



LAICKÁ SPRÁVA

september 2018 – december 2022



**Zlepšenie zdravotného stavu
obyvateľov Slovenskej republiky
prostredníctvom
rekarbonizácie pitných vôd**



LIFE Environmentálna politika a Riadenie v oblasti životného prostredia
LIFE 17 ENV/SK/000036

S podporou finančného nástroja pre životné prostredie LIFE program
a spolufinancovania Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky

<http://fns.uniba.sk/lifewaterhealth/>



O B S A H

1. Základné informácie	2
2. Stručný popis projektu	3
3. Hlavná idea projektu	4
4. Kľúčové aktivity	5
5. Hlavné výsledky projektu	6
5.1 Riziková analýza	6
5.2 Výber dvoch vodných zdrojov na rekarbonizáciu	7
5.3 Laboratórne testy	8
5.4 Biomonitoring	8
5.5 Konštrukcia prototypov	9
5.6 Inštalácia dvoch prototypov do dočasnej a trvalej prevádzky	10
5.7 Monitorovanie obsahu Ca a Mg v dvoch rekarbonizovaných vodných zdrojoch	11
5.8 Monitorovanie vplyvu rekarbonizovanej vody na pružnosť ciev obyvateľov	12
6. Hlavné závery projektu	13

MOTTO

Existuje nespočetné veľa prípadov, keď pitná voda s nízkym (deficitným) obsahom Ca a Mg má nepriaznivý vplyv na zdravotný stav ľudí, ktorí ju pravidelne pijú.
V danom projekte sme dokázali, že zdravotný stav ľudí, ktorí začali pravidelne piť vodu s vyšším obsahom Ca a Mg sa postupne zlepšil.



1. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE

Názov projektu:

Zlepšenie zdravotného stavu obyvateľov Slovenskej republiky prostredníctvom rekarbonizácie pitných vôd

Akronym: LIFE – WATER and HEALTH

Kód projektu: LIFE 17 ENV/SK/000036

Skúmané územie: stredné Slovensko

Doba realizácie: 01/09/2018 – 31/12/2022

Finančne podporované: EU LIFE program

Spolufinancované: Ministerstvo životného prostredia SR

Riešiteľská organizácia: Univerzita Komenského v Bratislave
Prírodovedecká fakulta

Projektový manažér: doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc.

2. STRUČNÝ POPIS PROJEKTU

Negatívny vplyv pitnej vody s nízkym obsahom Ca a Mg na kardiovaskulárne ochorenia je známy približne od polovice minulého storočia. Tento vplyv je najpresvedčivejšie zhrnutý známym sloganom amerického vedca Schroedera: „mäkká voda – tvrdé cievy, tvrdá voda – mäkké cievy“.

Na základe dvoch predchádzajúcich projektov, riešených v rámci programu LIFE+ (GEOHEALTH a LIFE FOR KRUPINA) bolo potvrdené, že Ca a Mg v pitnej vode sú najvplyvnejšie chemické prvky na ľudské zdravie.

Pri ich zvýšenom obsahu ($\text{Ca} > 50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, $\text{Mg} > 25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) ľudia žijú na Slovensku dlhšie (až o 4 – 5 rokov) a pozorujeme zníženú úmrtnosť na všetky najzávažnejšie ochorenia.

V riešenom projekte sme rekarbonizovali (zvyšovanie obsahu Ca a Mg) pitnú vodu v dvoch vodných zdrojoch používaných na zásobovanie obyvateľov. Následne sme sledovali aký vplyv má zvýšený obsah Ca a Mg v pitnej vode na ich kardiovaskulárny systém.

Cieľ projektu:

Zlepšenie zdravotného stavu obyvateľstva v dvoch obciach Slovenskej republiky na základe zlepšenia kvality pitnej vody rekarbonizáciou.

