Vplyv chemického zloženia podzemných/pitných vôd na zdravotný stav obyvateľstva SR a návrh limitných hodnôt pre vplyvné prvky

[1]S. Rapant, [1]V. Cvečková, [1]K. Fajčíková, [2]Z., Dietzová,, [3]D. Sedláková, [4]B. Stehlíková

[1] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, Bratislava, stanislav. rapant@geology.sk
[2] Regionálny úrad verejného zdravotníctva, Ipeľská 1, Košice
[3] Kancelária WHO na Slovensku, Limbová 2, Bratislava
[4] PEVŠ, Tomášikova 150/20, Bratislava,

GEOHEALTH

The impact of geological environment on health status of residents of the Slovak Republic.

Úvodné poznámky

ZDRAVOTNÝ STAV ĽUDÍ

50 %	životný štýl
10 – 20 %	úroveň zdravotnej starostlivosti
10 – 20 %	genetické faktory
20 %	životné prostredie

my hľadáme tých 20 %

Za predpokladu, že prvé 3 faktory sú približne rovnaké, životné prostredie, hlavne geologická stavba, chemické zloženie pôd a hlavne chemické zloženie podzemných/pitných vôd majú väčší podiel ako zmienených 20 %, hlavne vo vysoko kontaminovaných a geologicky nepriaznivých oblastiach.

Úvodné poznámky

Tri základné cesty vstupu chemických prvkov do ľudského organizmu

- ✓ INGESCIA (orálna expozícia)
- ✓ INHALÁCIA
- ✓ DERMÁLNY KONTAKT

INGESCIA určite najdôležitejšia

Hodnotíme vo vzťahu k ľudskému zdraviu

PÔDY
PODZEMNÉ/PITNÉ VODY

Úvodné poznámky

PÔDY

ZÁKLAD POTRAVOVÉHO REŤAZCA

- ✓ chemické prvky v pôdach v rôznych formách ~ ich prestup do rastliny, resp. potravového reťazca závisí od bioprístupnosti

- ✓ potrava dnes ~ globálny pôvod
- ✓ rôznorodé chemické prvky
- ✓ chemické prvky sú v potrave pevne viazané (komplexné org. zlúčeniny) a len malá časť chemických prvkov prestupuje do človeka

Úvodné poznámky

PODZEMNÉ/PITNÉ VODY

- ✓ obsahy chemických prvkov limitované v norme pre pitnú vodu
- ✓ klasické kontaminanty – NO_3, As, Hg, Pb, organické polutanty – ***striktne limitované v norme pre pitnú vodu***
- ✓ makroprvky – esenciálne prvky ako Ca, Mg, Na, K, SiO_2 väčšinou ***nelimitované, alebo len ako doporučené hodnoty***
- ✓ chemické prvky sa vyskytujú vo vode v rozpustnej forme a teda sú ***priamo bioprístupné ľudskému organizmu***
- ✓ na rozdiel od potravy (globálnypôvod) ***pije človek rovnakú vodu celý život***, alebo kým sa nepresťahuje
- ✓ dostáva každodenne približne rovnakú dávku chemických prvkov
- ✓ v prípade esenciálnych prvkov sa môže prejaviť ***dlhodobý a kumulatívny deficit/nadbytok***

Materiál

Dáta o chemickom zložení podzemných vôd
ENVIRONMENTÁLNE INDIKÁTORY (EI)

Dáta o zdravotnom stave a demografickom vývoji obyvateľstva
ZDRAVOTNÉ INDIKÁTORY (ZI)

Materiál

ENVIRONMENTÁLNE INDIKÁTORY (EI)

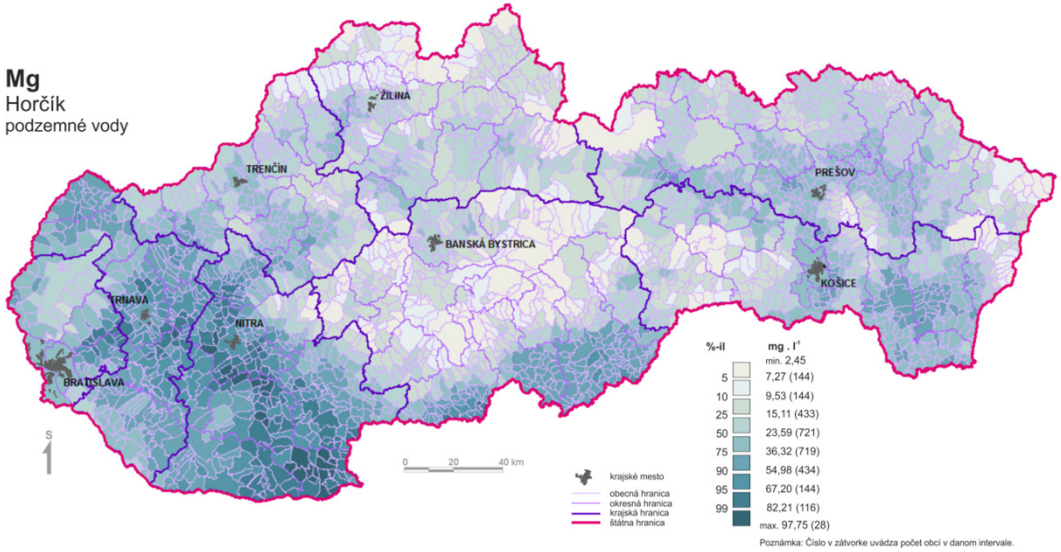
Hodnotené chemické zloženie podzemných vôd a priemerné slovenské obsahy

PODZEMNÉ VODY (n=20339)												
pH	**MIN**	**$CHSK_{Mn}$**	**Ca+Mg**	**Li**	**Na**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Sr**	**Fe**	**Mn**	**NH_4**
7.33	629.75	2.18	3.5	0.019	20.34	11.10	93.56	28.29	0.36	0.17	0.12	0.10
F	**Cl**	**SO_4**	**NO_2**	**NO_3**	**PO_4**	**HCO_3**	**SiO_2**	**Cr**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Cd**
0.13	32.96	79.32	0.11	38.76	0.20	303.85	18.21	0.0013	0.0026	0.2673	0.0019	0.0010
Se	**Pb**	**Hg**	**Ba**	**Al**	**Sb**	**^{222}Rn**	**^{226}Ra**					
.0010	0.0014	0.0001	0.0747	0.0297	0.0009	14.46	0.053					

