

ÚV Černovír, změna technologie úpravy na základě poloprovozního odzkoušení upravitelnosti vody

Ing. Pavel Adler, CSc.
Voding Hranice, s.r.o.

1) Úvodní sdělení

Předkládaný příspěvek se v pořadí jako čtvrtý vrací k velmi nevšední, technicky a technologicky mimořádné, kauze úpravy podzemní vody z prameniště Černovír, které bylo zasaženo povodní v červenci 1997, a kdy následným působením dlouhodobé zátopy jímacího území a trvalým zvýšením hladiny podzemní vody došlo k výrazné změně kvality surové vody.

Pro chronologické účely poznamenáváme, že předcházející tři referáty byly uvedeny ve znění :

1. Mezinárodní konference VODA Zlín 1999 : Přetrvávající změny kvality podzemní vody v jímacím území Černovír po povodni v červenci 1997 od autorů
Ing. Ota Melcher, RNDr. Ivana Matelová
2. Mezinárodní konference VODA Zlín 1999 : Zásadní změna koncepce řešení rekonstrukce ÚV Černovír v reakci na následky povodně 1997 od autora
Ing. Pavel Adler, CSc.
3. Konference Rekonstrukce a doplnění technologie úprav vod s opatřeními ve zdrojích Jihlava 7. – 8. říjen 1999 : Zhodnocení poloprovozního odzkoušení upravitelnosti vody znečištěné povodní v jímacím území Černovír od autorů
Ing. Oldřich Darmovzal, Ing. Tomáš Adler, Ing. Pavel Adler, CSc.

V zásadě první referát popisuje reálný stav jímacího území po povodni po stránce hydrologických a klimatických poměrů a zabývá se rovněž změnou situací v chemizmu surové vody. Druhý referát je již technologického a technického charakteru, kdy v reakci na reálné poměry v kvalitě surové vody je popsán způsob její úpravy, který byl navržen v technicko-ekonomické studii, která byla zpracována pro potřebu zjištění všech potřeb, které si náprava dané situace vyžádá zejména s ohledem na rekonstrukci úpravny vody Černovír. Technicko-ekonomická studie jako úvodní a objemový materiál reaguje svým návrhem na řešení problematiky v úrovni dostupných teoretických a empirických znalostí, kterých využívá pro sestavení nové úpravárenské linky, čímž je umožněno následné řešení úpravny vody jako celku. Zpracovaná studie umožňuje rovněž pojmenovat a objemově řešit nápravu dané problematiky formou investice.

Následně, s ohledem na získané výsledky ze stále pokračujícího sanačního čerpání vody z jímacích vrtů, bylo konsiliem investorskoprovozovatelské organizace a projektanta rozhodnuto, že s ohledem na mimořádnost situace a rozsah investice bude provedeno poloprovozní odzkoušení způsobu upravitelnosti směsi čerpané vody z jímacích vrtů, které budou nadále využívány pro úpravu na pitnou vodu. Při poloprovozním odzkoušení byly jeho zpracovateli vytvořeny vyhovující podmínky a bylo mu umožněno laborovat se směsí vody vytvářenou v různých poměrech z vrtů v různé míře zasažených negativními důsledky povodně. Byly vytvořeny optimální podmínky pro vyhodnocení

upravitelnosti vody, takže konečný výsledek je možno garantovat v závěrech použitelných pro návrh nové technologické linky. Je možné korigovat a precizovat teoretické a empirické znalosti parametry experimentálního a poloprovozního odzkoušení v reálných podmínkách.

Třetí referát se zabývá poloprovozním odzkoušením a popisuje otázky, jejichž zodpovězení bylo stanoveno jako cíl poloprovozního odzkoušení. Dále se referát zabývá jednotlivými pokusy a v závěru ve stručnosti popisuje výsledky poloprovozu. Získané výsledky spolu se závěry byly následně odborně konzultovány a expertně posouzeny. Výsledky poloprovozu byly rozhodujícím poznáním, které bylo následně začleněno do technologické linky úpravy vody, respektive přístavby úpravní vody, která bude nově schopna upravovat vodu znečištěnou povodní a která bude schopna i v budoucnu reagovat na nová případná negativní ovlivnění surové vody v lokalitě. Filozofií výstavby nové úpravní vody není jen snaha řešit současný negativní stav, nýbrž i vytvořit stav vysoké úpravárenské zabezpečení pro případná budoucí ohrožení zdrojů podzemní vody.