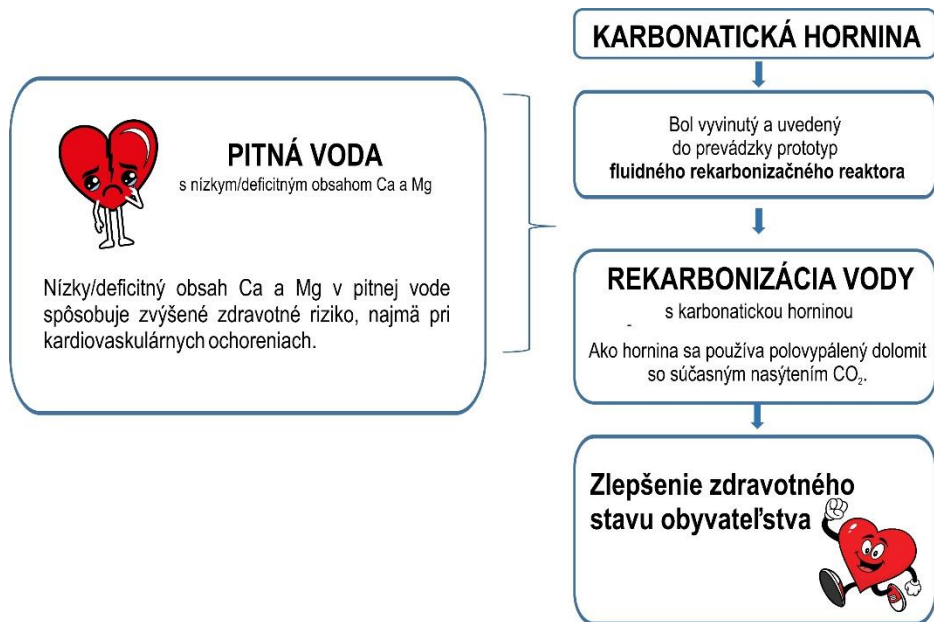
Hlavný cieľ projektu sme dosiahli riešením nasledujúcich čiastkových cieľov:

- ✓ realizácia rizikovej analýzy za účelom stanovenia optimálneho obsahu Ca, Mg v pitnej vode,
- ✓ výber dvoch zdrojov pitnej vody na úpravu metódou rekarbonizácie,
- ✓ laboratórne testy rozpúšťania karbonatických hornín,
- ✓ vývoj a konštrukcia prototypov dvoch reaktorov pre úpravu nízko mineralizovanej pitnej vody,
- ✓ inštalácia a prevádzka dvoch reaktorov na rekarbonizáciu vody a monitorovanie stavu kvality pitnej vody,
- ✓ realizácia biomonitoringu na potvrdenie zlepšenia zdravotného stavu obyvateľov po zlepšení kvality pitnej vody (po zvýšení obsahu Ca a Mg v pitnej vode).

3. HLAVNÁ IDEA PROJEKTU

Existuje nespočetne veľa dôkazov o tom, že ľudia, ktorí pijú vodu s nízkym obsahom Ca a Mg trpia zvýšeným výskytom všetkých najzávažnejších ochorení a ich stredná dĺžka života je o tri až päť rokov kratšia.

V riešenom projekte sme sa snažili dokázať, že zdravotný stav ľudí, ktorí začali piť vodu so zvýšeným obsahom Ca a Mg sa postupne zlepšuje.



4. KLÚČOVÉ AKTIVITY

Technické aktivity

- B.1 Riziková analýza
- B.2 Výber dvoch vodných zdrojov na rekarbonizáciu
- B.3 Laboratórne testy
- B.4 Biomonitoring
- B.5 Konštrukcia prototypov
- B.6 Inštalácia dvoch prototypov do skúšobnej prevádzky
- B.7 Inštalácia dvoch prototypov do trvalej prevádzky

Monitorovanie vplyvu projektových aktivít

- C.1 Monitorovanie obsahu Ca a Mg v dvoch rekarbonizovaných zdrojoch pitnej vody
- C.2 Monitorovanie vplyvu projektových aktivít na zdravie
- C.3 Monitorovanie sociálno-ekonomických vplyvov projektových aktivít
- C.4 Monitorovanie hodnotenia LIFE-cyklu

Verejné povedomie a diseminácia výsledkov

- D.1 Šírenie informácií a komunikačné činnosti pre širokú verejnosť a zainteresované strany
- D.2 Šírenie výsledkov výskumu a prenos poznatkov medzi vedeckou komunitou a zainteresovanými stranami



