

# REKONSTRUKCE A MODERNIZACE ÚPRAVNÍ VODY PLZEŇ – REALIZACE STAVBY A JEJÍ VÝSLEDKY

**Ing. Jiří Kolovrat, Ing. Jan Kretek, Ing. Karel Kučera,**

VODÁRNA PLZEŇ a.s., Malostranská 2, Plzeň; jan.kretek@vodarna.cz

## Úvod – charakteristika a historie úpravy vody v Plzni

8,5 milionu kWh elektrické energie, 2 tisíce tun koagulantu, 600 tun vápenného hydrátu, ale i další chemikálie, opravy, práce a úsilí jsou potřeba, aby plzeňská úpravná voda mohla zásobovat cca 196 000 odběratelů pitnou vodou. Skupinový vodovod Plzeň obsluhuje vedle krajské metropole dalších 30 měst a obcí a ročně jí proteče 12,5 mil. m<sup>3</sup> vody.

Historicky první odběr vody z řeky Úhlavy byl na tehdejší okraj města Plzně, těsně před soutok s řekou Radbuzou, situován v roce 1889. Pístová čerpadla poháněná parním strojem čerpala vodu do usazovacích nádrží a anglických (pomalých) filtrů. Další významný počin v oblasti systematického zásobování vodou proběhl v letech 1924 – 1926, kdy byla instalována čtyřstupňová filtrace systému Puech-Chabal. Odpovědí na rostoucí potřebu vody a vývoj jakosti zdroje vody byla výstavba tzv. chemické úpravní v letech 1964 – 1969 s chemickým srážením a dvoustupňovou separací. Dostatečnou kapacitu výroby vody pro plzeňskou aglomeraci přineslo až Rozšíření úpravní vody Plzeň dokončené v roce 1996, kdy však již získaná kapacita nebyla potřeba. Stávající technologické postupy byly doplněny ozonizací a ztvzováním.

Značnou část potíží při úpravě vody v Plzni způsobuje charakter zdroje - řeka Úhlava je v místě odběru již značně zatížena antropogenními vlivy, což se projevuje na charakteru znečištění (zejména výskytem specifických organických látek), ale i průtokových poměrů. Absence retenčního objemu surové vody v dosahu jejího odběru je pak důvodem výrazných a rychlých změn v kvalitě surové vody.

Již *Studie posouzení technologických možností úpravní vody Plzeň - Homolka pro dodržení směrnice EU 98/83/EC /Vodohospodářský podnik a.s., 2000/* konstatovala, že zdroj vody je zatížen znečištěním, na jehož eliminaci není úpravná voda připravena – konkrétně pesticidními látkami. Jejich výskyt v Úhlavě byl podchycen náhodně, ale s rozvojem analytické techniky stále častěji a ve větším spektru přípravků. Dalším ohrožením jakosti pitné vody byl zvýšený obsah amonných iontů, vyskytující se také nepravidelně. Posledním nezpracovatelným znečištěním byl mangan a to i v souvislosti se zpřísněním jeho hygienického limitu.

## Příprava a průběh projektu

Technická studie Návrh řešení doplnění technologie úpravní vody Plzeň byla zpracována v roce 2007. Zahrnovala poloprovozní a laboratorní testy a stanovila koncepci řešení. V rámci tvorby dokumentace pro územní řízení proběhly modelové zkoušky filtračních náplní, byla testována flotace, ultrafiltrace i systém Actiflo. Žádná z těchto moderních technologií se však nakonec neuplatnila, stejně jako filtrační materiál z oxidu manganičitého.

Investorem akce bylo město Plzeň zastoupené Útvarem koordinace evropských projektů a k financování byla využita dotace z Operačního programu životní prostředí. Vlastní rekonstrukce byla zahájena v srpnu 2013. Začátek realizace byl pomalý - ovlivněný postupným výběrem dodavatelů a zhotovitelů jednotlivých technologických zařízení a celků generálním dodavatelem (GD) a v návaznosti na tato rozhodnutí tvorbou a upřesňováním realizační dokumentace generálním projektantem (GP).

