

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

STRUČNÁ SPRÁVA

Monitorovanie obsahu Ca a Mg v dvoch vodných zdrojoch s rekarbonizáciou pitnej vody (šesť mesiacov po zahájení rekarbonizácie)

(Aktivita C.1 – Monitorovanie obsahu Ca a Mg v dvoch rekarbonizovaných vodných zdrojoch)

31. 01. 2022

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

Vodný zdroj pitnej vody DEVIČIE

Rekarbonizácia pitnej vody na vodnom zdroji Devičie začala 25. 06. 2021. Monitoring sme zahájili hneď po začatí procesu rekarbonizácie. Sledovali sme vodivosť, teplotu, pH, obsah Ca, Mg, tvrdosť vody a bakteriologickú nezávadnosť vody. Monitorovanie kvality vody bolo realizované na vodovodnom kohútiku na obecnom úrade v obci Devičie. Na začiatku sme sledovali uvedené parametre aj v cirkulačnej nádrži. Hodnota vodivosti v cirkulačnej nádrži dosiahla približne za dva dni úroveň $1\,245\ \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, obsah Ca $85\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a obsah Mg $120\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Takéto hodnoty boli viac menej stabilné počas celého mesiaca. Mierny kolísali v závislosti od množstva pridaného polovypáleného dolomitu (PVD) a CO_2 . Hodnota vody v cirkulačnej nádrži bola na úrovni 7,6 a kolísala $\pm 0,2$. Teplota vody bola ovplyvnená vonkajšou teplotou, kolísala v rozmedzí $16,5 - 19,5\ ^\circ\text{C}$. Po 24 hodinách sa začal koncentrát odvádzať do vodojemu. Hodnota vodivosti a obsah Ca a Mg v cirkulačnej nádrži sa prakticky nemenila, čiže sme dosiahli dynamickú rovnováhu. Produkcia vyrábaných a odvádzaných iónov bola v rovnováhe.

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

- priemerná denná spotreba (odtok) vody je $30\ \text{m}^3$,
- priemerná denná dávka vyrobeného a pridávaného koncentrátu je $3\ \text{m}^3$,
- pomer miešania koncentrátu a vody odvádzanej z vodojemu je 1 : 10,
- celkový objem vodojemu je $90\ \text{m}^3$.

Z uvedeného pomeru miešania vody a koncentrátu nám vyplynula potrebná hodnota vodivosti v cirkulačnej nádrži (v rozpätí $800 - 1\,000\ \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), ktorá zaručovala minimálny nárast Ca o $5 - 10\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a Mg o $16 - 21\ \text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ vo výslednej pitnej vode.

Výsledky rekarbonizácie pitnej vody na vodnom zdroji Devičie sú prehľadne uvedené v tabuľke 1. Hodnoty pre monitorované parametre uvedené v tabuľke predstavujú priemerné hodnoty z dvoch až štyroch meraní.

Tabuľka 1
Monitorovanie obsahu Ca, Mg, vodivosti a tvrdosti vody (Ca + Mg) na vodnom zdroji Devičie

DEVIČIE	Ca [mg . l ⁻¹]	Mg [mg . l ⁻¹]	Ca + Mg [mmol . l ⁻¹]	Vodivosť [μS . cm ⁻¹]
Pôvodný stav	30,0	10,2	1,15	280
Cieľová hodnota	35 – 40	16 – 21	1,5 – 1,6	380 – 390
5 dní	32,6	15,2	1,44	360
10 dní	33,7	20,7	1,69	380
30 dní	36,8	21,5	1,80	430
60 dní	37,4	21,2	1,80	444
90 dní	38,2	21,1	1,82	445
120 dní	38,8	21,1	1,83	444
150 dní	48,9	20,0	2,04	442
180 dní	39,6	20,5	1,83	444

Poznámka: Údaje predstavujú priemerné hodnoty z dvoch až štyroch meraní.

Prvé pozorovateľné zvýšenie obsahu Ca, Mg a tvrdosti vody (Ca + Mg) bolo zaznamenané v obci už po piatich dňoch (nárast obsahu Mg z približne 10 mg . l⁻¹ na 15 mg . l⁻¹). Cieľová hodnota rekarbonizácie pre Mg (20 mg . l⁻¹) bola dosiahnutá už po desiatich dňoch. Cieľová hodnota pre Ca (35 mg . l⁻¹) bola dosiahnutá po 30 dňoch. Maximálny obsah Ca 57,8 mg . l⁻¹ a maximálny obsah Mg bol 25,8 mg . l⁻¹.

Po dosiahnutí cieľových hodnôt obsahu Ca a Mg sme začali optimalizovať výkonnosť reaktora. Mierne sme znížili pridávané množstvo PVD približne 20 kg/týždeň a 2 kg CO₂/deň. V ďalšom období do konca roka 2021 (180 dní) sme bezpečne udržiavali požadovaný obsah Ca a Mg. Z obsahu Ca a Mg bola odvodená potrebná hodnota vodivosti, ktorá sa pohybuje približne na úrovni 380 – 390 μS . cm⁻¹. Pri takejto vodivosti dosahujeme potrebné hodnoty obsahu Ca a Mg. Zároveň sme sledovali bakteriologickú nezávadnosť vody (dva krát v cirkulačnej nádrži a dva krát vo vode v obci). Vo všetkých štyroch prípadoch bola potvrdená bakteriologická nezávadnosť vody.

Z optimalizácie účinnosti reaktora nám vyplývajú nasledovné skutočnosti:

- požadovaný nárast obsahu Ca a Mg je dosiahnutý pri úrovni vodivosti 380 – 390 μS . cm⁻¹,
- potrebné množstvo PVD je približne 1,5 kg/deň,
- potrebné množstvo CO₂ je približne 2 kg/deň.

Sledovanie obsahu Ca a Mg bolo realizované dvoma spôsobmi:

- titračná metóda realizovaná v teréne,
- analýzy z akreditovaného laboratória StVPS, a. s. Lučenec.

Na stanovenie koncentrácie Ca a Mg bola použitá chelatometrická metóda indikátorom eriochromova čerň T (Horáková et al., 2003).

Výsledky stanovené v teréne a výsledky z akreditovaného laboratória (protokol o skúške) boli v dobrej zhode.

Hodnoty pH, vodivosti a teploty vody boli merané terénnymi prístrojmi značky WTW, Hana a TRI-METER.

V ďalšom odporúčame sledovať vodivosť vody v týždenných intervaloch a obsah Ca a Mg v trojmesačných intervaloch. V roku 2022 odporúčame sledovať bakteriologickú nezávadnosť dvoma kontrolnými analýzami.

Vodný zdroj pitnej vody Kokava nad Rimavicou

Rekarbonizácia pitnej vody na vodnom zdroji Kokava nad Rimavicou začala 12. 07. 2021, 12 dni po plánovanom termíne. Toto oneskorenie bolo spôsobené s pandémiou COVID-19 (karanténa) a materiálou krízou (neboli dodané všetky potrebné súčiastky).

Na úvod poznamenávame, že sa nám na začiatku nepodarilo dosiahnuť plný výkon cirkulačného čerpadla (16 m³ . hod⁻¹), kvôli problému s hydraulikou. Prvé dva mesiace čerpadlá pracovali len približne na tretinový výkon. Po zahájení rekarbonizácie sme začali monitorovať: vodivosť, pH, teplotu vody, obsah Ca a Mg, tvrdosť vody a bakteriologickú nezávadnosť. Toto sme realizovali prvé dva dni v dvojhodinových intervaloch, ďalších päť dní v denných intervaloch. Po mesiaci pozorovania sme prešli na týždenný interval. Bakteriologickú nezávadnosť sme sledovali tromi analýzami aj

v cirkulačnej nádrži aj na výtoku z vodojemu. Od polovice septembra 2021 po úprave hydraulického systému sme dosiahli plný výkon čerpadla. Od septembra 2021 sa vodivosť v cirkulačnej nádrži ustálila približne na úrovni 500 – 700 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Základné podmienky obohacovania pitnej vody na vodnom zdroji Kokava nad Rimavicou sú nasledovné:

- priemerná denná spotreba (odtok) vody je 275 m^3 ,
- priemerná denná dávka vyrobeného a pridávaného koncentrátu je 28 - 32 m^3 ,
- pomer miešania koncentrátu a vody odvádzanej z vodojemu je 1 : 10,
- celkový objem vodojemu je 1 300 m^3 .

V prvom mesiaci rekarbonizácia nemala potrebný účinok. Vodivosť na výstupe z vodojemu stúpila len z približne 115 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ na 140 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, obsah stúpol Ca z 19,1 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ na 19,5 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a obsah Mg stúpol z 3,5 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ na 4 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Do úvahy treba zobrať aj veľký objem vody v rezervoári (1 300 m^3). Trvalo viac ako jeden mesiac, kým sa obsah Ca a Mg vo vode v rezervoári pozorovateľne zvýšil. Požadovanú úroveň rekarbonizácie (Ca > 25 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Mg > 8,0 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) sme dosiahli približne po 60 dňoch rekarbonizácie vody.

Výsledky rekarbonizácie pitnej vody na vodnom zdroji Kokava nad Rimavicou sú prehľadne uvedené v tabuľke 2. Hodnoty pre monitorované parametre uvedené v tabuľke predstavujú priemerné hodnoty z dvoch až štyroch meraní.

