy vhodnosti geochemického prostredia I_{GP} sú na území BSK zastúpené dokonca vo všetkých kategóriách (obr. 2, časť B). Vo všetkých prípadoch bola zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$, Z korelačnej analýzy a testovania významnosti korelačných koeficientov vyplynulo, že u všetkých sledo-

vaných vzťahov pre okresy a obce SR sa preukázala závislosť, ktorej tesnosť vyjadrujú korelačné koeficienty. Tak napr. korelačný koeficient pre I_{GP}/AKS v okresoch SR má hodnotu -0,30 a to pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Pri testovaní jeho významnosti je p-hodnota = 0,008, čo je menšie ako hladina významnosti $\alpha = 0,05$, teda existenciu vzťahu medzi I_{GP} a AKS považujeme na stanovenej hladine významnosti za preukázanú.

Z vypočítaných korelačných koeficientov pre sledované zložky podzemných vôd sú prekvapením kladné koeficienty SiO_2/AKS (čím viac SiO_2 , tým vyššia úmrtnosť na AKS). V literatúre sa vo veľkej väčšine uvádza inverzný vzťah medzi obsahom kremíka v stenách ciev a stupňom aterosklerózy. Napr. Linder (1988) uvádza, že distribúcia kremíka (resp. jeho najbežnejšej formy vo vode $Si(OH)_4$ – kyselina tetrahydrogénkremičitá) v pitnej vode redukuje celkové množstvo tukov v plazme. Vo Fínsku bol študovaný vzťah medzi príjmom Si a kardiovaskulárnymi ochoreniami – incidencia kardiovaskulárnych chorôb bola o polovicu nižšia, ak sa úrovne obsahov Si v pitnej vode zdvojnásobili a naopak, incidencia sa zvýšila, keď úroveň obsahov Si v pitnej vode poklesla (Schwartz et al. 1977). Tieto pozorovania sa však vykonali bez ohľadu na ďalšie kardiovaskulárne riziká, ako sú tuky a príjem alkoholu, fajčenie atď. Dokonca aj všeobecne pertraktovaná skutočnosť, že príjem tvrdej vody znižuje výskyt aterosklerotických symptómov, možno dať do súvisu s prítomnosťou kremíka (Perez-Granados a Vaquero 2002). Priaznivý účinok kremíka na srdce potvrdzujú aj výskumy v Anglicku, USA a vo Fínsku, ktoré zhodne udávajú, že obsah SiO_2 v pitnej vode okolo 17 mg.l^{-1} má pozitívny vplyv na nižší výskyt a úmrtnosť na KVO v týchto oblastiach oproti oblastiam s nižšou koncentráciou Si (Melicherčík a Melicherčíková 2010). V podzemných vodách BSK a celého Slovenska obsahy SiO_2 takýto vplyv nemajú. Zdá sa, že kremík je významným prvkom v podzemných vodách s negatívnym vplyvom na kardiovaskulárne (a možno aj iné) ochorenia. Pravdepodobne jeho pozitívny vplyv na obmedzenie výskytu týchto chorôb je len v určitom rozmedzí jeho obsahu vo vode. Možno aj preto WHO odporúča obmedziť koncentráciu SiO_2 v pitnej vode na 15 mg.l^{-1} (Rapant et al. 1996). Podporuje to aj vyššie uvedený údaj koncentrácie SiO_2 17 mg.l^{-1} v pitnej vode.

Tab. 3. Korelačné koeficienty I_{GP}/AKS , Ca/AKS , Mg/AKS a SiO_2/AKS pre okresy a obce SR, ako aj údaje pre testovanie významnosti vypočítaných korelačných koeficientov

	$\alpha = 0,05$	I_{GP} / AKS	Ca/AKS	Mg/AKS	SiO_2/AKS
79 okresov SR	r	-0,300	-0,320	-0,3900	0,220
	p-hodnota	0,008	0,004	0,0004	0,049
2 895 obcí SR	r	-0,140	-0,110	-0,1900	0,080
	p-hodnota	4,72E-14	3,62E-09	2,26E-24	1,29E-05

r = korelačný koeficient

ZÁVER

Cieľom tohto príspevku bol návrh indexu vhodnosti geochemického prostredia I_{GP} a hodnotenie jeho vzťahu ku kardiovaskulárnym ochoreniam (KVO), konkrétne k akútnemu koronárnemu syndrómu (AKS). Diskutuje sa aj o potenciálnom vplyve

