

# Rekonstrukce úpravný vody Hradiště

*Ing. Josef Drbohlav - Hydroprojekt a.s., Praha*  
*Ing. Petr Dolejš, CSc. - W&ET Team, České Budějovice*  
*Ing. Milan Kuchař – Severočeské vodovody a kanalizace Teplice a.s.*

---

## Úvod

Úpravna vody Hradiště je při své kapacitě 1050 l/s klíčovým zdrojem Severočeské vodárenské soustavy. Zabezpečuje zásobení okresů Chomutov, Most, Teplice, Ústí nad Labem, Louny a Litoměřice. Zdrojem surové vody pro výrobu pitné vody je vodárenská nádrž Přísečnice, která je umístěna na potoce Přísečnice. Úpravna vody Hradiště je umístěna v Krušných Horách severně od města Klášterec nad Ohří.

Od roku 1976, kdy byla úpravna vody Hradiště uvedena do provozu, došlo k postupnému zhoršování kvality surové vody v nádrži Přísečnice, které se negativně promítá i do kvality upravené vody. Zhoršování kvality upravené vody bylo rozhodujícím podmětem pro to, aby se vlastník úpravný vody - Severočeská vodárenská společnost a.s. - v roce 1998 rozhodl zahájit přípravu rekonstrukce úpravný vody. Dalším vážným důvodem byl technický stav některých stavebních konstrukcí a částí technologického zařízení, které rovněž vyžadují provedení rekonstrukce.

Prvním krokem bylo zpracování studie, která řešila koncepci rekonstrukce celé úpravný vody Hradiště. Studie, kterou zpracoval Hydroprojekt a.s. Praha, byla dokončena v roce 1999.

Druhým krokem byl chemicko-technologický průzkum spojený s modelovým ověřením, který zpracoval v letech 1999 – 2000 W&ET Team, České Budějovice.

## Popis stávající technologické linky úpravný vody

Surová voda pro úpravnu vody Hradiště je odebírána z **vodárenské nádrže Přísečnice**. Do úpravný vody je přiváděna surová voda štolovým přivaděčem, na který navazuje potrubí DN 800, které je ukončeno v **elektrárně** na vstupu do areálu úpravný vody Hradiště.

Na elektrárnu navazuje technologická linka úpravný vody Hradiště, která se skládá z těchto částí:

- na vstupu do úpravný vody je zabezpečeno **dávkování** těchto **chemikálií**:
  - vápno ve formě vápenného mléka (dávkování bylo obnoveno v roce 1999),
  - síran hlinitý,
  - chlor pro předchloraci,
  - manganistan draselný (nepoužívá se),
  - aktivní uhlí (nepoužívá se),
- surová voda je po dávkování chemikálií přiváděna do **rychlomísičů** (1+1). Rychlomísiče jsou podélné nádrže se třemi komorami vybavené vertikálním lopatkovým míchadlem. V rychlomísiči je zabezpečeno **dávkování chemikálií**. Do rychlomísiče je možné dávkovat:
  - praestol (nepoužívá se)
  - vápenec,

- z rychlomísiče je voda přiváděna do dvou **reakčních nádrží**. Reakční nádrže jsou kruhové,
- za reakčními nádržemi je umístěna **mísící jímka**, do které je možné **dávkovat** tyto **chemikálie**:
  - síran hlinitý
  - manganistan draselný (neužívá se),
  - aktivní uhlí (nepoužívá se),
  - pomocný flokulant (dávkován je od roku 1999)
- z mísící nádrže přitéká voda na **pískové rychlofiltry**. Pískových rychlofiltrů je celkem 12, každý o ploše 72,6 m<sup>2</sup>. To znamená celkovou filtrační plochu 871,2 m<sup>2</sup>,
- filtrovaná voda odtéká **kanálem filtrované vody** a potrubím DN 1000 do akumulace upravené vody,
- do kanálu filtrované vody je možné **dávkovat**:
  - vápno ve formě vápenné vody,
  - chlor,
  - kysličník uhličitý,
- **akumulace upravené vody** má objem 2×3000 m<sup>3</sup> (489/484 m n.m.). Z akumulární nádrže odtéká pitná voda řadem DN 1000 do Chomutova,
- v areálu úpravny vody je umístěn **vodojem prací vody** 2×650 m<sup>3</sup> (507,5/503,0 m n.m.) a mimo areál úpravny vody **provozní vodojem** 1×250 m<sup>3</sup> (528,3/525 m n.m.). Do obou vodojemů je voda čerpána ze strojovny,
- odpadní vody z reakčních nádrží a z praní filtrů jsou odváděny na **kalové laguny**, které jsou umístěny východně od úpravny vody. Kalové nádrže jsou čtyři, každá o objemu 4050 m<sup>3</sup>. Odsazené vody z kalových nádrží jsou odváděny do Hradišťského potoka. Vysušený kal je odvážen na skládky.