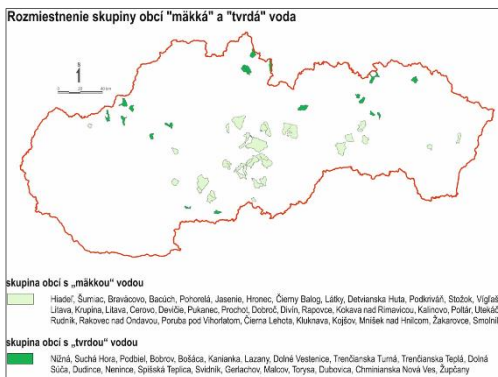
5. HLAVNÉ RIEŠENÉ AKTIVITY PROJEKTU

5.1 Riziková analýza

Bol realizovaný výpočet zdravotného rizika z deficitného obsahu Ca a Mg v pitnej vode u ľudskej populácie, ktorá je zásobovaná vodou rôznej tvrdosti. Bola stanovená odporúčaná minimálna koncentrácia Ca a Mg, resp. tvrdosti vody.

Výpočty boli realizované na dvoch skupinách obyvateľov:

- skupina obyvateľov zásobovaná „mäkkou“ pitnou vodou (obsah (Ca + Mg) cca 1 mmol . l⁻¹ a menej, obsah Ca cca 30 mg . l⁻¹ a menej, obsah Mg cca 15 mg . l⁻¹ a menej).
- skupina obyvateľov zásobovaná „tvrdou“ pitnou vodou (obsah (Ca + Mg) 2 mmol . l⁻¹ a viac, obsah Ca cca 50 mg . l⁻¹ a viac, obsah Mg cca 20 mg . l⁻¹ a viac).



Environmentálne dáta: obsah Ca, Mg a (Ca + Mg) v pitnej vode.

Zdravotné dáta: štyri hlavné príčiny úmrtí na Slovensku (kardiovaskulárne a onkologické ochorenia, ochorenia tráviaceho traktu a dýchacieho systému).

VÝPOČET ZDRAVOTNÉHO RIZIKA

Na výpočet zdravotného rizika z deficitu esenciálnych biogénnych prvkov bola vypracovaná nová metodika na stanovenie Hazard Quocient – HQ_d (koeficientu nebezpečenstva) pre deficitné biogénne prvky (doplnenie metodiky US EPA).

Hodnoty HQ_d pre vodný zdroj v obci Devičie a pre vodný zdroj v obci Kokava nad Rimavicou.

ZDROJ	RIZIKO – HQ_d		
	Ca	Mg	(Ca + Mg)
Devičie	1,597	1,566	1,583
Kokava n/Rimavicou	1,59	1,55	1,563

Na základe rizikovej analýzy boli navrhnuté minimálne hodnoty pre rekarbonizáciu pitnej vody v obci Devičie a Kokava nad Rimavicou.

Devičie			Kokava nad Rimavicou		
Ca	Mg	(Ca + Mg)	Ca	Mg	(Ca + Mg)
[mg . l ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]
35 – 40	16 – 21	1,5 – 1,6	25 – 30	8 – 12	1,1 – 1,3

Pri takýchto hodnotách obohatenia by malo dôjsť k výraznému zníženiu zdravotného rizika z deficitu Ca a Mg v pitnej vode.

5.2 Výber dvoch vodných zdrojov na rekarbonizáciu

Na rekarbonizáciu pitnej vody boli vybrané dva vodné zdroje

Devičie



Vodný zdroj Devičie sa vyznačuje nízkym obsahom Ca, Mg a tvrdosti v pitnej vode



Kokava nad Rimavicou



Obsah Ca, Mg a tvrdosti vody v obci Kokava nad Rimavicou je veľmi nízky, výrazne pod odporúčanú hodnotou Vyhlášky MZ SR č. 247/17 Z. z.

Charakteristika základného chemického zloženia
v dvoch rekarbonizovaných vodných zdrojoch

Parameter	Jednotka	DEVČIE	KOKAVA NAD RIMAVICOU
pH		7,1	8
Vodivosť	[mS · m ⁻¹]	280	140
Mineralizácia	[mg · l ⁻¹]	320	135
(Ca + Mg)	[mmol · l ⁻¹]	1,15	0,62
Na	[mg · l ⁻¹]	12,6	10,8
K		4,6	3,5
Ca		30	19,1
Mg		10,2	3,52
Cl		3,66	3,5
SO ₄		4,5	14,2
NO ₃		4,19	6,2
HCO ₃		187	75,1

Chemické zloženie vody vo vodných zdrojoch Devičie a Kokava nad Rimavicou sa vyznačuje veľmi nízkym až žiadnym stupňom znečistenia.

