

ÚPRAVA VODY CHŘIBSKÁ – POSOUZENÍ VARIANT ŘEŠENÍ

Ing. Jindřich Šesták¹⁾, Ing. Aleš Líbal²⁾, Ing. Arnošt Vožeh¹⁾

¹⁾HYDROPROJEKT CZ a.s., Táborská 31, 140 16 Praha 4
jindrich.sestak@hydroprojekt.cz

²⁾Severočeská vodárenská společnost, a.s., Přítkovská 1689, 415 50 Teplice
ales.libal@svs.cz

Úprava vody Chřibská je ve vlastnictví Severočeské vodárenské společnosti a.s., provozovatelem jsou Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. Vlastník v závěru roku 2011 zadal zpracování studie rekonstrukce úpravy vody ve variantách.

Základní údaje

Úprava vody Chřibská byla vystavěna v 70. a rozšířena v 80. letech dvacátého století a je nezastupitelným zdrojem pitné vody ve Šluknovském výběžku. Upravuje se v ní surová voda jednak z podzemních zdrojů (prameniště Horní Chřibská, Kytlice), jednak povrchová z VD Chřibská. Obě vody jsou upravovány odděleně. Návrhový výkon technologické linky úpravy povrchové vody (surová voda) je v průměru 22 l/s, v maximum 45 l/s. Výkon linky úpravy podzemní vody je v průměru 33 l/s, v maximum 40 l/s s tím, že v budoucnu může být požadováno rozšíření na výkon 60 l/s. Z hlediska upravené vody jsou problémovými parametry mikroskopický obraz, hliník a mangan.

Jakost surové vody

Výsledná kategorie surové vody z povrchového zdroje je kategorie A2 dle vyhl. č. 428/2001 Sb. Z mikrobiologických ukazatelů je do kategorie A2 zařazena ukazatelem koliformní bakterie, z biologických ukazatelů se jedná o ukazatel živé organismy, který dosahuje v průměru hodnoty 193 jedinců/ml a v maximum 1 194 jedinců/ml (výjimečný stav). U chemických ukazatelů je voda zařazena do kategorie A2 ukazateli barva, železo, mangan, $CHSK_{Mn}$, huminové látky a hliník. Vybrané fyzikální a chemické ukazatele surové povrchové vody jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Surová povrchová voda – Vybrané fyzikální a chemické ukazatele (limit – porovnání s vyhl. 252/2004 Sb.)

Ukazatel	Jednotka	Limit	min	Průměr	MAX
Barva	mg/l Pt	20	<5	24	46
TOC	mg/l	5	3,51	4,20	5,03
Hliník		0,20	0,03	0,21	0,76
$CHSK_{Mn}$	mg/l	3	0,70	4,57	14,6
Mangan	mg/l	0,05	<0,05	0,09	0,87
pH		6,5 – 9,5	6,1	6,83	7,8
Zákal	ZF	5	0,5	1,78	5,32
Železo	mg/l	0,2	0,05	0,32	2,34

Maxima $CHSK_{Mn}$ bylo dosaženo jedinkrát při povodni v roce 2010. Jinak se hodnoty pohybují do 5 mg/l. Z ukazatelů neuváděných ve vyhlášce 252/2004 Sb. se upozorňuje

na přítomnost huminových látek. Minimální koncentrace je pod 0,5 mg/l, průměrná hodnota je 4,0 mg/l a maximální hodnota je 26 mg/l.

Kyselinová neutralizační kapacita $KNK_{4,5}$ je nízká (průměr 0,36 mmol/l, maximum 1,35 mmol/l), stejně tak součet koncentrací vápníku a hořčíku (průměr 0,47 mmol/l, maximum 0,66 mmol/l).

V surové vodě z podzemních zdrojů jsou (s jedinou výjimkou) trvale plněny limity pro mikrobiologické a biologické ukazatele vyhlášky 252/2004 Sb. pro vodu pitnou. Z fyzikálních a chemických ukazatelů jsou vybrány tyto (tabulka 2).

