

ÚV MONACO – PŘEDPROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA A REALIZACE REKONSTRUKCE

Ing. Pavel Dobiáš¹⁾, Milan Drda²⁾

¹⁾ W&ET Team, Písecká 2, 370 11 České Budějovice; pavel.dobias@wet-team.cz

²⁾ ENVI-PUR, s.r.o, Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6; drda@envi-pur.cz

Úvod

Historie úpravny vody Monaco sahá do roku 1981, kdy byla uvedena do provozu II. etapa (1. část) skupinového vodovodu Chrudim.

V roce 1986 pak 2. část. II. etapy zahrnovala úpravnu vody Slatiňany - Monaco o celkové kapacitě $350 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ s odběrem říční vody z vyrovnávací nádrže Práčov (využíváno cca 10 - 20 dní v roce - po dobu revize přivaděče) nebo samospádem z elektrárenského přivaděče spojujícího vodní nádrže Křížanovice a Práčov [1].

Úpravna vody je postavena na kopci poblíž obce Slatiňany. Její název je odvozen od nedaleko se nacházející historické výletní restaurace.

V roce 2014 byla zahájena rekonstrukce technologické linky úpravny vody Monaco, kterou provozuje VaK Chrudim, a.s..

Jako součást budoucí technologické linky byla naplánovaná flotace rozpuštěným vzduchem (DAF). Firma ENVI-PUR, s.r.o jako progresivní firma zvolila v rámci předprojektové přípravy i poloprovozní testování zamýšleného separačního stupně, aby bylo ověřeno, že flotace rozpuštěným vzduchem bude skutečně ten správný separační proces pro konkrétní lokalitu a kvalitu surové vody.

K poloprovozním testům DAF bylo přistoupeno až v období, kdy flotace byla již navržena v projektové dokumentaci a na ÚV Monaco bylo již přistoupeno k přípravným stavebním pracím.

Bylo tedy nutno hlavně ověřit, zda se navrhovaný první separační stupeň v daných parametrech osvědčí. Tento postup sice není optimální z hlediska správné předprojektové přípravy, ale lepší něco než nic.

DAF nahrazuje v původní technologické lince první stupeň filtrace. Úpravna vody Monaco byla původně založena na separaci suspenze na dvoustupňové filtraci.

Výkon nové technologické linky je navržen na $60 - 130 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

METODIKA

K poloprovoznímu testu byl použit model flotace (obr. 1). Model flotace je konstruován na výkon $4 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ při němž je dosahováno povrchového zatížení DAF $10 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$.

Přípravu suspenze pro separační proces je možno modelovat v modulárním systému míchaných agregačních reaktorů. Agregační reaktory jsou vybaveny míchadly

s proměnou intenzitou otáček a je možno modulovat potřebnou teoretickou dobu zdržení v agregaci.

Flotační trysky lze modelově upravovat při požadavku pro různé povrchové zatížení resp. lze přizpůsobit recirkulační poměr zvýšenému povrchovému zatížení.

Model flotace byl umístěn v odstavené hale filtrace na ÚV Monaco. Surová voda byla do modelu přiváděna přímo z potrubí přiváděče surové vody.

Jako koagulant byl dávkován síran hlinitý přímo do nátoky surové vody do modelu flotace. V rámci poloprovozního testování nebyl vznesen požadavek na testování jiného koagulantu.

Dávka koagulantu pro poloprovozní testy s flotací byla stanovena na základě koagulačního pokusu. Ve sledovaném období se optimální dávka koagulantu pohybovala v rozmezí koncentrace 160 – 190 $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ hliníku. To odpovídá průměrné hmotnostní koncentraci kolem 4,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Hodnota koagulačního pH byla nastavena na 6,1.

