

# STUDIE REKONSTRUKCE ÚPRAVNY VODY PLZEŇ

Ing. Josef Drbohlav

HYDROPROJEKT CZ a.s., Táborská 31, Praha 4, [josef.drbohlav@hydroprojekt.cz](mailto:josef.drbohlav@hydroprojekt.cz)

## ÚVOD

Město Plzeň zastoupené Správou infrastruktury města Plzně zadalo v roce 2007 vypracování komplexní technické studie „Návrh řešení doplnění technologie úpravy vody Plzeň“ [1], která byla rozdělena do dvou částí:

**A. Poloprovozní a laboratorní zkoušky**, které byly zaměřeny na provedení poloprovozních a laboratorních sledování vybraných částí technologie úpravy vody s cílem získat potřebné podklady pro návrh doplnění a rekonstrukci technologické linky úpravny vody (viz samostatná přednáška Doc.ing.Petra Dolejše, CSc.).



**B. Studie rekonstrukce úpravny vody**, která zahrnovala komplexní posouzení technologické linky úpravny vody a návrh doplnění a rekonstrukce technologické linky včetně odhadu investičních nákladů.

Studii [1] vypracovalo sdružení HYDROPROJEKT CZ a.s. a Water & Environmental Technology Team v průběhu roku 2007.

## VÝSTAVBA ÚPRAVNY VODY PLZEŇ

V roce 1890 byla dokončena první úpravna vody Plzeň s kapacitou 116 l/s, která měla ve své technologické lince čtyři usazovací, čtyři pomalé filtry, strojovnu s parními čerpacími stroji pro čerpání surové a upravené vody

V roce 1926 byla uvedena do provozu předfiltrace systému Puech-Chabal (úpravna vody ÚV I) s kapacitou 450 l/s, předfiltrace sestávala ze tří stupňů hrubocezů a jednoho stupně předfiltrů, ze kterých voda odtékala na dosavadní pomalé filtry.

V roce 1933 byla v úpravně vody Plzeň doplněna koagulace a chlorování. Ve druhé polovině třicátých let byla provedena elektrifikace úpravny a byla instalována čerpadla s elektrickým pohonem. Úpravna vody ÚV I zůstala v provozu až do roku 1970.



V roce 1969 byla dokončena nová úpravná vody ÚV II s výkonem 500 l/s, pro kterou byl vystavěn nový odběrný objekt z řeky Úhlavy a čerpací stanice. Technologická linka úpravní vody umístěná v samostatném objektu je vybavena dvoustupňovou separací s chemickým srážením síranem hlinitým, skládající se ze sedimentačních nádrží a pískových filtrů. Úpravná voda ÚV II je dosud po dílčích rekonstrukcích provozována.

Její technologické zařízení je však celkově zastaralé a vyžaduje rekonstrukci.

V devadesátých letech byla dokončena nová úpravná vody ÚV III s výkonem 1000 l/s, pro kterou byl vystavěn nový odběrný objekt. Technologická linka úpravní vody umístěná v komplexu budov je obdobně jako ÚV II vybavena dvoustupňovou separací s chemickým srážením síranem hlinitým, skládající se ze sedimentačních nádrží a pískových filtrů. Technologie úpravy vody byla rozšířena o ozonizaci, ztvrdování a hygienické zabezpečení, které jsou společně pro obě provozované úpravné vody.



## STANOVENÍ VÝKONU ÚPRAVNY VODY PLZEŇ

Základním předpokladem pro návrh rekonstrukce úpravní vody bylo stanovení jejího výkonu. Do budoucna bylo třeba definovat výkon, který bude dostatečný pro zabezpečení potřeby pitné vody města Plzně a plzeňské aglomerace. Z výsledků výpočtů potřeby vody, které byly provedeny v Generelu zásobování města Plzně pitnou vodou [2,3] vyplynulo, že potřeba vody s výhledem do roku 2015 nepřekročí i při maximálních denních potřebách vody 800 l/s. V minulosti definovaný maximální výkon úpravní vody Plzeň 1500 l/s je ze současného pohledu, ale i z dlouhodobého výhledu, zbytečně vysoký. Pro rekonstrukci úpravní vody Plzeň byl stanoven výkon 1000 l/s.

## ZDROJE SUROVÉ VODY

Pro úpravnou vody Plzeň je surová voda odebírána z řeky Úhlavy. Nedostatkem současného systému zásobení pitnou vodou je závislost celé plzeňské aglomerace s téměř dvě-

stě tisíci obyvateli na jediném zdroji surové vody, který vykazuje, z hlediska jakosti výkyvy až za hranici upravitelnosti současnou technologií úpravy vody.

