

PŮVODNÍ STAV A PRVNÍ VÝSLEDKY REKONSTRUKCE TVORBY SUSPENZE ÚPRAVNY VODY KAROLINKA Z HLEDISKA PROVOZOVATELE

RNDr. Jan Válek, Ing. Zdeněk Hanák

Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s., Jasenická 1106, 755 11 Vsetín

1. ÚVODEM: VODÁRENSKÁ SOUSTAVA A PROBLÉM

Léta 1977 až 1985: v 0,750 km Stanovnice (přítok Vsetínské Bečvy) vzniká **vodárenská nádrž Karolinka**. Zkušební provoz je zahájen v roce 1984. Staví se a v listopadu 1986 je uvedena do provozu **úpravna vody Karolinka**. V podhůří Javorníků v CHKO Beskydy vzniká výlučná, perspektivní **vodárenská soustava** pro Vsetínsko, resp. Zlínsko.

Nádrž má uchovanou **oligotrofii**, velmi příznivou jakost vody a biologický stav. Ten, poměřováno profilem fytoplanktonu, doznává za období 1992 – 1998 a zejména v roce 1999 indukovaných změn / *graf 1* / : reaguje na anthropogenní tlak na povodí a nádrž / 6, 7 /.

Strategie zásobování pitnou vodou společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s. je spojena s její exploatací / 9 /. Úpravna odebírala za období 1992 – 1999 z nádrže 3 až 4 mil. m³ vody/rok: což činí 33 % pitné vody vyrobené ve vlastních VH zařízeních (1996, 1997), 39 % (1998), více než 50 % (1999). Strategický záměr, výkon úpravy 200 l/s, zní na odběr 6 mil. m³/rok.

Technologie úpravy je jednostupňová úprava koagulační filtrací s využitím pískových rychlofiltrů.

Strategický záměr se ocitl v konfrontaci s nedostatečností technologie úpravy pitné vody, kterou definoval monitoring jakosti vody 1992 – 1998. Z vyhodnocení provozu úpravy za období 1992 – 1998 / 9 /, databáze jakosti vody vč. vzorků z technologie a informací, vytěžených z mezních momentů v jakosti vody (povodeň 1997) / 8 /, byl učiněn tento závěr:

při dané jakosti surové vody (teplota, chemizmus) komplikace spočívá v anomální, nízké účinnosti až zhroucení koagulačního procesu, tj. v nedostačujícím odstraňování částic minerálních (zákal) a živých (řasy) z vody. Limitujícím faktorem této nedostatečnosti (anomálie) je fáze rychlého mísení.

Technolog za popsaného stavu stál při volbě dávky koagulantu síranu hlinitého prakticky před dvojí alternativou: **žádná dávka** nebo **dávka 10 mg/l** (což byla současně minimální i maximální dávka za daných kautel). Pro zhoršení jakosti vody, přesahující separační efekt dávky koagulantu 10 mg/l, neměl přijatelnou alternativu.

Bylo navrženo (VÁLEK et al.) řešit technologii tvorby suspenze takto:

- A. Problémovou fází rychlého mísení saturovat osazením průtočné turbíny CINK se savkou (zřízením MVE CINK).
- B. Mechanické mísení míchadly s elektrickým pohonem ve fázi pomalého mísení nahradit hydraulickým mísením nornými stěnami: stávajícími a přidanými.

2. PŮVODNÍ STAV TECHNOLOGIE TVORBY SUSPENZE

Rychlé mísení Na přívodním potrubí surové vody DN 800 je za úsekem potrubí DN 500 s tlakoměrem uzávěr DN 600 s obtokem DN 400. Dále je zařazen kuželový uzávěr DN 700. Za ním v trase následuje **statorový mísič** Sigma DN 800. Po vnitřním obvodu má (podle provozovatele) rozmístěna 3 nebo 4 žebra (spirálovitá?) šířky asi 100 mm. Před tento mísič jsou na úseku asi 1 m zaústěna do přívodu surové vody veškerá potrubí pro dávkování chemikálií.

K rychlému mísení chemikálií se surovou vodou byly původně navrženy 3 statorové mísiče Sigma o průměru 800 mm. Před jednotlivé mísiče měly být zaústěny postupně přívod kyseliny sírové, předchlorace, hlavní koagulant, náhradní nebo pomocný koagulant.

Tlaková ztráta ve statorovém mísiči byla uvažována asi 0,3 m a při velmi krátké době zdržení měly tyto mísiče zajistit vysoký rychlostní gradient a tím dokonalé promísení chemikálií s vodou / 10 /.

