

# Technologický audit úpraven vody

Petr Dolejš

**Klíčová slova:** *audit, technologie, úprava vody, pitná voda.*

**Key words:** *audit, technology, water treatment, drinking water.*

## SOUHRN

Je představena koncepce auditu technologické linky úpravny pitné vody. Tato koncepce vychází z procesního pohledu a jejím cílem je zvýšení separační účinnosti stávajících úpraven, získávání klíčových podkladů pro rekonstrukce, hledání úzkých míst v technologickém procesu, optimalizace provozu a současně také zlepšení ekonomiky provozu. Metodika vychází z mnohaletého studia základních prvků klasické technologie úpravy vody založené na koagulaci a následné separaci suspenze.

## ÚVOD

Předpokládám, že mezi čtenáři naleznu všeobecný souhlas s tím, že:

- vývoj vodárenských technologií jde stále kupředu
- kvalitu upravené pitné vody je vhodné zlepšovat
- nové normy k tomu budou provozovatele dříve nebo později stejně nutit
- mnohé úpravny ještě nejsou ve stavu, kdyby na nich nebylo co zlepšovat a inovovat
- cena pitné vody nemůže růst neomezeně vysoko

Byl bych rád, kdyby se mnou čtenáři také souhlasili v několika dalších bodech:

- sledovat důkladně vývoj ve vodárenství vyžaduje značné odborné úsilí a mnoho času
- je lepší napřed dostatečně přemýšlet a měřit než začneme nakupovat, stavět nebo bourat
- významných zlepšení je možné dosáhnout nejenom investicemi, ale také zkvalitňováním provozní praxe
- procesy, které při úpravě vod probíhají, jsou primární, zatímco stavební prvky a zařízení, ve kterých tyto procesy probíhají jsou sekundární tj. na těchto procesech závislé [1] (to znamená, že např. koagulace je zařazena proto, že potřebujeme agregovat nečistoty v surové vodě a ne proto, že jsme řízením osudu postavili flokulační nádrž).

Těmito úvodními body bych chtěl přiblížit východiska, na kterých je postaveno tvrzení, proč bude nezbytné uvažovat o technologickém auditu úpraven vody jako o základním prvku všestranně kvalitního provozování a rozvoje těchto zařízení.

## VÝCHODISKA A OBECNÁ KONCEPCE TECHNOLOGICKÉHO AUDITU

Přehledy o současné **kvalitě upravené pitné** vody u nás ukazují, že i při současné úrovni sledování kvality pitné vody je řada parametrů, ve kterých někdy úpravný nesplňuje požadavky kladené normami na kvalitu pitné vody. Tyto požadavky se v některých ukazatelích ještě zpřísní s přibližováním k legislativě EU a pravděpodobně také s dalším vývojem poznání v této oblasti. „I při současné úrovni sledování“ píše proto, že v případě cílenějšího (tj. v některých případech širšího a do budoucna orientovaného sledování) bychom s velkou pravděpodobností získali informace, které by nás ještě více inspirovaly k aktivitám ve směru zlepšování kvality upravené vody.

Mělo by být jistě snahou provozovatele, aby úpravná nejenom pracovala tak, že dosahuje požadovaných výstupních parametrů „výrobku“ (pitné vody), ale také aby těchto parametrů dosahovala za rozumnou cenu, a voda byla navíc dostupná v potřebném množství a spolehlivě po celé období. Vedle dobře kvantifikovatelných a každému srozumitelných údajů o úrovni provozu jednotlivé úpravný, založených na souhlasu či nesouhlasu s normovanými hodnotami pitné vody, jsou ještě faktory, které taktéž ukazují **úroveň provozu úpravný** a významně ovlivňují celkové výsledky, jakých dosahuje. Tím mám na mysli především hospodárnost provozu, úroveň údržby zařízení, připravenost na krizové stavy atd. Provoz úpravný mohou vzdalovat od optimálních podmínek nejenom nevhodné projektové a administrativní faktory, ale může to být také nevhodná provozní praxe, nízká kvalifikace obsluhy aj.

