

# POZNATKY Z NAVRHOVÁNÍ A PROJEKTOVÁNÍ FLOTACE NA ÚPRAVNÁCH VODY

**Ing. Josef Drbohlav**

HYDROPROJEKT CZ a.s., Táborská 31, Praha 4

e-mail: Josef.Drbohlav@hydroprojekt.cz

## ÚVOD

Technologie flotace se v České republice v provozu úpraven vody objevila se zpožděním, oproti zbytku vyspělých vodárenských zemí, až po roce 2000. První aplikace vznikly díky vlastníkům a provozovatelům vodárenských zařízení, kteří se nebáli zkusit něco nového. Na úpravně vody Mostišť byla flotace použita pro první separační stupeň a na úpravně vody Souš byla flotace použita pro zahuštění odpadních pracích vod před strojním zpracováním.

Úspěšné nasazení flotace na obou úpravnách vody a poměrně dobré zkušenosti z jejich provozu, vyvolává zájem investorů o jejich aplikaci na dalších úpravnách vody.

Příprava projektové dokumentace pro další úpravny vody, kde se při rekonstrukci počítá s využitím flotace pro první separační stupeň, případně pro kalové hospodářství, však přináší řadu dalších otázek, jak flotaci řešit v podmínkách jednotlivých úpraven vody. Příprava rekonstrukce je zpravidla o to složitější, že se odehrává v existujících provozech, které až na výjimky musí i po dobu rekonstrukce zajišťovat výrobu pitné vody. Ze strany investorů je zpravidla požadováno, aby byly maximálně využity současné prostory úpravny vody a aby nebylo nutné dostavovat nové stavební objekty. Právě tyto požadavky vyzývají k použití flotace, která má podstatně menší nároky na obestavěný prostor než klasické technologie.

## PŘEDPROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA, POLOPROVOZNÍ ZKOUŠKY

Nutnost zajistit kvalitní předprojektovou přípravu již byla v minulosti zmiňována v řadě přednášek a neustále se i na dalších projektech potvrzuje, že při návrhu složitých technologií není možné tento stupeň předprojektové přípravy opominout. Zkušenosti ukazují, že odpovědná předprojektová příprava přináší ve svém důsledku významné úspory z hlediska investičních nákladů, které bude nutné na rekonstrukci vynaložit, a úspory provozních nákladů v následném provozu úpravny vody.

Význam předprojektové přípravy byl velmi přehledně a srozumitelně formulován v přednášce Doc.ing. Petra Dolejše, CSc. na konferenci ve Staré Lesné v roce 2009 [1]. Z přednášky vyplývá, formulace zadání projektu a předprojektová příprava je obdobím v celém procesu přípravy a realizace projektu, kdy je možné za cenu relativně nízkých nákladů dosáhnout efektivní úspory investičních nákladů.

U nových technicky složitých technologií musí být jako součást předprojektové přípravy provedeny poloprovozní a modelové zkoušky, při kterých bude ověřeno, zda je navrhované technologické zařízení pro dané podmínky možné použít. I opakovaně použité a na jiných úpravnách vody ověřené technologické zařízení nemusí být

v konkrétních podmínkách vhodné a výsledkem je pak zbytečná ztráta finančních prostředků investora a prestiže výrobců zařízení.

Odzkoušením navrhovaného technologického zařízení v poloprovozních podmínkách je možné snížit na přijatelnou mez rizika souvisejícím s nasazením neodzkoušeného technologického zařízení.

Podmínkou pro úspěšné provedení poloprovozních zkoušek navrhované technologie je maximálně se přiblížit budoucím podmínkám provozu rekonstruované úpravný vody.

## **SPOLUPRÁCE S DODAVATELI TECHNOLOGICKÉHO ZAŘÍZENÍ**

Řadu poznatků je možné získat výběr vhodných a kompetentních dodavatelů technologického zařízení, kteří mají podporu vývojového a výzkumného zázemí a sami se na vývoji nových zařízení dlouhodobě podílejí. Výrobce zařízení musí být schopen zajistit nejen provedení poloprovozních zkoušek, ale musí rovněž garantovat účast svých procesních techniků na uvádění zařízení do provozu, při garančních zkouškách a případně i při zkušebním provozu. Podmínkou by rovněž měly být reference z instalace zařízení v obdobných provozních podmínkách.