Pomalé mísení Surová voda se po rychlém mísení rozděluje do dvou potrubí DN 800 a každé z nich je zaústěno do jedné **rozdělovací nádrže** před flokulačními nádržemi. Kvalitní surovou vodu lze také pouštět obtokem DN 1000 přímo na filtry.

Za rozdělovacími nádržemi jsou vlastní flokulační jednotky. Voda protéká flokulacími takto: z rozdělovací nádrže do první dvojice nádrží přes přelivnou hranu stěny, t. zn. vrchem. Ve dvojici nádrží spodem pod nornou stěnou a do další dvojice přepadem přes přelivnou hranu. Průtok vody je stejný v obou řadách flokulačních jednotek. Odtokové potrubí z flokulace je zaústěno do obtokového potrubí DN 1000.

Jedna řada flokulačních jednotek (3 dvojice) byla navržena na výkon úpravný 300 l/s, tj. 2 řady na konečný výkon 600 l/s. Realizovány a plně funkční jsou 2 dvojice: **k dispozici je konečný výkon úpravný 400 l/s.**

Lze provozovat jednu nebo druhou řadu flokulačních jednotek, a to s jednou nebo dvěma dvojicemi nádrží. **Praxe** je taková, že se používá jedna nebo druhá kompletní řada flokulačních jednotek.

Flokulační jednotky byly vybaveny vertikálními pádlovými míchadly typu Sigma PMV o průměru 2,80 m. Míchadlo má 2 dvojice pádel: vnitřní s poloměrem otáčení 0,70 m, vnější s poloměrem otáčení 1,35 m. Délka pádla (míchadla) je 4,80 m.

Rozdělovací nádrž má rozměr 3,6 x 3,6 m a hloubku 5,5 m, obsah 71,28 m³, doba zdržení pro 200 l/s (strategický záměr pro výkon úpravný) je asi 5 min. 56 s. Flokulační jednotka má stejné parametry jako rozdělovací nádrž.

Teplotní inhibice Odběrná věž nádrže má 3 vodárenské etážové odběry. Voda k úpravě se prakticky stále odebírá **střední** etáží (21,5 m hloubky). Proto má surová voda na úpravě dlouhodobě tuto teplotu: minimum 4⁰ C, maximum 9⁰ C, roční průměr 6⁰ C. Teplota tedy tvorbu suspenze inhibuje. Je na úvaze (výpočtu), zda byl v původní technologii tento vliv předjímán a doceněn.

3. REKONSTRUOVANÝ STAV TECHNOLOGIE TVORBY SUSPENZE

Expertíza Expertízu technologie přípravy suspenze pro následnou pískovou rychlofiltraci provedl ing. Petr Dolejš, CSc. s týmem W & ET Team České Budějovice (srpen 1998) / 3, 4 /. Expertíza doporučila zejména:

- **realizaci MVE CINK** pro homogenizaci koagulantu s proudem surové vody,
- **agregační vestavbu** děrovaných nenastavitelných **norných stěn** pro zamezení zkratovým proudům ve flokulaci,
- jako základní koagulant ponechat síran hlinitý.

Realizace v roce 1999: dne 22. 7. 1999 byla uvedena do provozu MVE CINK a rekonstruována pravá řada flokulačních jednotek s vestavbou norných stěn projektovaných dle expertízy.

Rychlé mísení: malá vodní elektrárna CINK Při prohlídce úpravní byl na tlakoměru na přívodním potrubí DN 500 odečten tlak 17,5 m v.sl. Protože hladina ve flokulačních nádržích je asi 507,80 m n.m. je hrubý využitelný spád turbíny asi 11,30 m. Hydraulické ztráty v celém přívodním a odpadním potrubím MVE při průtoku 200 l/s činí asi 1,30 m. Hlavní parametry MVE: čistý spád 10,0 m, průtok turbínou 200 l/s, maximální hltnost turbíny 220 l/s, výkon turbíny při 200 l/s 16,3 kW a generátoru 14,6 kW etc. / 1, 2 /. Pro tento stav a lokalitu byla navržena a realizována MVE, typ: turbína Banki, systém CINK, model: 2,5B7 x 350. Jedná se o průtočnou MVE bez možnosti akumulace, zařazenou dle ČSN 736881 do IV. kategorie.

Voda pro MVE je odebírána z přívodního potrubí na kótě 501,60 m n.m. z obtokového potrubí DN 400 před kuželovým uzávěrem. Přívodní potrubí je vedeno vzhůru do haly flokulací. Zde je na první levé nádrži instalována turbína. Voda zpracovaná turbínou je odváděcím potrubím – savkou o průměru 400 mm zavedena zpět do ležatého rozváděcího potrubí DN 800. Před zaústěním do potrubí je savka kónicky rozšířena.