reliéfu na zdravotný stav populácie v okresoch Bratislava III a Pezinok pri porovnaní s okresom Bratislava V. Ako geochemické médium boli použité obsahy esenciálnych prvkov v podzemných vodách Slovenska so zreteľom na BSK. Z pôvodne zamýšľaných štyroch prvkov Ca, Mg, Na a K a SiO_2 najvhodnejšie výsledky poskytl Ca, Mg a SiO_2 . Z uvedeného dôvodu sa s Na a K ďalej nepracovalo. Môžu však byť využité pri ďalších spracovaniach. Bol teda navrhnutý I_{GP} ako súčet obsahov Ca a Mg normovaný na SiO_2 v podzemných vodách a stanovila sa jeho prahová hodnota na 4. Hodnoty $I_{\text{GP}} < 4$ indikovali menej vhodné geochemické prostredie vo vzťahu k AKS, hodnoty ≥ 4 prostredie vhodnejšie. Priemerné hodnoty pre okresy BSK nespádali do kategórie $I_{\text{GP}} < 4$, avšak obce Rača, Limbach a Modra do tejto kategórie už spadali a zrejme sa prejavil silikátogénny charakter podzemných vôd Malých Karpát.

Z korelačnej analýzy a testovania významnosti korelačných koeficientov vyplynulo, že v súboroch okresov a obcí SR sa preukázala závislosť, ktorej mieru tesnosti vyjadrovali korelačné koeficienty. Pri okresoch a obciach BSK to tak nebolo, pravdepodobne zo spomínaných dôvodov.

Vypočítané kladné korelácie SiO_2 s AKS vnášajú nový pohľad na jeho funkciu a vplyv na KVO. Vo všeobecnosti sa v literatúre uvádza len jeho pozitívny vplyv na srdcové choroby, ako aj jeho iné funkcie v ľudskom organizme (najmä zdravie kostí). Zdá sa, že v podzemných vodách SR je jeho pozitívny vplyv na KVO obmedzený na určité rozmedzie koncentrácie, pravdepodobne má opodstatnenie limit WHO do $15 \text{ mg.l}^{-1} \text{ SiO}_2$. V podzemných vodách SR zrejme bude potrebné prehodnotiť jeho význam pri posudzovaní vplyvu na KVO a možno bude vhodné kremík presunúť z kategórie indikatívnych prvkov do kategórie kauzálnych prvkov.

Aj keď bola preukázaná štatistická významnosť niektorých korelačných vzťahov, nemožno zabúdať na skutočnosť, že životné prostredie vplýva na zdravotný stav obyvateľstva len cca 10 až 20-percentným podielom (Prüss-Üstün a Corvalán 2006). Preto je potrebné pristupovať k tejto problematike komplexne bez vylúčenia ďalších faktorov, ktoré vplývajú na KVO. Bude teda zrejme potrebné zamyslieť sa nad týmito faktormi vplyvujúcimi na KVO a tým, samozrejme, aj na strednú dĺžku života.

Príspevok predstavuje prvé priblíženie k danej problematike pre BSK a SR a bude potrebný ďalší detailnejší výskum na spoľahlivé potvrdenia kauzálnych vzťahov.

Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre dopytovo-orientovaný projekt: Univerzitný vedecký park Univerzity Komenského v Bratislave, ITMS 26240220086 spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

- BADA, V. (2011). Nefarmakologické možnosti ovplyvnenia liečby a prevencie vysokého tlaku. *Via Practica*, 8, 202-205.
- COMSTOCK, G. W. (1979). Water hardness and cardiovascular diseases. *American Journal of Epidemiology*, 110, 375-400.
- CRAWFORD, M. D., GARDNER, M. J., MORRIS, J. N. (1971). Changes in water hardness and local death-rates. *Lancet*, 2, 327-329.
- CYHELSKÝ, L. (1981). *Úvod do teórie štatistiky*. Praha (SNTL).