Obsah potenciálne toxických prvkov je veľmi nízky.

Obsah NO₃, Cl, SO₄, NH₄ a ďalších parametrov je veľmi nízky, výrazne nižší ako limitné hodnoty Vyhlášky MZ SR č. 247/2017 Z. z.

5.3 Laboratórne testy

Na základe rozsiahlych laboratórnych testov pre rekarbonizáciu pitnej vody bola vybratá hornina – **polovypálený dolomit (PVD)** a ako **oxidovadlo** (na urýchlenie reakcie) **potravinársky CO₂**.



1. V rekarbonizačnom reaktore sa vyrába koncentrát Ca a Mg s obsahom Ca s koncentráciou približne 50 – 80 mg · l⁻¹ a obsahom Mg s koncentráciou približne 100 – 120 mg · l⁻¹.
2. Koncentrát sa riedi priamo do vodného zdroja v pomere približne 1 : 10

5.4 Biomonitoring

Aktivita pozostávala z meranie arteriálnej tuhosti ciev na vybraných skupinách respondentov, ktorí sú zásobovaní pitnou vodou rôznej tvrdosti. Z doterajších výskumov je známe, že tvrdosť vody výrazne vplýva na arteriálnu tuhosť ciev. Obyvatelia, ktorí konzumujú „mäkkú“ pitnú vodu majú tuhosť ciev vyššiu (horšiu) ako obyvatelia, ktorí konzumujú „tvrdú“ pitnú vodu.

Termínom *arterial stiffnes* sa označuje strata pružnosti artérií a postupný nárast ich tuhosti. Strata pružnosti ciev je významný faktor rizika kardiovaskulárnych ochorení. Vyjadruje sa rýchlosťou pulznej vlny aorty (PWVao) a prepočítava sa na arteriálny vek ľudí, ktorý je v priaznivom prípade rovnaký/nížší ako skutočný vek. V nepriaznivých prípadoch býva arteriálny vek ľudí vyšší ako skutočný vek.



ARTERIOGRAF

Výsledky merania pružnosti ciev

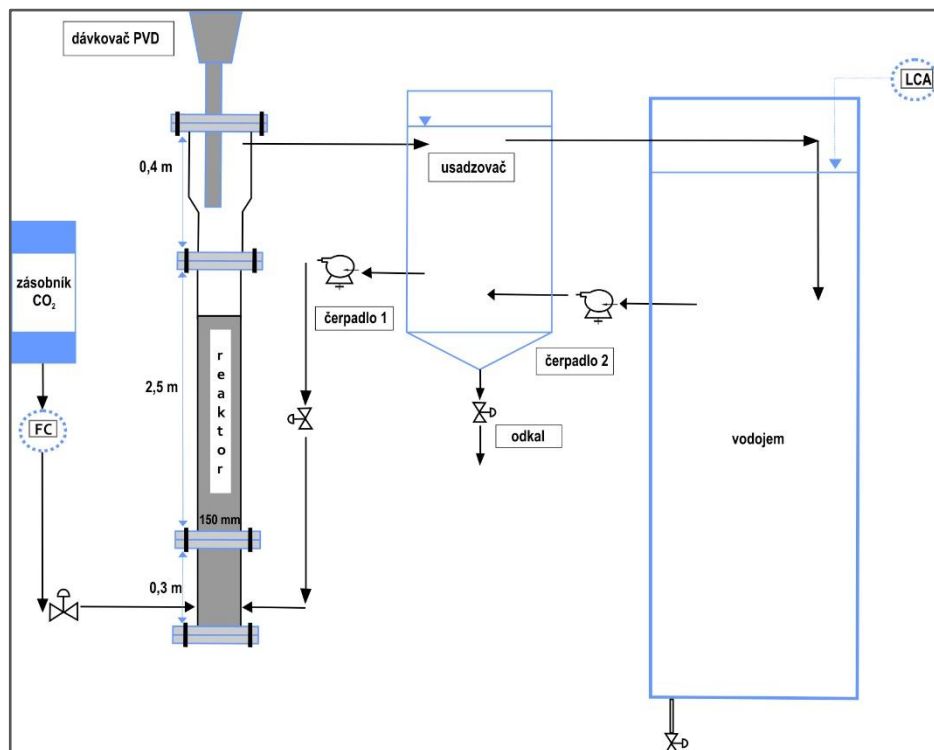
	PWVao [m · s ⁻¹]	Rozdiel arteriálny vek – skutočný vek [roky]
„Tvrdá“ pitná voda, n = 100 respondentov	7,96	2,23
„Mäkká“ pitná voda, n = 102 respondentov	9,69	16,49

Výsledky potvrdili výrazne nepriaznivejší stav u respondentov, ktorí konzumujú „mäkkú“ pitnú vodu.