Druhým zásadním problémem je skutečnost, že surová voda je odebírána břehovým odběrem přímo z toku. Do zabezpečení odběru surové vody se tak negativně promítá neexistence jakékoliv vyrovnávací nádrže, která by nadlepšila potřebné množství surové vody v suchých obdobích.

Uvedené problémy vedli k rozhodnutí vyhledat druhý „havarijní“ zdroj surové vody [4,5]. Z posouzení řady variant vyplynulo doporučení využít jako havarijní zdroj odběr z řeky Radbuzy z nádrže České údolí. Radbuza je však hodnocena z hlediska jakosti surové vody jako horší než Úhlava.

## **POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE**

### **Základní předpoklady rekonstrukce úpravní vody Plzeň**

V úpravě vody Plzeň se v současné době nacházejí dvě úpravní vody, které jsou provozně nezávislé, ale mají společnou část technologické linky – ozonizaci, stabilizaci, hygienické zabezpečení a akumulaci upravené vody.

Posouzení spočívalo především ve zvážení rizik souvisejících s rozhodnutím zda zrušit provoz úpravní vody ÚV II, oproti nákladům, které bude třeba na celkovou rekonstrukci ÚV II vynaložit. Přičemž bylo třeba vzít v úvahu i reálný stav, že neprovedení rekonstrukce úpravní vody ÚV II povede v ne vzdálené budoucnosti k nezbytnému rozhodnutí zastavit její provoz s ohledem na nevyhovující technický stav. To by v podstatě znamenalo ukončení jejího provozu.

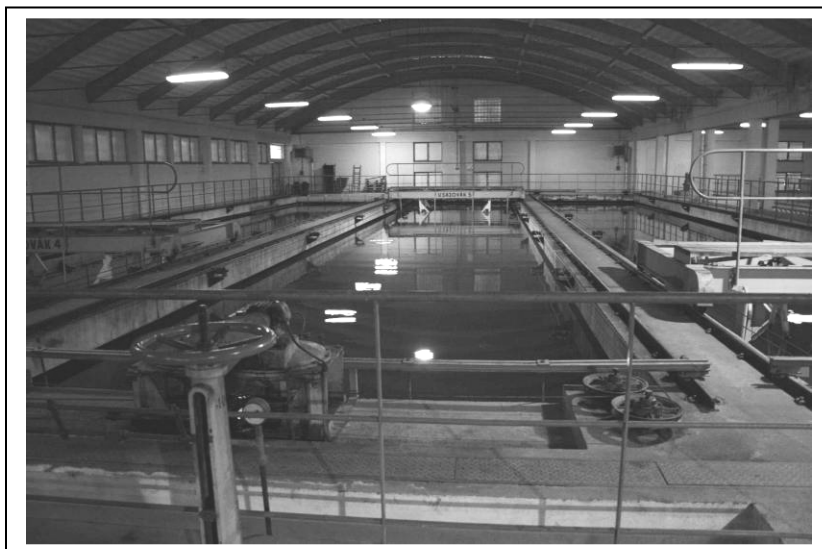
Rozhodování není jen o posouzení možných technických řešení z čistě ekonomických hledisek, ale především o strategickém vodo hospodářském rozhodnutí. Rozhodnout je třeba zda plzeňská aglomerace potřebuje, vzhledem k tomu, že její zásobení je závislé na jediné velké úpravě vody, řešit rizika související se zásobením pitnou vodou udržet provoz dvou úpravní vody na jediném zdroji.

### **Rekonstrukce úpravní vody ÚV II**

Pro návrh celkové rekonstrukce úpravní vody ÚV II je rozhodující řešení prvního separačního stupně, jemu předcházejícího odmanganování v alkalické oblasti a příprava suspenze (agregace) pro první separační stupeň. Řešení bylo zpracováno ve dvou variantách, se sedimentačními nádržemi nebo s flotací.

#### **Sedimentační nádrže**

Uvažováno je zachování čtyř současných sedimentačních nádrží, které budou pro snížený výkon úpravní vody ÚV II dostatečné a s přestavbou stávajících nádrží a dvou nádrží sedimentace na odmanganování v alkalické oblasti, rychlé a pomalé míchání.



## Flotace

Do tří sedimentačních nádrží je navrženo vestavět flotační jednotky včetně přípravy suspenze. Nádrže rychlého a pomalého míchání budou přestavěny na reakční nádrž pro odmanganování v alkalické oblasti.

Flotace je díky vyššímu plošnému zatížení oproti sedimentačním nádržím méně náročná na prostor, který je třeba vyčlenit pro první separační stupeň. Vyšší separační účinnost flotace oproti sedimentaci, se pozitivně projevuje na provozu následného separačního stupně. Na pískových filtrech bude dosahováno delších filtračních cyklů a je možné uvažovat i o vyšších filtračních rychlostech.