2) Změna technologie úpravy po poloprovozním odzkoušení

a) Obecné zhodnocení výsledků poloprovozního odzkoušení

Následně po vyhodnocení poloprovozního odzkoušení bylo přistoupeno k zpracování projektu pro stavební řízení a výběr dodavatele díla. Poloprovozní odzkoušení upravitelnosti vody prokázalo vysokou míru rezistence znečištění surové vody na všechny klasické způsoby úpravy vody. V poloprovozu bylo zásadně prokázáno, že ve studii navržená klasická posloupnost řazení jednotlivých úpravárenských procesů pro znečištěnou vodu z lokality Černovír neplatí. Surová voda s vysokou alkalitou je zatížena komplexy železa a manganu, které se z části vyskytují ve vyšších oxidačních stupních (Mn^{+4} , Fe^{+3}). Část manganu se vyskytuje ve dvojmocné formě Mn^{+2} , který je pravděpodobně vázaný v hydrogenuhličitanech a stejně je tomu i u železa. Voda je značně zatížena organickými látkami charakterizovanými vysokým $CHSK_{Mn}$. Organické látky jsou především huminového charakteru a jsou snadno oxidovatelné. Atypický charakter podzemní vody se značně vysokou alkalitou ve všech zdrojích je umocněn vysokým obsahem volného CO_2 a to až do výše cca 250 mg.l^{-1} u jednotlivých zdrojů surové vody.

Z těchto důvodů se ukázala upravitelnost vody jako velmi náročný proces, který má celou řadu úskalí. Přesto v závěru byl nalezen a potvrzen způsob úpravy, který se do značné míry vymyká představám uvedeným ve zpracované studii, přičemž se nejedná o nové úpravárenské prvky či procesy, ale o způsob jejich řazení. V poloprovozu byla potvrzena jedinečnost jednotlivých chemikálií (např. O_3) a určeny jejich požadované dávky. Významným bylo stanovení maximálních hodnot znečištění, při kterých se ještě jeví úprava vody jako rentabilní co do množství dávkovaných chemikálií. S ohledem na požadovaný maximální a cílový výkon úpravní vody byl vytypován výběr jednotlivých jímacích zdrojů pro úpravu při různých výkonech úpravní a to s ohledem na různou míru a druh jejich znečištění tak, aby bylo dosaženo směsi vody s nejpříjemnější mírou znečištění. Nejvhůře znečištěné zdroje byly doporučeny k dočasnému vyřazení z procesu

úpravy. Toto je umožněno skutečností, že suma kapacity zdrojů (cca 400 l.s⁻¹) převyšuje maximální výkon úpravy (300 l.s⁻¹).

Pro provozovatele úpravy vody a současně investora její rekonstrukce a nové přístavby je významným výsledkem poloprovozu skutečnost, že podobně jako ve studii, nová ověřená technologie úpravy vody umožňuje plné využití stávajících částí úpravy vody a to jak po stránce stavební, tak začleněním technologických souborů do komplexu nové, pro výstavbu připravené úpravy vody.

b) Stručný popis úpravy do povodně v červenci 1997

Úpravna vody Černovír s výkonem 300 l.s⁻¹ byla v důsledku dané kvality surové vody v podstatě velkou odkyselovací stanicí, kdy jediným úpravárenským článkem byla aerace surové vody. Původní aerace probíhala na zařízení INKA, následně v rámci rekonstrukce bylo toto zařízení nahrazeno vertikálními reaktory. Způsob úpravy umožňovalo složení surové vody, kdy jediným jejím negativem byl vysoký obsah volného oxidu uhličitého. Pro pořádek uvádíme, že v letech 1995 – 1998 proběhly dvě dílčí rekonstrukce spočívající v totální modernizaci všech součástí úpravy vody a rovněž prameniště Černovír. Nejvýznamnějším výsledkem rekonstrukcí pak byla plná automatizace prameniště a úpravy vody s autonomním řízením z dispečerského centra na úpravě vody a s přenosy vybraných veličin do centrálního vodárenského dispečinku v budově vedení provozatelské organizace.

c) Stručný popis původní, ve studii popsané a řešené, technologie úpravy vody Černovír

Směs surové vody ze všech využívaných jímacích zdrojů vody z prameniště Černovír byla navržena k úpravě komplexně v objektu ÚV Černovír dílem s využitím objektu a technologického zařízení stávající rekonstruované úpravy, dílem s úpravou v nově přistavené části úpravy vody.