### Kvalita surové vody v nádrži Přísečnice

Vodárenská nádrž Přísečnice je víceletá zásobní nádrž s výraznou stratifikací. Kvalita vody v nádrži je celkem stabilní a změny kvality jsou až na výjimky pozvolné. Ve vazbě na klimatické poměry jsou změny pravidelné.

Výslednou kvalitu upravené vody negativně ovlivňují dva faktory:

- hydrobiologické oživení,
- výskyt vyšších koncentrací manganu (Mn).

Hydrobiologické oživení v dlouhodobém pohledu nastupuje ve dvou vlnách. První vlna přichází v období přelomu zimy a jara (v závislosti na klimatických podmínkách konec ledna až začátek května) a druhá vlna přichází v létě v období července až září. Toto oživení lze sice částečně eliminovat pečlivou optimalizací koagulace, ale charakter organismů je takový, že jsou obtížně separovatelné a procházejí filtračním ložem.

Biologické oživení se soustřeďuje v horních partiích vodárenské nádrže. Biologickému oživení by bylo proto možné se vyhnout změnou odběrného místa a surovou vodu odbírat ze spodních partií nádrže.

V případě odběru ze spodních partií nádrže se však naráží na druhý problém, kterým je výskyt manganu. Vlivem chemických a biologických procesů se v nádrži koncentruje mangan a hromadí se u dna nádrže, kde tvoří manganem obohacenou zónu nade dnem nádrže. Jelikož se mangan vyskytuje v rozpuštěné formě, část ho prochází vodárenskou úpravou. Za současných provozních podmínek dochází k jeho vysrážení v akumulaci

úpravny vody a v rozvodné síti. Zde tvoří transportovatelné úsady, které jsou zdrojem následných senzoričkových závad v kvalitě dodávané vody.

Vlna výskytu manganu začíná v březnu, končí v listopadu. Začátkem letních měsíců se u dna začíná koncentrovat manganem obohacená zóna, přičemž maximální koncentrace manganu se vyskytují v srpnu. Potom většinou dochází k rozptýlení Mn po celém odběrném profilu nádrže.

### **Účinnost technologické linky úpravny vody Hradiště**

Problémy s účinností technologické linky úpravny vody se projevovaly především průchodem zbytkového koagulantu, což ukazuje na nedostatečnou funkci agregačních reaktorů a pískových filtrů a ve výskytu manganu v upravené vodě.

Četnost výskytu vloček manganu v akumulaci upravené vody a vodovodní síti se zvýšila po tom, co bylo do technologie úpravy vody doplněno dávkování kysličníku uhličitěho. Poměrně velký podíl manganu, který je obsažen v surové vodě, je v rozpuštěné formě. Po dávkování kysličníku uhličitěho a vápna se zvýší alkalita a pH upravené vody a mangan sedimentuje ve formě vloček až v akumulaci upravené vody. Z akumulace upravené vody jsou vločky vyplavovány do dopravního systému.

### **Zhodnocení provozních podmínek a technického stavu úpravny vody Hradiště**

Úpravna vody Hradiště byla uvedena do provozu před více jak dvaceti roky. Za uplynulé období došlo k dílčím úpravám v technologii úpravny vody. Z různých důvodů bylo zrušeno dávkování některých chemikálií (kyselina sírová, praestol, manganistan draselný, fluorokřemičitan sodný, síran amonný a aktivní uhlí), které byly v projektu úpravny vody navrženy, ale postupně přestaly být používány. V roce 1995 bylo naopak doplněno dávkování kysličníku uhličitěho na konci technologické linky. V roce 1999 pak bylo doplněno dávkování pomocného flokulantu podle návrhu, který vypracoval a uvedl do provozu W&ET Team.