Chemické zloženie podzemných/pitných vôd - EI

- ✓ spracovaná databáza 20 339 vzoriek podzemných vôd
- ✓ analyzovaná škála – 34 prvkov/parametrov/zložiek
- ✓ údaje sú spracované do formy priemerných obsahov pre každú z hodnotených 2 883 obcí SR
- ✓ výsledky sú spracované v mapovej a databázovej forme pre obce/okresy/VÚC/SR

Distribúcia horčíka v podzemných vodách Slovenskej republiky – obce



Materiál

ZDRAVOTNÉ INDIKÁTORY (ZI)

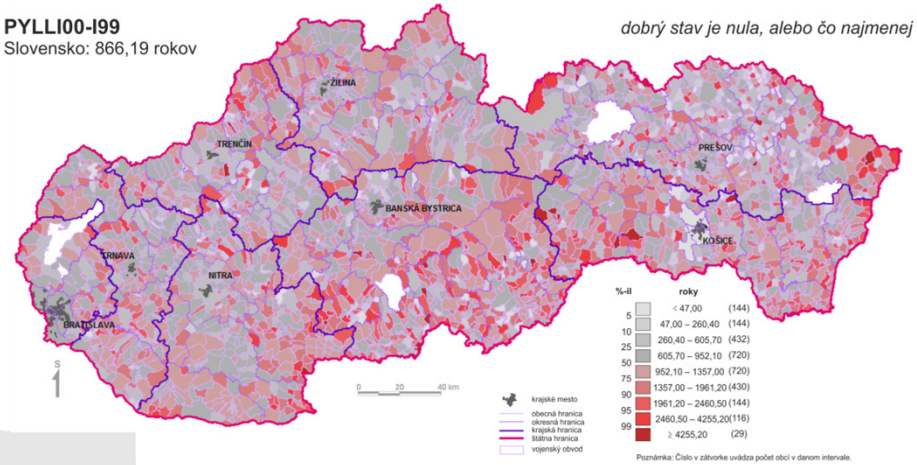
Zdravotný indikátor je premenná, ktorá vyjadruje zdravotný stav ľudí (Last, 2001)

- ✓ zdroj dát – ŠÚ SR
- ✓ hodnotené 10 ročné obdobie (priemer za roky 1994 – 2003)
- ✓ ZI – zostavené na základe MKCH (10. revízia)
- ✓ údaje sú spracované pre každú z 2 883 obcí SR
- ✓ údaje sú spracované v mapovej a databázovej forme

Roky strateného potenciálneho života (PYLL) z úmrtia na obehový systém na 100 000 obyvateľov v Slovenskej republike – obce

PYLLI00-I99
Slovensko: 866,19 rokov

dobrý stav je nula, alebo čo najmenej



5 základných skupín ZI

- Demografické indikátory
- Predčasná úmrtnosť
- Relatívna úmernosť na vybranú príčinu úmrtia
- Štandardizovaná úmrtnosť na vybranú príčinu (19 vekových)
- Potenciálne roky strateného života na vybranú príčinu úmrtia

4 základné skupiny príčin úmrtí

CVD	50 %
OD	25 %
TS	6 – 8 %
DS	5 – 6 %
Spolu cca	85 %

Hodnotené zdravotné indikátory Slovenskej republiky (údaje prepočítané podľa počtu obyvateľov v obciach)

číslo	indikátor	popis indikátora	popis výpočtu	jednotka	priemer SR*
		Demografické indikátory, popisujúce vekové zloženie obcí			
1	DOZ	očakávané roky života pri narodení – obyvateľstvo	kumulatívny počet všetkých „odžitých“ rokov v období každého roku veku /počet žijúcich ľudí na začiatku roku	roky	72,60
		Predčasná úmrtnosť			
8	PYLL100	potenciálne roky strateného života	100 000 x [súčet nedožitých rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1 – 64 rokov)/počet obyvateľov]	roky	4 033,00
		Relatívna úmrtnosť na vybranú príčinu úmrtia			
9	ReC00-C97	zhubné nádory	100 000 x [počet úmrtí na vybrané ochorenie/počet obyvateľov]	počet úmrtí na 100 000 obyvateľov	212,79
20	ReI00-I99	obehový systém			531,05
23	ReJ00-J99	dýchacia sústava			58,08
24	ReK00-K93	tráviaca sústava			45,83
		Štandardizovaná úmrtnosť na vybranú príčinu úmrtia			
26	SMRC00-C97	zhubné nádory	nepriamo vekovo štandardizovaná úmrtnosť na slovenský štandard (19 vekových skupín)	%	100
31	SMRI00-I99	obehový systém			100
34	SMRJ00-J99	choroby dýchacej sústavy			100
35	SMRK00-K93	choroby tráviacej sústavy			100
		Potenciálne roky strateného života na vybranú príčinu úmrtia			
37	PYLLC00-C97	zhubné nádory	100 000 x [súčet nedožitých rokov do veku 65 rokov (úmrtia vo veku 1 – 64 rokov) pri úmrtí na vybranú príčinu/počet obyvateľov]	roky	1 005,20
40	PYLLI00-I99	obehový systém			866,19
42	PYLLJ00-J99	choroby dýchacej sústavy			172,69
43	PYLLK00-K93	choroby tráviacej sústavy			334,80

Pozn.: Zdravotné indikátory klasifikované v zmysle Medzinárodnej klasifikácie chorôb, MKCH 10. revízia (www.nczisk.sk), *priemer pre Slovenskú republiku za obdobie 1994 - 2003

Metodika práce

- ✓ **Rozdelenie EI a ZI podľa geologickej stavby**
- ✓ **Štatistická analýza**
  - Lineárna korelácia
  - Spearmanova korelácia
- ✓ **Neurónove siete (ANN)**

Prečo ANN?

