

LIFE Project Number
LIFE 17 ENV/SK/000036
Akronym: LIFE – WATER and HEALTH

STRUČNÁ SPRÁVA

Výsledky nepretržitej prevádzky inštalovaných prototypov na rekarbonizáciu vody

(Aktivita B.7 – Inštalácia dvoch prototypov na rekarbonizáciu vody do trvalej prevádzky)

31. 12. 2022

Stanislav Rapant, Veronika Cvečková, Marián Detvan, Juraj Macek, Ján Milička

Rekarbonizačný reaktor na vodnom zdroji v obci Devičie bol uvedený do prevádzky 25. júna 2021 (obr. 1) a rekarbonizačný reaktor na vodnom zdroji v obci Kokava nad Rimavicou bol do prevádzky uvedený 12. júla 2021 (obr. 2).



Obr. 1 Rekarbonizačný reaktor na vodnom zdroji Devičie (foto: Cvečková, 2022).



Obr. 2 Rekarbonizačný reaktor na vodnom zdroji v obci Kokava nad Rimavicou (foto: Cvečková, 2022).

Rekarbonizačný reaktor v obci Devičie bol vyrobený a uvedený do prevádzky v zmysle projektu (do 30. júna 2021). Výroba RR na vodnom zdroji v obci Kokava nad Rimavicou bola sprevádzaná pandemiou s COVID-19 a následne materiálovou krízou, čo spôsobilo krátke omeškanie uvedenia RR do prevádzky.

Po uvedení obidvoch reaktorov do prevádzky sme okamžite začali monitorovanie zmeny chemického zloženia vody. Monitorovali sme obsah Ca, Mg a tvrdosť vody, a to ako v cirkulačných nádržiach tak aj na výstupe vody do vodovodného systému. Kontinuálne sme merali hodnoty vodivosti vo vodovodnom systéme a v cirkulačných nádržiach. Vodojem v obci Kokava nad Rimavicou mal vzorkovací kohútik na výstupe z vodojemu aj na výstupe z cirkulačnej nádrže. To boli dve miesta, kde sme sledovali zmeny chemického zloženia vody a zmeny pH. Rekarbonizačný reaktor vo vodojeme v obci Devičie sme monitorovali kontinuálne v cirkulačnej nádrži ponorením elektródy priamo do cirkulačnej nádrže (sledovali sme vodivosť a pH). Zmeny chemického zloženia vody vo vodovodnom systéme v obci Devičie sme sledovali odberom vody z vodovodného kohútika na obecnej úrade, kde sme raz za deň merali vodivosť a pH.

Údaje o vodivosti, teplote vody a pH miestni pracovníci zapisovali do terénneho denníka.

Frekvencia sledovania CO₂, pH, Ca a Mg bola nasledovná: prvé tri dni v šesť hodinových intervaloch, následne raz za týždeň a približne po dvoch mesiacoch sme prešli na jednomesačný interval sledovania. Hodnoty voľného CO₂ sme stanovovali titračne na fenolftaleín.

Sledovanie obsahu Ca a Mg v pitnej vode bolo realizované dvoma spôsobmi. Najskôr to bola titračná metóda, chelatometricky za použitia indikátora eriochrómová červeň (Horáková et al., 2003). Takto bol sledovaný obsah Ca a Mg priamo na vodnom zdroji. Druhý spôsob boli chemické analýzy z akreditovaného laboratória Stredoslovenská vodárenská prevádzková spoločnosť, a. s. Lučenec (StVPS, Lučenec). Poznamenávame, že medzi stanoveným obsahom Ca a Mg priamo v teréne a stanovením Ca a Mg v akreditovanom laboratóriu StVPS, Lučenec neboli žiadne výrazné rozdiely. Orientačne sme v 2 – 3 mesačných intervaloch sledovali bakteriologickú nezávadnosť vody, a to ako v cirkulačnej nádrži tak aj na odtoku z vodojemu (Kokava nad Rimavicou), resp. z vodovodného kohútika (Devičie).

