

Možnosti doplnění prvního separačního stupně na jednostupňových úpravách vody

Petr D o l e j š, Doc., Ing., CSc.^{1,2)}
Jana M i c h a l o v á, Ing.³⁾
Karel B l a ž e k, Ing.³⁾

¹⁾ W&ET Team, Box 27, Písecká 2, 370 11 České Budějovice

²⁾ Fakulta chemická VUT v Brně
petr.dolejs@cmail.cz

³⁾ Severočeské vodovody a kanalizace a.s. Teplice,
Přítkovská 1689, 415 50 Teplice,
jana.michalova@scvk.cz, karel.blazek@scvk.cz

Anotace: V příspěvku je na dlouhodobém sledování kvality surové vody dokumentován přírůstek CHSK(Mn) ve zdrojích surové vody vybraných úpraven pitné vody v severních Čechách. Jsou také uvedeny příklady zvyšování separační účinnosti jednostupňových úpraven, které i při zhoršování kvality surové vody dokáží kvalitu upravené vody postupně zlepšovat. Pokud se vyčerpají možnosti zvyšování separační účinnosti jednostupňových úpraven, je nezbytné rozšíření technologické linky o první separační stupeň. Jako velmi výhodnou a ekonomicky i technologicky dobře realizovatelnou možností se jeví flotace rozpuštěným vzduchem (DAF), která díky svým výhodám mnohdy umožní instalaci do existujících budov úpraven vod.

Summary: Water quality in several raw water sources is presented in Fig. 1 – 6. It is evident that e.g. the trend of permanganate COD is increasing. Most direct filtration plants were built in fifties to seventies and they were not designed to treat water with high humic substances concentrations. Even different reconstructions of these direct filtration plants in the last decade do not assure that these plants will meet separation efficiency requirements in the near future. It would be necessary to upgrade many direct filtration plants by the first separation step. Use of sedimentation tanks or clarifiers is not likely due to space limitations. Flotation (DAF) is an example of a process, which seems to be an option as it could fit into existing aggregation tanks, which are large enough or into part of the existing filters. This option seems viable also due to the dropped water demand in the last decade.

Úvod

Jednostupňové úpravy vody produkují v ČR více než polovinu upravené pitné vody. Mnoho jich bylo postaveno před 30 až 40 roky. Je zřejmé, že jejich technologické linky byly koncipovány na kvalitu surové vody, která byla získána z tehdejších sledování, na tehdejší legislativní požadavky na pitnou vodu a také se znalostmi a podle standardů, které odpovídaly době jejich projektové přípravy.

Hned v úvodu zdůrazňujeme, že jsme přesvědčeni, že jednostupňové úpravy mají bezpochybně i nadále svoje místo v úpravě vody a jsou v určitých konkrétních podmínkách

optimálním řešením. Jsou vhodné pro úpravu málo znečištěných vod. Limity použití jednostupňové technologické linky se liší a nelze je arbitrárně určit. Vždy je vhodné vycházet jednak z provozních dat u již postavených úpraven nebo z kvalitních poloprovozních experimentů u úpraven nově projektovaných či při přípravě rekonstrukcí úpraven již existujících. Určitou provozní nevýhodou jednostupňových úpraven může být například krátká doba zdržení v technologické lince a z toho vyplývající vyšší citlivost k provozním poruchám (například výpadek dávkování koagulantu, úpravy pH atp.).

K úvahám o doplnění jednostupňové separace dalším, tj. prvním separačním stupněm docházíme v některých případech, které budou dále popsány. Technologická linka mnoha existujících jednostupňových úpraven spolu s pokrokem v poznání procesů úpravy a poklesem požadavků na množství dodávané pitné vody dává několik zajímavých koncepčních možností, jak s relativně nízkými investičními náklady rekonstruovat klasickou jednostupňovou úpravnu na moderní vodárenský provoz.

Vývoj kvality surové vody

Z dat sledování kvality surové vody a upravené vody z úpraven, které provozuje SčVK, a.s. jsme vybrali několik ukázek, které jsou charakteristické a ilustrativní pro zaměření našeho příspěvku. Vybrali jsme data ze tří úpraven: Souš, Bedřichov a Meziboří. První dvě jsou v Jizerských horách a zásobují pitnou vodou města Liberec, Jablonec nad Nisou, Tanvald a Železný Brod. Třetí úpravna je v Krušných horách a zásobuje města Meziboří, Litvínov, Teplice a částečně také Ústí nad Labem. Všechny odebírají vodu z údolních nádrží a jsou jednostupňové.