5.5 Konštrukcia prototypov

Pre potreby riešenia projektu boli vyrobené dva prototypy rekarbonizačných reaktorov (RR). Jeden menší pre vodný zdroj v obci Devičie (priemerná denná spotreba vody približne 30 m³) a druhý väčší pre vodný zdroj v obci Kokava nad Rimavicou (priemerná denná spotreba vody približne 300 m³).

Schéma rekarbonizačných reaktorov



5.6 Inštalácia dvoch prototypov do dočasnej a trvalej prevádzky

Rekarbonizačný reaktor s fluidnou vrstvou bol na vodnom zdroji **Devičie** uvedený do:

- **dočasnej prevádzky 25. jún 2021**
- **trvalej prevádzky 1. apríl 2022**



Rekarbonizačný reaktor s fluidnou vrstvou bol na vodnom zdroji **Kokava nad Rimavicou** uvedený do:

- **dočasnej prevádzky 12. júl 2021**
- **trvalej prevádzky 1. apríl 2022**



5.7 Monitorovanie obsahu Ca a Mg v dvoch rekarbonizovaných vodných zdrojoch

Výsledky rekarbonizácie pitnej vody na vodnom zdroji Devičie

Základné podmienky obohacovania pitnej vody: priemerná denná spotreba vody je 30 m³, priemerná denná dávka vyrobeného a pridávaného koncentrátu je 3 m³, pomer miešania koncentrátu a vody odvádzanej z vodojemu je 1 : 10, celkový objem vodojemu je 90 m³ vody, priemerná spotreba PVD 300 kg . rok⁻¹, priemerná spotreba CO₂ – 400 kg . rok⁻¹.

Doba prevádzky		Vodivosť'	Ca	Mg	Ca + Mg
		[μS . cm ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]	
Počiatkový stav		298	30,1	10,2	1,16
1 deň	po uvedení do prevádzky	300	30,1	10,1	1,16
3 dni		310	30,3	10,4	1,18
5 dní		360	32,6	15,2	1,43
10 dní		380	33,7	20,7	1,6
30 dní		430	36,8	21,5	1,79
Júl 2021		444	37,4	21,2	1,80
August 2021		435	36,5	20,9	1,76
September 2021		440	37,2	20,1	1,74
Október 2021		452	38,4	22,1	1,85
November 2021		425	36,5	21,8	1,8
December 2021		430	36,5	20,0	1,73
Január 2022		405	36,2	21,1	1,77
Apríl 2022		418	38,2	21,8	1,85
Jún 2022		405	37,8	21,2	1,81
September 2022		402	37,1	20,5	1,77
December 2022		435	39,5	22,2	1,89

Výsledky rekarbonizácie pitnej vody na vodnom zdroji Kokava nad Rimavicou

Základné podmienky obohacovania pitnej vody: priemerná denná spotreba vody: 275 – 300 m³, priemerná denná dávka vyrobeného a pridávaného koncentrátu: 22 – 30 m³ . deň⁻¹, pomer miešania koncentrátu a vody odvádzanej z vodojemu: 1 : 9 (1 : 10), výkon cirkulačného čerpadla: približne 10 m³ . hod⁻¹, priemerná dávka pridávaného PVD: 50 kg za týždeň, priemerné množstvo pridávaného CO₂: 230 – 240 kg za týždeň, celkový objem vodojemu: 1 300 m³.