Na terénne merania (vodivosti, teploty, pH) boli použité prenosné laboratórne prístroje WTW, TRI-METER a Hana.

Vodný zdroj v obci Devičie

Základné podmienky obohacovania pitnej vody na vodnom zdroji v obci Devičie sú nasledovné:

- 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.

Hodnota vodivosti pitnej vody v cirkulačnej nádrži obci Devičie za 24 hodín dosiahla úroveň 1 245 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, obsah Ca 80,4 mg $\cdot \text{l}^{-1}$ a obsah Mg 126,2 mg $\cdot \text{l}^{-1}$. Teplota vody sa mierne zvýšila zo 14,8 °C na 16, 1 °C. Teplota vody bola ovplyvnená aj vonkajšou teplotou. Po 24 hodinách sme začali odvádzať koncentrát priamo do vodojemu. Prvé zvýšenie obsahu Ca a Mg, resp. vodivosti sme pozorovali v obci (obecný úrad) za päť dní od uvedenia RR do prevádzky (tab. 1)

Tab. 1
Výsledky rekarbonizácie vody v cirkulačnej nádrži a vo vode v obci Devičie (2021).

Dni	Cirkulačná nádrž				Voda v obci			
	Vodivosť	Mg	Ca	pH	Vodivosť	Mg	Ca	pH
	$[\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}]$	$[\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}]$			$[\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}]$	$[\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}]$		
0	300	10,1	30,1	7,1	298	10,2	30,1	7,1
1	1 245	126,2	80,4	6,4	300	10,1	30,1	7,1
3	1 250	134,1	84,8	6,5	310	10,4	30,3	7,3
5	1 190	128,3	82,5	6,4	360	15,2	32,6	7,2
10	1 140	115,9	82,4	6,5	380	20,7	33,7	7,1
15	1 180	118,3	82,3	6,5	425	21,4	35,8	7,1
30	1 180	119,4	83,2	6,4	430	21,5	36,8	7,2
40	1 067	116,5	84,2	6,5	428	21,0	37,1	7,1
50	1 098	118,2	85,1	6,5	472	21,2	37,1	7,1
60	1 105	119,4	85,4	6,4	444	21,2	37,4	7,2

Cieľové hodnoty obohacovania pitnej vody boli na základe rizikovej analýzy (kapitola 3) pre Ca 35 – 40 mg $\cdot \text{l}^{-1}$, pre Mg 16 – 21 mg $\cdot \text{l}^{-1}$ a pre tvrdosť vody (Ca + Mg) 1,5 – 1.6 mmol $\cdot \text{l}^{-1}$. Takéto hodnoty v daných podmienkach vodojemu v obci Devičie dosiahneme pri hodnotách vodivosti okolo 370 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Pri monitorovaní efektívnosti procesu rekarbonizácie stačí teda pravidelne sledovať hodnotu vodivosti. Keď je hodnota vodivosti v intervale okolo 370 – 380 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, tak je plný predpoklad obsahu Ca nad 35 mg $\cdot \text{l}^{-1}$ a Mg nad 20 mg $\cdot \text{l}^{-1}$. Keďže už po mesiaci sme dosiahli plánované hodnoty rekarbonizácie, postupne sme mierne začali znižovať prítok CO_2 a množstvo pridávaného PVD.

Výsledky rekarbonizácie v roku 2022 sú podané v tabuľke 2, kde sú údaje o rekarbonizácii len pre vodu v obci. Hodnoty vodivosti a pH sme sledovali v 2 – 3 denných intervaloch. Obsah Ca a Mg sme sledovali v mesačných intervaloch.

Hodnoty v cirkulačnej nádrži (Devičie) sme sledovali nesystematicky (približne 1 x za 10 dní) len meraním vodivosti. Tá kolísala v intervale približne 1 000 – 1 100 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Ako je vidieť z tabuľky 2 aj v roku 2022 RR pracoval spoľahlivo. Obsah Ca, Mg, resp. vodivosti bol plne v intervale požadovaných hodnôt približne 35 mg $\cdot \text{l}^{-1}$ pre Ca, 20 mg $\cdot \text{l}^{-1}$ pre Mg a 370 – 400 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ pre vodivosť.