Tabulka 2. Surová podzemní voda – Vybrané fyzikální a chemické ukazatele (limit – porovnání s vyhl. 252/2004 Sb.)

Ukazatel	Jednotka	Limit	min	průměr	MAX
CHSK _{Mn}	mg/l	3	0,07	0,74	4,26
Mangan	mg/l	0,05	<0,05	0,07	0,56
pH		6,5 – 9,5	6,2	7,0	7,4
Zákal	ZF	5	1,48	4,58	9,76
Železo	mg/l	0,2	0,37	1,59	6,49

CHSK_{Mn} se obvykle pohybuje do 2 mg/l, hodnoty nad 4 mg/l byly zachyceny výjimečně (jedenkrát za rok) v souvislosti s povodní. $KNK_{4,5}$ v surové podzemní vodě se pohybuje kolem 2 mmol/l. Také tvrdost vody z podzemních zdrojů je nízká (vápník a hořčík v průměru 1,36 mmol/l, v maximu 2,04 mmol/l).

Současný stav

Do povrchové surové vody je dávkován koagulant (síran hlinitý) a vápenný hydrát pro úpravu pH, suspenze je poté připravována v nádrži s děrovanými stěnami. Z této nádrže natéká voda do další nádrže, z níž po dávkování polymerního flokulantu pokračuje na 4 otevřené pískové rychlofiltry v tzv. staré úpravně (rozměr 3×4 m). Filtrovaná voda je po dezinfekci chlorem akumulována v nádrži 400 m³.

Podzemní voda natéká do nádrže s děrovanými stěnami – stavebně jde o stejnou nádrž jako pro povrchovou vodu, obě vody jsou však hydraulicky oddělené polypropylénovou přepážkou (obr. 1); před nádrží je možno dávkovat vápenný hydrát, za nádrží je dávkován chlor k oxidaci železa a částečně manganu. Poté natéká předupravená podzemní voda na tři otevřené pískové rychlofiltry (v tzv. nové úpravně). Po filtraci je voda dezinfikována chlorem a akumulována ve dvou nádržích s celkovým objemem 760 m³.

Z akumulčních nádrží je voda čerpána do spotřebiště, především do vodojemu v Krásné Lípě. Na sání čerpadel je zařízení pro UV dezinfekci.

Odpadní vody jsou odváděny na kalové laguny, ze kterých je kal odvážen k likvidaci na ČOV.

Za hlavní problém linky úpravy povrchové vody je považována nedostatečná, resp. nevhodná příprava suspenze. Na jednotlivých děrovaných stěnách v nádrži přípravy suspenze není vytvořen dostatečný gradient rychlosti, navíc při výkonu 40 l/s (běžně dosahované maximum) je teoretická (bez započítání vlivu zkratových proudů) doba zdržení 14 minut. Doba zdržení je sice prodloužena další nádrží, ta je ovšem nevhodně umístěna ve vzdálené části úpravní vody a existuje podezření, že příp. vytvořené vločky z nádrže s děrovanými stěnami jsou nátokem do druhé nádrže destruovány. Ani filtry po stavebně-technické stránce nevyhovují současným požadavkům. Odstraňování manganu na lince je nedostatečné - písek je černý, tedy pravděpodobně „napreparovaný“ oxidem mangančitým, ovšem průniku manganu do upravené vody není zcela zabráněno. Do upravené vody občasně proniká i hliník.

K lince úpravy podzemní vody lze uvést, že není připravena na oxidaci a odstranění potřebného množství manganu a dochází tak občas k jeho průniku do upravené vody (nikoliv trvale).

Výsledná kvalita upravené vody ve směsi z obou zdrojů je převážně vyhovující.



Obr. 1. Tzv. nová úpravna - v popředí nádrž s děrovanými stěnami (podzemní voda vlevo), za ní 3 pískové filtry

Umístění UV dezinfekce na sání čerpadel je jednou z příčin hydraulických potíží na sání čerpací stanice.