Proto i tam, kde je kvalita upravené vody v naprostém souhlasu s požadavky normy, je možné nalézat úzká místa, jejichž identifikací a odstraněním je možné dosáhnout úspor finančních prostředků, dalšího zkvalitnění upravené vody bez nároků na náklady atp.

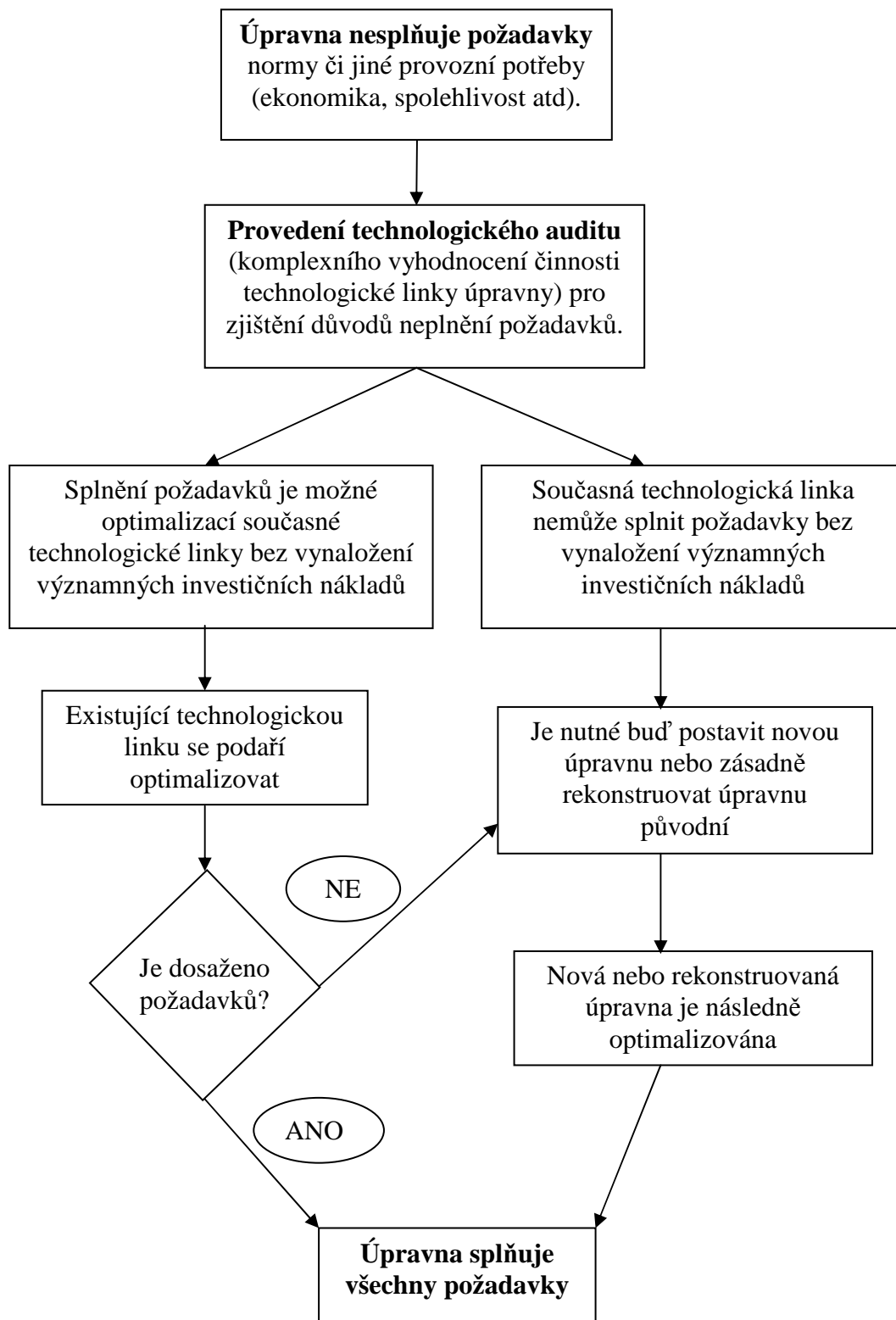
Racionální řešení zjevných i skrytých nedostatků, zlepšení činnosti úpravný, zkvalitnění upravené pitné vody, prognózování budoucích potřeb rekonstrukcí či inovací je možné dosáhnout jen tehdy, když podrobně zmapujeme současný stav. Tomu právě slouží **technologický audit**.