- Naše dáta nemajú normálne rozdelenie
- Majú všetky náležitosti bežného života
- Často sú chybové, niekedy neúplné
- Nemôžeme predpokladať existenciu funkčného lineárneho vzťahu medzi nimi
- Použitie klasickej regresnej analýzy (lineárny a spearmanov korelačný koeficient) by mohlo viesť k nesprávnym záverom
- Pomocou ANN dokážeme určiť poradie vplyvu jednotlivých chemických prvkov vo vode ZI
- Pomocou ANN dokážeme odvodiť limitné hodnoty (minimálne potrebné aj maximálne prípustné) jednotlivých chemických prvkov z hľadiska ZI
- Spoľahlivosť ANN sietí udáva korelačný koeficient
- Štatistickú významnosť ANN udáva koeficient determinácie R^2
- Mieru vplyvu chemických prvkov na ZI udáva koeficient citlivosti (senzitivity rate) $\mathbf{S_r}$, vplyvné prvky $S_r > 1$, nevplyvné prvky $S_r < 1$

Výsledky a diskusia

Rozdelenie EI a ZI podľa geologickej stavby SR

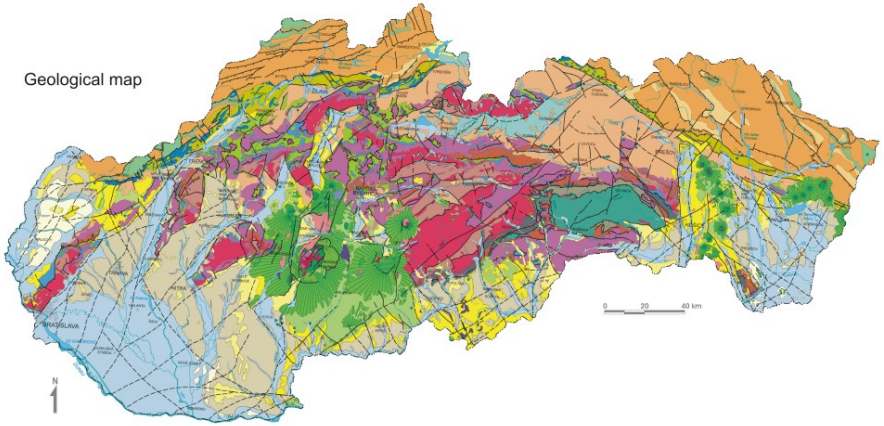
predpoklad:

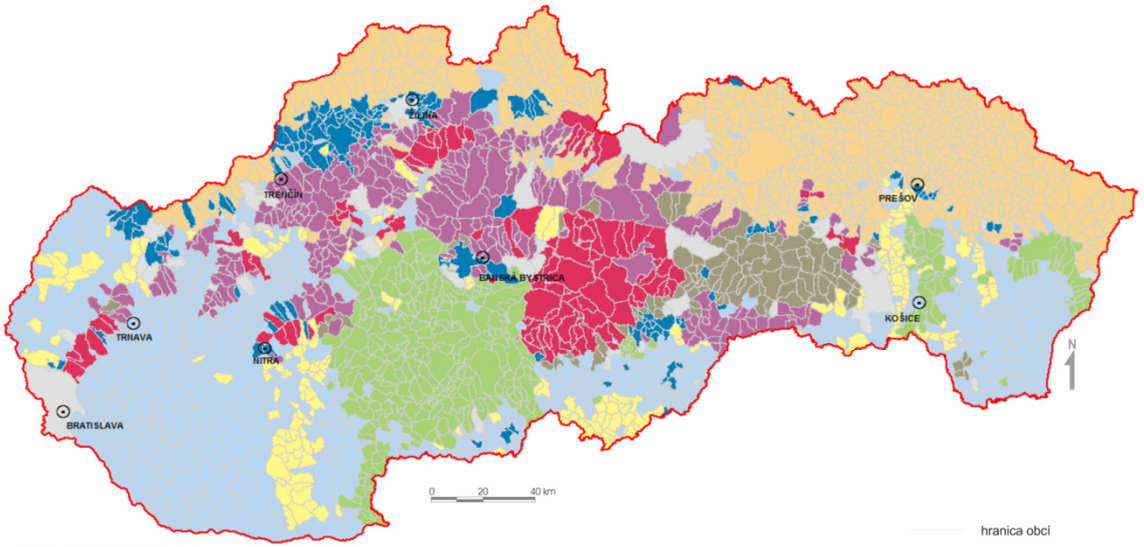
rôzna geologická stavba má rôzny vplyv na zdravie ľudí

Geologická stavba Slovenskej republiky rozčlenená na osem hlavných celkov:

1. paleozoikum; *prevažne metasedimenty, metavulkanity*
2. kyštalinikum; *prevažne granitoidy, migmatity a ruly*
3. karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén; *prevažne vápence, dolomity, karbonatické zlepence*
4. karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén; *prevažne sliene, slieňovce, vápence, dolomity, pieskovce a bridlice*
5. flyšový paleogén; *prevažne pieskovce, bridlice, ílovce*
6. neovulkanity; *prevažne andezity, bazalty a ich pyroklastiká*
7. neogén; *prevažne íly, ílovce, zlepence, piesky, štrky*
8. kvartér; *prevažne štrky, piesky, hliny, úlomky hornín*

Výsledky a diskusia





GEOLOGICKE CELKY

- kvartér; *štrky, piesky, hliny, úlomky hornín* (940)
- neogén; *ily, ilovce, pieskovce, zlepence, piesky, štrky* (221)
- neovulkanity; *andezity, bazalty a ich pyroklastiká* (304)
- flyšový paleogén; *pieskovce, bridlice, ilovce* (730)
- karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén; *vápence, dolomity, slieňovce, pieskovce a bridlice* (154)
- karbonatické mezozoikum a bazálny paleogén; *vápence, dolomity, zlepence* (269)
- kryštalinikum; *granitoidy a kryštalické bridlice* (114)
- paleozoikum; *metasedimenty, metavulkanity* (100)
- nezaradené; *komplikovaná geológia a veľké mestá* (51)

Poznámka: Číslo v zátvorke uvádza počet obcí v danom geologickom celku.