Po vyřešení počátečních problémů se rekonstrukce rozběhla v maximálním možném tempu a rychlosti. Umožnila to změna postupu prací: původně se měly hlavní objekty rekonstruovat za provozu postupným odstavováním jednotlivých částí technologické linky. Avšak objekty, kde se prováděla kompletní rekonstrukce (filtrace, ozonizace), byly dodavateli poskytnuty bez omezení, což urychlilo celou realizaci. V případě filtrace to umožnila starší úpravna z r. 1969, která byla před zahájením rekonstrukce částečně opravena. V případě rekonstrukce ozonizace se podařilo včas zrealizovat nový objekt UV záření, který dočasně nahradil desinfekci ozonem v době rekonstrukce.

Rekonstrukce byla dokončena v září 2015 plynulým zahájením zkušebního provozu. Vzhledem k možnému termínu čerpání dotace a nutným administrativním úkonům v souvislosti s kolaudací mohl být zkušební provoz pouze 6-ti měsíční.

V průběhu rekonstrukce se vyskytly dva větší stavební problémy, oba na objektu filtrace:

- 1) Vlivem vzdušné kontaminace v průběhu výstavby i dalších vlivů (nedostatečně navržená ventilace, utěsnění budovy zadržím většiny oken, sanační nátěry betonových konstrukcí) se v podzemním podlaží filtrace a nově vybudovaném přilehlém podzemním objektu UV záření začala vyskytovat plíseň. Návrhem vhodných opatření (protiplísňové nátěry, posílení VZT, osazení odvlhčovačů a germicidních lamp) se tento problém podařilo vyřešit.
- 2) Na konstrukce zakrytí filtrů a obslužné konstrukce uvnitř filtrů byl navržen nedostatečně odolný druh nerezového materiálu (třída nerezové oceli 1.4301). V průběhu zkušebního provozu došlo ke vzniku koroze těchto konstrukcí nejspíše vlivem chloridů. K jejímu vzniku přispěla dezinfekce filtrační náplně chlorem, dávkování chloru do bodu zlomu a praní filtrů upravenou vodou s obsahem chloru. Problém není dořešen, žádná ze zúčastněných stran se nepřihlásila k odpovědnosti.