Po zhodnotení takmer 15 mesačného obdobia (jún 2021 – august 2022) je priemerná spotreba PVD 300 kg $\cdot \text{rok}^{-1}$ a spotreba CO_2 – 400 kg $\cdot \text{rok}^{-1}$.

Tab. 2
Hodnoty Ca, Mg, tvrdosti vody a vodivosti vo vode v obci Devičie (2022).

mesiac/dni	Ca	Mg	Tvrdosť vody	vodivosť
	$[\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}]$		$[\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}]$	$[\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}]$
január	36,2	21,1	1,77	405
február	37,3	21,0	1,79	421
marec	36,9	20,9	1,78	412
apríl	38,2	21,8	1,85	418
máj	37,5	20,9	1,79	409
jún	37,8	21,2	1,81	405
júl	37,2	20,8	1,79	402
august	36,8	19,9	1,74	395
september	37,1	20,5	1,77	402
október	34,8	19,5	1,67	385
november	38,4	21,2	1,83	425
december	39,5	22,2	1,89	435

Vodný zdroj v obci Kokava nad Rimavicou

Základné podmienky rekarbonizácie pitnej vody v Kokave nad Rimavicou sú nasledovné:

- priemerná denná spotreba vody: 275 – 300 m^3 ,
- priemerná denná dávka vyrobeného a pridávaného koncentrátu: 22 – 30 $\text{m}^3 \cdot \text{deň}^{-1}$,
- pomer miešania koncentrátu a vody odvádzanej z vodojemu: 1 : 9 (1 : 10),
- výkon cirkulačného čerpadla: približne 10 $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$,
- priemerná dávka pridávaného PVD: 50 kg za týždeň,

- priemerné množstvo pridávaného CO₂: 230 – 240 kg za týždeň,
- celkový objem vodojemu: 1 300 m³,
- cieľové hodnoty rekarbonizácie: Ca 25 – 30 mg . l⁻¹, Mg 8 – 12 mg . l⁻¹, (Ca + Mg) 1,1 – 1,3 mmol . l⁻¹.

Pri uvedení RR na vodnom zdroji v Kokave nad Rimavicou sa v plnej miere prejavila kríza spôsobená pandémiou COVID-19 (technici neboli k dispozícii pre karanténu) a následne materiálová kríza. Chýbala dôležitá súčiastka (redukčný ventil) a preto po uvedení RR do prevádzky nefungovala hydraulika. Preto nemohol RR pracovať na požadovaný výkon. Cirkulačné čerpadlá pracovali približne len na 10 % výkon a rekarbonizácia vody prebiehala v nedostatočnej miere. Približne po dvoch mesiacoch boli všetky technické nedostatky odstránené. Cirkulačné čerpadlá začali pracovať na plný výkon (približne 15 m³ . hod⁻¹). Približne po 60 – 70 dňoch sme začali pozorovať zvýšený obsah Ca, Mg a vodivosti v cirkulačnej nádrži a aj vo vode v obci. Cieľové hodnoty rekarbonizácie vody v Kokave nad Rimavicou vypočítané na základe rizikovej analýzy boli pre Ca 25 – 30 mg . l⁻¹, pre Mg 8 – 12 mg . l⁻¹ a pre tvrdosť vody 1,1 – 1,3 mmol . l⁻¹. Takéto hodnoty sme dosiahli približne po 90 dňoch, keď bol v obci vo vode zistený obsah Ca 33,7 mg . l⁻¹, Mg 10,2 mg . l⁻¹ a tvrdosti vody 1,26 mmol . l⁻¹ (tab. 3) Cieľové hodnoty obsahu prvkov rekarbonizáciou boli dosiahnuté pri hodnote vodivosti 200 – 220 μS . cm⁻¹. Pri tejto hodnote vodivosti sa obsah uvedených prvkov pohybuje v intervale požadovaných hodnôt. V roku 2022 (tab. 4) sme pozorovali nárast Ca na 32,9 mg . l⁻¹ a Mg na 14 mg . l⁻¹, čiže viac ako bolo požadované. Preto sme začali znižovať množstvo pridávaného PVD. Dlhodobým testovaním výkonu RR odhadujeme spotrebu CO₂ na približne 120 kg za týždeň a spotrebu PVD na 40 – 50 kg za týždeň. V roku 2022 sme merali vodivosť v cirkulačnej nádrži a vo vode v obci každý deň. Požadovaný nárast Ca a Mg je plne dosiahnutý pri hodnote vodivosti v cirkulačnej nádrži v intervale 450 – 500 μS . cm⁻¹ a pri hodnote vodivosti vo vode v obci v intervale 200 – 210 μS . cm⁻¹.