Výsledky a diskusia

Charakteristika geologickej stavby podľa vhodnosti pre zdravie ľudí

Výsledky a diskusia

Priemerné hodnoty obsahov vybraných chemických prvkov v podzemných vodách vybraných oblastí SR

Geologický celok/okres	1	2	7	8	Krupina	Bardejov	SR
parameter	n = 727	n = 154	n = 100	n = 309	n = 36	n = 86	
MIN [mg.l^{-1}]	524,64	586,79	302,27	439,73	362,34	484,79	629,75
Ca+Mg [mmol.l^{-1}]	3,02	3,45	1,68	2,11	1,58	2,75	3,50
Na [mg.l^{-1}]	12,74	12,79	8,53	16,09	13,12	10,34	20,34
Ca [mg.l^{-1}]	88,53	99,86	43,15	56,13	42,01	80,75	93,56
Mg [mg.l^{-1}]	19,67	23,27	14,70	17,14	12,96	17,98	28,29
Cl [mg.l^{-1}]	17,14	21,24	13,18	21,66	13,81	13,77	32,96
SO_4 [mg.l^{-1}]	62,72	65,38	45,65	49,70	22,42	44,96	79,32
NO_3 [mg.l^{-1}]	16,19	21,72	18,02	26,44	16,49	14,84	38,76
HCO_3 [mg.l^{-1}]	287,65	323,63	138,29	191,51	174,23	282,12	303,85
As [mg.l^{-1}]	0,00079	0,00135	0,00863	0,00241	0,0018	0,00114	0,00192
Se [mg.l^{-1}]	0,00068	0,00074	0,00063	0,00086	0,0006	0,00068	0,00097
Pb [mg.l^{-1}]	0,00125	0,00121	0,00142	0,00134	0,0018	0,00094	0,00136

Pozn.:
1 – flyšový paleogén, 2 – karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén, 7 – Paleozoikum, 8 – neovulkanity, SR – priemer pre Slovenskú republiku, n = počet obcí v hodnotenom geologickom celku/okrese

signifikantné rozdiely vidíme hlavne v **Ca, Mg, celkovej mineralizácii**

Výsledky a diskusia

Priemerné hodnoty zdravotných indikátorov vybraných oblastí SR

Geologický celok/okres Zdravotný indikátor	1	2	7	8	Krupina	Bardejov	SR
DOZ	73,69	72,75	71,47	71,11	69,95	74,07	72,60
PYLL100	3 874,38	3 985,46	4 360,96	4 586,18	5 609,07	3 140,73	4 033,00
ReC00-C97	177,99	195,96	209,46	236,28	243,23	175,32	212,79
ReI00-I99	463,32	505,07	569,73	638,78	889,20	492,82	531,05
ReJ00-J99	54,42	57,44	70,21	81,98	81,11	26,62	58,08
ReK00-K93	34,22	42,40	41,39	66,88	75,68	25,39	45,83
SMRC00-97	95,03	95,18	101,78	102,91	99,73	91,20	100
SMRI00-I99	100,03	98,86	111,73	108,50	131,06	100,71	100
SMRJ00-J99	109,39	100,61	124,81	126,34	116,33	50,50	100
SMRK00-K93	84,31	94,23	94,92	130,61	150,20	62,63	100
PYLLC00-C97	909,88	921,47	1 053,42	1 097,32	1 121,6	808,8	1 005,20
PYLLI00-I99	831,99	937,66	1 052,18	1 050,95	1 518,2	779,9	866,19
PYLLJ00-J99	229,74	146,28	274,92	202,67	259,2	231,1	172,69
PYLLK00-K93	287,97	340,66	369,48	491,26	693,29	211,84	334,8

Pozn.: 1 – flyšový paleogén, 2 – karbonaticko-silikátové mezozoikum a paleogén, 7 – Paleozoikum, 8 – neovulkanity, SR – priemer pre Slovenskú republiku, n = počet obcí v hodnotenom geologickom celku/okrese

- všetky ZI sú výrazne nepriaznivejšie v silikátových geologických celkoch a v okrese Krupina
- najväčšie rozdiely sú v prípade tráviacej a dýchacej sústavy až okolo 300 %

Výsledky a diskusia

Štatistická analýza

PEARSONOVA A SPEARMANOVA KORELÁCIA
medzi EI a ZI
pre geologické prostredie vcelku

- ✓ korelačné koeficienty veľmi nízke (- 0,01 ~ + 0,01)
- ✓ pre Ca+Mg väčšinou štatistický významné
- ✓ pre ZI jednotlivých úmrtností – záporne korealčné koeficienty (zhoršenie zdravotného stavu pri deficitných obsahoch)
- ✓ pre ZI DOZ kladné korealčné koeficienty (ľudský život sa predlžuje)