Výhodou flotace je dále, že je podstatně účinnější pro separaci biologického znečištění a 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. Komplikací mohou být v případě úpravy vody Plzeň vyšší zákal surové vody, které překračují ve 2 – 5 % případů hodnota  $100 \text{ ZF}_{(t,n)}$ . Maximální hodnoty nepřekračují, s výjimkou povodně v roce 2002, hodnoty  $2000 \text{ ZF}_{(t,n)}$ . Trvání těchto vysokých hodnot je však v hodinách, zcela výjimečně ve dnech. Vliv vysokých zákalů na provoz flotace bude třeba ověřit poloprovozními zkouškami.

## Doplnění filtrace přes granulované aktivní uhlí

Význam doplnění filtrace přes granulované aktivní uhlí do technologické linky úpravy vody Plzeň byl potvrzen poloprovozními zkouškami. U zdroje surové vody jakým je řeka Úhlava je filtrace přes granulované aktivní uhlí, nejenom vzhledem k již instalované ozonizaci, nezbytným předpokladem pro zabezpečení jakosti upravené vody v souladu s požadavky vyhl. č.252/2004 Sb. Doplnění filtrace přes granulované aktivní uhlí přispěje zejména pro odstranění a nebo výrazné snížení:

- obsahu specifických organických látek, především pak pesticidů, které se vyskytují po významnou část roku v surové vodě,
- obsahu biologicky snadno rozložitelných organických látek,
- prekuzorů, které jsou při chlorování vody zdrojem vyššího obsahu trihalometanů (chloroformu) v upravené vodě,
- zlepšení sensorických vlastností pitné vody,
- odstranění řady látek (např. léčiva), jejich obsah je možné v surové vodě očekávat, ale která nejsou zatím standardně sledována.



Předmětem posouzení ve studii bylo, kde technologický stupeň filtrace s granulovaným aktivním uhlím realizovat. Bylo doporučeno umístit filtraci granulovaným aktivním uhlím v úpravně vody ÚV III. Pro filtrace granulovaným aktivním uhlím budou využí-

vány 4 filtry. Při výkonu 1000 l/s bude filtrační rychlost 9,26 m/h a při praní jednoho filtru se zvýší na 12,3 m/h. Písková filtrace bude umístěna v ÚV II a v ÚV III. V ÚV II bude využívána celá plocha a v ÚV III bude využívána filtrační plocha šesti filtrů.

### **Snížení obsahu manganu v surové vodě**

Jako nejvhodnější, pro snížení obsahu manganu v upravené vodě, bude dávkování manganistanu draselného a jeho reakce v alkalické oblasti, tj. před dávkováním koagulantu. To bude zajištěno dávkováním vápenného hydrátu, za kterým pak bude následovat dávkování manganistanu draselného. Pro proběhnutí reakce a vznik v kyselé oblasti nerozpustné formy manganu je potřebné zdržení cca 10 minut. Za reakční nádrží bude následovat dávkování síranu hlinitého.

### **Opatření pro snížení obsahu amonných iontů v upravené vodě**

Pro snížení obsahu amonných iontů obsažených po část roku v surové vodě bylo úspěšně odzkoušeno dávkování chloru do bodu zlomu. Dávkování chloru je v současnosti umístěno na konci technologické linky před akumulací upravené vody.

Ve studii je dávkování chloru do bodu zvratu uvažováno ve dvou variantách:

- na začátku technologické linky před dávkování chemikálií. Surová voda s nižším pH je z hlediska reakce chloru s amonnými ionty příznivější. Existuje zde rovněž riziko vzniku trihalometanů, ale ty budou odstraněny na navazující technologické lince úpravny vody (ozonizace a filtrace přes GAU),
- na konci technologické linky před akumulací, kde je chlor již dávkován pro hygienické zabezpečení. Riziko vzniku trihalometanů by po předchozím odstranění prekuzorů sedimentací, filtrací, ozonizací a následnou filtraci granulovaným aktivním uhlím mělo by bylo nízké, ale není jej možné vyloučit. V období dávkování chloru do bodu zlomu je třeba počítat s vyšším obsahem volného chloru v upravené vodě, které je však možné úspěšně snižovat na potřebnou hodnotu dávkováním redukčního činidla siřičitanu sodného.

Z provedených laboratorních měření vyplývá, že pro dávkování do bodu zvratu je třeba dávka odpovídající 4,5 násobku obsahu amonných iontů, tj. 8 chloru mg/l.