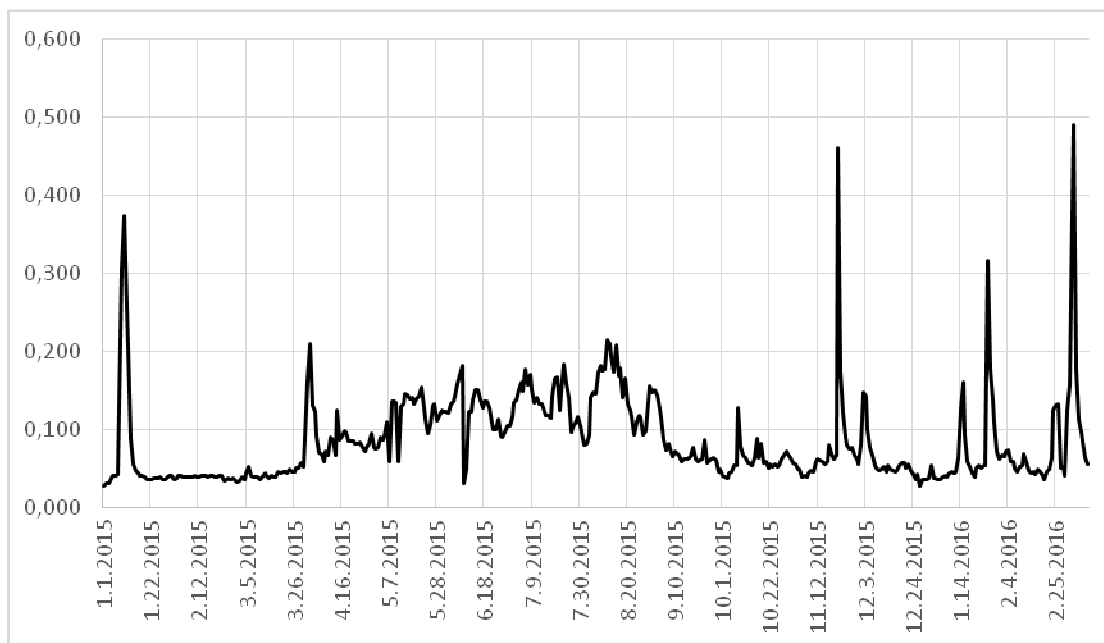
## Pohled technologa

Rekonstrukce a modernizace UV Plzeň přinesla celou řadu zlepšení, z nichž je z technologického hlediska nejzajímavější a nejpřínosnější separace manganu a sorpce pesticidních látek (PL).

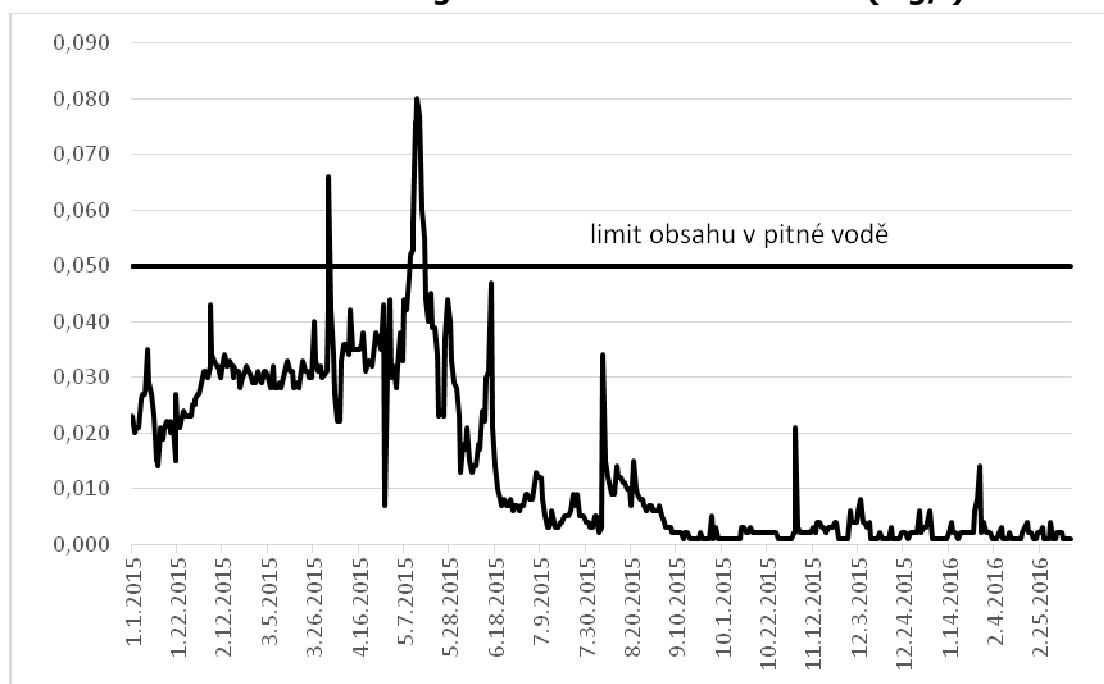
Z různých variant bylo **odmanganování** navrženo řešit v separačním stupni filtrace. Přestavba filtrace spočívala ve vybourání starých meziden, v zatěsnění van a v jejich vystrojení drenážním systémem Leopold a v novém hydraulickém rozdělení filtrace na druhý separační stupeň, tvořený 6 rychlofiltry, každý o ploše 97,2 m<sup>2</sup>, s celkovou filtrační plochou 583,2 m<sup>2</sup>, s náplní Filtralite Mono-Multi, tvořenou materiálem *Filtralite NC 1,5 -2,5 a Filtralite HC 0,8-1,6* v poměru 1:1 a na třetí separační stupeň (sorpce), tvořený 4 rychlofiltry o stejných plochách, s náplní GAU. Výšky filtračních náplní jsou u obou typů filtrů shodné, cca 1,60 m. To a velmi blízké specifické hmotnosti obou filtračních náplní usnadnily rekonstrukci ČS prací vod - například v tom, že oba typy filtrů jsou dopírány stejnou (maximální) intenzitou prací vody 1 000 l/s.