Parameter	Lineárna korelácia			Spearmanova korelácia		
	r	P	významnosť	R	P	významnosť
Ca+Mg & DOZ	0,140	0,000	+++	0,181	0,000	+++
NO_3 & DOZ	-0,021	0,392	-	0,069	0,005	++
As & DOZ	0,020	0,411	-	-0,078	0,001	++
Ca+Mg & PYLL100	-0,130	0,000	+++	-0,187	0,000	+++
NO_3 & PYLL100	-0,001	0,960	-	-0,077	0,002	++
As & PYLL100	-0,017	0,484	-	0,083	0,001	+++
Ca+Mg & ReC00-C97	-0,085	0,000	+++	-0,134	0,000	+++
NO_3 & ReC00-C97	-0,050	0,043	+	-0,112	0,000	+++
As & ReC00-C97	-0,001	0,960	-	0,080	0,001	++
Ca+Mg & ReI00-I99	-0,083	0,001	+++	-0,151	0,000	+++
NO_3 & ReI00-I99	-0,031	0,198	-	-0,092	0,000	+++
As & ReI00-I99	-0,013	0,586	-	0,030	0,224	-
Ca+Mg & ReJ00-J99	-0,108	0,000	+++	-0,138	0,000	+++
NO_3 & ReJ00-J99	-0,057	0,020	+	-0,111	0,000	+++
As & ReJ00-J99	-0,003	0,912	-	0,090	0,000	+++
Ca+Mg & ReK00-K93	-0,049	0,047	+	-0,119	0,000	+++
NO_3 & ReK00-K93	0,075	0,002	++	-0,038	0,116	-
As & ReK00-K93	0,001	0,959	-	0,171	0,000	+++
Ca+Mg & SMRC00-C97	-0,033	0,175	-	-0,038	0,119	-
NO_3 & SMRC00-C97	0,012	0,618	-	-0,004	0,861	-
As & SMRC00-C97	0,006	0,798	-	0,086	0,000	+++
Ca+Mg & SMRI00-I99	-0,023	0,351	-	-0,046	0,061	-
NO_3 & SMRI00-I99	0,077	0,002	++	0,052	0,034	+
As & SMRI00-I99	-0,014	0,578	-	0,039	0,112	-
Ca+Mg & SMRJ00-J99	-0,066	0,007	++	-0,084	0,001	+++
NO_3 & SMRJ00-J99	-0,010	0,693	-	-0,056	0,023	+
As & SMRJ00-J99	0,004	0,871	-	0,081	0,001	+++
Ca+Mg & SMRK00-K93	-0,039	0,112	-	-0,088	0,000	+++
NO_3 & SMRK00-K93	0,105	0,000	+++	0,007	0,780	-
As & SMRK00-K93	0,018	0,456	-	0,168	0,000	+++
Ca+Mg & PYLLC00-C97	-0,079	0,001	++	-0,095	0,000	+++
NO_3 & PYLLC00-C97	-0,028	0,258	-	-0,042	0,086	-
As & PYLLC00-C97	-0,001	0,971	-	0,106	0,000	+++
Ca+Mg & PYLLI00-I99	-0,084	0,001	+++	-0,121	0,000	+++
NO_3 & PYLLI00-I99	0,042	0,083	-	0,002	0,929	-
As & PYLLI00-I99	-0,020	0,421	-	0,091	0,000	+++
Ca+Mg & PYLLJ00-J99	-0,025	0,302	-	-0,079	0,001	++
NO_3 & PYLLJ00-J99	0,009	0,715	-	0,004	0,856	-
As & PYLLJ00-J99	-0,006	0,806	-	0,058	0,018	+
Ca+Mg & PYLLK00-K93	-0,041	0,092	-	-0,079	0,001	++
NO_3 & PYLLK00-K93	0,079	0,001	++	0,006	0,800	-
As & PYLLK00-K93	0,028	0,248	-	0,156	0,000	+++

Pozn.:
r – Pearsonov korelačný koeficient,
R – Spearmanov korelačný koeficient,
P – hodnota:hladina významnosti
P = 0,05 – overená závislosť (+),
P = 0,01 – vysoká závislosť (++),
P = 0,001 – veľmi vysoká závislosť (+++)

Výsledky a diskusia

Neurónové siete (ANN)

Koeficient senzitivity a poradie vplyvu pre 10 najvplyvnejších prvkov v podzemných vodách na zdravotné indikátory podľa výpočtov ANN

prvok	DOZ		PYLL100		ReC00-C97		ReI00-I99		ReJ00-J99		ReK00-K93		SMRC00-C97		SMRI00-I99		SMRJ00-J99		SMRK00-K93		PYLLC00-C97		PYLLI00-I99		PYLLJ00-J99		PYLLK00-K93		
	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	S_r	P	xP
Ca+Mg	1,419	1	1,115	1	1,027	3	1,370	1	1,590	1	1,057	1	1,003	3	1,677	1	1,001	6	1,180	1	1,044	1	1,046	1	1,003	4	1,169	1	1,92
Mg	1,153	3	1,027	3	1,005	8	1,150	3	1,255	3	1,009	7	1,004	1	1,291	3	1,002	4	1,065	3	1,004	4	1,002	6	1,004	3	1,063	3	3,92
Ca	1,246	2	1,048	2	1,013	4	1,211	2	1,346	2	1,015	5	1,003	2	1,387	2	1,003	3	1,108	2	1,008	3	1,006	3	1,004	2	1,100	2	2,62
MIN	1,086	4	1,003	5	1,074	1	1,053	4	1,008	4	1,015	6	1,001	8	1,018	4	1,016	1	1,051	4	1,016	2	1,002	7	1,010	1	1,028	4	3,92
HCO_3	1,012	8	1,013	4	1,034	2	1,026	5	1,005	5	1,023	4	1,002	4	1,006	5	1,005	2	1,028	5	1,002	5	1,010	2	1,003	6	1,012	5	4,38
SO_4	1,004	9	1,002	7	1,0094	5	1,009	7	1,001	8	1,006	8	1,001	10	1,001	10	1,001	5	1,006	8	1,001	10	1,003	5	1,001	7	1,003	9	7,77
Cl	1,003	11	1,002	9	1,007	6	1,027	6	1,001	9	1,029	2	1,001	5	1,001	11	1,000	13	1,021	6	1,002	6	1,002	8	1,001	8	1,003	8	7,85
NO_3	1,003	10	1,001	11	1,006	7	1,004	8	1,001	10	1,003	9	1,001	11	1,002	6	1,001	8	1,004	9	1,001	8	1,001	11	1,001	11	1,001	10	9,31
SiO_2	1,002	13	1,002	8	1,001	12	1,003	10	1,000	17	1,027	3	1,001	6	1,001	14	1,000	11	1,014	7	1,000	13	1,001	9	1,000	21	1,008	6	10,77
Na	1,0434	7	1,001	12	1,003	9	1,002	9	1,000	16	1,002	12	1,001	12	1,001	13	1,000	14	1,001	13	1,001	7	1,003	4	1,001	9	1,000	19	11,31
K	1,0732	6	1,000	15	1,000	17	1,001	12	1,000	20	1,000	17	1,001	20	1,001	15	1,000	16	1,000	17	1,000	14	1,001	10	1,000	13	1,000	28	16,00

Pozn.: sr – koeficient citlivosti, P - poradie vplyvu, xP – aritmetický priemer poradia vplyvu pre všetky hodnotené zdravotné indikátory

Výsledky výpočtov ANN a odvodené limitné hodnoty pre 10 najvplyvnejších prvkov v podzemných vodách SR na DOZ