- FLAKOVÁ, R., ŽENIŠOVÁ, Z., SEMAN, M. (2010). *Chemická analýza vody v hydrogeológii*. Bratislava (Slovenská asociácia hydrogeológov).
- KÁŽMÉR, L., KRIZAN, F. (2010). Priestorové rozšírenie mortality mužov na rakovinu prostaty na úrovni okresov SR v rokoch 1996–2007. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 54, 101-118.
- KHUN, M. (1998). Medicínska geochémia. In Ďurža, O., ed. *Environmentálna geochémia*. Bratislava (Prírodovedecká fakulta UK a Geologická služba SR), pp. 20-22.
- KHUN, M. (2015). *Dátové a medicínsko-geochemické profily niektorých esenciálnych a potenciálne toxických stopových prvkov*. Manuskript. Interný materiál projektu UVP UK, ITMS 26240220086 Aktivita 2. 5 Enviro-medicína pre 21. storočie – geografický info-systém a environmentálne zdravie. Bratislava (Univerzita Komenského v Bratislave).
- KHUN, M., MÉRES, Š. (2015). Geochémia čiernych bridlíc perneckej a pezinskej skupiny Malých Karpát – index kovonosnosti a možnosti jeho využitia. *Mineralia Slovaca*, 47, 211-222.
- KLINDA, J., LIESKOVSKÁ, Z., et al. (2010). *Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky 2010*. Bratislava (MŽP). [Online]. Dostupné na: <http://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/2010-sprava.pdf> [cit: 22-05-2016].
- KOBAYASHI, J. (1957). On geographical relations between the chemical nature of river water and death-rate from apoplexy. *Berichte des Ohara Institute für Landwirtschaftliche Biologie*, 11, 12-21. [Online]. Dostupné na: <http://www.mgwater.com/story.shtml> [cit: 22-05-2016].
- KORDÍK, J., MICHÁLKO, J., BODIŠ, D., FAJČÍKOVÁ, K., BOTTLIK, F., ČERNÁK, R. (2012). Charakteristika chemického zloženia a kvality podzemných vôd Bratislavského samosprávneho kraja z pohľadu vyhľadávania strategických zdrojov pitných vôd. *Podzemná voda*, 18, 75-88.
- KOUSA, A., MOLTCHANOVA, E., VIIK-KAJANDER, M., RYTKONEN, M., TUOMILEHTO, J., TARVAINEN, T., KARVONEN, M. (2004). Geochemistry of groundwater and the incidence of acute myocardial infarction in Finland. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 58, 136-139. [Online]. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1732675/pdf/v058p00136.pdf> [cit: 24-05-2016].
- KOUSA, A., HAVULINNA, A. S., MOLTCHANOVA, E., TASKINEN, O., NIKKARINEN, M., ERIKSSON, J., KARVONEN, M. (2006). Calcium: magnesium ratio in local groundwater and incidence of acute myocardial infarction among males in rural Finland. *Environmental Health Perspectives*, 114, 730-734. [Online]. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1459927/pdf/ehp0114-000730.pdf> [cit: 24-5-2016].
- KOUSA, A., HAVULINNA, A. S., MOLTCHANOVA, E., TASKINEN, O., NIKKARINEN, M., SALOMAA, V., KARVONEN, M. (2008). Magnesium in well water and the spatial variation of acute myocardial infarction incidence in rural Finland. *Applied Geochemistry*, 23, 632-640. [Online]. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292707003113> [cit. 26-5-2016].
- KOVÁČ, M. (2000). *Geodynamický, paleogeografický a štruktúrny vývoj karpatsko-panónskeho regiónu v miocéne: nový pohľad na neogénne panvy Slovenska*. Bratislava (Veda).
- KRAJČÍR, A. (1970). Vývoj a súčasný stav medicínskej geografie. *Geografický časopis*, 22, 51-65.
- KRAJČÍR, A. (1971). Teoretická problematika medicínskej geografie. *Geografický časopis*, 23, 339-353.
- KRAJČÍR, A. (1972). Tick-borne encephalitis and its distribution in Slovakia. *Geografický časopis*, 24, 128-134.
- KRAJČÍR, A. (1978). Medikogeografický pohľad na rozšírenie infekčných a parazitárných ochorení na Slovensku na báze mortality. *Geografický časopis*, 30, 313-330.