Obr. 1 ukazuje průběh hodnot CHSK(Mn) na ÚV Souš za období roků 1980 - 2007. Trendová čára jasně ukazuje stoupající tendenci, která začíná zhruba u 4 mg/l a končí téměř u dvojnásobku této hodnoty – u 8 mg/l. Je zřejmé, že návrh technologické linky úpravy vycházel z koncentrací, které byly v době projektové přípravy úpravy k dispozici a nemohl v žádném případě předpokládat takto rostoucí trend CHSK(Mn). Provozovatel se však musí se změnami kvality surové vody vypořádat a to i v případě, že o údolní nádrž a její povodí pečuje dobrý hospodář, protože trendy kvality surové vody je možné lidskými zásahy ovlivňovat jen omezeně.

Příkladem takového druhu hospodaření může být letecké vápnění vodárenské nádrže. Nejproblematictější kvalita surové vody je vždy v období jarního tání, kdy pH surové vody klesá až pod pH 5,0. Vápnění má na upravitelnost vody zcela zásadní vliv, který je možné dokumentovat na mnoha výsledcích. Hodnoty pH v ÚN Souš a vliv leteckého vápnění jsou znázorněny na obr. 2. V polovině devadesátých let byl ze strany podniku Povodí Labe, s.p. učiněn vstřícný krok a bylo zahájeno letecké vápnění nádrže Souš. Po 10-ti letech velmi dobrých zkušeností bylo v roce 2005 ze strany státního podniku Povodí Labe letecké vápnění ukončeno. Aby byla kvalita vody v nádrži zachována i nadále, bylo vápnění v roce 2006 i 2007 hrazeno z prostředků Severočeských vodovodů a kanalizací, a.s.

Ani podobné zásahy v povodí však nejsou schopny zvrátit trend zvyšování koncentrace přirozených organických látek, který dokumentují některé uváděné obrázky. Identický trend je pozorován i v řadě dalších zemí, a je dobře popsán zejména ve Skandinávii a Severní Americe [1] a lze se domnívat, že se jedná o trend globální. Zatím neexistuje jednotné vysvětlení, proč se tak děje.

Rekonstrukce jednostupňových úprav pro úpravu zhoršené kvality surové vody

Na obr. 3 prezentujeme, jak účinně se provozovatel a vlastník na ÚV Souš doposud bránil negativním trendům kvality surové vody. Zkvalitňování celkové koncepce a provozních parametrů technologické linky, které je například ilustrativně vyznačeno výrazným zlepšením přípravy suspenze zavedením účinné agregace nenastavitelnými děrovanými stěnami a použitím organického polymeru [2] pomohlo skokově dosáhnout podstatného zvýšení separační účinnosti ve vztahu k CHSK(Mn). Tento zásah, který byl investičně relativně nenáročný, se však ve svých účincích již prakticky vyčerpал a bylo proto nezbytné přikročit k zásadnější rekonstrukci celé úpravně, která se skládá z rekonstrukce vápenného hospodářství, vytvoření moderní kalové koncovky úpravně a hlavně z celkové přestavby filtrů. Po předprojektové přípravě založené na získání návrhových parametrů na poloprovozním modelu je v současné době prováděna přestavba na filtry bez mezidna s drenážním systémem Leopold a jednovrstvé filtry budou nahrazeny filtry dvouvrstvými. Ani tato rekonstrukce však nemusí být na dlouhou řadu let konečným řešením technologické linky, protože pokud bude vývoj kvality surové vody ještě pokračovat v trendu minulých let, bude již zřetelně zcela mimo oblast kvality surové vody, která je vhodná pro úpravu jednostupňovou separací.

Rekonstrukce ÚV Souš reprezentuje jednu ze základních možností, jak postupovat při dlouhodobém zhoršování kvality surové vody a nebo nedostatečné separační účinnosti filtrů. Jednostupňové úpravně, které byly navrhovány před několika desítkami let, jsou si v mnohém podobné, protože vycházely z podobných koncepcí a technologických „škol“ našich projektantů. Jejich základem jsou většinou poznatky uvedené ve dvou, pravděpodobně pro vodárenství v Českých zemích a na Slovensku nejčastěji knihách [3, 4].

