

Rekonstrukce úpravny Nová Ves v Ostravě

Ing. Arnošt Vožeh

Hydroprojekt CZ a.s., Táborská 31, 140 16 Praha 4

1. Úvod
2. Popis stávajícího stavu
3. Zdroj a kvalita surové vody
4. Návrh technologie úpravny vody
5. Popis rekonstrukce úpravny vody
6. Závěr

1. Úvod

Úpravna vody byla vybudována počátkem dvacátého století. V průběhu století byla postupně rekonstruována; poslední významná rekonstrukce se zvýšením výkonu byla provedena v padesátých letech. V současné době úpravna upravuje v průměru 185,0 l/s.

Účelem rekonstrukce je zvýšení výkonu úpravny vody na 290 l/s. Rozsah výkonu byl stanoven na 130-290 l/s. Nárůst výkonu, kvalita surové vody a dožití zařízení jsou důvodem k celkové rekonstrukci technologické i stavební části úpravny vody.

2. Popis stávajícího stavu

Při poslední významné rekonstrukci v sedmdesátých letech byla rozšířena úpravna vody o aeraci vodními skoky, usazovací nádrže – kruhové s radiálním průtokem a vodojem upravené vody; postupně byla vybudována tlaková písková filtrace o celkovém počtu 20 filtrů a rekonstruováno čerpání vody. Pro provoz bylo vybudováno i nové dávkování nutných chemikálií pro úpravu vody a to dávkování vápna, polyflokulantu a chloru pro zdravotní zabezpečení pitné vody.

3. Zdroj a kvalita surové vody

Zdrojem vody pro úpravnu jsou prameniště podzemní vody Dubí a Nová Ves. Kvalita směsné surové vody – viz. příloha v dalším textu – ve většině požadovaných parametrů vyhovuje vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 376, kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu. Radiometrická měření vykazala velmi nízké hodnoty radiace $R_n < 8 \text{ Bg l}^{-1}$ a radia cca $0,005 \text{ Bg l}^{-1}$. Mikrobiologické vyšetření prokázalo zdravotně nezávadný stav vody s negativními nálezy bakterií Coli a Enterokoků. Biologický obraz byl bez nálezu jakýchkoli organismů; 10 resp. 20%ní pokryv abiosestonu způsobovaly železité vločky. Po chemické stránce neodpovídá voda vyhlášce č. 376 obsahem 7,8-18,1 mg/l železa, 0,5-1,96 mg/l manganu a 0,8-2,18 mg/l amonných iontů. Vzhledem k redukčnímu charakteru vody bývá přítomen i sirovodík. Voda se dále vyznačuje nízkým obsahem rozpouštěného kyslíku, velmi vysokým obsahem kyslíčnicku uhličitého a poměrně vysokým obsahem síranů.

Kvalita směsné surové vody

teplota	°C	9,8 – 10,9
pH		6,2 – 6,8
rozp. kyslík O ₂	mg l ⁻¹	0,9 – 3,8
volný CO ₂	mg l ⁻¹	84 - 200
celková tvrdost	mmoll ⁻¹	2,25 - 4,2
alkalita (KNK _{4,5})	mmoll ⁻¹	2,3 – 4,0
Ca ²⁺	mg l ⁻¹	84,8 - 89
Mg ²⁺	mg l ⁻¹	17,5 – 23,3
Na ⁺	mg l ⁻¹	48
K ⁺	mg l ⁻¹	6,8
NH ₄ ⁺	mg l ⁻¹	0,8 – 2,18
Fe (celk)	mg l ⁻¹	7,8 – 18,1
Mn ²⁺	mg l ⁻¹	0,53 – 1,96
SO ₄ ²⁻	mg l ⁻¹	192 - 245
Cl ⁻	mg l ⁻¹	38,3 – 50,5
CHSK _{Mn}	mg l ⁻¹ O ₂	2,1 – 2,7
H ₂ S	mg l ⁻¹	stopy

4. Návrh technologie úpravy vody

Návrh technologie je následující:

- Aerace
- Dávkování vápna
- Rychlé míchání
- Dávkování polyflokulantu před usazovací nádrže
- Sedimentace s pomalým mícháním
- Nitrifikace s dávkováním kys. fosforečné
- Dávkování manganistanu draselného
- Dávkování polyflokulantu před filtraci
- Filtrace na tlakových filtrech s náplní filtračního písku
- Zdravotní zabezpečení chlordioxidem nebo chlorem
- Kalové hospodářství

Aerace

Vzhledem k silně redukčnímu charakteru vody, tj. vysokému obsahu Fe²⁺, Mn²⁺, stopám H₂S a nedostatku rozpuštěného kyslíku bude aerace tvořit jeden z hlavních technologických prvků úpravy. Mimo oxidace zmíněných látek musí aerace plnit i úlohu co nejlepšího odkyselení vody, tj. odstranění volného kysličníku uhličitého. Účinným odkyselením se může podstatně snížit dávka vápna. V současné době aerační zařízení tvoří 5 injektorů (prstencových vodních skoků – typ Haindl), které sice dostatečně obohacuje vodu kyslíkem potřebným pro další stupně úpravy, ale odkyselovací efekt je nízký 40 – 45 %. Proto je pro rekonstrukci zvolena dvoustupňová aerace. Voda provzdušněná novými injektory bude ve druhém stupni aerace provzdušněna průtokem kaskádou. Kaskáda bude mít 5 stupňů o výšce cca 40 cm. Prostor okolo kaskád bude nuceně odvětráván. Dvoustupňovou aerací dojde ke zvýšení nasycení kyslíkem, k odstranění případných stop sirovodíku a podstatnému snížení

obsahu kysličníku uhličitého. Při předpokládané účinnosti min. 80 % a $150 \text{ mg l}^{-1} \text{ CO}_2$ v surové vodě bude činit zbytkový obsah $30 \text{ mg l}^{-1} \text{ CO}_2$, při hodnotě $\text{pH} \geq 7$ přičemž saturační hodnota bude činit $\text{pH}_s = 7,75$. Proti současnému stavu bude zbytkový CO_2 o $40 - 60 \text{ mg l}^{-1} \text{ CO}_2$ tj. o $0,9 - 1,4 \text{ mmol l}^{-1}$ nižší. To se projeví ve snížení dávky vápna. Navrženy jsou čtyři samostatné kaskády.

Dávkování vápna

Vápno bude dávkováno do přírodního potrubí dvou rychlomísničů ve formě vápenného mléka v 3-8% koncentraci. Rozsah dávky je 30-80 mg/l hydrátu vápenatého s účinnou složkou 65% CaO. V přepočtu na CaO bude dávka 20-50 mg CaO/l. Tento rozsah dávky je zvolen pro provoz při $\text{pH} 7,6$ který odpovídá rovnovážnému stavu a až po částečnou dekarbonizaci při $\text{pH} 9-9,2$. Tím se vytvoří podmínky pro vysrážení manganičitých sloučenin a jejich separaci v usazovacích nádržích.

Rychlé míchání

Rychlé míchání je zajištěno ve dvou stávajících kruhových nádržích. Pro míchání je navrženo míchadlo s gradientem v rozsahu $100 - 300 \text{ s}^{-1}$. Před míšiče jsou přivedeny recirkulované odsazené prací vody a část kalů z odkalení usazovacích nádrží.

Dávkování polyflokulantu

Před odvedením upravované vody do usazovacích nádrží bude dávkován vhodný polyflokulant s atestem pro úpravu pitných vod. Podle provedených průzkumných prací je třeba počítat s dávkou $0,08 - 0,2 \text{ g/m}^3$ maximálně $0,5 \text{ mg/l}$ upravované vody. Polykoagulant bude dávkován v 0,05% roztoku.