Doba prevádzky		Vodivosť'	Ca	Mg	Ca + Mg
		[μS . cm ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]	
Počiatkový stav		111	19,1	3,4	0,61
August 2021		165	25,6	4,9	0,84
September 2021		202	33,7	10,2	1,26
Október 2021		197	30,3	8,8	1,12
November 2021		202	33,7	10,2	1,26
December 2021		197	30,3	8,8	1,12
Január 2022		202	32,9	14,0	1,39
Február 2022		210	33,2	13,2	1,33
Marec 2022		225	35,6	12,8	1,41
Apríl 2022		259	46,4	12,6	1,61
Júl 2022		242	44,8	13,2	1,64
Október 2022		225	39,6	11,1	1,44
December 2022		229	40,2	12,8	1,53

Počas prvých troch mesiacov (júl – september 2021) reaktor z dôvodu poruchy na hydraulike pracoval len približne na **20 % výkon.**



5.8 Monitorovanie vplyvu rekarbonizovanej vody na pružnosť ciev obyvateľov

Meranie pružnosti ciev bolo realizované u obyvateľov v obci Devičie a v obci Kokava nad Rimavicou v polročných intervaloch po začatí obohacovania pitnej vody o Ca a Mg.

Etapa merania pružnosti ciev		DEVČIE	
		PWVao [m . s ⁻¹]	Arteriálny – skutočný vek [roky]
Pred obohacovaním pitnej vody o Ca a Mg		9,88	25,13
6 mesiacov	po obohacovaní pitnej vody o Ca a Mg	9,45	20,83
12 mesiacov		8,69	14,51
18 mesiacov*		8,56	10,4

Etapa merania pružnosti ciev		KOKAVA NAD RIMAVICOU	
		PWVao [m . s ⁻¹]	Arteriálny – skutočný vek [roky]
Pred obohacovaním pitnej vody o Ca a Mg		9,65	10,46
6 mesiacov	po obohacovaní pitnej vody o Ca a Mg	9,54	8,51
12 mesiacov		9,21	4,87
18 mesiacov		9	3,7

6. HLAVNÉ ZÁVERY PROJEKTU

- Vyrobili sme dva prototypy rekarbonizačných reaktorov. Reaktory sú relatívne lacné, ľahko ovládateľné. Pomocou nich vieme spoľahlivo obohatiť pitnú vodu o Ca a Mg v obci Devičie a v obci Kokava nad Rimavicou.
- Potvrdili sme zlepšenie kardiovaskulárneho systému u obyvateľov, ktorí začali piť vodu obohatenú o Ca a Mg meraním pružnosti ciev.

Najdôležitejšie publikované výstupy projektu

Rapant, S., Cvečková, V., Fajčíková, K., Hajdúk, I., Hiller, E., Stehlíková, B., 2019: Hard Water, More Elastic Arteries: A Case Study from Krupina District, Slovakia. Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 1521; doi:10.3390/ijerph16091521.

Rapant, S., Cvečková, V., Hiller, E., Jurkovičová, D., Kožíšek, F., Stehlíková, B., 2020: Proposal of New Health Risk Assessment Method for Deficient Essential Elements in Drinking Water—Case Study of the Slovak Republic. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 5915; doi:10.3390/ijerph17165915

Kozisek, F., 2020: Regulations for calcium, magnesium or hardness in drinking water in the European Union member states.

Regulatory Toxicology and Pharmacology 112 (2020) 104589.
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2020.104589>

Rapant, S., Letkovičová, A., Jurkovičová, D., Kosmovský, V., Kožíšek, F., Jurkovič, Ľ., 2021: Differences in health status of Slovak municipalities supplied with drinking water of different hardness values. Environ Geochem Health, 43, 2665 – 2677 (<https://doi.org/10.1007/s10653-020-00664-6>).

Rapant, S., Cvečková, V., Čermák, P., 2022: Enrichment of drinking water with Ca and Mg by a fluidized bed recarbonization reactor: a case study of Devičie, Slovak Republic. Journal of Water and Health Vol 20 No 4, 630 doi: 10.2166/wh.2022.252.



Viac informácií:

Stanislav Rapant

(stanislav.rapant@uniba.sk)

Hlavný záver

Vyrobili sme dva prototypy rekarbonizačného reaktora. Reaktory sú relatívne lacné, ľahko ovládateľné. Pomocou nich vieme spoľahlivo obohatiť pitnú vodu o Ca a Mg v obci Devičie a v obci Kokava nad Rimavicou. Zlepšenie kardiovaskulárneho systému u obyvateľov, ktorí začali piť vodu obohatenú o Ca a Mg, sme potvrdili meraním pružnosti ciev.

Riešiteľ:



Donori:

