

Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave

Ing. Elena Büchlerová, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava

Úvod

Rezortná úloha rozvoja vedy a techniky Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave sa zaoberala výskumom zmien kvality pitnej vody prebiehajúcich počas jej dopravy k spotrebiteľom. Úloha sa riešila vo Výskumnom ústave vodného hospodárstva v rokoch 1999 – 2002. Jej hlavným cieľom bolo navrhnúť opatrenia na obmedzenie negatívnych zmien v distribučných sieťach a zabezpečenie zdravotno-hygienických požiadaviek na kvalitu pitnej vody.

Výskumné práce boli zamerané na systémy pre diaľkovú dopravu a akumuláciu vody, v ktorých dochádza k najvýraznejším zmenám kvality dopravovanej pitnej vody predovšetkým v dôsledku dlhodobého zdržania vody v systéme. Ako výskumné lokality sa vybrali skupinové vodovody dopravujúce upravenú povrchovú vodu (Hriňová – Lučenec – Fiľakovo s vetvou na Detvu a Nová Bystrica – Čadca – Žilina) pričom sa predpokladalo, že získané poznatky sa budú dať aplikovať aj v ďalších vodovodných systémoch.

Vo vybraných skupinových vodovodoch sa urobila podrobná analýza fyzikálno-chemických, biologických a hydraulických faktorov podieľajúcich sa na zmenách kvality vody počas dopravy. Po identifikácii nedostatkov sa na základe polo-prevádzkových a laboratórnych skúšok vypracovali návrhy na ich odstránenie. Výsledky a poznatky dosiahnuté pri riešení úlohy boli priebežne publikované na viacerých odborných podujatiach a v odbornej literatúre. V tomto príspevku uvádzame súhrn získaných poznatkov, odporúčania pre vybrané sledované skupinové vodovody, odporúčania všeobecného charakteru pre prevádzky diaľkových rozvodov pitnej vody a vyhodnotenie prínosov navrhovaných opatrení pre prevádzkovateľov skupinových vodovodov.

Súhrn poznatkov

Výskumná úloha sa riešila v konkrétnych prevádzkových podmienkach dvoch skupinových vodovodov slúžiacich na dopravu upravenej vody z povrchových zdrojov - vodárenských nádrží. Metodický postup riešenia vychádzal zo stanovených cieľov úlohy, z doterajších poznatkov o procesoch prebiehajúcich v reálnych podmienkach distribučných sietí a z dostupných údajov o kvalite vody a jej zmenách počas dopravy.

Vybrané skupinové vodovody sa odlišovali svojím vekom a chemizmom dopravovanej vody. Počas prvých dvoch rokov riešenia mali systémy aj rozdielny spôsob hygienického zabezpečenia dopravovanej vody: v ÚV Nová Bystrica sa od roku 1996 používa dezinfekcia chlórdioxidom, v ÚV Hriňová sa používala dezinfekcia chlóróm, ktorú v roku 2002 začali postupne nahrádzať chlórdioxidom. Oba systémy pracovali približne na 2/3 svojej projektovanej kapacity.

V súhrne poznatkov získaných pri riešení úlohy možno konštatovať, že vybrané skupinové vodovody majú niektoré charakteristiky podobné, iné sú však špecifické

pre jednotlivé systémy. Nasledujúce hodnotenia platia pre oba skupinové vodovody:

- Obidva SKV sú kapacitne predimenzované vzhľadom na súčasný podstatne znížený odber pitnej vody oproti projektovaným hodnotám. V dôsledku toho systémy vykazujú zníženú hydraulickú aktivitu a niektoré úseky sú ohrozené zvýšenou tvorbou depozitov.
- Dopravovaná voda v oboch SKV má nízky obsah biologicky odbúrateľných organických látok a možno ju považovať za biologicky stabilnú, nepodporujúcu druhotné rozmnožovanie baktérií v rozvodnom systéme.
- V obidvoch SKV sa napriek tomu potvrdila tendencia vytvárať biologické nárasty najmä v dôsledku nedostatkov pri odstraňovaní biologického oživenia v procese úpravy a nedostatočného technického zabezpečenia vodojemov pred prienikom kontaminácie z vonkajšieho prostredia.
- V biologických nárastoch na skúšobných etalónoch, v usadeninách a kalových vodách sa zistili aj zástupcovia prvokov, ktorých niektoré druhy môžu byť patogénne.
- Úroveň kontaminácie vody a priestorov akumulácie mikromycétami bola podobná v oboch SKV, rovnako aj druhové zloženie mikroskopických húb. Zaznamenal sa výskyt patogénnych druhov mikromycét.
- V obidvoch systémoch sa zistili nedostatky v technickom riešení vodojemov, v ich zabezpečení pred prienikom znečistenia z vonkajšieho prostredia a v celkovej hygiene akumulčných priestorov.

Ako špecifické charakteristiky možno pre hodnotené systémy uviesť:

SKV Nová Bystrica – Čadca – Žilina:

- Dopravovaná voda je chemicky stabilná a nemá agresívne účinky na materiály rozvodných sietí.
- Chlórdioxid používaný ako dezinfekčný prostriedok agresivitu vody nezvyšuje.
- Chlórdioxid sa v kontakte s vodou rýchlo rozkladá za tvorby chloritanov. Rozklad chlórdioxidu je urýchlený kontaktom s usadeninami vytvárajúcimi sa v SKV.
- Na základe kinetiky rozkladu chlórdioxidu sa predpokladá, že voda dopravovaná v SKV je v úsekoch za vodojemom Krásno n. K. zdravotne zabezpečená prevažne chloritanmi.
- Pri dávkach chlórdioxidu vyšších ako $0,30 \text{ mg.l}^{-1}$ koncentrácia chloritanov v dopravovanej vode prekračuje limitnú hodnotu pre pitné vody $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$.
- Chemické zloženie vody podporuje tvorbu ochranných vrstiev na vnútorných stenách potrubí, ktoré sú odolné voči pôsobeniu dezinfekčného prostriedku.

SKV Hriňová – Lučenec – Filákov s vetvou na Detvu:

- Dopravovaná voda je chemicky nestabilná s vysokou agresivitou na potrubné materiály.
- Zdravotné zabezpečenie vody chlórmi jej agresívne účinky zvyšuje.
- Počas dopravy vody dochádza k zmenám jej kvality v ukazovateľoch Fe a dusitan, ktoré v koncových bodoch jednotlivých vetiev SKV niekedy prekračujú limitné hodnoty pre pitné vody.
- Výskyt nadlimitných hodnôt chlórovaných vedľajších produktov dezinfekcie sa nezistil.
- Usadeniny tvorené v SKV neobsahujú uhličitanovú zložku a nie sú odolné voči korozívnemu pôsobeniu dopravovanej vody.

Na základe hodnotenia prevádzkových podmienok a výsledkov poloprevádzkového a laboratórneho výskumu sa vypracovali odporúčania na odstránenie existujúcich nedostatkov. Odporúčania pre prevádzkovateľov vybraných skupinových vodovodov vychádzajú zo špecifických podmienok v daných vodovodov. Pre identi-

fikované spoločné nedostatky, ktorých existenciu možno očakávať aj v iných systémoch na diaľkovú dopravu pitnej vody, sa vypracovali odporúčania všeobecného charakteru.

Odporúčania pre prevádzkovateľov vybraných skupinových vodovodov

SKV Nová Bystrica – Čadca – Žilina

- zabezpečenie limitnej hodnoty chloritanov:

Na základe prevádzkového sledovania a laboratórnych skúšok zameraných na kinetiku rozkladu chlórdioxidu sa odporúča dávkovať do upravenej vody chlórdioxid v koncentráciách maximálne do $0,27 \text{ mg.l}^{-1}$. Pri návrhu odporúčanej dávky sa zohľadnila vlastná spotreba chlórdioxidu ako aj rozklad chloritanov počas doby zdržania vody v rozvodnom systéme.

SKV Hriňová-Lučenec-Fil'akovo s vetvou na Detvu

- zníženie agresivity vody:

Vysokú agresivitu vody (III. stupeň agresivity - korózne rýchlosti prekračujúce výrazne hranicu $150 \text{ }\mu\text{m/rok}$) je potrebné eliminovať protikoróznymi opatreniami. Pre úpravne vody s výkonom ako ÚV Hriňová (viac ako 100 l.s^{-1}) je najvhodnejším protikoróznym opatrením rekarbonizácia vody založená na použití hydrátu vápenatého a oxidu uhličitého. Zvýšenie koncentrácie vápnika z pôvodnej koncentrácie $10\text{-}15 \text{ mg.l}^{-1}$ na $25\text{-}30 \text{ mg.l}^{-1}$ a alkality z $0,3\text{-}0,6 \text{ mmol.l}^{-1}$ na $1\text{-}1,2 \text{ mmol.l}^{-1}$ sa prejaví podstatným znížením agresívnych účinkov vody na všetky druhy materiálov.

- výber potrubných materiálov:

Z poloprevádzkového testovania vybraných materiálov jednoznačne vyplynulo, že najmenej vhodným materiálom pre tento SKV je oceľ, ktorá podlieha v najväčšej miere korózii. V priebehu ročnej expozície oceľových etalónov na ÚV Hriňová skorodovalo takmer 25% materiálu. Mäkká voda SKV pôsobí korozívne aj na potrubia s cementovou zložkou (azbestocement a sokoman). Ako najvhodnejší materiál pre tento typ vôd sa ukazuje liatina s vnútornou ochranou z plastov.

Odporúčania všeobecného charakteru

- Pri zmene pôvodného zdravotného zabezpečenia vody na dezinfekciu vody chlórdioxidom musí prevádzkovateľ overiť dopad tejto zmeny na chemickú stabilitu vody, jej agresivitu na potrubné materiály a celkové prostredie rozvodného systému a na tvorbu vedľajších produktov dezinfekcie (chloritanov). Podrobný popis postupu je uvedený v príspevku Ing. Munku.
- Vodovodný systém by mal byť v pravidelných intervaloch podrobený hydrobiologickému auditu. Hydrobiologický audit je dôležitý najmä pre systémy na úpravu a rozvod povrchovej vody. Jeho súčasťou by malo byť vyhodnotenie biologickej stability vody a skúšky na tvorbu biologických nárastov.
- Pri riadení prevádzky rozvodných systémov by sa malo vo väčšej miere používať matematické modelovanie. Matematické hydraulické modely rozvodných sietí umožňujú hodnotenie nielen bežných prevádzkových stavov ale aj simuláciu neštandardných stavov pri poruchách a rekonštrukciách potrubia, pri mimoriadnych odberoch zo siete, ako aj simuláciu zmien vybraných ukazovateľov kvality vody.
- Znížená hydraulická aktivita rozvodných systémov vytvára podmienky na usadzovanie uvoľnených korózných produktov a biologických nárastov v úsekoch s malými rýchlosťami prúdenia vody. Vysoké organické a mikrobiologické zaťaženie kalových vôd predstavuje riziko pre kvalitu dopravovanej vody. Pre prevádzku z toho vyplýva potreba častejšieho odkalovania rozvodných systémov.

- Vodojemy ovplyvňujú kvalitu vody stykom so vzduchom a to hlavne vzduchom prisávaným do vodojemov cez prielivové potrubia. Vo vodojemoch treba dobudovať vodné uzávery na prielivoch, dobudovať vzduchotesné dvere do vodojemu, zabezpečiť riadenú výmenu vzduchu (nasávaný vzduch má byť filtrovaný a vytláčaný vzduch z vodojemu má ísť mimo filtra), zabezpečiť zvýšený hygienický režim obsluhy vodojemov (zavedenie hygienickej slučky).
- Povrchová úprava priestorov armatúrnych komôr a vodojemov by mala byť z materiálov nepodporujúcich rast mikroskopických húb a iného oživenia.
- Prehodnotiť hydrauliku veľkých vodojemov pomocou fyzikálnych alebo matematických modelov a upraviť podmienky tak, aby sa zabránilo vzniku „mŕtvych kútov“. Riešenie problému je aktuálne najmä pri súčasnej nízkej spotrebe vody a pri dočasnom predimenzovaní akumuláčnych priestorov, v ktorých sa voda zdržuje dlhší čas.

Realizácia výsledkov a prínosy riešenia úlohy

V rámci úlohy sa analyzovala situácia a navrhli sa opatrenia na odstránenie nedostatkov pri zabezpečení kvality pitnej vody v dvoch vybraných systémoch na diaľkovú dopravu pitnej vody. Za problém, ktorý si vyžaduje akútne riešenie, riešitelia pokladajú situáciu v SKV Hriňová – Lučenec – Filákov, ktorého voda sa vyznačuje vysokou agresivitou. Bol vypracovaný návrh na technologické opatrenia na úpravni vody Hriňová, ktorý bol postúpený prevádzkovateľovi SKV. Odporúčané opatrenia na zníženie agresívnych vlastností dopravovanej pitnej vody prinesú ekonomické prínosy v dlhšom časovom horizonte v dôsledku predĺženia životnosti potrubia a zníženia frekvencie porúch. Väčšina ďalších doporučených opatrení si nevyžaduje investičné náklady, len dôsledné dodržiavanie technologickej disciplíny a kvality práce. Ich prínosy sa prejavujú na zlepšení kvality vody a jej epidemiologickej bezpečnosti.

Na ilustráciu ekonomických prínosov realizácie protikorózných opatrení sa zobrala za základ situácia v skupinovom vodovode Hriňová – Lučenec – Filákov s vetvou na Deltu. Výpočty sa robili pre súčasný objem vody vyrobenej v ÚV Hriňová a dopravovanej SKV. Ekonomická efektívnosť protikorózneho opatrenia sa určila na základe porovnania odpisov distribučného systému bez použitia protikorózneho opatrenia a odpisov s použitím protikorózneho opatrenia.

Pri výpočte efektívnosti protikorózneho opatrenia sa vychádzalo z výsledkov korózných skúšok s ročnou dobou expozície (korózne rýchlosti - odhady životnosti potrubia). Priemerná korózna rýchlosť - odhad životnosti potrubia pre SKV Hriňová - Lučenec - Filákov bola 106 $\mu\text{m}/\text{rok}$. Realizáciou rekarbonizácie vody v ÚV Hriňová (použitie hydrátu vápenatého a oxidu uhličitého) možno dosiahnuť zníženie korózneho rýchlosti - odhadu životnosti potrubia na 25 $\mu\text{m}/\text{rok}$. Náklady na chemikálie boli vypočítané pre zvýšenie alkality o 0,5 mmol/l pri výkone úpravne vody 160 l/s. Celkové investičné náklady na SKV Hriňová-Lučenec-Filákov predstavovali 80 504 000,- Sk (údaje o investičných nákladoch na výstavbu SKV, získané od prevádzkovateľa, neboli prepočítané na súčasnú cenovú úroveň).

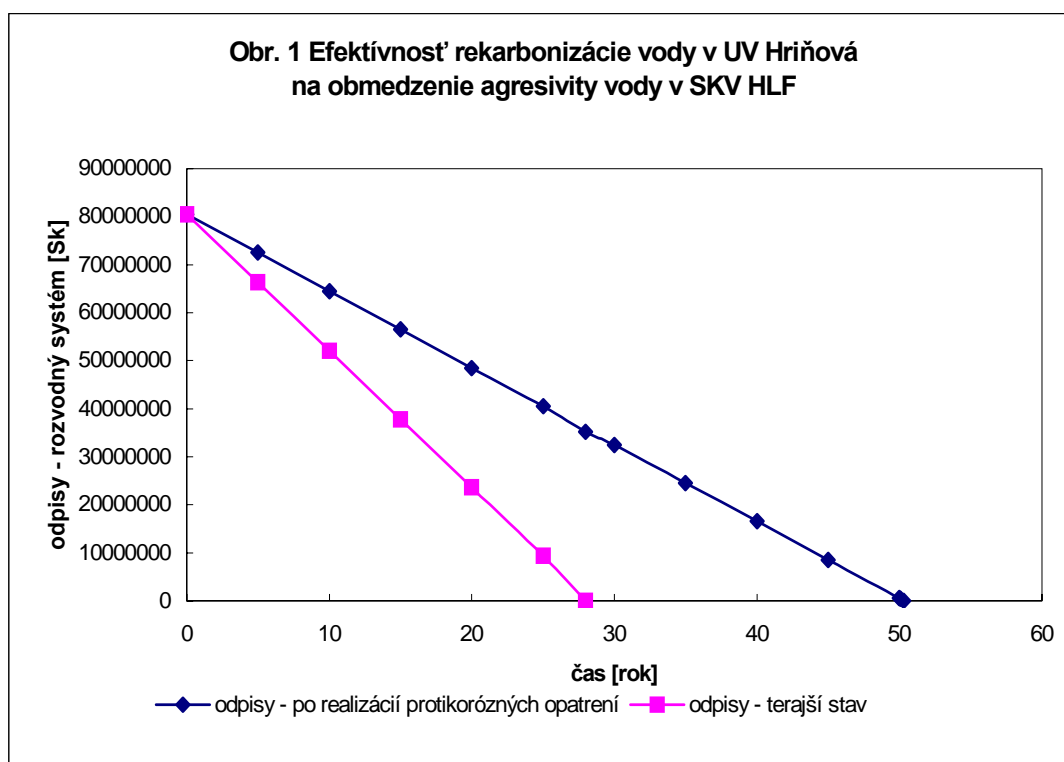
Pre odpisy O distribučného systému platí vzťah:

$$O = \frac{N}{Q \cdot 24 \cdot 365 \cdot n}$$

kde N sú náklady na výstavbu distribučného systému,
 Q je prietok dopravovanej vody distribučným systémom (m^3/h)
 n je životnosť potrubia (rok)

Pri terajšom stave prevádzkovania SKV a súčasne dosahovaných korózných rýchlostí je životnosť oceleového potrubia 28-30 rokov a odpisy predstavujú 0,587,- Sk/m³. Po realizácii protikorózneho opatrenia by sa životnosť oceleového potrubia zvýšila na 50 rokov (obr. 1). Na základe rozdielu odpisov pred realizáciou a po realizácii protikorózneho opatrenia predstavujú prínosy rekarbonizácie vody v ÚV Hriňová čiastku 35 200 000,- Sk.

Vodovodné systémy dopravujúce málo mineralizovanú vodu sa nachádzajú vo viacerých lokalitách Slovenska. Dôsledným zabezpečením chemickej stability dopravovanej vody by sa mohli dosiahnuť výrazné úspory investičných i prevádzkových nákladov.



LITERATÚRA

- BÜCHLEROVÁ, E.: Biologická aktivita v rozvodných systémoch. Závěrečná správa ČÚ 02 úlohy Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave. VÚVH Bratislava, október 2002.
- MUNKA, K.: Fyzikálno-chemické faktory zmeny kvality vody pri doprave. Závěrečná správa ČÚ 01 úlohy Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave. VÚVH Bratislava, október 2002.
- OLEJKO, Š.: Hydraulická analýza rozvodných systémov vo vzťahu ku kvalite vody. Závěrečná správa ČÚ 03 úlohy Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave. VÚVH Bratislava, október 2002.
- BÜCHLEROVÁ, E.: Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave. Závěrečná správa úlohy RVT. VÚVH Bratislava, december 2002.