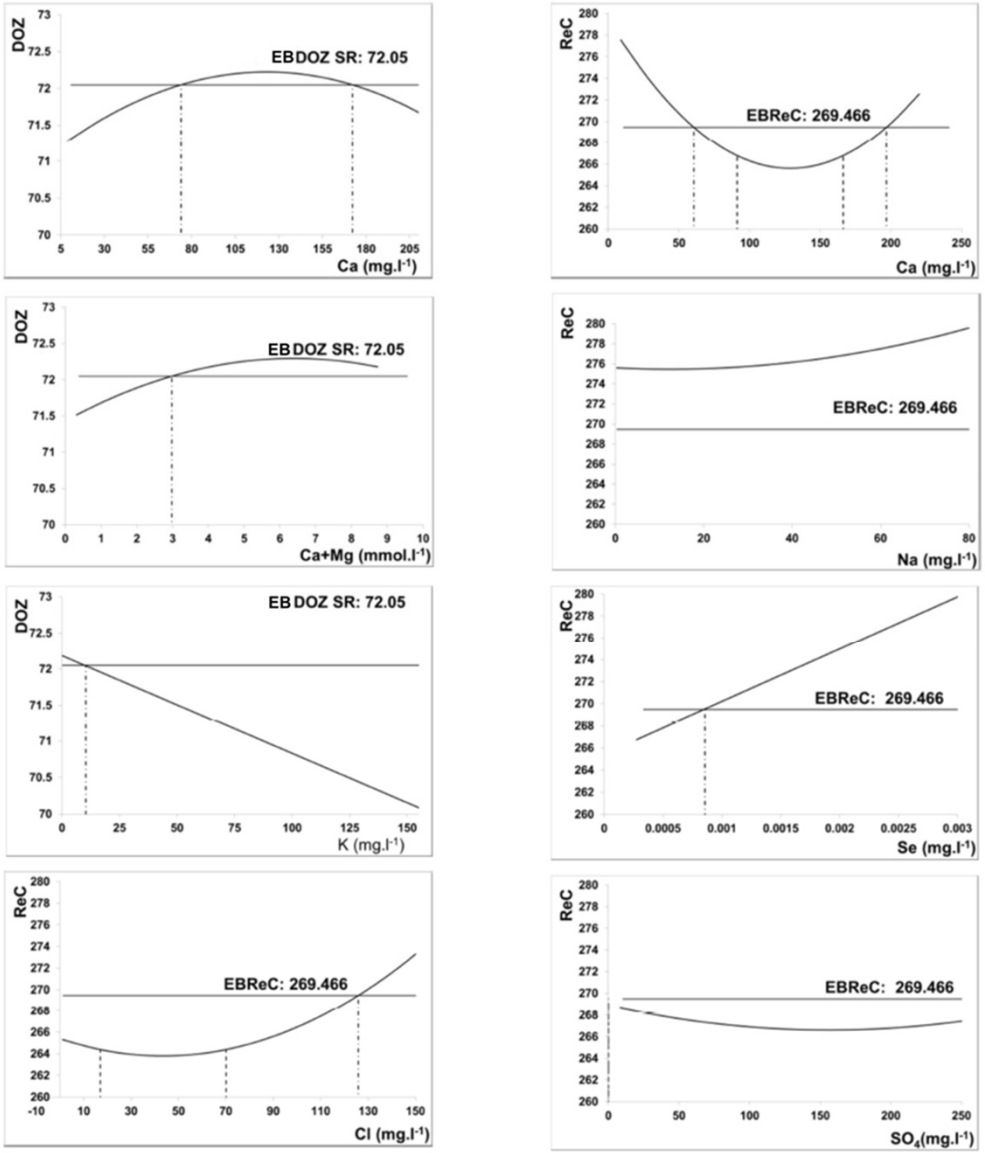
poradie	parameter	s_r	R^2	Limitný obsah		Optimálny obsah		Hodnotené funkcie závislosti	Obsahy*	
				DH	HH	DH	HH		min	max
1	**Ca+Mg**	1,419	0,997	2,98	neexistuje	nedá sa určiť	neexistuje	konkávna parabola	0,35	7,97
2	**Ca**	1,246	0,975	73,95	172,21	neexistuje	neexistuje	konkávna parabola	9,83	201,01
3	**Mg**	1,152	0,975	18,13	neexistuje	neexistuje	neexistuje	konkávna parabola	2,45	97,75
4	**MIN**	1,086	0,899	358,46	neexistuje	neexistuje	neexistuje	konkávna parabola	87,30	1412,30
5	**$ChSK_{Mn}$**	1,081	0,994	neexistuje	2,27	neexistuje	neexistuje	priamka	0,75	7,48
6	**K**	1,073	0,964	neexistuje	9,85	neexistuje	neexistuje	priamka	0,27	153,15
7	**Na**	1,043	0,977	neexistuje	24,07	neexistuje	neexistuje	konkávna parabola	0,71	119,69
8	**HCO_3**	1,012	0,993	250,79	neexistuje	neexistuje	neexistuje	konkávna parabola	16,57	592,05
9	**SO_4**	1,003	0,522	31,42	185,32	neexistuje	neexistuje	konkávna parabola	9,38	319,50
10	**NO_3**	1,003	0,832	neexistuje	71,45	neexistuje	neexistuje	konkávna parabola	1,33	227,09

Poz.:
s_r – koeficient citlivosti
R2 – koeficient determinácie
DH – dolná hranica
HH – horná hranica
*min – max obsahy prvkov/parametrov v podzemných vodách SR
(jednotky v $mg.^{l-1}$, Ca+Mg v $mmol.l^{-1}$)

Výsledky a diskusia

ANN

- ✓ ako najvplyvnejšie sa prejavili Ca+Mg, Ca, Mg, MIN, HCO_3, SO_4, Cl, NO_3
- ✓ potenciálne toxické prvky a parametre prírodnej rádioaktivity sú nevplyvné
- ✓ vplyvné prvky 3 skupiny prvkov:
  Ca+Mg, Ca, Mg
  MIN, HCO_3
  SO_4, Cl, NO_3
- ✓ najväčší vplyv (s_r viac ako 1 – 2 rády vyšší) majú Ca+Mg, Ca, Mg
- ✓ obdobné vzťahy boli zistené pre všetky ZI (v prednáške neuvedené)
- ✓ s klesajúcimi obsahmi Ca+Mg, Mg a Ca vzrastá úmrtnosť
- ✓ s rastúcimi obsahmi Ca+Mg, Ca, Mg sa predlžuje ľudský život



Limitné kritické hodnoty critical values (priesečník priemeru zdravotného indikátora pre Slovensko)

Optimálne limitné obsahy (pík paraboly ± odchýlka)