Příklad použití takového komplexního přístupu pro racionální rekonstrukci jedné úpravný (ÚV Meziboří v severních Čechách), byl již uveden ve sborníku konference *Rekonstrukce úpravný vody* [2], i když tam ještě tohoto termínu nebylo používáno. Výsledkem byly zejména:

- investiční úspory vyčíslené v řádu desítek milionů,
- pouze jednotýdenní zkušební provoz rekonstruované technologické linky
- následný bezproblémový provoz úpravný.

Doplňujícími přínosy bylo například zvýšení úrovně obsluhy úpravný, kvalitní informační systém využitelný pro průběžnou optimalizaci provozu, vysoká stabilita provozu úpravný a to vše za významného přispění nových technologických postupů zavedených u nás vůbec poprvé do praxe.

Podívejme se nyní blíže na to, jak postupovat při zjištění, že úpravná buď neplní nároky na ni kladené a nebo při snaze provozovatele či vlastníka celkově optimalizovat provoz úpravný. Na obr. 1 je uvedeno přehledné schéma základního postupu. V následující kapitole se budeme zabývat tím, co technologický audit je a jak se provádí.



**Obr. 1.** Technologický audit jako klíčová metoda pro dosažení požadovaných parametrů úpravny vody.

## STRUČNÁ METODIKA TECHNOLOGICKÉHO AUDITU

Technologický audit se zaměřuje v prvním kroku na současný stav posuzované úpravně. Vypracovává jakýsi „časový snímek“ provozu a to například i včetně možných změn kvality surové vody. Zahrnuje několik oblastí aktivit:

1. vyhodnocení základních technologických stupňů
2. vyhodnocení procesů - separační účinnosti úpravně a provozního režimu
3. přiřazení priorit k nalezeným faktorům, které limitují dobrý chod úpravně
4. realizaci *Kombinovaného programu optimalizačních úprav*
5. komplexní vyhodnocení výsledků auditu a sepsání souborné zprávy

Nyní stručně přiblížím, co je náplní jednotlivých bodů. Jako příklad posuzované technologické linky nám bude sloužit klasická dvoustupňová úpravně.

### Vyhodnocení základních technologických stupňů

Tento první krok technologického auditu má za cíl jednak podle orientačních návrhových kritérií a také podle zkušeností auditora odhadnout, zda existující technologická linka má **potenciál pro dosažení požadovaných parametrů účinnosti**. V tomto kroku tedy jde o směs statického hodnocení „betonových“ struktur a strojně-technického vybavení úpravně a jejich porovnávání s analogiemi s jinými, dříve studovanými úpravňami.

Pokud se ukáže, že hlavní technologické stupně jsou **potenciálně a beze změn** schopné splnit požadované cíle, můžeme takovouto úpravně pracovníčně označit jako **Typ 1**. V případě, že má takováto úpravně například problémy s plněním norem kvality upravené vody, znamená to, že tyto problémy nemají s velkou pravděpodobností příčinu ve vlastní technologické lince, ale jsou způsobeny nevhodnými provozními podmínkami (např. není dostatečná kontrola dávek chemikálií), údržbou (např. je stabilita provozu narušována výpadky některých zařízení) či nevhodnými administrativními opatřeními (např. provoz je nuceně jednosměrný a technologická linka tomu není přizpůsobena).