Za dobu provozu došlo k postupnému zhoršování kvality surové vody odebírané z vodárenské nádrže Přísečnice. Zhoršování kvality surové vody má v současnosti negativní dopad na zabezpečení kvality vyráběné pitné vody a je jednou z významných příčin současných provozních nedostatků v úpravně vody Hradišti.

Výsledné kvalitě pitné vody nepřispívá ani špatný technický stav některých částí technologické linky úpravny vody a stavebních konstrukcí. Nevyhovující je především technický stav pískové filtrace. Strojně – technologické zařízení je v některých případech na konci své životnosti a vyžaduje provedení výměny nebo repase. Systém řízení úpravny vody je v současnosti jen omezeně funkční a informace, které má obsluha k dispozici o okamžitém provozním stavu úpravy vody jsou minimální.

**Současné provozní nedostatky** je možné shrnout do těchto bodů:

- Příprava suspenze probíhá po dávkování koagulantu v rychlomísení a v reakčních nádržích. Vločky, které se vytvářejí v reakčních nádržích, jsou velmi jemné a mají z hlediska filtrace nevhodné vlastnosti,
- Nejslabším prvkem technologické linky je v současnosti písková filtrace. Příčin ne zrovna nejlepších funkce pískové filtrace je zřejmě několik:

- Filtračním ložem pískových filtrů pronikají do upravené vody jemné vločky koagulantu a související část znečištění. Situace se však výrazně zlepšila po zavedení dávkování pomocného flokulantu v roce 1999.
- Příčinou úniků především jemných frakcí filtrační náplně je zřejmě vysoká intenzita praní vzduchem při souběžném praní vodou a poměrně dlouhá doba souběžného praní voda + vzduch.
- Za nedostatečné je možné považovat i praní filtrů. Oproti předpokladům projektu jsou filtry prány s podstatně nižší intenzitou především při dopírání.
- Kalové hospodářství – problémem kalového hospodářství je časté překračování sledovaných ukazatelů při vypouštění odpadních vod do Hradištského potoka. Příčiny tohoto stavu je možné hledat jednak v nárůstu znečištění v surové vodě, které je v pracích vodách a v odkalení reakčních nádrží odváděno na kalové laguny, ale také ve změně režimu praní. Kalové laguny jsou nárazově plněny v krátkém časovém období velkým objemem prací vody. Prací vody tak bez zdržení potřebného pro sedimentaci odtékají do Hradištského potoka.

**Současné technické nedostatky** je možné shrnout do těchto bodů:

- Technický stav stavebních konstrukcí odpovídá jejich stáří a technologii, která byla použita v době stavby. U většiny objektů se objevuje zatékání střešními konstrukcemi. velmi vážná situace je u akumulace upravené vody. U provozní budovy nevyhovuje obvodový plášť, který má velké tepelné ztráty.
- Současně s rekonstrukcí jednotlivých částí úpravny vody bude potřebné provést v suterénních prostorech sanaci betonů a opravy poruch stavebních konstrukcí.
- Nevyhovující je technický stav pískových filtrů. Na filtrech jsou patrné poruchy na vnějším líci konstrukcí, ale dochází i k prosakování vody mezi sousedními filtry. Velmi časté jsou poruchy meziden.
- Strojní zařízení se blíží ke konci své životnosti. Část technologického zařízení, především v provozech dávkování chemikálií, již byla vyměněna. V rámci připravované rekonstrukce bude nutné vyměnit nebo repasovat zbývající rozhodující stroje a zařízení,
- Úpravna vody je vybavena pouze jedním funkčním měřením průtoku (surová voda) a měřením pH na několika místech technologické linky. Ostatní měření nejsou funkční.

### **Navrhované řešení**

Navrhované úpravy technologické linky úpravny vody vycházejí z předpokladu, že budou vytvořeny podmínky jak pro snížení obsahu manganu tak i pro odstranění biologického oživení.