Turbínou je možné ovládat přítok do úpravní v rozmezí 60 – 220 l/s. V hale flokulací je umístěn ovládací panel MVE. Bude napojen na rekonstruovaný velín úpravní.

Dávkování koagulantu a průtok savkou turbíny Pro dávkování koagulantu byl vyroben a za soustrojí MVE vsazen do vratného potrubí **injektor**: přírubový mezikus z ocelového potrubí DN 400 o délce 600 mm. Po jeho obvodu bylo osazeno 6 mosazných trysek, které jsou propojeny z rozdělovače pružnými tlakovými hadicemi. Pro možnou manipulaci popř. výměnu injektoru byla do vratného potrubí vsazena montážní vložka DN 400.

Tvorbu suspenze bezprostředně nato podpoří spád proudu vody s koagulantem svislou savkou s kónickou koncovkou do ležatého rozváděcího potrubí DN 800.

Pomalé mísení V rekonstruované řadě flokulačních jednotek byla zejména:

- odsekána a snížena přelivná hrana předřazené rozdělovací nádrže,
- provedena agregační vestavba děrovaných norných stěn z plastu v celkovém počtu 5 ti do jednotlivých flokulačních jednotek dle expertízy,
- přelivné hrany norných stěn tvoří pravidelnou kaskádu,
- norné stěny, dělené na pole, jsou ve střední části stavitelné posouváním překrývacího děrovaného plátu.

Provozní varianty tvorby suspenze Na úpravně jsou počínaje dnem 22.7.1999 k dispozici **2 varianty** přípravy suspenze: 2 trasy průtoku vody technologickým stupněm:

- **nová trasa:** *přívod – odbočka před uzávěry – turbina MVE – flokulace*, tato trasa je hlavní a preferovaná,
- **původní trasa:** *přívod – uzávěry – flokulace*, má použití při odstavení nové trasy (revize nebo porucha turbíny, specifický problém v jakosti vody etc.).

Do původní trasy bude (únor 2000) před statorový míšič instalován trubkový **homogenizační kříž** z nerezové oceli s dávkováním koagulantu.

4. PRVNÍ VÝSLEDKY REKONSTRUKCE TVORBY SUSPENZE

Vyhodnocení rekonstrukce technologie přípravy suspenze provedl DOLEJŠ / 5 /. Dále se uvádí poznatky provozovatele.

Fytoplankton (FTP): prioritní kritérium efektu separace částic Za období 1992 – 1999 byl na úpravně limitující pro finální jakost pitné vody a výši nákladů na její produkci **rozvoj řas** v nádrži, mimořádný **zákal** (povodeň 1997) a potenciálně přítomnost organických látek ve vodě (CHSK – Mn).

Za období 1992 – 1998 existuje v zásadě identický profil FTP u odběrné věže nádrže s jarním pulsem řas $10^2 - 10^3$ jedinců/ml a následnou stagnací $10^1 - 10^2$ jedinců řas/ml eufotické vrstvy do zimní absence (zamrzlá nádrž) / *graf 1* /.

Optimální jakostní režim v letech 1992 – 1998 byl spojen s maximálním nadržením zásobního prostoru. V roce 1999 provedla společnost Povodí Moravy, a.s. odvodnění vzdušného líce hráze (oprava a doplnění drenáže) a sanaci průsaků do šachtového bezpečnostního přelivu. Objem zadržované vody musel být účelově snížen (duben) a poté v důsledku sucha klesl až o 31 % proti 100 % plné nádrže. **Profil FTP v roce 1999 se proto od období 1992 – 1998 zásadně liší.** Poprvé je dvouvrcholový: po jarním nastal i podzimní puls řas (rozsivka *Stephanodiscus hantzschii*) a hned v rekordní abundanci 10^4 jedinců/ml / *srovnej graf 1* /.

ČSN 757111 Pitná voda: mikroskopický obraz limituje přítomnost živých a mrtvých organismů v pitné vodě. Organismy (řasy) lze usmrtit desinfekcí, výrobce pitné vody se tedy vymezuje k mezní hodnotě povolené přítomnosti mrtvých organismů: 50 jedinců/ml pitné vody pro hromadné zásobování. Výrobce se zajímá o totální separaci řas z vody.