Ve sledovaném experimentálním období měla surová voda průměrné hodnoty vybraných ukazatelů kvality, které jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1. ÚV Monaco – průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů surové vody

A254	A387	Barva [mg/l Pt]	Zákal [ZF]	pH	KNK4,5 [mmol/l]	Teplota [°C]	CHSK [mg/l]	MO [j/ml]
0,189	0,119	30,3	9,4	7,11	0,74	16,3	5,8	507

Tabulka 2. ÚV Monaco – průměrné hodnoty pro velikostní distribuci částic v surové vodě

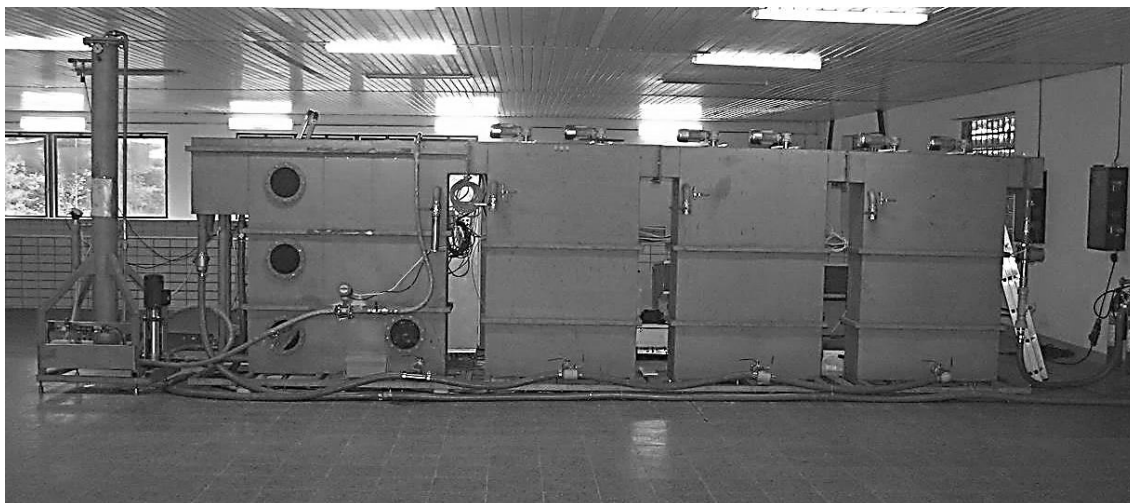
2 μm	5 μm	7 μm	10 μm	15 μm	25 μm	50 μm	100 μm
14324	4239	2484	943	234	87	13	1

Účinnost flotace rozpuštěným vzduchem byla modelově hodnocena na základě vybraných fyzikálně-chemických ukazatelů (tabulka 3).

Tabulka 3. Ukazatele použité k vyhodnocování účinnosti procesu flotace

A254 (absorbance při $\lambda = 254 \text{ nm}$)
A387 (absorbance při $\lambda = 387 \text{ nm}$)
Barva [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ Pt]
CHSK(Mn) [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
Al [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$] nebo [$\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$]
Mikroskopický obraz [$\text{j}\cdot\text{ml}^{-1}$]
pH
Počet a velikost částic v intervalu 2 – 100 μm
Doba zdržení ve flokulaci [min]
Povrchové zatížení flotace [$\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$]

Průtok recyklem „bílé vody“ a tlak saturace byl nastaven na konstantní hodnoty v rozmezí $0,4 - 0,42 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ resp. $5 - 5,5 \text{ bar}$.