Návrh rekonstrukce ve variantách

Kvalita surové povrchové vody je taková, že je obtížné rozhodnout mezi jednostupňovou a dvoustupňovou úpravou. Návrh rekonstrukce linky úpravy **povrchové** vody je tedy podle zadání generelně řešen ve dvou variantách – jako jednostupňová a jako dvoustupňová linka úpravy vody.

V **jednostupňové** variantě je příprava suspenze řešena v nádrži vzniklé úpravou stávající nádrže s děrovanými stěnami. Zvětšení objemu a tedy i doby zdržení je dosaženo jednak zvýšením hladiny v nádrži (vynutí si zvýšení stěn), jednak tím, že celá nádrž bude využita pouze pro povrchovou vodu. Teoretická doba zdržení tak i při návrhovém maximálním průtoku je cca 23 minut. Potřebného gradientu rychlosti bude dosaženo vzhledem zejména ke geometrii nádrže nejlépe míchadly.

Po přípravě suspenze se v jednostupňové variantě navrhuje filtrace na třech otevřených filtrech (3 × 4 m) – náplň filtrů byla zvažována alternativně A) keramický materiál Filtralite (ve dvouvrstvém uspořádání MonoMulti), B) dvouvrstvé filtry s filtračním pískem (FP) a antracitem, C) filtrační písek. Pro každý uvedený filtrační materiál byly odhadnuty délky filtračních cyklů při různých kombinacích výkonu a jakosti surové vody. Při odhadu se vycházelo z předpokládaných parametrů jednotlivých materiálů (mj. kalové kapacity), které jsou ověřovány v poloprovozních zkouškách.

Dvoustupňová varianta předpokládala jako první separační stupeň flotaci rozpuštěným vzduchem (DAF – dissolved air flotation), jako druhý separační stupeň pískovou filtraci. Poměrně značné úsilí bylo věnováno nalezení vhodného prostoru pro umístění nádrží flotace, výpočtově byly posuzovány různé varianty jejího umístění. Pro každou variantu umístění linky flotace byly prováděny výpočty, které ověřovaly, jak je na omezeném prostoru možno dosáhnout doporučených parametrů. Následovalo posouzení pískové filtrace pro náplň filtračním pískem obdobně jako u jednostupňové varianty.

Také rekonstrukce linky úpravy **podzemní** vody byla řešena ve dvou variantách.

V první variantě – **provzdušnění** – se předpokládá provzdušnění pomocí injektorů, následuje odvětrání, úprava pH dávkováním vápenného hydrátu, zdržení v reakční nádrži a filtrace na otevřených pískových rychlofiltrech (4 ks, rozměr každého 3 × 4 m). Dávkování manganistanu draselného se předpokládá dočasně při uvádění filtrů do provozu („napreparování“ filtrační náplně).

Ve druhé variantě – **tlakové filtry** – se předpokládá oxidace chlorem a filtrace na tlakových pískových filtrech – nedojde k přerušení tlaku na přítoku z vrtů. Dávkování manganistanu draselného by bylo opět dočasné.

Posuzované varianty jsou schematicky znázorněny na obr. 2.