Sedimentace s pomalým mícháním

K sedimentaci vzniklé suspenze budou použity dosavadní dvě kruhové usazovací nádrže. Jejich skutečná plocha v sedimentační fázi je $2 \times 183 = 366 \text{ m}^2$. Pro průtok úpravou 305 ls^{-1} surové vody vychází vzestupná rychlost $0,83 \text{ mms}^{-1}$, tj. $3,0 \text{ mh}^{-1}$, což je pro tyto nádrže a druh suspenze železitých a částečně vápenatých kalů téměř maximální rychlost. Pro zlepšení sedimentačních vlastností kalu bude proto do flokulační zóny opět osazeno pomalé míchání. Míchadla budou opatřena variátory otáček a při zkušebním provozu budou odzkoušeny optimální podmínky; navrženy gradient je $0,6-83 \text{ s}^{-1}$ při 0,5-5 otáčkách za minutu. Dalším intenzifikačním opatřením bude zatížení přítoku surové vody pracími vodami z praní filtrů. Tyto vody mívají $150 - 250 \text{ gm}^{-3}$ suspendovaných látek a tím přispějí ke stabilitě sedimentovaných kalů. Třetím faktorem ovlivňujícím povrchové zatížení bude již popsané dávkování polykoagulantu. Tato opatření skýtají možnost zlepšení nebo alespoň zachování kvality vody v odtoku z usazovacích a při vyšším výkonu.

Pro zlepšení funkce stávajících usazovacích nádrží je navržena lamelová vestavba. Pro osazení lamel je navrženo šestnácti sektorové uspořádání s rovinnými deskami tloušťky 8 mm. Délka lamel je 150 cm, sklon od vodorovné 60° , vodorovná vzdálenost 8 cm, plošné zatížení $0,173 \text{ mm/s}$.

Nitrifikace

Pro snížení obsahu iontů NH_4 je navržena biologická nitrifikace pro snížení NH_4 o $4,5 \text{ mg/l}$ na náplni biolitu. Navrženy jsou čtyři reaktory o ploše $66,4 \text{ m}^2$.

Pro odbourávání NH_4 bude do reaktoru trvale vháněn procesní vzduch s intenzitou 2,8-4,2 l/s/m² a bude dávkována kyselina fosforečná.

Navržené řešení nitrifikace bylo navrženo ve spolupráci s francouzskou firmou LYONNAISE DES EAUX v průběhu zpracování projektu.

Regenerace lože biolitu je navržena praním vzduchem a vodou.

Dávkování kyseliny fosforečné

Pro uvádění nitrifikace do provozu nebo i pro běžný provoz je navrženo dávkování kyseliny fosforečné v množství 0,316 mg/l. Toto množství odpovídá 0,1 mg/l fosforu. Dávkována bude 5-10 %.

Dávkování manganistanu draselného

Dávkování je navrženo pro preparaci pískového náplně filtrů. Dávka je navržena 0,5-1,5 mg/l KMnO_4 , průměrně 0,7 mg/l. Tato dávka je stanovena z provozních zkušeností současného provozu usazovacích nádrží, kde dochází k výnosu manganu 0,24-0,74 mg/l, průměrně 0,34 mg/l. Dávkován bude 1% roztok.

Dávkování polyflokulantu

Podle výsledků průzkumných zpráv je vhodné dávkování polyflokulantu do odsazené vody před filtraci. Dávky v tomto případě musí být velmi malé, poněvadž hrozí zanesení horních vrstev filtru a rychlý vzrůst tlakových ztrát. Dávkování polykoagulantu doporučujeme realizovat jen v případě nutnosti v dávce 0,01 - 0,02 gm⁻³.

Filtrace

Filtrace odsazené vody z usazovacích nádrží bude provedena na nových tlakových filtrech o průměru 3100 mm. Počet jednotek 20 ks o celkové filtrační ploše 150,95 m². Filtrační rychlost pro 290 l/s vychází 7,27 m hod⁻¹. Bude použit filtrační písek FP 2 o zrnitosti 1,0 – 1,6. Výška náplně 1,3 – 1,4 m. Filtry se budou prát vzduchem a vodou.