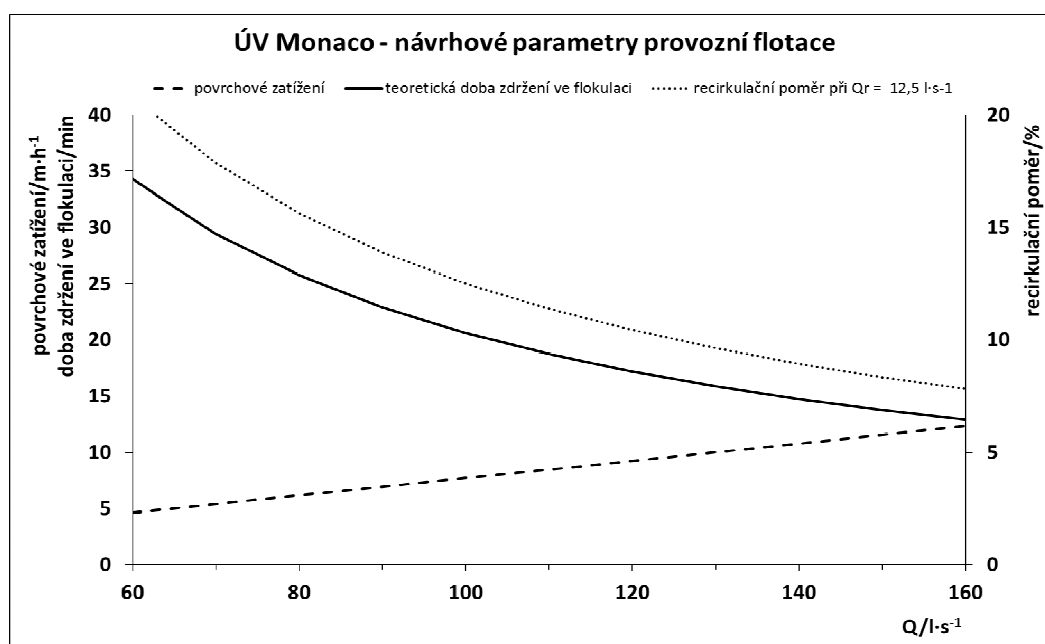


Obr. 1. Model flotace na ÚV Monaco

DISKUSE

Z dosažených výsledků vyplynulo doporučení navrhnout flotaci tak, aby průtok recyklem dosahoval poměru $8 - 10 \%$.

To znamená, že průtok recyklem by měl být navržen na $12,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ za předpokladu, že průměrný výkon úpravní vody se bude pohybovat v rozmezí hodnot $120 - 125 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Při zvýšení výkonu technologické linky na maximální projektovaný výkon $160 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ dojde k poklesu recirkulačního poměru na 8% . Rozsah provozních parametrů a jejich závislost na výkonu úpravní vody Monaco ilustruje obr. 2.



Obr. 2. Provozní parametry DAF na ÚV Monaco v závislosti na výkonu a rozměrech DAF

Naopak snížením průtoku upravované vody pod $120 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ dojde ke zvýšení recirkulačního poměru. V tomto případě však nepředpokládáme negativní vliv tohoto nastavení na separační účinnost flotace, protože výskyt vhodných mikrobublinek bude v nadbytku.

Na tomto místě je třeba připomenout vztah (1.1), ze kterého vyplývá, že se změnou průtoku recyklem pomocí změny tlaku vzduchu v saturátoru dochází ke změně velikosti bublin. Z toho lze odvodit, že nedojde jen ke změně průtoku, ale také ke změně průměru produkovaných bublinek. To může mít vliv na separační účinnost flotace vzhledem k aktuálnímu charakteru separované suspenze.

$$d_{\text{sd}} = \frac{4\sigma}{\Delta P} \quad (1.1)$$

kde σ je povrchové napětí vody a ΔP je tlak v saturátoru.

Je třeba brát i v úvahu vliv teploty vody na rozpustnost vzduchu ve vodě [2].

Tlak vzduchu v modelovém saturátoru během poloprovozních testů osciloval v rozmezí 500 – 550 kPa. To je však záležitost především preciznosti použité regulace chodu recirkulačních čerpadel, která je u modelového zařízení řešena mnohem jednodušeji, než je tomu u zařízení provozního.

Na základě zkušeností by měl být tlak v saturátoru navržen na 500 kPa.