Pro snížení obsahu manganu v surové vodě je postup rekonstrukce navržen ve dvou krocích. V případě, že se prvním krokem nepodaří dosáhnout očekávaného snížení obsahu manganu, bude nutné přistoupit ke druhému kroku. Cílem je dosáhnout snížení obsahu manganu v upravené vodě pod úroveň 0,05 mg/l, kterou doporučuje direktiva Evropské unie a naše nová norma.

V prvním kroku je navrhováno pro odstranění vyššího obsahu manganu toto uspořádání technologické linky:

- předalkalizace (vápenné mléko) a dávkování manganistan draselného,
- dávkování koagulantu (síran hlinitý nebo železitý),

- reakční nádrž doplněná o vestavbu s děrovanými stěnami,
- dávkování pomocného flokulantu a vápna ve formě vápenné vody (předpokládá se dávkování cca 1/3 dávky vápna pro stabilizaci), úprava na pH,
- písková filtrace na filtrech preparovaných manganistanem draselným. Písková filtrace bude rekonstruována jako celek. To znamená, že bude provedena úplná rekonstrukce stavební části. Dále bude provedena výměna trubních rozvodů, měření a regulace. Filtry budou přestavěny na filtry bez mezidna s využitím systému filtrace se snižující se filtrační rychlostí (declining rate). Z modelového průzkumu vyplynulo doporučení použití dvouvrstevných filtrů.  
Součástí rekonstrukce filtrace bude i rekonstrukce systému praní filtrů. Pro dosažení potřebné účinnosti praní filtrů vodou byla zvolena kombinace praní z pracího vodotěmu a pomocí pracích čerpadel,
- hygienické zabezpečení chlorem, dávkování vápna ve formě vápenné vody a dávkování kyslíčnicku uhličitého.

Druhý krok by následoval až v případě, že by se navržené dávkování manganistanu draselného a filtrace přes preparovanou filtrační náplň, neprokázalo jako dostatečně účinné. Ve druhém kroku bude třeba pro odstranění manganu ze surové vody přistoupit k použití silného oxidačního činidla. Pro tento účel bude možné, tak jako v současnosti, použít chlor. V surové vodě přiváděné do úpravní vody nebyly zatím zjištěny organické látky, které by po použití chloru pro oxidaci znamenaly zvýšené riziko vzniku vedlejších produktů chlorace.

Odstranění organismů bude řešeno stanovením optimální dávky koagulantu a přípravou dobře separovatelných vloček v rekonstruovaných reakčních nádržích. Část vytvořených vloček bude možné zřejmě odstranit již v rekonstruovaných reakčních nádržích. Pro vestavbu děrovaných stěn se zatím odhaduje sedimentace vloček s účinností do 5 %. Největší část vytvořených vloček tak bude třeba zachytit na rekonstruovaných pískových filtrech. Pro vytváření dobře filtrovatelných vloček by měl výrazně pomoci polymerní flokulant.

Součástí rekonstrukce úpravní vody Hradiště je rovněž rekonstrukce kalového hospodářství. Ve studii bylo doporučeno upravit provoz kalových nádrží tak, aby bylo možné zajistit přerušovaný provoz nádrží a získat dostatek času pro odsazení pracích vod. Pro likvidaci kalu se počítá s využitím mobilní odstředivky, kterou má provozovatel k dispozici

## **Závěr**

Závěrem je třeba zdůraznit, že řešení rekonstrukce úpravní vody Hradiště vychází z osvědčené týmové spolupráce vlastníka, provozovatele, chemického technologa a projektanta, která již byla v minulosti využita při přípravě rekonstrukce úpravní vody Meziboří a prokázala se jako velmi účinná při řešení řady problémů v průběhu přípravy stavby, ale i během realizace stavby.

Příprava rekonstrukce úpravní vody Hradiště je v současné době na počátku. V průběhu roku 2001 bude dokončen projekt pro stavební povolení, který řeší rekonstrukci pískové filtrace a kalového hospodářství. Zahájena bude rovněž rekonstrukce první reakční nádrže s vestavbou děrovanými stěnami.