Regenerace filtrů je navržena takto:

1. Praní vzduchem s intenzitou 12-15 l/s/m² 3-15 min., průměrně 10 minut.
2. Praní souběžně vodou a vzduchem vzduch 12-15 l/s/m² voda 4-4,5 l/s/m² po dobu 5-15 minut, průměrně 10 minut.
3. Praní vodou intenzitou 8-9 l/s/m² po dobu 5-15 min., průměrně 10 minut.
4. Dle zkušeností provozovatele, je navrženo zafiltrování. Průtok filtrem bude postupně zvyšován; voda, pokud bude z hlediska kvality nutné, bude odpouštěna do akumulace špinavých pracích vod.

Zdravotní zabezpečení je navrženo chlordioxidem, nebo chlorem

Výhodou chlordioxidu proti chloru je podstatně širší desinfekční účinek a působí na bakterie a spory, na které nemá chlor žádný vliv. Při nasazení chlordioxidu je také potlačena tvorba trihalomethanů a chlorfenolu. Vlastní pachové a chuťové hranice chlordioxidu leží ve srovnání s chlorem asi čtyřikrát výše. To vše přispívá ke zvýšení kvality ošetřené vody.

Chlordioxid bude vyráběn z chloritanu sodného a chloru.

Poněvadž při dlouhodobém dávkování CO_2 zjistil provozovatel závady v rozvodné síti (uvolňování inkrustací) bude alternativně možno použít k desinfekci chloraci. Rozsah dávkování 0,2 – 1,0 g m⁻³, průměrně = 0,7 mg/l.

Kalové hospodářství

Prací vody z filtrů a nitrifikace budou odsazeny a recirkulovány. Odsazený kal z pracích vod a usazovacích nádrží bude čerpán na čistírnu odpadních vod.

5. Popis rekonstrukce úpravny vody

Budova úpravny vody

V rámci rekonstrukce úpravny vody Nová Ves budou provedeny zásadní technologické změny ve „staré“ úpravně vody. V této budově bude ve druhém nadzemním podlaží osazeno provzdušnění surové vody čtyřmi injektory. Přítok je vždy ze dvou injektorů navržen do žlabu, ve kterém dojde k odvzdušnění. Z těchto dvou žlabů je voda vedena do rozdělovacího objektu. V něm je průtok dělen na čtyři provzdušňovací kaskády umístěné v prvním nadzemním podlaží. Rozdělovací objekt i přítokové žlaby jsou zavřeny do plastových skříní z důvodu ochrany budovy před vlhkem a agresivními plyny. Každá kaskáda je navržena pro průtok 76,25 l/s ; konstrukčně jsou jednotlivé kaskády též uzavřené v plastové skříní.

Z aerace navržené ve dvou linkách, přitéká voda do stavebně upravených rychlomísičů s navrženým rychlým mícháním pádlovými míchadly. Mísiče jsou rovněž uzavřeny od okolního prostředí plastovým krytem.

V přízemí a suterénu jsou dnešní nádrže na předčištěnou vodu zrekonstruovány na nitrifikaci. V každé nádrži jsou vestavěny dva reaktory, každý o ploše 16,6 m² . Navrženy jsou s mezidnem pro možnost kontroly mezidna. Vstupy jsou navrženy F kusem DN 600. V budově je umístěno též technologické zařízení nutné pro provoz, zejména dávkovací zařízení polyflokulantu, kyseliny fosforečné, čerpadla pro dopravu vody na pískové filtry, dmychadla pro provoz a regeneraci biolitu a čerpání kalů z usazovacích nádrží do veřejné kanalizace a částečně na recirkulaci. Budova bude kompletně opravena včetně fasády.

Provozní budova a budova dávkování vápna

V této budově je v části zasedací místnosti navržena vestavba sociálního zařízení s předsíní.

Z technologických zařízení je v přízemí navržena výměna dmychadel pro čerání vápna v sílech, výměna sušiček vzduchu a nad síly výměna oklepávacích filtrů. Rovněž bude opravena fasáda s částečným zateplením a výměnou oken v exponované části budovy.