Pokud jsou hlavní technologické stupně jen s **drobnými a investičně nenáročnými změnami technologické linky** potenciálně schopné splnit požadované cíle, můžeme takovouto úpravně označit jako **Typ 2**. Znamená to, že pravděpodobně nebude potřeba zásadních investic do rekonstrukce technologické linky úpravně a vhodně vypracovaný kombinovaný program optimalizačních úprav má velkou naději na úspěch.

V případě, že hlavní technologické stupně **zjevně neodpovídají požadavkům kladeným na úpravně**, je třeba uvažovat o zásadních modifikacích technologické linky. Aby bylo dosaženo požadovaných cílů můžeme takovouto úpravně označit jako **Typ 3**. I když se v takovémto případě mohou vyskytovat též omezení daná nevhodným provozováním, údržbou či administrativními opatřeními, dokud nebude provedena zásadní „fyzická“ rekonstrukce technologické linky, nelze očekávat podstatné zlepšení dosahovaných výsledků.

## Vyhodnocení procesů - separační účinnosti úpravný a provozního režimu

S předchozí úlohou velmi těsně souvisí **vyhodnocení procesů probíhajících v úpravně**. Vychází se z podrobného experimentálního proměření všech základních technologických stupňů, jako jsou předúprava vody, homogenizace koagulantu, agregace suspenze, sedimentace, filtrace, desinfekce atp. Cílem je identifikovat, které prvky v technologické lince limitují separační účinnost úpravný a kvalitu jejího provozního režimu. Při zjišťování limitujících faktorů byl postupně vytvořen seznam 65 různých položek, které mohou potenciálně negativně ovlivňovat chod úpravný.

V této fázi se také hodnotí **stabilita všech procesů**. Proto se hodnocení také zaměřuje na to, zda se nevyskytují krátkodobé výpadky či poruchy jednotlivých technologických stupňů, jako je nestabilita či přerušování dávkování chemikálií, nestabilita zapříčiněná krátkodobým hydraulickým přetěžováním jednotlivých filtrů, (které pak má za následek uvolňování již zachycených částic do upravené vody) atp. Takovéto poruchy mají významné hygienické dopady a může při nich docházet například k pronikání velkého množství kryptosporidií a giardií do upravené vody. To pochopitelně indikuje nízkou úroveň provozování úpravný a to i tehdy, když záznamy z analýz úpravný o kvalitě upravené vody jsou v souladu s normovanými hodnotami kvality pitné vody.

V mnoha případech se ukazuje, že - i přes nepochybnou informační hodnotu **laboratorních dat o provozu úpravný** - tato data zdaleka nedávají dostatečný obrázek pro potřeby auditu a následnou komplexní optimalizaci provozu. Důvody jsou pochopitelně různé, ať je to nepřesná kalibrace či chyby kontinuálně měřících přístrojů (tam kde jsou instalovány) nebo volba míst a dob odběru vzorků (před praním či po praní filtrů atp.) a jejich frekvence či obecně kvalita práce laboratoře.

Hodnocení procesů, které probíhají v jednotlivých částech technologické linky úpravný je odborně, experimentálně i časově náročné.

V současné době jsme dokončili **dlouholetý vývoj vlastních metodik pro audit základních technologických procesů** a pro studium interakcí mezi procesy probíhajícími v jednotlivých stupních úpravný, ze kterých získáváme podklady pro optimalizaci provozu či požadavky na rekonstrukci technologické linky:

### **Audit zaměřujeme zejména tyto klíčové prvky a procesy v nich probíhající:**

- kvalita zdroje surové vody a její změny v čase
- předúprava pH, popř. předoxidace
- nastavení optimální dávky koagulantu a její určování v provozu
- kvalita homogenizace koagulantu s proudem upravované vody
- stanovení vhodnosti druhu používaného koagulantu
- zjištění kinetiky agregace separovatelných částic suspenze
- míchání a tvorba sedimentovatelných částic a velikostní distribuci částic
- vhodnost či možnosti použití organických polymerů
- účinnost a provozní režim filtrace