## **PRVNÍ SEPARAČNÍ STUPEŇ - FLOTACE**

První aplikace dvou flotačních jednotek na prvním separačním stupni byla realizována v roce 2005 na úpravně vody Mostiště [2], [3], [4].

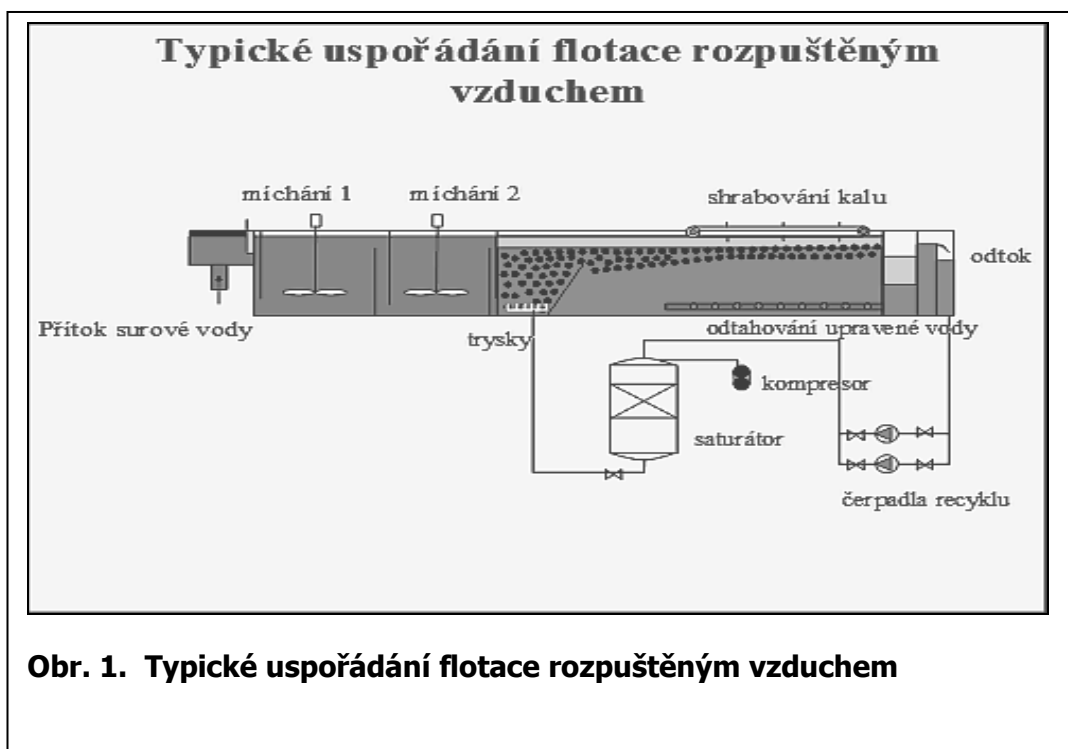
Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF – dissolved air flotation) je separační proces, který se zařazuje jako první separační stupeň při úpravě pitné vody. Příprava suspenze pro flotaci je podobná přípravě suspenze pro klasické schéma úpravy vody se sedimentací filtrací. To znamená, že je flotaci předřazeno dávkování koagulantu, rychlé a pomalé míchání.

Principem separace suspenze flotací je agregace mikrobublinek vzduchu s vločkami vzniklé suspenze. Výsledný agregát má celkově menší specifickou hmotnost než voda a proto překonává gravitaci a stoupá v kapalině směrem k hladině.

Výhodou flotace je, že je podstatně účinnější pro separaci malých částic velikosti desítek  $\mu\text{m}$ , které prakticky nesedimentují a klasickými technologiemi (sedimentační nádrže, čířiče) se obtížně separují. Zpravidla jsou zachytávány až na pískových filtrech. Vyšší separační účinnost oproti sedimentaci se pak také pozitivně projevuje na provozu následného separačního stupně. V případě filtrace je dosahováno delších filtračních cyklů a je možné pracovat při vyšších filtračních rychlostech.