Hodnoty pH v cirkulačnej nádrži v dôsledku nespotrebovaného CO₂ sa pohybovali v mierne kyslej oblasti v intervale 6,1 – 6,5. Nespotrebované množstvo CO₂ sa spotrebuje vo vodojeme, kde dochádza k rozpúšťaniu mikročastíc PVD, čo má za následok zvýšenia hodnoty pH vody, ktorá sa pohybuje okolo neutrálnej oblasti v rozmedzí 6,8 – 7,1.

V roku 2022 sme pristúpili na nasledovný interval monitorovania a kvalitatívnych parametrov vody:

- obsah Ca, Mg (Ca + Mg): jedenkrát za mesiac,
- vodivosť v cirkulačnej nádrži aj vo vode v obci: dvakrát za týždeň,
- meranie pH a voľného CO₂ v cirkulačnej nádrži aj vo vode v obci: dvakrát za týždeň.

Rekarbonizačný reaktor v obci Kokava nad Rimavicou pracoval spoľahlivo a efektívne aj v roku 2022. Preto sme v zimných mesiacoch (keď je spotreba vody menšia) mierne znížili výkon cirkulačných čerpadiel (približne na 5 – 7 m³ . hod⁻¹) za účelom šetrenia elektrickej energie. Od mája, keď sa spotreba vody v obci zvýšila, zvýšil sa výkon cirkulačných čerpadiel na 7 – 9 m³ . hod⁻¹ a cieľové hodnoty rekarbonizácie spoľahlivo udržiujeme.

Tab. 3

Výsledky rekarbonizácie vody v cirkulačnej nádrži a vo vode v obci Kokava nad Rimavicou (2021).

Dni	Cirkulačná nádrž				Voda v obci			
	vodivosť	Mg	Ca	(Ca + Mg)	vodivosť	Mg	Ca	(Ca + Mg)
	[μS . cm ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]	[μS . cm ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]
0	110	3,5	19,1	0,59	111	3,4	19,1	0,61
10	120	3,8	20,4	0,66	115	4,1	19,8	0,65
60	380	28,5	54,2	2,52	165	4,9	25,6	0,84
90	740	61,2	98,3	4,97	202	10,2	33,7	1,26
120	693	58,5	91,0	4,67	197	8,8	30,3	1,12

Tab. 4

Hodnoty Ca, Mg, tvrdosti vody a vodivosti vo vode v obci Kokava nad Rimavicou (2022).

mesiac/dni	Ca	Mg	Tvrdosť vody	vodivosť
	[mg . l ⁻¹]	[mg . l ⁻¹]	[mmol . l ⁻¹]	[μS . cm ⁻¹]
január	32,9	14,0	1,39	202
február	33,2	13,2	1,33	210
marec	35,6	12,8	1,41	225
apríl	46,4	12,6	1,68	259
máj	31,3	9,9	1,19	205
jún	42,7	12,5	1,58	235
júl	44,8	13,2	1,64	242
august	38,6	11,7	1,44	250
september	42,4	12,8	1,58	239
október	39,6	11,1	1,44	225
november	44,8	15,2	1,74	261
december	40,2	12,8	1,53	229