Velmi pozitivní je, že většinou mají tyto úpravně k dispozici (i z dnešního pohledu) dostatečnou dobu zdržení v agregčních reaktorech (flokulačních nádržích). Ty umožňují přípravu dobře vytvořené a separovatelné suspenze a to např. i v podmínkách studené vody. Takto vytvořenou suspenzi je pak možné separovat na dvouvrstvých filtrech, které mají zhruba dvojnásobnou až trojnásobnou kalovou kapacitu než filtry jednovrstvé. Snášejí lépe také vyšší filtrační rychlosti a tak v případě, že by nebyla k dispozici dostatečná doba zdržení v agregaci a požadavkem by bylo zůstat s veškerou technologií uvnitř stávajících budov, bylo by možné zvažovat přestavbu části filtrů na agregční reaktory a rekonstrukci zbylé části filtrů na filtry dvouvrstvé. Tyto „technologické“ rekonstrukce se často dobře doplňují s nezbytností rekonstrukcí stavebních a strojních takže se mohou provést společně s obnovou některých stavebních a strojních celků úprav. Namísto prosté obnovy se tak do technologické linky úpravně vnese nová kvalita pokročilých vodárenských procesů.

Další obrázky (obr. 4 – 6) ukazují, jak se hodnoty CHSK(Mn) vyvíjejí v čase na ÚV Bedřichov a ÚV Meziboří. Na obr. 5 vidíme, jak se postupnými investicemi do technologie úpravně majiteli a provozovateli daří úspěšně „rozevírat nůžky“ mezi surovou vodou a upravenou vodou. Trendové přímky ukazují, že i když se zhoršuje kvalita surové vody, neustále se daří zlepšovat separační účinnost úprav jak v ukazateli CHSK(Mn), tak zejména v ukazateli zbytkového hliníku, který je k rostoucím hodnotám CHSK(Mn) v surové vodě vynesena na obr. 6. I v tomto případě jsou však již možnosti zlepšování provozu současné technologické linky vyčerpány (či dokonce přečerpány) a bude muset dojít k zásadnějšímu zásahu do koncepce technologické linky. Jedním z těchto zásahů je výstavba dalšího

separačního stupně úpravy. V případě jednostupňových úprav se bude jednat většinou o rozšíření technologické linky o první separační stupeň.

Doplnění prvního separačního stupně u jednostupňových úprav

V případě, že jsou vyčerpány možnosti, jak maximalizovat separační účinnost a kapacitu jednostupňové úpravy (např. zvýšením kalové kapacity přechodem na dvouvrstvý filtr), je třeba hledat řešení v přidání dalšího separačního stupně. Je to tehdy, když se hodnota specifické výroby filtru L_f (m^3/m^2) za jeden filtrační cyklus snižuje např. následkem vysokých koncentrací suspenzí ve vodě, která je na filtr přiváděna a ekonomika provozu filtru se tak zhoršuje, protože čistý objem vody upravené filtrem se snižuje (ten je daný rozdílem vyrobené vody za jeden filtrační cyklus minus vody potřebné pro vyprání filtru). Může se však také stát, že filtrační cykly se musí zkrátit v důsledku zhoršené kvality filtrátu na konci filtračního cyklu. Pak je nezbytné zvažovat doplnění o první (tj. předřazený) separační stupeň.

Jako první separační stupeň by mohly být potenciálně zvažovány všechny procesy a zařízení, které se pro tento účel již využívají: sedimentační nádrže, čičiče, flotace, zatěžovaná sedimentace a nebo první stupeň tzv. hrubé filtrace (dvoustupňová filtrace). Mohlo by být uvažováno i o využití nejnovější technologie založené na speciální pryskyřici MIEX®, avšak tento proces zatím není ještě běžně dostupný [5].

Velmi často se setkáme s tím, že bude vysloven požadavek na to, aby se první separační stupeň vešel do existujících prostor úpravy vody. Pak je možné uvažovat jen o takovém procesu, který je schopen pracovat při velmi vysokém povrchovém zatížení okolo 10 m/h či více. Není tedy reálné, aby bylo možné navrhnout sedimentační nádrž či čičič, které pracují při povrchovém zatížení zhruba o řád menším. I kdyby byla při rekonstrukci „obětována“ polovina plochy existující (přetížené) filtrace, nebylo by to pro aplikaci sedimentační nádrže či čičiče dostatečné a prakticky by to neřešilo zadaný problém.

Podíváme-li se po mnoha jednostupňových úpravách a posoudíme-li jejich technologické soubory za současného stavu, často zjistíme z hlediska možné přestavby na úpravu dvoustupňovou, že:

- úpravna má i pro původně projektovaný výkon dobře dimenzovanou přípravu suspenze (např. 15 – 30 minut teoretické doby zdržení)
- úpravna v důsledku dlouhodobého poklesu odběru vody pracuje pod projektovaným výkonem
- filtrace proto pracuje při nízkých filtračních rychlostech (z původních návrhových hodnot např. 4 m/h klesá filtrační rychlost někdy až ke 2 m/h)

Z teorie i praxe filtrace je zřejmé, že i když klesne filtrační rychlost na polovinu a koncentrace suspenze stoupne na dvojnásobek, délka filtračního cyklu se zkrátí, protože dojde z hlediska celkové tlakové ztráty k horšímu rozložení separované suspenze v loži filtru a filtr je podstatně náchylnější k tvorbě tzv. filtrační deky na povrchu filtrační náplně. Čili není možné očekávat, že by existovalo jakési automatické řešení, kdy by byla zhoršená kvalita surové vody zcela kompenzována nižším výkonem jednostupňové úpravy.