Minimální teoretická doba zdržení ve flokulaci by mohla být 13 minut pro výkon úpravny $160 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ a měla by být dostatečná. Poloprovozním měřením bylo opět potvrzeno, že zásadním procesem pro dobrou separační účinnost flotace bude optimalizace chemismu upravované vody. V současné době je flotace rozpuštěným vzduchem již plně realizována jako první separační stupeň ÚV Monaco. Flotační jednotka s flokulací byla vybudována v prostoru původní filtrace – obr. 3.

V nádrži jsou umístěny dvě komory pomalého míchání, které jsou od sebe odděleny přepážkou. Každá flokulační komora je vybavena vertikálním pádlovým míchadlem.

Voda se vznikající suspenzí natéká do prostoru kontaktní zóny, která je šikmou přepážkou oddělena od separační zóny. U dna v kontaktní zóně je umístěn potrubní rozvod s disperzními hlavicemi (tryskami) pro produkci „bílé vody“. Potrubí surové vody je osazeno regulační armaturou a indukčním průtokoměrem.



Obr. 3. Vestavba technologie flotace v původních filtrech

Pro budoucí provoz a jeho optimalizaci je počítáno i s možností dávkování polymerního flokulantu. Jeho použití bude doladěno ve zkušebním provozu. Předpokládá se, že zaústění dávkování polymerního flokulantu bude buď na začátek první či druhé komory pomalého míchání a těsně před nátok z flokulace do kontaktní zóny flotace.

Odstraňování vyflotovaného kalu (pěny) z hladiny bude zajištěno strojním shrnováním. S ohledem na velké dopravní vzdálenosti, je uvažována koncentrace kalu cca 0,25%. Tuto koncentraci lze upravit četností cyklů stírání hladiny. Kal bude z kalové komory odváděn do homogenizační nádrže kalového hospodářství flotace.

Vyflotovaná voda je z prostoru dna separační zóny odváděna drenážním systémem do odtokové komory. Na odtoku nádrže je instalováno hradítko s automatickou regulací polohy. Stálá úroveň hladiny ve flotační jednotce je udržována automaticky pro různé hodnoty průtoku linkou pomocí ultrazvukové sondy měřící výšku hladiny v nádrži flotace.

ZÁVĚRY

Na poloprovozním zařízení DAF bylo ověřeno, že separační účinnost flotace dosahuje velmi dobrých hodnot při povrchovém zatížení až $15 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$.

I při recirkulačním poměru 0,075 bylo dosahováno vysoké účinnosti flotace rozpuštěným vzduchem ve sledovaných ukazatelích. Doba zdržení ve flokulaci při kvalitě surové vody v průběhu studie významně neovlivňovala separační účinnost modelové flotace. Vliv intenzity míchání nebyl v této fázi prokázán.

Při dobře nastaveném chemismu koagulace byly u vybraných ukazatelů dosahovány separační účinnosti uvedené v tabulce 4.

V období, kdy bude upravována chladnější voda či voda odlišné kvality než jaká byla upravována v průběhu modelových zkoušek, lze po pečlivé úpravě provozních

parametrů technologické linky (např. dávka a typ koagulantu, intenzita míchání ve flokulaci, aplikace polymerního flokulantu) předpokládat, že bude dosahováno velmi dobré separační účinnosti.

Tabulka 4. ÚV Monaco – dosahovaná separační účinnost u vybraných ukazatelů na modelové flotaci

Ukazatel	Separační účinnost DAF [%]
Celkový počet mikroorganismů	99
Zbytková koncentrace hliníku (koagulantu)	90
CHSK(Mn)	65
A254	65
Zákal	95

V době přípravy tohoto příspěvku byla nová linka flotace na ÚV Monaco uváděna do provozu a nebyly známy podrobnější výsledky aktuálního stavu provedené rekonstrukce.

Literatura

- [1] Vodovody a kanalizace Chrudim, a.s.. [online]. 14. 3. 2016 [cit. 2016-03-14].
Dostupné z: http://www.vakcr.cz/vod_hist.htm
- [2] J. K. Edzwald: Dissolved air flotation and me. *Water Res.*, vol. 44, no. 7, pp. 2077–2106, 2010.