EB SR: empirický Bayesovský vyrovnaný priemer pre Slovensko

Literárne poznatky o vplyve Ca, Mg a tvrdosti vody na ľudské zdravie

KARDIOVASKULÁRNE OCHORENIA

vzťah medzi deficitnými obsahmi Ca, Mg a tvrdosťou vody a CVD bol popísaný v mnohých krajinách sveta

ONKOLOGICKÉ OCHORENIA

vzťah medzi deficitnými obsahmi Ca, Mg a tvrdosťou vody a OD bol popísaný:

Japonsko – Sakamoto et al., 1997
Taiwan – prof. Yang (10 prác)
Slovensko – Rapant et al., 2014, 2016

TRÁVIACA SÚSTAV

vzťah medzi deficitnými obsahmi Ca, Mg a tvrdosťou vody bol popísaný len v jednej ruskej (nereferencovanej) štúdii Lutai (1992), zvýšený výskyt ochorení žalúdka a dvanástorníka v spojitosti s mäkkou vodou (< 1,5 mmol.l-1)

DÝCHACIA SÚSTAVA

nenašli sme vo svetovej literatúre odkaz, ktorý by spájal úmrtnosť/incidenciu na DS s obsahmi Ca, Mg, resp. tvrdosťou vody

v prípade DS a DS vidíme najväčšie rozdiely v relatívnej a štandardizovanej úmrtnosti na TS a DS (aj viac ako 300 %)

Výsledky a diskusia

Vplyv iných faktorov (okrem vôd)

ÚMRTNOSŤ NA ONKOLOGICKÉ OCHORENIA závisí aj od rady ďalších faktorov:

- úroveň znečistenia ďalších zložiek životného prostredia (ovzdušie, pôda)
- socioekonomické podmienky
- podiel rómskej populácie
- úroveň zdravotnej starostlivosti
- životný štýl

Takéto údaje pre všetky obce SR neexistujú, sú dostupné len pre vybrané oblasti SR – väčšie mestá, niektoré okresy, resp. obce
Uvádzame ich pre okresy Bardejov a Krupinu

Výsledky a diskusia

Prehľad socioekonomickej úrovne, zdravotníckych charakteristík a charakteristiky životného štýlu v okresoch Krupina a Bardejov v porovnaní so Slovenskou republikou

Socioekonomické charakteristiky[a]	Krupina	Bardejov	SR
Miera evidovanej nezamestnanosti (% populácie)	16,95	19,6	*12,29*
Priemerná nominálna mesačná mzda v EUR	694	614	*957*
Podiel obyvateľov rómskej národnosti (% populácie)	2,1 – 4	4,1 – 8	*2*
Zdravotnícke charakteristiky[b]			
Počet lekárov na 10000 obyvateľov – dospelí (vek 18+)	4,36	3,40	*4,32*
Počet lekárov na 10000 obyvateľov – deti a dorast (vek 0 – 17)	6,86	7,44	*9,87*
Charakteristika životného štýlu[c, d]			
Pravidelná pohybová aktivita (% populácie)	45	39,5	*58,5*
Pravidelné stravovacie návyky (% populácie)	75	49	*68*
Fajčenie (% populácie)	25	43	*19,5*
Nadmerná konzmuácia alkoholu (% populácie)	9,8	11	*6,8*

Poznámka: [a]Štatistický úrad Slovenskej republiky (www.statistics.sk), [b]NCZI, 2013, [c]Zdroj údajov pre okres Krupina: Kosmovský et al. 2015, [d]Zdroj údajov pre okres Bardejov: EHES (European Health Examination Survey) – zisťovanie zdravia Európanov (www.ehes.info)

Výsledky a diskusia

NÁVRH LIMITNÝCH HODNÔT PRE VPLYVNÉ PRVKY (Ca, Mg, Ca + Mg)

Hľadisko významnosti (váhy)

DOZ	100 %
PYLL	100 %
CVD	50 %
OD	25 %
TS	6 – 8 %
DS	5 – 6 %

- ✓ nemôžeme to určiť matematicky pre približne polovicu ZI, limitná hodnota neexistuje (klesajúci alebo rastúci obsah prvku nevplýva na ZI), alebo sa nedá určiť
- ✓ do úvahy treba vziať aj možné nepriaznivé zdravotné účinky: ľadvinové kamene, hnačkové ochorenia
- ✓ senzorické vlastnosti vody – nepriaznivá chuť, povlaky na káve, čaji, strata aromatických látok z jedál a nápojov pri vysokých obsahoch Ca
- ✓ technologické vlastnosti vody: korozívne účinky
  inkrustácia
- ✓ väčšina autorov odporúča:

Mg	minimálne 20 – 30 $mg.l^{-1}$
Ca	minimálne 40 – 80 $mg.l^{-1}$
tvrdosť vody	2 – 4 $mmol.l^{-1}$

- ✓ v literatúre sa väčší význam prikladá Mg ako Ca (z našich dát nedokážeme vyjadriť limitné hodnoty)
- ✓ horné limitné hodnoty pre Ca, Mg a tvrdosť vody nepovažujeme za dôležité, vody ktoré by ich prekračovali sa na Slovensku prakticky nevyskytujú a nepoužívajú sa na pitné účely

Vypočítané limitné hodnoty obsahov Ca, Mg a tvrdosti vody (Ca+Mg) pre jednotlivé zdravotné indikátory