Snížení výkonu úpravy se však také projeví v prodloužení teoretické doby zdržení v agregačních reaktorech (flokulačních nádržích). To dává většinou dostatek možností k tomu, aby byla ponechána jen část agregace, ve které bude doba zdržení při sníženém výkonu

úpravny postačující a ve zbytku prostoru byl realizován první separační stupeň. S výhodou bude na tuto funkci aspirovat flotace rozpuštěným vzduchem (DAF). Ta byla již v ČR poprvé a s velkým úspěchem realizována na úpravně pitné vody Mostiště a bylo o ní referováno i na minulé konferenci Pitná voda v Trenčianských Teplicích [6, 7].

I v případě, že by agregační reaktory byly poddimenzovány, pokud dochází při běžném provozu úpravny ke snížení filtračních rychlostí pod již tak dosti konzervativní (a u nás stále poměrně běžné) návrhové hodnoty okolo 4 m/h, je možné získat prostor pro první separační stupeň přestavbou části filtrů a jejich rekonstrukcí na filtry pracující při vyšších filtračních rychlostech.

Je samozřejmé, že všechny tyto úvahy jsou obecné náměty, které se budou v každém konkrétním případě muset projít pečlivou předprojektovou přípravou a modelovým ověřením. Nicméně v dnešní době je možné říci, že potenciálně existuje řešení, jak i za velmi výrazných omezujících podmínek (prostorem již existujících úpraven) by mělo být možné rozšířit jednostupňovou úpravnu o první separační stupeň.