Výhodou je také vysoká sušina kalu, kterou flotace produkuje, a která se podle konstrukce flotace, způsobu odtahu kalu a dalších provozních požadavků pohybuje od 0,2 do 6 %.

Princip uspořádání technologického zařízení flotace je naznačen na obrázku 1.



Ve chvíli, kdy dojde k rozhodnutí, že bude na úpravě vody pro první separační stupeň použita flotace, a kdy proběhly úspěšné poloprovozní zkoušky, které prověřily její použitelnost v daných podmínkách, je třeba rozhodnout o budoucí podobě flotace:

- flotační jednotky jsou zpravidla navrhovány pro rozmezí výkonu  $\pm 50\%$  od středního návrhového výkonu. Volit je třeba takový počet jednotek, tak aby bylo možné optimálně pokrýt celý rozsah výkonu úpravné vody. Minimálně by měly být navrhovány 2 jednotky.
- odvedení pěny je ovlivněno následným zpracováním kalové vody:
  - strojní stírání pěny je vhodné pro menší flotační jednotky, s dopravou pěny při vyšší koncentraci a při následném strojním zahuštění a odvodnění kalu,
  - hydraulické odvedení pěny je vhodné pro malé i velké flotační jednotky, při dopravě pěny s nízkou koncentrací i na velké vzdálenosti (např. odvedení na ČOV). Hydraulické odvedení pěny však znamená větší objem odpadních vod. Toto řešení je však vhodné pro případy, kdy je objednatelem požadováno zajištění hydraulického (havarijního) výkonu vyššího než je rozmezí  $+50\%$  výkonu, protože je možné regulovat jak odtok vyflotovaná voda tak i hladinu ve flotaci.

V současnosti je dokončena projekční příprava na rekonstrukci několika úpraven vody, na kterých se podílel HYDROPROJEKT CZ a.s. a kde se předpokládá použití flotace na prvním separačním stupni:

- úpravna vody **Mostiště** – dokončení výstavby druhé části flotace v ocelovém provedení se strojním stíráním pěny. Celkem budou instalovány čtyři flotační jednotky,
- úpravna vody **Jirkov** [6] – kde jsou navrženy dvě flotační jednotky v betonovém provedení s hydraulickým odvodněním pěny. Odpadní vody budou odváděny do

městské kanalizace. Díky snížení výkonu úpravní vody bude možné umístit flotační jednotky do stávající haly,

- úpravna vody **Meziboří** [7] – flotace je volena jako náhrada agregace v děrovaných stěnách. S ohledem na prostorové omezení je uvažována flotace s vysokým plošným zatížením (cca 20 m/h) a s vedením části vody mimo první separační stupeň v případě provozu na maximální výkon. Ten se však s ohledem na spotřebu v celé Vodárenské soustavě Severní Čechy předpokládá zcela výjimečně. Navrženy jsou dvě flotační jednotky v betonovém provedení se strojním stíráním pěny. Důvodem pro strojní stírání je oddělení odvedení odpadních vod z flotace a z praní filtrů do městské kanalizace,
- úpravní vody **III. Mlýn** [8] - kde jsou navrženy dvě flotační jednotky v ocelovém provedení se strojním stíráním pěny v prostoru stávajících pískových filtrů. Odpadní vody budou odváděny do městské kanalizace. Díky snížení výkonu bude možné umístit flotační jednotky do stávající haly.

## VYUŽITÍ FLOTACE PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD Z ÚPRAVNY VODY

Myšlenka využití flotace pro zahuštění vodárenských kalů vznikla v souvislosti s přípravou rekonstrukce úpravní vody Souš [5]. V případě úpravní vody Souš byla realizována flotace v kombinaci se šnekovým lisem, který zajišťuje odvodnění kalu. Flotace v technologické lince kalového hospodářství byla na úpravně vody Souš uvedena do provozu v roce 2008.