## **ZÁVĚRY**

Studie Rekonstrukce úpravny vody Plzeň je rozsáhlý materiál, jehož vypracování trvalo více jak jeden rok. Obrovskou předností takto zadané studie bylo souběžné provádění poloprovozních zkoušek a příprava koncepce rekonstrukce. Bylo tak možné průběžně předávat výsledky a ovlivňovat jak postup provádění modelových a poloprovozních zkoušek, ale také výsledky z nich promítnout do navrhovaného technického řešení. V průběhu zpracování studie bylo rozhodnuto o rozšíření prací o sledování jakosti upravené vody v jednotlivých klíčových místech technologické linky prostřednictvím zařízení POCIS. Provádění průzkumu a výsledkům je věnována samostatná přenáška.

Výstupem technické části studie pak byla doporučení, která se opírají i o výsledky poloprovozních a modelových zkoušek. Ve studii bylo doporučeno:

- snížit jmenovitý výkon celé úpravny vody Plzeň na 1000 l/s, tj. na kapacitu, která bude i pro dlouhodobý výhled dostatečná. Zachovat provoz úpravny vody ÚV II a III,

- rekonstruovat úpravnu vody ÚV II se sníženým výkonem 300 l/s. Bude tak zachována provozní rezerva, která se významně osvědčila při povodních v roce 2002. Navržena byla komplexní rekonstrukce budovy úpravní vody ÚV II s tím, že v objektu bude umístěna druhá technologická linka s prvním a druhým separačním stupněm a dávkování chemikálií do surové vody. Pro první separační stupeň bylo doporučeno použití flotace,
- díky poloprovozním a modelovým zkouškám se podařilo získat dostatek podkladů pro to, aby bylo možné doporučit realizaci filtrace přes granulované aktivní uhlí. Doplněním této technologie se zvýší zabezpečení jakosti upravené vody v souladu s vyhláškou č. 252/2004 Sb. Implementací tohoto technologického stupně bude možné, mimo odstranění látek, které vznikají při oxidaci upravené vody ozonem, významně snížit i obsah řady látek, které se v surové vodě obtížně zjišťují a vyhláška č.252/2004 Sb. jejich sledování vyžaduje. Příkladem je výskyt pesticidů, které jsou filtrace přes granulované aktivní uhlí snižovány na téměř neměřitelné hodnoty.
- pro další realizaci byla doporučeno řešení, ve které je filtrace přes granulované aktivní uhlí umístěna do haly filtrů v ÚV III. Je navrženo rozdělit stávající plochu filtrů na šest pískových filtrů a na čtyři filtry s granulovaným aktivním uhlím,

Ve studii je navrženo doplnit technologickou linku úpravní vody Plzeň o:

- snižování obsahu manganu – bude doplněno dávkování manganistanu draselného do surové vody a na vstupu do úpravní vody bude jak v úpravně vody ÚV II tak i v ÚV III zřízena reakční nádrž, ve které proběhne v alkalické oblasti reakce, která změní mocnost manganu a vznik „burelu“, který pak bude možné zachytit na prvním separačním stupni,
- snižování obsahu amoniaku – bude řešeno dávkováním chloru do bodu zvratu. Dávkování chloru bude možné do surové vody na vstupu do úpravní vody nebo v místě hygienického zabezpečení. Z laboratorních zkoušek vyplynulo, že je dávkování chloru do bodu zvratu účinné v obou uvažovaných místech. Z hlediska rizika vzniku trihalometanů bude zřejmě vhodnější dávkování do surové vody, protože vedlejší produkty vysokých dávek chloru bude možné odstranit ozonizací a filtrace přes granulované aktivní uhlí. Odpadne tak i nutnost dávkování siřičitanu sodného pro dechloraci upravené vody,,
- již zmiňovanou filtrace přes granulované aktivní uhlí,
- UV lampu, která bude doplňkem k hygienickému zabezpečení upravené vody.

## PŘEHLED CITOVANÝCH PODKLADŮ

- 1 Drbohlav J., Dolejš P. a kol., Návrh řešení doplnění technologie úpravní vody Plzeň, studie, HYDROPROJEKT CZ a.s. a W&ET Team, listopad 2007.
- 2 Sviták Z., Drbohlav J., Tuhovčák L. a kol.: Generel zásobování města Plzně pitnou vodou, studie, DHI Hydroinform s r.o., Hydroprojekt CZ a.s. a VUT Brno, FAST ÚVHO, listopad 2005.
- 3 SPACE international, Etudes de faisabilité pour la rénovation et le développement des systèmes d'alimentation en eau potable et d'assainissement, diagnostic du réseau d'eau potable, duben 1995
- 4 Frank K., Žáček L.: Studie posouzení technologických možností úpravní vody Plzeň – Homolka pro do-držení směrnice EU 98/83/EC o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu, Vodohospodářský podnik, s r.o. Plzeň, duben 2000.
- 5 Hrubý V.: Havarijní zdroj pro město Plzeň, podklad pro vydání ÚR – pracovní verze, EKOEKO s r.o říjen 2007.