- KRAJČÍR, A. (1989). Rozšírenie kliešťovej encefalitídy na Západnom Slovensku vo vzťahu k vybraným geografickým prvkom. *Geografický časopis*, 41, 48-70.
- KRAJČÍR, A. (1991). Rozšírenie kliešťovej encefalitídy na Západnom Slovensku. *Geografický časopis*, 43, 203-214.
- KRAJČÍR, A. (1994). Distribution of selected diseases of the circulatory system in the Upper Nitra region in 1986-1990. *Geografický časopis*, 46, 199-158.
- LAG, J. (1992). From teoretical investigations on soil formation to appliable results for plant production and geomedicine. *Postępy Nauk Rolniczych*, 4/239, 53-65.
- LAKE, I. R., SWIFT, L., CATLING L. A., ABUBAKAR, I., SABEL, C. E., HUNTER P. R. (2010). Effect of water hardness on cardiovascular mortality: an ecological time series approach. *Journal of Public Health*, 32, 479-487. [Online]. Dostupné na: <http://jpubhealth.oxfordjournals.org/content/32/4/479.full.pdf+html> [cit: 28-06-2016].
- LEURS, L. J., SCHOUTEN, L. J., MONS, M. N., GOLDBOEHM, R. A., BRANDT, P. A. (2010). Relationship between tap water hardness, magnesium, and calcium concentration and mortality due to ischemic heart disease or stroke in the Netherlands. *Environmental Health Perspectives*, 118, 414-420. [Online]. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2854772/pdf/ehp-118-414.pdf> [cit:27-06-2016].
- LI, Y. (2000). *A compendium of geochemistry: from solar nebula to the human brain*. New Jersey (Princeton University Press).
- LINDER, M. C. (1988). *Nutrición: aspectos bioquímicos, metabólicos y clínicos*. Pamplona (Universidad de Navarra).
- MAHESWARAN, R., MORRIS, S., FALCONER, S., GROSSINHO, A., PERRY, I., WAKEFIELD, J., ELLIOT, P. (1999). Magnesium in drinking water supplies and mortality from acute myocardial infarction in northwest England. *Heart*, 82, 455-460. [Online]. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1760296/pdf/v082p00455.pdf> [cit: 27-06-2016].
- MAY, J. M. (1950) Medical geography: its methods and objectives. *Geographical Review*, 40, 9-41.
- MEADE, M. S., EMCH, M. (2010). *Medical geography*. New York (Giuldorf Press).
- MELICHERČÍK, M., MELICHERČÍKOVÁ, D. (2010). *Vplyv prostredia a účinky látok na ľudský organizmus*. Banská Bystrica (Univerzita Mateja Bela).
- MERTZ, W. (1998). Review of the scientific basis for establishing the essentiality of trace elements. *Biological Trace Element Research*, 66, 185-191.
- MICHÁLKO, J., BODIŠ, D., BOTTLIK, F., CVEČKOVÁ, V., ČECH, P., ČERNÁK, R., FAJČÍKOVÁ, K., FORDINÁL, K., GREGOR, M., GROLMUSOVÁ, Z., HARČOVÁ, E., KLUKANOVÁ, A., KORDÍK, J., KOVÁČOVÁ, E., KRÁČ, J., MACKOVÝCH, D., MALÍK, P., SLANINKA, I., TÓTHOVÁ, K., VEIS, P. (2012). *Ekotechnológia vyhľadania a hodnotenia náhradných zdrojov pitných podzemných vôd, pilotné územia BSK*. [Online]. Dostupné na: <http://www.geology.sk/nahradnezdrojevody> [cit. 20-08-2015].
- MICHÁLKO, J., BODIŠ, D., MALÍK, P., KORDÍK, J., FAJČÍKOVÁ, K., GROLMUSOVÁ, K., VEIS, P. (2011). Potenciálne zdroje strategických množstiev podzemnej vody v Bratislavskom samosprávnom kraji. *Mineralia Slovaca*, 43, 449-462.
- MŽP SR (2015). *Plán rozvoja verejných vodovodov a verejných kanalizácií pre územie SR Príloha 1 – Hodnotenie zásobovanosti VV podľa okresov*. [Online]. Dostupné na: <http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/koncepcne-aplanovacie-dokumenty/plan-rozvoja-verejnych-vodovodov-verejnych-kanalizacii-uzemie-sr.html> [cit: 20-05-2016].
- MLADEK, J. (2011). Zdravie človeka ako predmet vedeckého poznávania medicínskej geografie. *Forum Statisticum Slovaca*, 7, 102-107.
- MONARCA, S., DONATO, F., ZERBINI, I., CALDERON, R. L., CRAUN, G. F. (2006). Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 13, 495-506. [Online]. Dostupné na: <http://cpr.sagepub.com/content/13/4/495.full.pdf+html> [cit.20-08-2016].