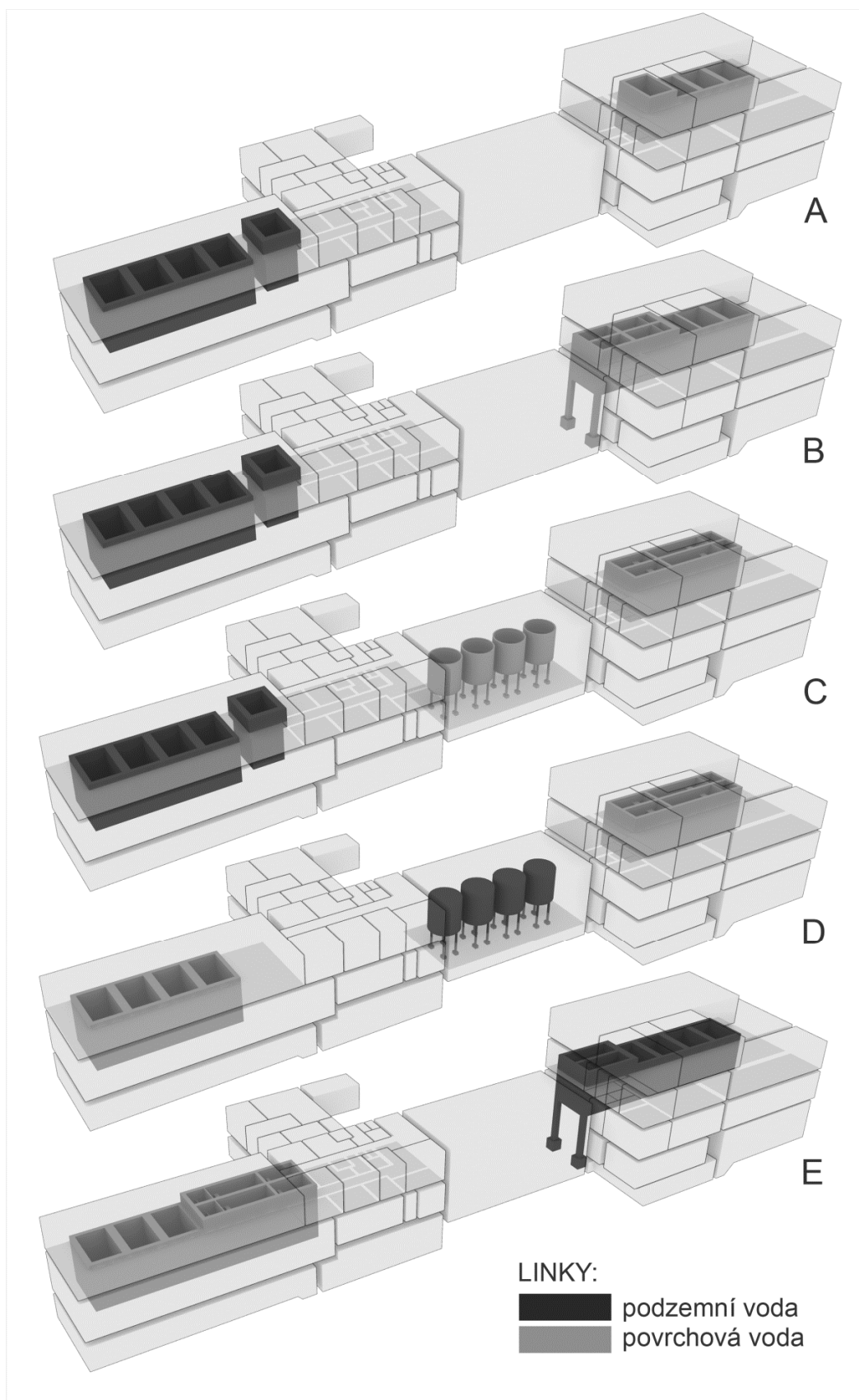
Jednostupňová varianta úpravy povrchové vody v kombinaci s první variantou úpravy vody podzemní (provzdušnění) je označena písmenem A.

Schémata B až E znázorňují různá umístění linky DAF pro úpravu povrchové vody (vždy dvoustupňová úprava) kombinovaná s variantními řešeními linky pro vodu podzemní.

Ve schématu B jsou pro flotaci nalezeny prostory v současné zasedací místnosti (za cenu rozsáhlejších stavebních úprav), zatímco ve schématu C se k vestavbě linky flotace využívá stávajících filtrů a filtrace je přesunuta do nových kruhových filtrů ve strojovně. Alternativně bylo ve variantě C posuzováno i nasazení filtrů s kontinuálním praním – z důvodů prostorových a pro vyrovnání nátoku odpadních pracích vod na kalové hospodářství.