Technologická linka byla sestavena takto :

- mísení a homogenizace veškeré podzemní vody z prameniště Černovír a podzemní vody z prameniště Štěpánov (stávající zdroj nedotčený povodní) a prameniště Chomoutov (nový zdroj nedotčený povodní, avšak s přínosem zvýšeného obsahu železa a manganu).
- aerace směsi surové vody na vertikálních reaktorech jako metoda předúpravy odkyselení vody
- ozonizace aeroxované vody se směřováním ve směšovací nádrži a kvalitním zdržením ve reakční (vymírací) nádrži
- přečerpávání předupravené vody podávacími nízkotlakými čerpadly na separační stupeň (filtrace)
- aplikace manganistanu draselného pro potřebu kontaktního odmanganování před rychlomísič vložený do výtlačného potrubí podávacích čerpadel
- aplikace koagulantu do rychlomísiče vložený do výtlačného potrubí podávacích čerpadel (jako koagulant zvolen tekutý síran hlinitý)

- koagulační filtrace na osmi filtračních jednotkách otevřených pískových rychlofiltrů s dostatečně nadimenzovaným zdržením vody nad pískovou náplní
- akumulace vody pod pískovými filtry a převod upravené vody do stávajících sacích jímek ve strojovně s čerpadly pro čerpání do spotřebiště
- aplikace chlordioxidu jako činidla hygienického zabezpečení vody do potrubí před přítokem upravené vody do sacích jímek
- čerpání upravené vody do spotřebiště (řídící vodojem Droždín)
- nová kalová linka spočívající v odsazování pracích vod, přečerpávání odsazené vody zpět do procesu (před filtry), ve strojním odvodňování kalů včetně dávkování flokulantu, homogenizaci flokulantu s kalem a vlastním odvodňováním kalu na odstředivce kalu.

Ve stávající úpravě vody je umístěno :

- mísení a homogenizace surové vody
- směšování ozonu s vodou ve směšovací nádrži
- reakce ozonu s vodou v reakční nádrži
- přečerpávání vody na filtraci
- umístění pracích agregátů (vzduch, voda)
- umístění veškerého chemického hospodářství (výroba ozonu, skladování a dávkování koagulantu, skladování a dávkování manganistanu draselného, výroba a dávkování chlordioxidu)
- část akumulace upravené vody

V nové přístavbě úpravny vody je umístěno :

- rychlomísení chemikálií před filtrací
- rychlofiltrace (osm filtračních jednotek)
- část akumulace upravené vody
- kompletní kalová linka (odsazování vody, přečerpávání odsazené vody, dávkování flokulantu, homogenizace kalu, strojní odvodňování kalu, uskladňování kalu před odvozem na skládku pevných odpadů)

d) Stručné zdůvodnění nutnosti zásadní změny v sestavení technologické linky dle výsledků z poloprovozního odzkoušení upravitelnosti surové vody

I. fáze poloprovozu se sestavením technologické linky dle návrhu studie s reálnou vodou z prameniště Černovír prokázala :

- vyšší účinnost PAC (polyaluminiumchlorid) oproti síranu hlinitému pro potřebu odstranění nadlimitního znečištění vody vyjádřeného $CHSK_{Mn}$
- nižší dávku PAC oproti síranu hlinitému, což má příznivý vliv na množství kalu
- že schopnost koagulace vody v zásaditém prostředí po aeraci je nižší, než v kyselém prostředí před aerací
- nezbytnost dávky jak ozonu, tak koagulantu; úprava vody pouze jedním činidlem není možná; zejména dávka ozonu je pro daný druh znečištění nezbytná

Při II. fázi poloprovozu byla sestavena technologická linka tak, že koagulace byla prováděna v kyselém prostředí neaerované vody a to zejména s cílem snížit dávky koagulantu a ozonu. Technologická linka byla změněna tak, že směs surové vody byla podrobena aplikaci ozonu aniž by byla aerována, byl dále aplikován koagulant, manganistan draselný a voda byla podrobena úpravě koagulační filtrací. Bylo dosaženo těchto výsledků :

- byla potvrzena vyšší účinnost PAC oproti síranu hlinitému
- proces koagulace probíhá podstatně lépe v kyselém prostředí neaerované vody, což má významný vliv na snižování CHSK_{Mn}
- při tomto postupu úpravy vody dochází k významnému snížení potřeby obou chemikálií (ozon, koagulant)
- u CHSK_{Mn} se projevil zajímavý úkaz, že při CHSK_{Mn} do $4,5 \text{ mg.l}^{-1}$ zvyšováním množství jedné chemikálie je možno snižovat množství druhé chemikálie
- surová voda do $\text{CHSK}_{\text{Mn}} 5,0 \text{ mg.l}^{-1} \text{ O}_2$ je upravitelná koagulační filtrací s běžnými dávkami chemikálií (ozon, koagulant)
- surová voda s $\text{CHSK}_{\text{Mn}} 5,0 - 7,0 \text{ mg.l}^{-1} \text{ O}_2$ je upravitelná pouze zvýšenými dávkami chemikálií a není doporučena k pravidelné úpravě navrženou koagulační filtrací
- proces odmanganování vody přes poněkud horší výsledky než v původním zásaditém prostředí při aplikaci manganistanu draselného probíhá do kvality požadované pro pitnou vodu
- proces aerace vody je možno zařadit jako dóupravu vody, což bude mít pozitivní výsledky na míru tvorby úsad v aeračních věžích; na věže bude přicházet filtrovaná voda bez obsahu železa a manganu a dojde k provozní úspoře při čištění věží