- PEREZ-GRANADOS, A. M., VAQUERO, P. (2002). Silicon, aluminium, arsenic and lithium: essentiality and human health implications. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 6, 154-162.
- POLÁK, M., PLAŠIENKA, D., KOHÚT, M., PUTIŠ, M., BEZÁK, V., MAGLAY, J., OLŠAVSKÝ, M., HAVRILA, M., BUČEK, S., ELEČKO, M., FORDINÁL, K., NAGY, A., HRAŠKO, Ľ., NÉMETH, Z., LIŠČÁK, P., SLAVKAY, M., KUBEŠ, P. (2011). *Výskytlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty v mierke 1:50 000*. Bratislava (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra).
- PRÜSS-ÜSTÜN, A., CORVALÁN, C. (2006). *Preventing disease through healthy environments: Towards an estimate of the environmental burden of disease*. Geneva (WHO).
- POURSAFA, P., KELISHADI, R., AMIN, M. M., HASHEMI, M., AMIN, M. (2014). First report on the association of drinking water hardness and endothelial function in children and adolescents. *Archives of Medical Science*, 10, 746-751. [Online]. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4175776/pdf/AMS-10-23426.pdf> [cit: 25-06-2016].
- RAPANT, S., VRANA, K., BODIŠ, D. (1996). *Geochemický atlas SR, časť I.: Podzemné vody*. Bratislava (Geologická služba Slovenskej Republiky).
- RAPANT, S., CVEČKOVÁ, V., DIETZOVÁ, Z., FAJČÍKOVÁ, K., HILLER, E., FINKELMAN, R. B., ŠKULTĚTYOVÁ, S. (2014). The potential impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*, 36, 543-561.
- RAPANT, S., FAJČÍKOVÁ, K., CVEČKOVÁ, V., ĐURŽA, A., STEHLÍKOVÁ, B., SEDLÁKOVÁ, D., ŽENISOVÁ, Z. (2015). Chemical composition of groundwater and relative mortality for cardiovascular diseases in the Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*, 37, 745-756. [Online]. Dostupné na: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10653-015-9700-5> [cit: 25-06-2016].
- RUBENOWITZ, E., AXELSSON, G., RYLANDER, R. (1996). Magnesium in drinking water and death from acute myocardial infarction. *American Journal of Epidemiology*, 143, 456-462. [Online]. Dostupné na: <http://aje.oxfordjournals.org/content/143/5/456.long> [cit: 25-06-2016].
- RUBENOWITZ, E., AXELSSON, G., RYLANDER, R. (1999). Magnesium and calcium in drinking water and death from acute myocardial infarction in women. *Epidemiology*, 10, 31-36. [Online]. Dostupné na: http://journals.lww.com/epidem/Abstract/1999/01000/Magnesium_and_Calcium_in_Drinking_Water_and_Death.7.aspx [cit: 25-06-2016].
- RUBENOWITZ, E., MOLIN, I., AXELSSON, G., RYLANDER, R. (2000). Magnesium in drinking water in relation to morbidity and mortality from acute myocardial infarction. *Epidemiology*, 11, 416-421. [Online]. Dostupné na: http://journals.lww.com/epidem/Fulltext/2000/07000/Magnesium_in_Drinking_Water_in_Relation_to.9.aspx [cit: 25-06-2016].
- RYLANDER, R., BONEVIK, H., RUBENOWITZ, E. (1991). Magnesium and calcium in drinking water and cardiovascular mortality. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 17, 91-94. [Online]. Dostupné na: http://www.sjweh.fi/show_abstract.php?abstract_id=1722 [cit: 15-06-2016].
- SHARRETT, A. R. (1979). The role of chemical constituents of drinking water in cardiovascular diseases. In *Geochemistry of water in relation to cardiovascular disease*. Washington, DC (National Academy of Sciences), pp. 69-81.
- SCHNECK, P. (2005). August Hirsch und die medizinische Geographie: Seine Reise von 1879 in das Wolgagebiet im Spiegel von Tagebuchnotizen und Briefen. In Kant, H., Vogt, A., eds. *Aus Wissenschaftsgeschichte und – theorie*. Berlin (Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte), pp. 33-49.
- SCHWARTZ, K., RICCI, B. A., PUNSAR, S., KARVONEN, M. J. (1977). Inverse relation of silicon in drinking water and atherosclerosis in Finland. *Lancet*, 1, 538-539.