ZI	poradie	prvok	Limitný obsah		Optimálny obsah		obsahy	
			DH	HH	DH	HH	min	max
DOZ	1	Ca+Mg	2,98	neexistuje	nedá sa určiť	neexistuje	0,35	7,97
	2	Ca	73,95	172,21	85,56	160,60	9,83	201,01
	3	Mg	18,13	neexistuje	neexistuje	neexistuje	2,45	97,75
PYLL100	1	Ca+Mg	2,87	6,67	3,21	6,33	0,35	7,97
	2	Ca	79,40	169,74	87,05	162,09	9,83	201,01
	3	Mg	20,44	83,24	33,82	69,87	2,45	97,75
ReC00-C97	3	Ca+Mg	1,73	5,85	2,23	5,34	0,35	7,97
	4	Ca	60,56	196,84	91,18	166,21	9,83	201,01
	8	Mg	25,66	35,83	12,72	48,77	2,45	97,75
ReI00-I99	1	Ca+Mg	2,90	9,10	4,40	7,60	0,35	7,97
	2	Ca	neexistuje	89,40	neexistuje	neexistuje	9,83	201,01
	3	Mg	24,30	95,80	42,00	78,10	2,45	97,75
ReJ00-J99	1	Ca+Mg	3,20	11,67	5,88	8,99	0,35	7,97
	2	Ca	93,08	neexistuje	neexistuje	neexistuje	9,83	201,01
	3	Mg	28,63	neexistuje	83,99	120,05	2,45	97,75
ReK00-K93	1	Ca+Mg	neexistuje	4,08	0,41	3,53	0,35	7,97
	4	Ca	17,74	127,58	35,14	110,18	9,83	201,01
	7	Mg	neexistuje	33,54	neexistuje	10,65	2,45	97,75
SMRC00-C97	2	Ca+Mg	neexistuje	4,17	neexistuje	neexistuje	0,35	7,97
	3	Ca	104,07	neexistuje	neexistuje	neexistuje	9,83	201,01
	1	Mg	neexistuje	33,50	neexistuje	neexistuje	2,45	97,75
SMRI00-I99	1	Ca+Mg	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	0,35	7,97
	2	Ca	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	9,83	201,01
	3	Mg	neexistuje	65,85	neexistuje	neexistuje	2,45	97,75
SMRJ00-J99	6	Ca+Mg	3,27	neexistuje	neexistuje	neexistuje	0,35	7,97
	3	Ca	90,03	neexistuje	neexistuje	neexistuje	9,83	201,01
	4	Mg	25,81	neexistuje	neexistuje	neexistuje	2,45	97,75

pokračovanie tabuľky

ZI	poradie	prvok	Limitný obsah		Optimálny obsah		obsahy	
			DH	HH	DH	HH	min	max
SMRK00-K93	1	Ca+Mg	0,99	2,16	0,99	2,16	0,35	7,97
	2	Ca	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	9,83	201,01
	3	Mg	neexistuje	29,67	neexistuje	neexistuje	2,45	97,75
PYLLC00-C97	1	Ca+Mg	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	0,35	7,97
	3	Ca	93,17	194,91	106,52	181,56	9,83	201,01
	4	Mg	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	nedá sa určiť	2,45	97,75
PYLLI00-I99	1	Ca+Mg	5,70	8,88	5,73	8,85	0,35	7,97
	3	Ca	150,76	neexistuje	164,04	neexistuje	9,83	201,01
	3	Mg	56,20	82,78	56,20	82,78	2,45	97,75
PYLLJ00-J99	4	Ca+Mg	neexistuje	4,06	neexistuje	neexistuje	0,35	7,97
	2	Ca	neexistuje	121,18	neexistuje	neexistuje	9,83	201,01
	3	Mg	neexistuje	47,63	neexistuje	neexistuje	2,45	97,75
PYLLK00-K93	1	Ca+Mg	neexistuje	4,84	0,73	3,84	0,35	7,97
	2	Ca	17,58	173,05	57,80	132,83	9,83	201,01
	3	Mg	neexistuje	37,27	neexistuje	neexistuje	2,45	97,75
priemerné hodnoty		**Ca+Mg**	**2,95**	**6,15**	**2,95**	**5,83**	**0,35**	**7,97**
		Ca	**78,03**	**155,61**	**89,61**	**152,29**	**9,83**	**201,01**
		Mg	**28,45**	**54,51**	**48,33**	**79,91**	**2,45**	**97,75**
limitné hodnoty slovenskej norma pre pitnú vodu, Anon 2010			***Ca > 30 mg.l^{-1}***	***Mg 10 – 30 mg.l^{-1}***		***Ca+Mg 1,1 – 5.0 mmol.l^{-1}***		

Navrhované limitné hodnoty pre pitnú a balenú vodu

Odporúčané hodnoty			
parameter	pitná voda pre hromadné zásobovanie	balená pitná voda	NV SR č. 496/2010 Z. z.
Ca+Mg	2 – 5 $mmol.l^{-1}$	2,5 – 5 $mmol.l^{-1}$	1,1 – 5 $mmol.l^{-1}$
Ca	50 – 180 $mg.l^{-1}$	60 – 180 $mg.l^{-1}$	> 30 $mg.l^{-1}$
Mg	25 – 50 $mg.l^{-1}$	30 – 60 $mg.l^{-1}$	10 – 30 $mg.l^{-1}$

Záver

- najväčší vplyv pre zdravie ľudí majú na území Slovenskej republiky obsahy Ca, Mg a tvrdosti vody
- pri deficitných obsahoch rastie úmrtnosť na CVD, OD, TS, DS
- pri vyšších obsahoch sa predlžuje ľudský život

HLAVNÝ ZÁVER

Obyvatelia Slovenskej republiky, ktorí žijú v silikátovom geologickom prostredí (granity, kryštalické bridlice, vulkanity), majú signifikantne zhoršený zdravotný stav (vyššiu úmrtnosť na vybrané ochorenia) a kratšiu očakávanú dĺžku života v dôsledku deficitných obsahov vápnika a horčíka v geologickom prostredí, hlavne v podzemných/pitných vodách. Obdobná situácia je pravdepodobne aj v ostatných krajinách EU. Považujeme za potrebné, aby ľudia, ktorí v takomto nepriaznivom geologickom prostredí žijú boli o tejto skutočnosti informovaný, aby mohli jednoduchou formou (doplnkový prísun Ca a Mg) týmto rizikám predchádzať.

Viac podrobností nájdete v článku:

Rapant, S., Cvečková, V., Fajčíková, K., Hiller, E. & Sedláková, D. (2016). Impact of chemical composition of groundwater/drinking water on health status of inhabitants in the Slovak Republic and proposal of limit values for the influential elements. Environ. Geochem. Health, in press

Ďakujem za pozornosť

Príspevok je vypracovaný v rámci projektu GEOHEALTH

POĎAKOVANIE
Projekt je podporovaný z finančného nástroja LIFE+ a z príspevku MŽP SR

Komplexný materiál k uvedenej problematike je dostupný na internetovej stránke www.geology.sk/geohealth/vysledky/ciastkovevysledky