Tabuľka 2
Monitorovanie obsahu Ca, Mg, vodivosti a tvrdosti vody (Ca + Mg) na vodnom zdroji Kokava nad Rimavicou

Kokava nad Rimavicou	Ca [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]	Mg [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]	Ca + Mg [$\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$]	Vodivosť [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]
Pôvodný stav	19,1	3,5	0,62	110
Cieľová hodnota	25 – 30	8 – 12	1,1 – 1,3	190 – 210
5 dní	19,8	4,0	0,64	112
10 dní	19,8	4,1	0,65	115
30 dní	19,9	4,1	0,66	116
60 dní	25,6	4,9	0,83	145
90 dní	30,7	6,9	1,04	165
120 dní	30,0	8,8	1,11	202
150 dní	32,5	9,2	1,18	222

Poznámka: Údaje predstavujú priemerné hodnoty z dvoch až štyroch meraní.

V roku 2021 bol zaznamenaný maximálny obsah vo vode z vodojemu pre Ca 34,2 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a pre Mg 10,8 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Po dosiahnutí cieľových hodnôt sme pristúpili k optimalizácii spotreby CO_2 a pridávaného množstva PVD. Pridávali sme rôzne množstvo PVD od 50 – 200 kg/mesiac a menili sme CO_2 v rozsahu 150 – 250 $\text{kg}/\text{týždeň}$. Dbali sme na to, aby cieľové hodnoty rekarbonizácie boli dodržané. Z optimalizácie nám vyplynula cieľová hodnota vodivosti, ktorá by sa mala pohybovať na úrovni 190 – 210 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Pri takejto vodivosti sa pohyboval obsah Ca a Mg na úrovni cieľových hodnôt. Hodnota pH vody v cirkulačnej nádrži sa pohybovala okolo 8,3 a hodnota pH na odtoku z vodojemu sa pohybovala v rozpätí 6,8 – 7,3.

Veľké množstvo vody vo vodojeme (1 300 m^3) má veľmi silný pufrujúci účinok. Zaručuje značnú stabilitu obsahu Ca a Mg aj v prípade výpadku čerpadla, resp. CO_2 . Výpadok čerpadla, resp. CO_2 (1 – 2 dni) sa prakticky vôbec neprejaví v obsahu Ca a Mg.

Z optimalizácie účinnosti reaktora nám vyplývajú nasledovné skutočnosti:

- požadovaný nárast obsahu Ca a Mg je dosiahnutý pri úrovni vodivosti 190 – 210 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,
- potrebné množstvo PVD je približne 15 $\text{kg}/\text{deň}$,
- potrebné množstvo CO_2 je približne 150 – 180 $\text{kg}/\text{týždeň}$.

V roku 2021 sme tri krát sledovali bakteriologickú nezávadnosť v cirkulačnej nádrži aj vo vode na odtoku z vodojemu. Všetky výsledky potvrdili bakteriologickú nezávadnosť vody.

Sledovanie obsahu Ca a Mg bolo realizované dvoma spôsobmi:

- titračná metóda realizovaná v teréne,
- analýzy z akreditovaného laboratória StVPS, a. s. Lučenec.

Na stanovenie koncentrácie Ca a Mg bola použitá chelatometrická metóda indikátorom eriochromova čerň T (Horáková et al., 2003).

Výsledky stanovené v teréne a výsledky z akreditovaného laboratória (protokol o skúške) boli v dobrej zhode. Hodnoty pH, vodivosti a teploty vody boli merané terénnymi prístrojmi značky WTW, Hana a TRI-METER. Rekarbonizačné zariadenie má zabudovaný kontinuálny merač vodivosti. Hodnoty za 1 – 2 dni sa priebežne zapisujú. Rekarbonizačné zariadenie má zabudovaný aj vodomer, ktorý umožňuje sledovať aktuálne (zapisuje sa denne) množstvo pridávaného koncentrátu.

V ďalšom odporúčame sledovať obsah Ca a mg v trojmesačných intervaloch. Vodivosť odporúčame sledovať v týždenných intervaloch (v skutočnosti ju sledujeme denne). Bakteriologickú nezávadnosť vody odporúčame sledovať dvomi kontrolnými analýzami. Ďalšie bakteriologické rozbory vykonáva StVPS v rámci svojho monitoringu.

Po začiatkových problémoch s výkonom čerpadla sa nám podalo dosiahnuť potrebné hodnoty rekarbonizácie pitnej vody na vodnom zdroji Kokava nad Rimavicou (po 120 dňoch) pre Ca > 25 mg · l⁻¹ a Mg > 8 mg · l⁻¹. ďalšie mesiace už boli plne v intenciách cieľových hodnôt.

Literatúra

Horáková, M. et al. (2003). Analytika vody. Vysoká škola chemicko-technologická v Prahe: Praha. ISBN: 80-7080-520-X.