Filtrát z druhého separačního stupně bylo nutno odvést do ozonizace, ozonizovanou vodu pak znova vyčerpát na třetí (sorpční) stupeň a tuto vodu přes UV reaktory odvést zpět do původní trasy na ztvrdování, zdravotní zabezpečení a do akumulací. Se změnou toků vody souvisela výstavba kompletně nových rozvodů vody, výstavba nové ČS na GAU filtraci a výstavba nového stupně desinfekce vody po GAU filtraci - UV reaktorů. Proces doúpravy vody zůstal z technologického pohledu identický, proveden však byl zcela v novém potrubí s novými armaturami, dávkovacími zařízeními, směšovacími elementy a s novým měřením včetně kontinuálních analyzátorů a automatizovaného systému řízení.

Pro uvedení do problematiky odstraňování manganu na ÚV Plzeň a její naléhavosti je nejvýmluvnější přehled kvality surové a upravené vody od roku 2015 (obr.1. a obr.2.):



**Obr. 1. Obsah manganu v surové vodě ÚV Plzeň (mg/l)**



**Obr. 2. Obsah manganu v upravené vodě ÚV Plzeň (mg/l)**

Výrazné snížení obsahu manganu v upravené vodě nastal okolo 20. 6. 2015, kdy bylo překročeno k hygienizaci filtrů spuštěním předchlorace. Nutno uvést, že v té době ještě nebyla provozována GAU-filtrace ani ozonizace a že se jednalo o separaci manganu v jediném stupni. Změnu pak nepřineslo zprovoznění GAU-filtrace (od 4. 8. 2015). Teprve zahájením provozu ozonizace (15. 9. 2015) došlo k poslednímu kvalitativnímu skoku. Tehdy se zbytková koncentrace manganu v upravené vodě dostala na stopovou koncentraci 0,001 – 0,002 mg/l (tj. na 5 % hygienického limitu).

Provozně ověřená separační účinnost odstraňování nízkých koncentrací manganu z povrchové vody předoxidací manganistanem draselným s předalkalizací vápennou vodou na průměrné pH=7,53 na filtrační náplni Filtralite Mono-Multi byla 94 %. Oproti prosté separaci manganu procesem koagulace (v mírně kyselém prostředí za jinak stejných podmínek filtrace) byl efekt vyšší o 39,8 %. Dávka manganistanu byla provozně dvojnásobná oproti stechiometrickému výpočtu. Proces vykazoval dostatečnou robustnost vůči změnám obsahu manganu v surové vodě. Teplota vody se pohybovala od 3,5 do 5,0 °C.

Provozní zkušenost potvrdila závěry z poloprovozních testů. Jediné, čeho nebylo dosaženo ve stejné míře, byl faktor  $L_f$  ( $m^3/m^2$ ) – objem vody přefiltrovaný plochou filtru během jednoho pracovního cyklu. Provozně se dařilo dosahovat v průměru 666, výjimečně 913  $m^3/m^2$ . Dalšímu provozování zabránila vysoká tlaková ztráta na filtrech.

### **Ozonizace a separace specifických organických látek (pesticidních látek - PL)**

Separace PL byla hlavní hybnou silou celé rekonstrukce. Velmi špatné zkušenosti z let 2009-2011 vedly k určení mírnějšího hygienického limitu na vybrané PL.

Základní údaje ozonizace:

- výroba ozonu z kyslíku (generátory ozonu WEDECO, 3 x 6,5 kg/h)
- směšování s vodou (systém STATIFLO – GDS) pro každou linku samostatně
- 4 linky tříkomorových ozonizačních nádrží: směšovací sekce (sestupná, vzestupná a vymírací sekce), každá linka s vlastním odsáváním a destruktozem
- kontinuální monitoring zbytkového ozonu (v každé sekci)

Ozonizace se provozuje trvale v automatickém režimu výroby ozonu, směšování a reakce. Směs kyslíku a ozonu ( $133 \text{ g O}_3/\text{Nm}^3$ ) se vstříkuje do vstupního proudu vody před ozonizační linku. Dávka ozonu je řízena od 2. směšovací komory na zadanou hodnotu 0,350 mg  $\text{O}_3/\text{l}$ . Průměrná dávka ozonu byla po dobu zkušebního provozu 0,50 mg/l. Projektované maximum je 4,5 mg  $\text{O}_3/\text{l}$ .