Mimořádný podzimní rozvoj řas rozsivek v nádrži v roce 1999 (rozvoj nad možnosti původní technologie ve smyslu ČSN 757111) zachytila úpravna s rekonstruovanou tvorbou suspenze takto:

cyklus Časový interval	Stephanodiscus hantzschii (jedinec/ml)		koagulant (mg/l)	filtrační (hod)
	surová voda	upravená voda		
22. 9. – 14.10.	220 – 1760	0 – 4	10	24
19.10. – 3.11.	3560 – 6840	0 – 4	14 – 15	24
9.11. – 7.12.	24 – 640	0 – 2	10	24

Vliv turbíny na řasy

Zdá se, že turbína neusmrcuje a nedestruuje organismy resp. jejich kolonie a cenobia, určitě ne kvantitativně. To je důležité, protože je žádoucí separovat řasy z vody živé a kolonie a cenobia se separují lépe než individuální buňky. Tento fenomén se dále studuje.

Fenomén flotace

Voda, provzdušněná v savce turbíny, přitéká do rozdělovací nádrže u dna. Zde a v prvních polích mezi nornými stěnami vzduch vybublává: flotací vzniká pěna až souvislý koláč, obsahující nečistoty, řasy, partikule obecně. Řeší se efektivní snímání tohoto koláče z hladiny. O tuto zátěž je filtrem odlehčeno.

5. ZÁVĚRY

Rekonstrukcí technologie tvorby suspenze bylo na úpravně vody Karolinka dosaženo zejména následujícího:

- náklady a problémy s provozem míchadel odpadají,
- MVE CINK vyrábí elektřinu pro provozní potřebu úpravní,
- návratnost investice MVE CINK 1,3 mil. Kč je 6 let / 1, 2 / : uváženou prioritou turbíny je provozovateli její technologický účinek – saturace fáze rychlého mísení tvorby suspenze,
- v odstraňování částic (řasy, zákal) se dosáhlo plné účinnosti: lze aplikovat dávku 20 – 25 mg/l koagulantu.

Je lépe garantována jakost pitné vody za mimořádných stavů jakosti vody v nádrži a to s přihlédnutím ke strategické úloze vodárenské soustavy.

Sukcese mokřadního ekosystému nádrže Karolinka na Stanovnici je na samém počátku. Ekosystém je konfrontován s lidskými aktivitami. Úpravna vody Karolinka, přiměřená technologicky a úspěšná ekonomicky za období 1986 – 1999, je na prahu rekonstrukce.

Literatura

- / 1 / MAREŠ, M.: Nabídka č. 805/Ma/98 ze dne 28.9.1998. CINK-vodní elektrárny a.s. Karlovy Vary, str. 12.
- / 2 / MAREŠ, M.: Posudek výstavby MVE na ÚV Karolinka. PRIMAVEL, projekce a inženýring pro MVE Karlovy Vary, str. 7, 1998.
- / 3 / DOLEJŠ, P. et al.: ÚV Karolinka – expertiza technologického stupně přípravy suspenze koagulací pro následnou pískovou rychlofiltraci. W & ET Team České Budějovice, str. 37, obr. 18, 1998.
- / 4 / DOLEJŠ, P.: ÚV Karolinka – rekonstrukce technologie přípravy suspenze. W & ET Team České Budějovice, str. 12, 1998.
- / 5 / DOLEJŠ, P.: ÚV Karolinka - vyhodnocení rekonstrukce technologie přípravy suspenze. W & ET Team České Budějovice, str. 14, obr. 7, 1999.
- / 6 / VÁLEK, J.: Nádrž Stanovnice a úpravna vody Karolinka: Soustava a fenomén. Sborník Pitná voda z údolních nádrží, 361-366, Tábor 1995.
- / 7 / VÁLEK, J.: Vodárenská nádrž Karolinka – mimořádný režim v roce 1999 a jeho vliv na jakost vody. Sborník Aktuální otázky vodárenské biologie, 88-92, Praha 2000.
- / 8 / VÁLEK, J., JANÍK, V., DOLANSKÝ, J.: Nádrž Stanovnice a úpravna vody Karolinka za povodně. SOVAK 6/10: 9-13, 1997.
- / 9 / VÁLEK, J., ORSÁG, L., VALIGURA, K.: Nádrž Stanovnice – úpravna vody Karolinka: poznání a exploatace vodárenské soustavy za období 1992 – 1998. Sborník Pitná voda 1999, 77-82, Tábor 1999.
- / 10 / ŽÁČEK, R.: Karolinka I – nádrž na Stanovnici. Technologické výpočty a technologie úpravy. SmVaK Ostrava, projekt. středisko Hranice n.M., zak.č.880.61, archiv.č.1065/1, str. 66, 1977.

Graf 1

Nádrž Stanovnice. Fytoplankton eufotické vrstvy.