Pro **audit filtrace** jsme vyvinuli metodiku relativně nedávno, a proto se o ní zmíním podrobněji. Měření je založeno na kontinuální analýze průběhu tlakových ztrát v celém loži

filtru. Velice citlivé měřicí sondy, umístěné přímo v loži filtru, zaznamenávají hodnoty tlaku každých 10 vteřin do přenosného počítače. Z tohoto měření je možné získat tyto technologicky významné informace:

- Průběh zachycování suspenze ve vodárenském filtru a vhodnost suspenze pro daný typ filtru.

Na základě údajů o tlakových poměrech ve filtru v různých časech lze vyhodnotit, jakým způsobem filtr zachycuje suspenzi, zda filtr efektivně využívá profil filtračního lože a zda je příprava suspenze vhodná pro daný typ filtru a pro režim, v jakém je filtr provozován.

- Vliv nárazového zatížení filtru při regulaci průtoku

Při regulaci průtoku filtrem v některých případech dochází periodicky či náhodně v důsledku otevírání/zavírání odtoku z filtru (či přítoku na filtr) k výrazným nárazovým tlakovým změnám, které mohou negativně ovlivnit efektivitu filtrace. Měření tlakových ztrát dokáže tyto nedostatky odhalit a pomoci při jejich odstranění.

- Srovnání funkce jednotlivých filtrů

Některé problémy s kvalitou vody mohou být způsobeny nikoli stavem celé technologické linky, ale například chybou funkcí jednoho z filtrů. Srovnání průběhu tlakových ztrát a proměření filtračního cyklu jednotlivých filtrů problémy tohoto druhu spolehlivě odhalí.

- Nalezení optimální délky filtračního cyklu

Měření tlakových ztrát jasně ukáže časový úsek, od kdy je provoz filtru díky zanesení filtračního lože již neefektivní. Spolu s hodnotami průniku zbytkového koagulantu, absorbance, organismů či ChSK je pak spolehlivou informací k určení optimální délky filtračního cyklu.

### **Přiřazení priorit k nalezeným faktorům, které limitují dobrý chod úpravní**

Po zjištění limitujících faktorů nastává fáze, kdy je potřeba zjištěné nedostatky vzájemně propojit a zjistit případné synergické či antagonistické vztahy mezi nimi. Priorizace stanovuje, pořadí a nebo důležitost jednotlivých návazných aktivit potřebných k dosažení optimálního provozu úpravní.

Z toho důvodu je jednotlivým limitujícím faktorům při provádění auditu přiřazována klasifikace priority. Priority označované jako **Typ A** označují faktory, které významně a dlouhodobě ovlivňují provoz úpravní. Priority označované jako **Typ B** jsou faktory, které mají buď méně významné dlouhodobé vlivy nebo významné vlivy periodické. Jako **Typ C** jsou označovány priority, jejichž efekt na celkovou kvalitu provozu úpravní je relativně malý či málo významný. Je zřejmé, že stanovení prioritizace limitujících faktorů pomůže rozložit nutná nápravná opatření v čase a věnovat se nejdříve těm nejdůležitějším, což může být významné z hlediska dostupnosti investičních prostředků.

## **Realizace *Kombinovaného programu optimalizačních úprav***

*Kombinovaný program optimalizačních úprav* má za cíl **postupně eliminovat** faktory, které byly identifikovány jako **limitující faktory účinnosti provozu úpravny** a to s maximální snahou o komplexní řešení a pokud možno bez rozsáhlých kapitálových investic. Tento program je nazýván kombinovaný proto, že mnohdy je třeba realizovat současně se zásahem do technologické linky např. administrativní opatření, změnu provozního režimu atp.