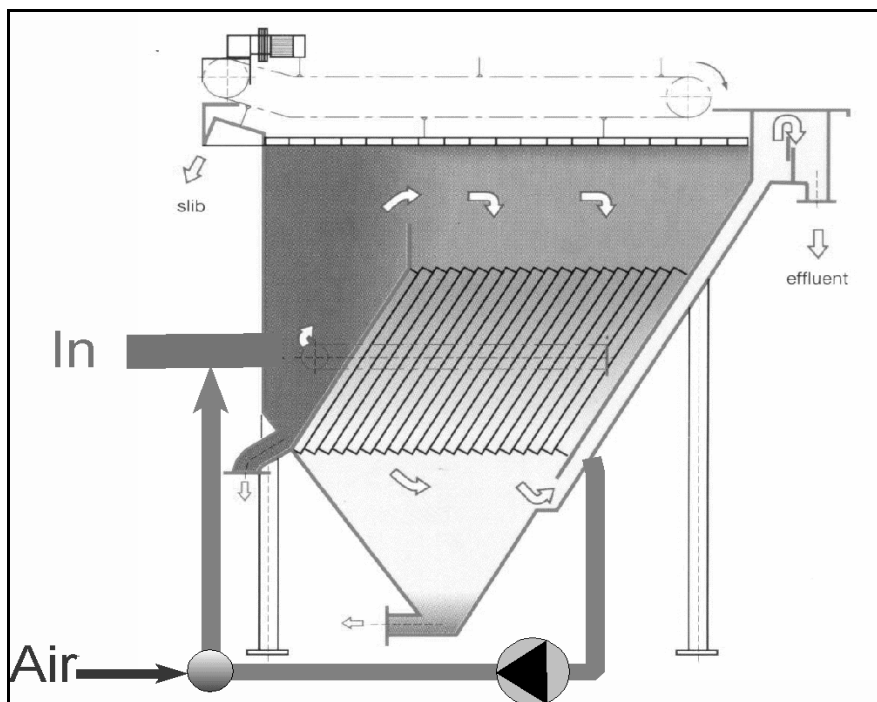
Na úpravně vody Souš bylo použito **flotační zařízení** IPF firmy Nijhuis Water technology b.v. Jedná se o vysoce výkonné kompaktní oddělovací zařízení k oddělování flotujících a sedimentujících částic z

odpadní vody. Je vybavené vestavbou vlnitých desek s protiproudým tokem. Vločky připravené pomocí koagulace a flokulace je možno za pomoci jemných vzduchových bublinek oddělit z kapalně fáze. Flotace probíhá s velikostí vzduchové bubliny v rozmezí 30 - 50 mikronů, což je ideální velikost pro efektivní oddělování malých a větších vloček, kdy dochází k úplnému oddělení. Vyflotované vločky se shlukují do kompaktní vrstvy, kterou je možno tím pádem jednoduchým způsobem odstranit.

Před nátokem na flotační zařízení je do proudu surové vody dávkována vzduchem nasycená recirkulovaná voda. Vzduchové bublinky se míchají s pevnými částicemi a dochází k pevnému ulpívání vzduchových bublinek na jemných částicích znečištění.



**Obr. 2. Flotace kalového hospodářství na ÚV Souš**



**Obr. 3. Flotace pro kalové hospodářství**

Takto předpřipravená voda je přiváděna do rozdělovacího potrubí flotačního zařízení. Voda prochází vertikálním směrem vestavbou vlnitých desek. Vlnité desky jsou montovány pod takovým úhlem, aby flotující částice vyplovaly a sedimentující pevné látky padaly. Odstup jednotlivých desek je volen tak, aby bylo dosaženo laminárního proudění. Laminární proudění je nutným předpokladem pro oddělování jemných částic. Vyčištěná voda opouští zařízení potrubním systémem. Vyflotované vrstvy kalu jsou z hladiny odstraňovány prostřednictvím shrabovacího systému.