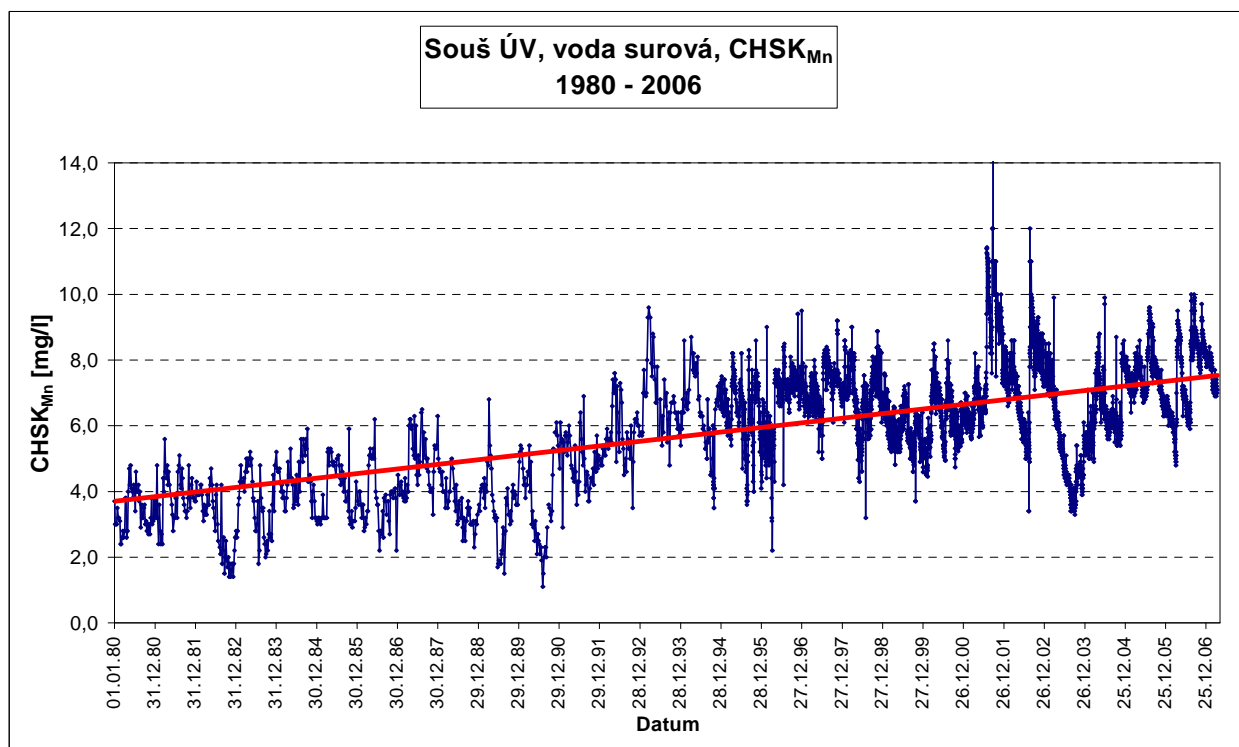
Závěr

Některé jednostupňové úpravny pitné vody se mohou díky zhoršování kvality surové vody dostávat na meze jejich separační účinnosti a to i po provedení jejich modernizace a rekonstrukce. Jejich provoz se pak může stávat nákladnějším a nebo může být ohrožena kvalita upravené vody. V takovém případě bude nezbytné doplnit technologické linky těchto úpraven rozšířením o první separační stupeň, které sníží látkové zatížení filtrace.

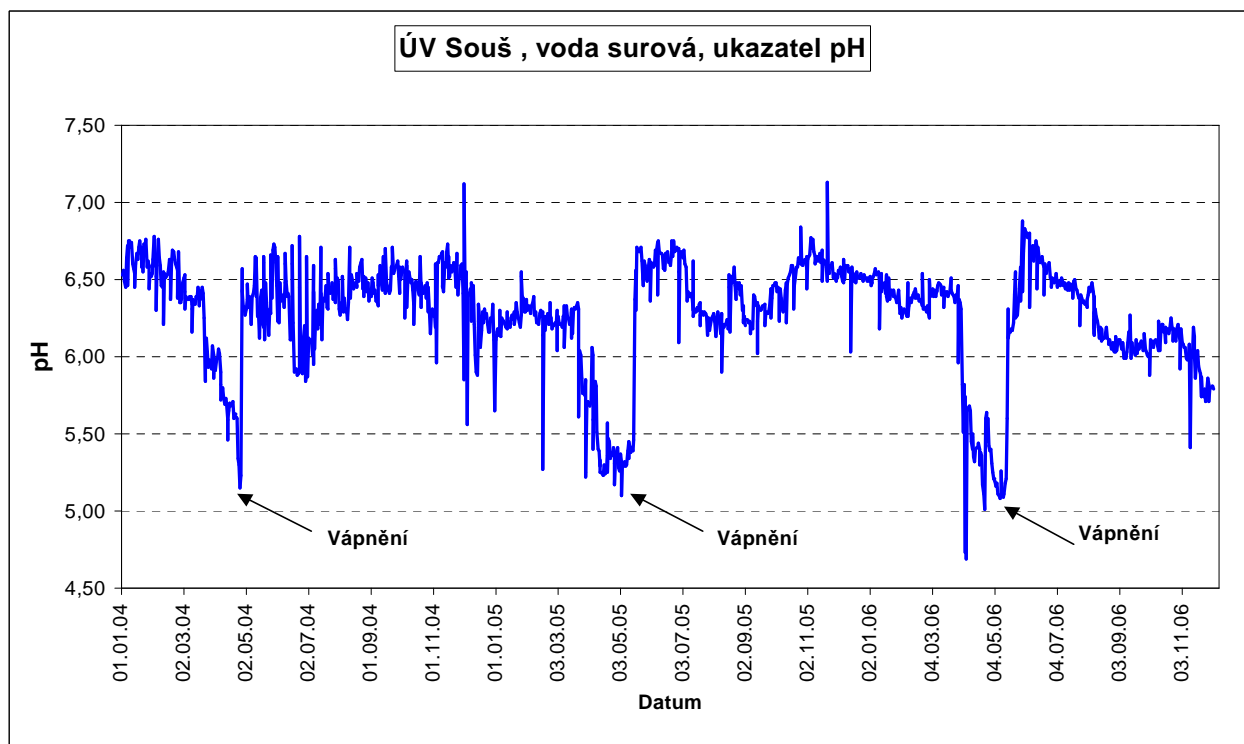
Při prostorových omezeních v existujících úpravnách je reálnou alternativou, že vhodným procesem bude flotace rozpuštěným vzduchem, která by mohla být postavena buď v dosavadních agregačních reaktorech nebo přeměnou části filtrů. Tyto alternativy bude však vždy nezbytné ověřit kvalitní předprojektovou přípravou.