- ŠÍPOS, G. (2014). *Geochemické aspekty kardiovaskulárných ochorení – podzemné vody*. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava.
- ŠAŠINKA, M., NYULASSY, Š., BADALÍK, L. (2003). *Vademecum medici*. Martin (Osveta).
- VALENCIUS, C. B. (2000). Histories of medical geography. *Medical History. Supplement*, 20, 3-28.
- VASS, D., BEGAN, A., GROSS, P., KAHAN, Š., KRYSTEK, I., KÖHLER, E., LEXA, J., NEMČOK, J., RŮŽIČKA, M., VAŠKOVSKÝ, I. (1988). *Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území CSSR, Mapa 1:500 000*. Bratislava (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra).
- VAŠKOVSKÝ, I., KOHŮT, M., NAGY, A., PLAŠIENKA, D., PUTIŠ, M., VAŠKOVSKÁ, E., VOŽÁR, J. (1988). *Geologická mapa Bratislavy a okolia 1:25 000, Atlas máp*. Bratislava (Slovenský geologický úrad a Štátny geologický ústav Dionýza Štúra).
- VILINOVÁ, K. (2012). Priestorové rozšírenie mortality na nádory v Nitrianskom samosprávnom kraji (1997 – 2010). *Geographia Cassoviensis*, 6, 176-182.
- VOORS, A. W. (1979). The association of trace elements and cardiovascular diseases: a selected review of positive findings. In *Geochemistry of water in relation to cardiovascular disease*. Washington, DC (National Academy of Sciences), pp. 82-90.
- WHO (2005). *European health report 2005: public health action for healthier children and populations*. Copenhagen (World Health Organization, Regional Office for Europe).
- WHO (2011). *Factsheet: the top ten causes of death*. Factsheet 310. [Online]. Dostupné na: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310_2008.pdf [cit. 2015 08 25].

Vladimír Pelech, Miloslav Khun, Richard Feciskanin, Alexandra Benová, Radoslav Chudý, Tatiana Harciniková, Martin Iring, Miroslav Kožuch, Jerguš Moravčík, Tomáš Schmidt, Hana Stanková, Juraj Vališ, Eva Mičietová

ESSENTIAL ELEMENTS IN GROUNDWATERS AND CARDIOVASCULAR DISEASES AMONG THE POPULATION OF THE BRATISLAVA SELF-GOVERNING REGION FROM THE POINT OF VIEW OF MEDICAL GEOGRAPHY AND MEDICAL GEOCHEMISTRY

Groundwater as an environmental indicator as well as in relation to health indicators has substantial informative value in the SR, since approximately 90% of groundwater stocks are used as drinking water sources (Klinda et al. 2010). Bada (2011) states that in Slovakia cardiovascular diseases account for 53% of all deaths. In this paper we focused on the content of the elements Ca, Mg and Si in groundwaters and their impact on acute coronary syndrome (ACS). The effect of Ca and Mg is widely discussed in many articles, however their positive or negative effect is not clearly demonstrated. One of the new trends is to examine the effect of Si in the groundwaters in the form of SiO₂. The potential relief effects on human health are also being discussed on the regional scale especially the districts Bratislava III and Pezinok which are compared with the district Bratislava V.

An index of geochemical environment suitability (I_{GP}) was proposed, as a sum of the Ca and Mg standardized to SiO₂ content in groundwaters with the threshold set to 4, so that I_{GP} values < 4 indicate less suitable geochemical environments in relation to ACS, while I_{GP} values $\geq$ 4 indicate more suitable environments. The I_{GP} was calculated for municipalities and districts of the SR. The content of each element was determined as a mean zonal statistic. The mean mortality rate of ACS was calculated for municipalities and districts of the SR for the years 2003-2012. Correlation analysis determined the rate of dependency between the I_{GP} and health indicator of ACS. Pearson correlation coefficients r were calculated. Testing of the significance of the calculated correlation coefficients r for I_{GP} /ACS as

well as Ca/ACS, Mg/ACS and SiO₂/ACS for municipalities and districts was carried out at a significance level of $\alpha = 0.05$.

Correlation analysis and testing of significance of correlation coefficients for districts and municipalities showed dependency, with its degree of tightness demonstrated by the correlation coefficients. The calculated positive correlation between SiO₂ and ACS has brought a new insight into the function of SiO₂ and its impact on cardiovascular diseases. In general, the literature mentions only positive impact on heart diseases. However, it appears that in the groundwaters of the SR the positive impact on cardiovascular diseases is limited to a specific concentration range. Probably the WHO limit of 15mg.l⁻¹ SiO₂ is reasonable.

Although the statistical significance of some correlations was demonstrated, we cannot overlook the fact that the environment affects the health of the population on a level of 10-20% (Prüss-Üstün and Carvalán 2006). Therefore it is necessary to approach this issue comprehensively, without excluding other factors affecting cardiovascular diseases. Obviously one has to think about these factors that affect cardiovascular diseases.

The paper is a first approach to these issues in the BSK and SR and will require further and more detailed research for reliable confirmation of causal relationships.