Použití flotace pro zahuštění vodárenských kalů se ukazuje po cca 20 měsících provozu jako velmi účinné. Podmínkou pro dobrou funkci flotace je zajištění co nejvyrovnanějšího složení odpadních vod po celou dobu zpracování zásoby kalové vody. V průběhu zpracování jedné „šarže“ by nemělo docházet ke změnám koncentrace obsahu nerozpuštěných látek, pH apod. Pro zajištění stability provozu flotace je třeba proto vytvořit vhodné podmínky tím, že:

- před flotací bude umístěna dostatečně velká trvale míchaná dvoukomorová vyrovnávací nádrž. Obsah nádrže bude před zahájením provozu flotace nejdříve promíchán a bude míchán trvale po celou dobu odběru kalové vody. Vhodný je střídavý provoz nádrží, ke kterým je vždy připojena jedna flotační jednotka,
- dávkování chemikálií je třeba mimo standardního polymerního flokulantu nutně vybavit dávkováním alkalizačního činidla a koagulantu. Pro správný provoz flotace je třeba zajistit optimální pH,
- při návrhu flotace je třeba jednak zohlednit výsledky poloprovozních zkoušek, které ověří funkčnost zařízení v daných podmínkách úpravny vody, ale i předpoklad složení kalové vody. Návrh se bude odlišovat, pokud se pro praní filtrů používá

- voda po stabilizaci s vyšším pH, anebo voda odebíraná z technologické linky před stabilizací. Funkci flotace významně ovlivňuje i přidávání vápenných kalů ze sytičů,
- při zkušebním provozu flotace je třeba počítat s tím, že bude nutné otestovat řadu polymerních fukulantů, aby bylo možné pro danou kvalitu odpadních vod najít ten správný.

V současnosti je dokončena projekční příprava rekonstrukci několika úpraven vody, na kterých se podílel HYDROPROJEKT CZ a.s. a kde se předpokládá použití flotace v technologické lince kalového hospodářství:

- úpravna vody **Mostiště** – navržena je technologická linka se dvěma flotačními jednotkami a šnekovým lisem,
- úpravny vody **III. Mlýn** - navržena je technologická linka se dvěma flotačními jednotkami a šnekovým lisem.

## ZÁVĚR

Zatím realizované aplikace flotace na úpravně vody Mostiště a Souš dávají předpoklad pro jejich další využívání. Jejich použití přináší výhody, které je možné formulovat do těchto bodů:

- technologie flotace prokazuje vysokou účinnost při vysokém plošném zatížení, výsledkem je minimalizace zatížení navazujících technologických stupňů,
- vysoká účinnost na odstranění  $CHSK_{Mn}$ , zákal, barva a další, 99,9 % účinnost na odstranění biologických látek,
- minimální provozní náklady (elektrická energie, další materiály),
- významné úspory provozních nákladů – snížení vlastní spotřeby úpravní vody,
- minimální nároky na plochu – vhodné pro rekonstrukce, přináší úsporu investičních nákladů.

## Literatura

- [1] Dolejš P.: Získávání podkladů a volba racionálních postupů rekonstrukce a modernizace úpraven vody, Sborník konference Modernizácia a optimalizácia úpravni vody v SR, str. 65-72, Stará Lesná, únor 2009
- [2] Hydroprojekt CZ a.s., Praha, Drbohlav J. a kol.: Úpravna vody Mostiště – havarijní opatření, 2004.
- [3] Dolejš P.: Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) pro úpravu pitné vody a její první provozní realizace v ČR. Vodní hospodářství 56, č. 4, s. 99-102 (2006).
- [4] Hydroprojekt CZ a.s., Praha, Drbohlav J. a kol.: Rekonstrukce úpravní vody Mostiště a Vír, poloprovozní ověření technologie prvního separačního stupně a kalového hospodářství, vyhodnocení poloprovozních zkoušek, červen 2005.
- [5] Hydroprojekt CZ a.s., Praha, Drbohlav J a kol.: Rekonstrukce úpravní vody Souš, duben 2005.
- [6] Hydroprojekt CZ a.s., Praha, Drbohlav J a kol.: Rekonstrukce úpravní vody Jirkov, leden 2009.
- [7] Hydroprojekt CZ a.s., Praha, Drbohlav J a kol.: Intenzifikace úpravní vody Meziboří, prosinec 2008.
- [8] Hydroprojekt CZ a.s., Praha, Drbohlav J a kol.: Rekonstrukce úpravní vody III.Mlýn, říjen 2009.