Literatura

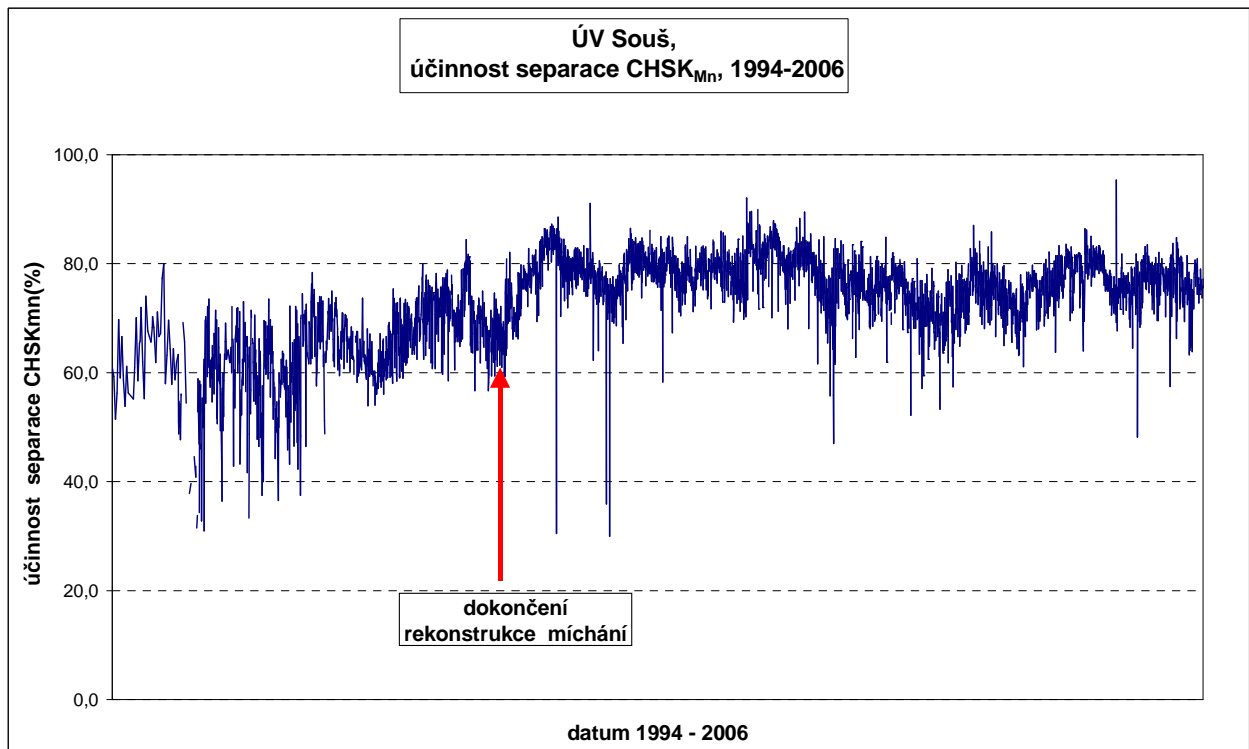
1. Eikebrokk B. a kol.: Water Science and Technology: Water Supply, Vol. 4, No. 4, pp. 47-54, (2004).
2. Dolejš P.: Použití organických polymerů na jednostupňových úpravnách vody. Sborník konference Pitná voda, s. 112-119. SvF STU, Bratislava 1999.
3. Bouchal A., Novák Z., Tesařík I.: Navrhování úpraven vody. SNTL, Praha 1967.
4. Tuček F., Chudoba J., Koníček Z.: Základní procesy a výpočty v technologii vody. SNTL Praha a Alfa Bratislava, 1988.
5. Dolejš P.: Vodárenský výzkum a inovace v Austrálii. SOVAK, 13, č. 7-8, 211-213 (2004).
6. Dolejš P.: Teoretické základy a praktické výhody flotace při úpravě pitné vody. Sborník konference s mezinárodní účastí Pitná voda, s. 47-54. Slovenský národný komitét IWA a SvF STU Bratislava 2006.
7. Fuchs K., Mazel L.: Výstavba a první zkušenosti z provozu flotace rozpuštěným vzduchem na úpravně vody Mostiště. Sborník konference s mezinárodní účastí Pitná voda, s. 181-188. Slovenský národný komitét IWA a SvF STU Bratislava 2006.