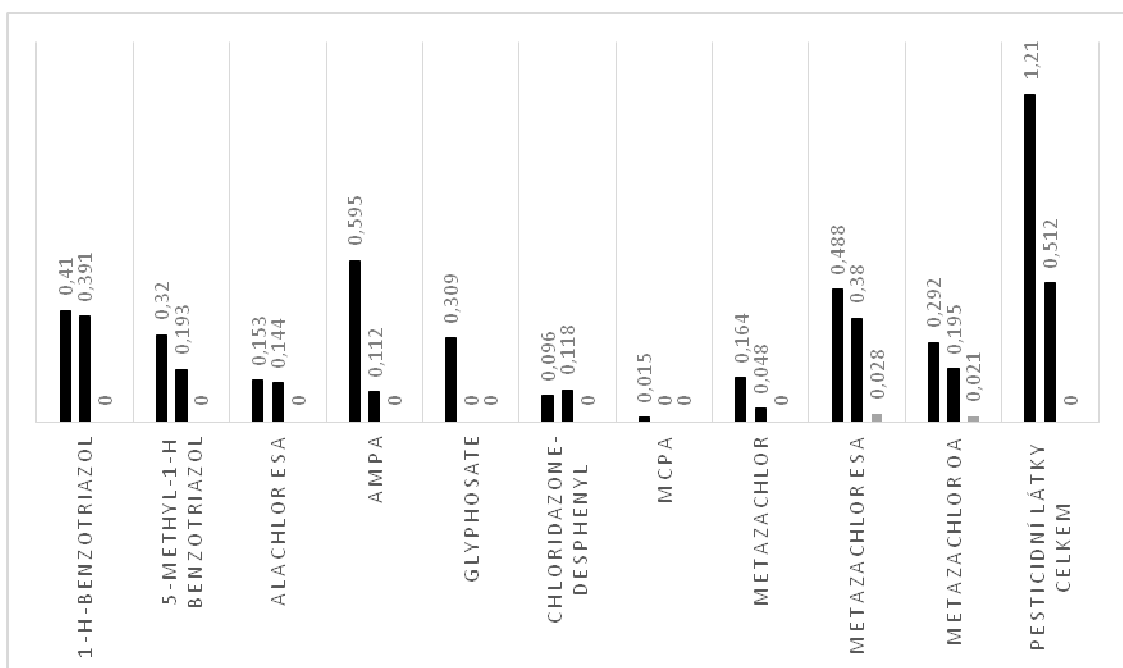
Základní údaje GAU-filtrace (třetí separační stupeň, sorpce):

- 4 rychlofiltry, každý o ploše 97,2  $m^2$ , s celkovou filtrační plochou 388,8  $m^2$
- náplň granulovaného aktivního uhlí Filtrasorb TL-830 (Chemviron Carbon), průměrná výška filtrační náplně je 1,63 m.

Vyhodnocení účinnosti separace PL je v tab.1 a na obr.3. Byly do něj zahrnuty látky, které dosáhly zjevného výskytu v surové vodě:

**Tabulka 1. Výsledky stanovení vybraných PL v procesu úpravy vody (µg/l)**

Hodnocené období: 09.2015 - 02.2016	Surová voda		Společný filtrát 2.° separace		Společný filtrát 3.° separace	
	Překroč. limitu %	Maximální hodnota	Překroč. limitu %	Maximální hodnota	Překroč. limitu %	Maximální hodnota
<b>1-H-Benzotriazol</b>	<b>84,6</b>	<b>0,410</b>	<b>73,1</b>	<b>0,391</b>	<b>0,0</b>	<b>&lt;0,005</b>
<b>5-methyl-1-H Benzotriazol</b>	<b>50,0</b>	<b>0,320</b>	<b>42,3</b>	<b>0,193</b>	<b>0,0</b>	<b>&lt;0,005</b>
Alachlor ESA	0,0	0,153	0,0	0,144	0,0	<0,020
<b>AMPA</b>	<b>69,2</b>	<b>0,595</b>	<b>4,2</b>	<b>0,112</b>	<b>0,0</b>	<b>&lt;0,0200</b>
<b>Glyphosate</b>	<b>15,4</b>	<b>0,309</b>	<b>0,0</b>	<b>&lt;0,030</b>	<b>0,0</b>	<b>&lt;0,030</b>
Chloridazone-desphenyl	0,0	0,096	0,0	0,118	0,0	<0,010
MCPA	0,0	0,015	0,0	<0,010	0,0	<0,010
<b>Metazachlor</b>	<b>3,8</b>	<b>0,164</b>	<b>0,0</b>	<b>0,048</b>	<b>0,0</b>	<b>&lt;0,010</b>
Metazachlor ESA	0,0	0,488	0,0	0,380	0,0	0,028
Metazachlor OA	0,0	0,292	0,0	0,195	0,0	0,021
<b>PL celkem</b>	<b>30,8</b>	<b>1,21</b>	<b>4,2</b>	<b>0,51</b>	<b>0,0</b>	<b>&lt;0,030</b>



**Obr. 3. Výsledky stanovení vybraných PL v procesu úpravy vody (surová voda, po 2° separaci, upravená voda, µg/l)**

Účinnost separace 2.° je hodně rozdílná podle typu látek: od nulové separace až po 90%. Zato separace ve 3.° je dokonalá, od 94 do 100 % odstranění.

GAU-filtrace je provozována bez mikrobiologických problémů ve filtračním cyklu 30 dnů. Koeficient  $L_f$  se pohybuje v průměru  $2\,094\text{ m}^3/\text{m}^2$ , maximum bylo  $3\,217\text{ m}^3/\text{m}^2$ .

### **Výsledky akce Rekonstrukce a modernizace úpravní vody Plzeň**

Snažení mnoha desítek lidí vyústilo v dobře připravenou a úspěšně provedenou modernizaci významného zdroje pitné vody spolu s obnovou jeho důležitých stavebních a technologických částí, a to alespoň v zásadních bodech. Jako každý velký projekt přinesl výsledky, prohry, poznání i varování:

- došlo k výraznému zlepšení stavebního a technologického stavu úpravní vody, i když obnova nebyla realizována na všech jejích objektech
- hlavní technologické zaměření rekonstrukce – zlepšení separace pesticidních látek a manganu – bylo úspěšné; toto konstatování je založeno na zatím nedlouhé provozní zkušenosti
- projeví se v plné šíři komplikace dané formou projektu (dotace SFŽP):
  - obtížné prosazování změn proti zadávací dokumentaci
  - prioritní finanční motivace zhotovitele, bez ohledu na reálné komplikace
  - řetězení dodavatelů s problematickým přenosem zodpovědnosti
  - časová prodleva mezi dokončením zadávací dokumentace a realizací
  - těžkopádnost a složitost vedení projektu
- vyžadovaná přesnost, dokonalost a úplnost zadávací dokumentace je v realitě pouze představa, spolu s předchozím bodem však vytváří neřešitelnou kombinaci
- dodavatelské i montážní společnosti se předvedly v příznivém světle – pokud byly dostatečně motivovány; v případě problémů pak prokázaly velkou sílu zejména ve vyjednávání
- odpovědnost projektanta – v praxi problematická záležitost
- oponentura zadávací dokumentace – oblast, které je nutné věnovat maximální možnou pozornost, a přesto nebude nikdy dostatečná
- důležitá je snaha o maximální uplatnění požadavků a zkušeností provozovatele (přijímaná jen nevlídně zadavatelem a zhotovitelem)

Hodnocení bude s odstupem času možná méně kritické – v tuto chvíli Vám však ke sdílení nabízíme čerstvé, nezkreslené zkušenosti.