V této fázi auditu vstupují většinou do hry vedle auditora také **další aktéři**. Některá opatření je např. třeba projektově zpracovat, pro jiná je nutná součinnost s dodavatelem surové vody atp. Je důležité, aby všechna opatření byla podrobně diskutována s majitelem infrastruktury i provozovatelem (jsou-li organizačně odděleni), aby oba tyto subjekty byly přesvědčeny, že navrhovaná opatření budou sloužit jednak ke zlepšení kvality pitné vody a provozu úpravny, jednak že budou mít nutně pozitivní ekonomický vliv na finanční stabilitu firmy a tím i na výši vodného.

Je zřejmé, že **ekonomická motivace** auditorské firmy se bude lišit jak od motivace projektové firmy, tak dodavatelských firem. Zatímco první má jednoznačně za cíl uspokojit komplexním, myšlenkově bohatým a moderním řešením vlastníka infrastruktury a provozovatele při **minimálních nárocích na investice a provozní prostředky**, motivace zbývajících firem je zatím v důsledku přežívajících mechanismů odlišná. Pokud je zatím stále projektová firma placena procentem ceny výsledného díla, nelze hovořit o jakékoli motivaci k racionální investiční politice. Samozřejmě netvrdím, že toho apriorně tyto subjekty zneužívají, avšak jejich zisk je v prvním přiblížení závislý právě na **maximalizaci zákazníkem vynaložených investic**. To by si měli jak majitelé infrastruktury tak provozovatelé uvědomit.

## **Komplexní vyhodnocení výsledků auditu a sepsání souborné zprávy**

Je důležité, aby po vlastním provedení auditu a jeho zpracování do závěrečné zprávy byla následně také vytvořena zpráva po provedené realizaci *Kombinovaného programu optimalizačních úprav*. Úspěch *Kombinovaného programu optimalizačních úprav* je ve většině případů dobře měřitelný a měl by vycházet významným dílem z poznatků vlastníka a provozovatele úpravny. Pokud na výsledky auditu nenavazuje v rozumném časovém odstupu realizace optimalizačních úprav, výsledky auditu zastarávají a jeho konečného cíle a poslání vlastně nebylo dosaženo.

Pokud je složitost a náročnost *Kombinovaného programu optimalizačních úprav* nad vlastní síly provozovatele, je vhodné na jeho přípravu a realizaci (ať celou nebo jen části) najmout kvalitní konzultační firmu.

## ZÁVĚREM

Činnost obdobná technologickému auditu již byla v některých případech určitými vodárenskými firmami ve větším nebo menším rozsahu prováděna. Nicméně ve vodárenství, ve kterém dominují zatím zastaralé přístupy, které se neopírají o procesní pohled na úpravu vody, je myšlenka technologického auditu zatím téměř neznámá.

Jsem přesvědčen, že bude nezbytné prosadit jako nedílnou součást alespoň u žádostí o jakékoli vodárenské dotace ze státního rozpočtu povinné předložení kvalitního technologického auditu. Jen tak je možné zabránit jednak ne hospodárnostem ve vynakládání veřejných prostředků, kterého jsme běžně svědky i v nynější době, a jednak také neúměrnému zvyšování vodného.

## CITOVANÁ LITERATURA

1. Stephenson T.: Processing water – it's chemical engineering. *Water Quality International*, s. 9, January/February (1998).
2. Kolektiv: Sborník konference *Rekonstrukce úpraven vody*. s. 1-192. W&ET Team, Č. Budějovice 1998.

Ing. Petr Dolejš, CSc.  
W&ET Team,  
Box 27, Písecká 2,  
370 11 České Budějovice, ČR  
e-mail: p.dolejs@tiscali.cz



## **Technological audit of waterworks.**

Petr Dolejš

### **ABSTRACT**

Concept of technological audit of waterworks' treatment train is introduced. This concept is based on process approach. The aim of this concept is the increase of efficiency of existing waterworks, search for bottlenecks in their treatment train, optimisation of their operation and gaining key information for their future reconstruction and upgrading.