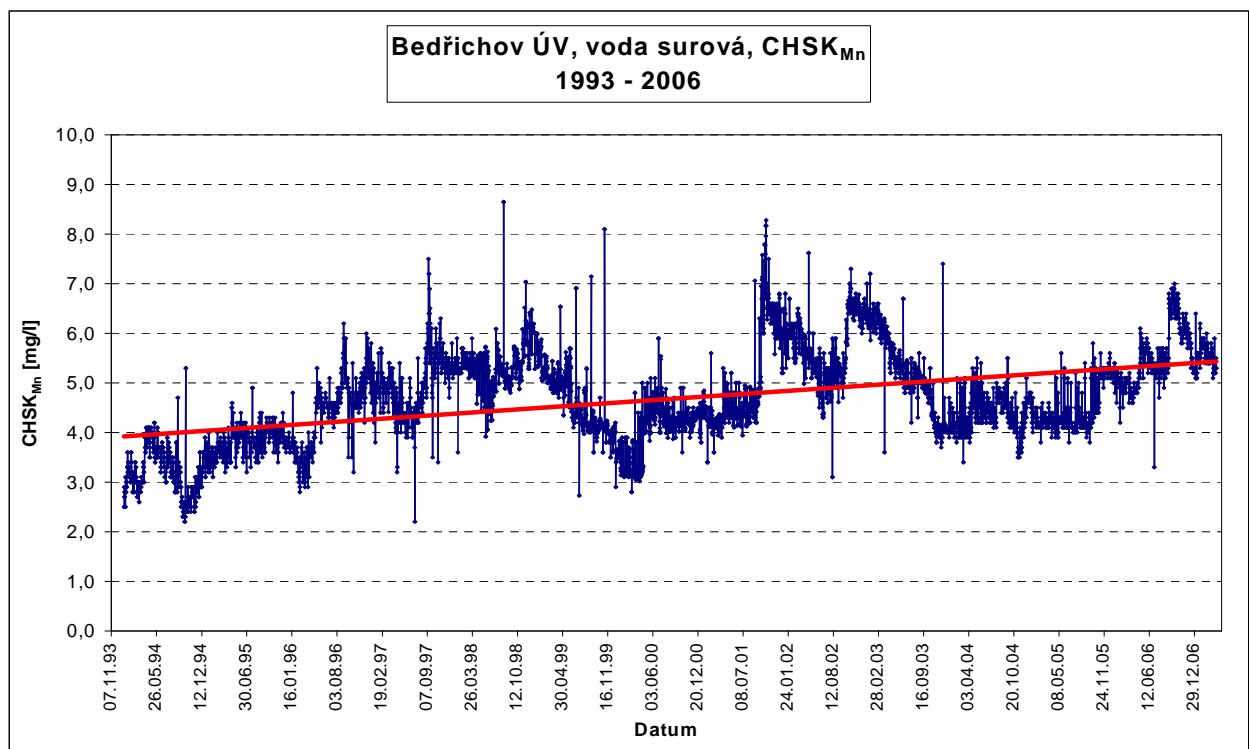
Obr. 1. CHSK_{Mn} surové vody ÚV Souš v letech 1980 – 2006 a její trend.



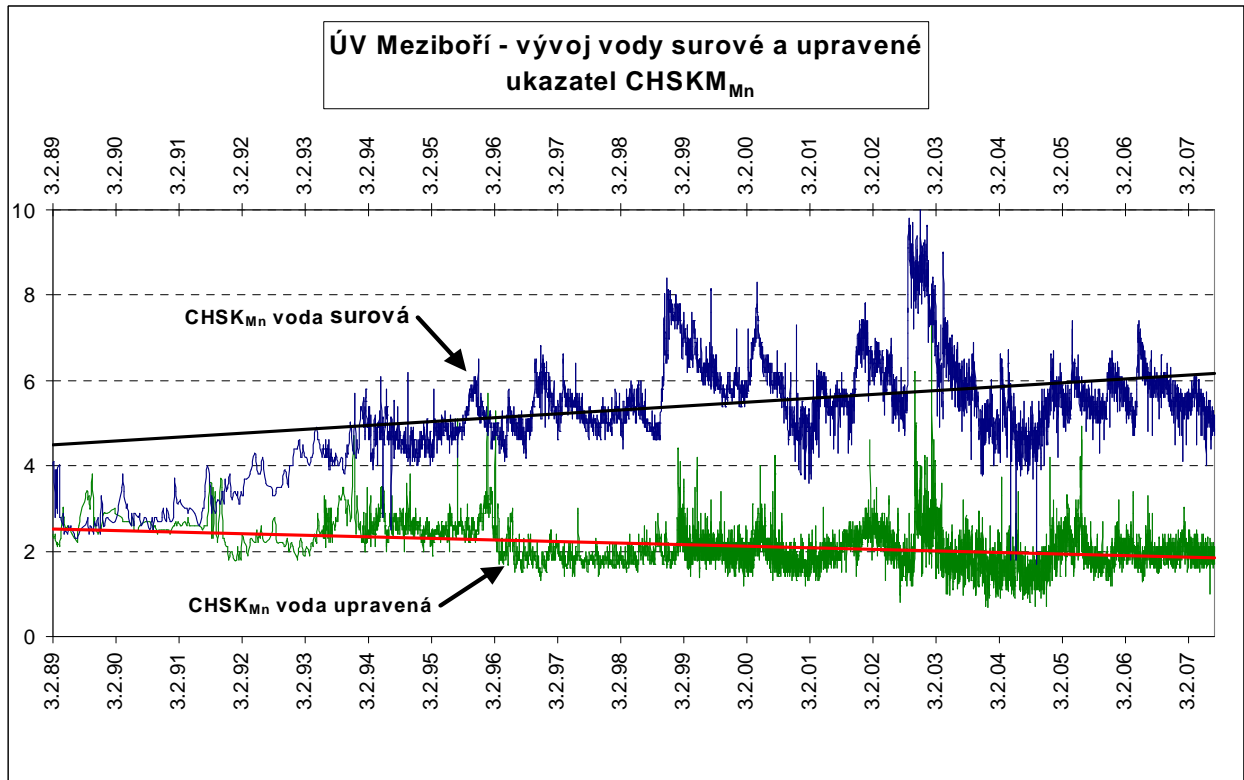
Obr. 2 Vliv vápnění na pH surové vody vodárenské nádrže Souš