Schéma D představuje nasazení tlakových filtrů na podzemní vodě a pro úpravu povrchové vody jsou využity všechny stávající filtry – do tzv. nových filtrů je vestavěna linka flotace, tzv. staré jsou funkčně ponechány pro filtraci (po stavební rekonstrukci).

Ve schématu E je zaměněno umístění linek úpravy povrchové a podzemní vody. Na rozdíl od všech předchozích je v tomto schématu povrchová voda upravována v tzv. staré úpravně a podzemní voda v tzv. nové úpravně vody.



Obr. 2. Schematické znázornění variant - vpravo tzv. nová úpravná

Úpravy na společné části linky jsou společné pro všechny varianty a zahrnují dezinfekci UV zářením a komplexní rekonstrukci pracích čerpadel a čerpací stanice upravené vody – doprava vody do spotřebiště.

Posuzovány byly i možnosti separace kalu z pracích vod a jeho následného strojního odvodnění (kombinace flotace a šnekového lisu), jejich podrobný popis však přesahuje rámec příspěvku.

Hlavní výsledky studie

Výsledky výpočtů pro **jednostupňovou** linku úpravy **povrchové** vody naznačují, že při použití jednovrstvé filtrace na filtračním písku by byly za předpokladu souběhu nejvyššího výkonu a nejhorší jakosti surové vody filtrační cykly kratší než 12 hodin, při kombinaci průměrného výkonu a průměrné jakosti surové vody vycházejí z výpočtů cykly cca 24 hodin, tedy provozně nevýhodné. Výsledky pro Filtralite a dvouvrstvé filtry FP + antracit jsou výpočtově podstatně příznivější – při souběhu průměrného výkonu a průměrné jakosti surové vody se podařilo docílit prodloužení filtračních cyklů na cca 40 hodin.

Z výsledků výpočtů **dvoustupňového** uspořádání linky úpravy povrchové vody je možno usuzovat, že při nasazení flotace budou pískové filtry málo zatížené a praní by za běžných podmínek teoreticky mohlo probíhat i v cyklech delších než 72 hodin, pokud by to ovšem jiná provozní hlediska umožnila.

Výhodou první varianty úpravy **podzemní** vody (provzdušnění) je příznivá změna pH (vzestup), se kterou lze počítat díky provzdušnění a odvětrání plynů na začátku úpravy, nevýhodou jsou vyšší prostorové nároky. U druhé varianty (tlakové filtry) je tomu naopak, navíc oxidace provzdušněním je jistě přirozenější úprava vody než oxidace chlorem.

Některé předpoklady studie, zejména parametry praní různých filtračních materiálů, parametry přípravy suspenze, způsob provzdušnění podzemní vody apod., musejí být ověřeny v poloprovozních pokusech, které probíhají v březnu a dubnu 2012.

Součástí variantní studie byl i odhad investičních nákladů na realizaci jednotlivých variant. Lze konstatovat, že rozdíl v odhadu investičních nákladů na jednostupňovou a dvoustupňovou úpravu povrchové vody představoval cca 10 % (jednostupňová byla o cca 10 % levnější). Zajímavé dále může být, že odhad investičních nákladů na dvoustupňovou úpravu povrchové vody téměř nezávisí na umístění linky flotace – co se ušetří na stavebních úpravách, o to dražší je technologie, a naopak.

Pro další rozpracování byla ve studii doporučena schémata A a B a jejich případné kombinace. Dobře představitelná je např. realizace schématu B ve dvou etapách – v první etapě by byly realizovány „pouze“ stavební úpravy a nádrže flotace by s minimálním vstrojením sloužily pro přípravu suspenze, teprve ve druhé etapě (např. při zhoršení jakosti surové vody) by došlo k vstrojení flotace a k uvedení prvního stupně do plného provozu.

Literatura

[1] HYDROPROJEKT CZ a.s. (2012): ÚV Chřibská – variantní studie rekonstrukce, koncept ke dni 15. 3. 2012