e) Stručný popis nově sestavené technologické linky dle výsledků poloprovozu a zařazení do projektu nového řešení úpravny vody Černovír

- mísení a homogenizace veškeré podzemní vody
- ozonizace surové vody se směřováním ve směšovací nádrži a kvalitním zdržením v reakční nádrži
- aplikace manganistanu draselného do odtoku z reakční nádrže
- aplikace koagulantu do rychlomísiče vloženého do potrubí přítoku na filtry
- koagulační filtrace na osmi filtračních jednotkách otevřených pískových rychlofiltrů s dostatečně nadimenzovaným zdržením vody nad filtrační náplní
- akumulace filtrované vody pod pískovými filtry
- čerpání filtrované vody podávacími nízkotlakými čerpadly na aeraci
- aerace filtrované vody na vertikálních reaktorech za účelem snížení obsahu volného CO_2
- akumulace upravené vody
- převod upravené vody do stávajících sacích jímek ve strojovně s čerpadly pro čerpání vody do spotřebišť
- aplikace chlordioxidu jako činidla hygienického zabezpečení vody do potrubí před přítokem do sacích jímek
- čerpání vody do spotřebišť
- nová kalová linka (DTTO viz studie)

3) Závěr

1. Návrh technologie úpravy vody u zdrojů velkých, středních nebo při pochybnostech o původu či druhu znečištění je vhodné řešit na základě minimálně laboratorního, lépe poloprovozního, nejlépe provozního odzkoušení upravitelnosti.
2. I v případě, že se jedná o klasický způsob úpravy vody může poloprovozní odzkoušení podstatně upřesnit druh a dimenzi technických prostředků úpravy.
3. V případě ÚV Černovír poloprovozní odzkoušení upravitelnosti vody na straně jedné potvrdilo dimenzi a prostředky úpravy, na straně druhé zásadně vyvrátilo řazení technologických a technických prostředků v rámci úpravárenské linky.
4. Čas, který je nutno věnovat poloprovoznímu odzkoušení vytváří prostor mezi jednotlivými stupni zpracování přípravné a projektové dokumentace, který je možno využít pro detailnější propracování technologie úpravy a rozhodování o použitých technických prostředcích.
5. V případě ÚV Černovír se poloprovoz ukázal jako krok, který potvrdil dimenzi navržené stavební části úpravny vody i velikost a druh technologických souborů.
6. V případě ÚV Černovír změnou řazení článků technologie úpravy vody nedošlo k zvýšení investičních nákladů stavby a nebudou rovněž zvýšeny provozní náklady.

Naopak, v důsledku ověřené možnosti snížit množství dávkovaných chemikálií dojde k významnému snížení provozních nákladů. Na tyto bude mít rovněž vliv snížené množství kalů a snížené náklady na čištění aeračních reaktorů.

4) Literatura

- /1/ Melcher,O., Matelová,I. : Přetrvávající změny kvality podzemní vody v jímacím území Černovír po povodni v červenci 1997, III. mezinárodní konference Voda Zlín 1999
- /2/ Adler,P. : Zásadní změna koncepce řešení rekonstrukce ÚV Černovír v reakci na následky povodně 1997, III. mezinárodní konference Voda Zlín 1999
- /3/ Darmovzal,O., Adler,T., Adler,P. : Zhodnocení poloprovozního odzkoušení upravitelnosti vody znečištěné povodní v jímacím území Černovír, Konference Rekonstrukce a doplnění technologie úpraven vod s opatřeními ve zdrojích Jihlava 7. – 8. 10. 1999
- /4/ ÚV Černovír, úprava vody po povodni 1997, TES Voding Hranice 01/1999, z.č.11 058
- /5/ ÚV Černovír, úprava vody po povodni 1997, projekt pro stavební řízení, Voding Hranice 10/1999, z.č. 13 434