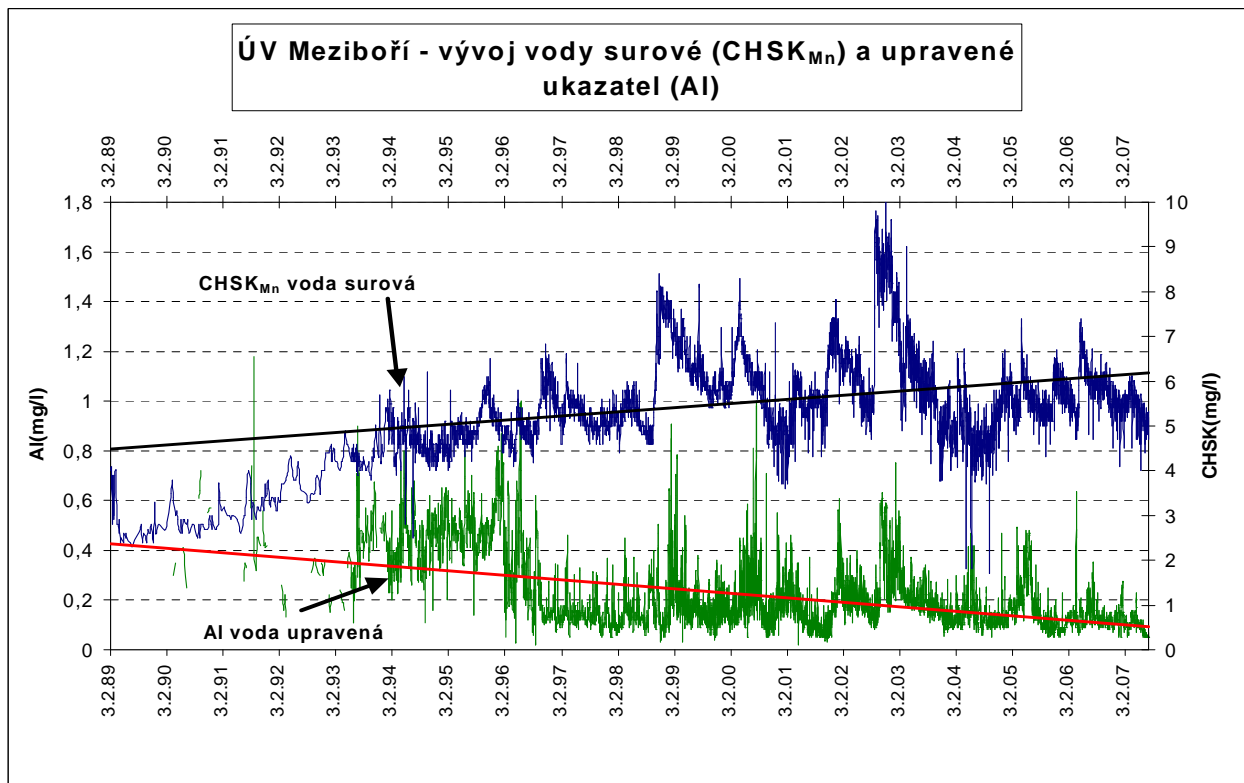
Obr. 3. Účinnost separace CHSK_{Mn} v letech 1994 – 2006



Obr. 4. CHSK_{Mn} surové vody ÚV Bedřichov v letech 1993 – 2006 a její trend.



Obr. 5. CHSK_{Mn} surové a upravené vody ÚV Meziboří v letech 1989 – 2007 a její trend.



Obr. 6. CHSK_{Mn} surové vody a koncentrace hliníku v upravené vodě na ÚV Meziboří v letech 1989 – 2007 a jejich trend