Sedimentační nádrže

Stávající sedimentační nádrže budou vybaveny novým technologickým zařízením – pomalým mícháním, lamelovou vestavbou, sběrnými žlaby, shrabovákem a upravenou odkalovací jímkou. Hladina je navržena o 0,5 m výš proti hladině původní. Tento zásah je vyvolán vestavbou nitrifikace. V budovách bude ponecháno ústřední vytápění a současný vyhovující systém větrání. Opravena bude střecha i fasáda

Budovy filtrace

V obou stávajících budovách bude kompletně vyměněno technologické zařízení. V každé budově bude vyměněno 10 filtrů za nové o průměru 3,1 m. Opraven bude armaturní kanál, stěny i podlaha. Pro havarijní temperování jsou navrženy zásuvky pro připojení elektrických topidel o výkonu cca 58 kW. Ve filtraci 2 je v místnosti před filtry umístěno dmychadlo pro praní filtrů vzduchem.

Čerpací stanice upravené vody

V čerpací stanici upravené vody budou zrušena čerpadla prací vody v suterénu. Do tohoto uvolněného prostoru jsou navržena čerpadla pro čerpání do vodojemu Záhumenice v rozsahu 80-120 l/s. Pro regulaci výkonu je navržen frekvenční měnič. Upraveny budou povrchy dotčené rekonstrukcí a provedeny drobné stavební práce.

Budova akumulace pracích vod a dávkování chloru

Tento objekt je nově navržený. Důvodem je nutnost akumulovat prací vody pro praní pískových filtrů i reaktorů nitrifikace a tyto vody po vyprání filtrů znovu akumulovat pro rovnoměrnou recirkulaci těchto vod do úpravárenského procesu.

Pro akumulaci čistých pracích vod je navržen objem 1500 m³ nutný pro vyrovnání nerovnoměrnosti odběru a přítoku do akumulace. Tento objem je navržen pro vyprání všech pískových filtrů i nitrifikace během 24 hodin při rovnoměrném přítoku cca 5-25 l/s do akumulace.

Z dispozičního a výškového řešení nitrifikace a pískové filtrace bylo vhodné umístit obě akumulace nad sebe. Ve spodních nádržích je akumulovaná špinavá prací voda, v horních čistá, připravená pro použití na regeneraci. V suterénních prostorech jsou v armaturním prostoru umístěna čerpadla pro praní pískových filtrů, praní reaktorů nitrifikace a čerpadla pro recirkulaci pracích vod.

V přízemí je navržena chlorovna pro zdravotní zabezpečení dávkováním chlordioxidu a chloru s příslušnými sklady; chloru v lahvích, chloritanu sodného a zařízení pro výrobu chlordioxidu. V přízemí je též umístěn v samostatné místnosti plynový turbo kotel, rozvody elektrické energie a vstupní prostor do suterénu armaturního prostoru. Nádrže s vodou budou obsypány zeminou ve sklonu 1:1,5. Pro ostřík při čištění nádrží a jako zdroj provozní vody je do budovy navržena přípojka pitné vody ze stávajícího vnějšího vodovodu. Z hygienického hlediska je v předsíni chlorovny navrženo umyvadlo a sprcha pro případ potřísnění obsluhy chloritanem sodným. V objektu je temperován a nuceně větrán armaturní prostor. Chlorovna, provozní sklad chloru, sklad chloritanu jsou vytápěny a bezpečný provoz je zajištěn vzduchotechnickým zařízením. Veškeré zařízení související se skladováním a dávkováním chloru a chlordioxidu je navrženo v souladu s platnou normou ČSN 75 5050 chlorové hospodářství ve vodohospodářských provozech. Navržena jsou čidla nutná pro signalizaci úniku chloru i chlordioxidu.

Závěr

V předchozím textu jsou popsány základní úpravárenské procesy a stručně rekonstrukce stavební a technologické části. Kromě popsaných objektů jsou rekonstruovány vodovodní a kanalizační rozvody, energetická síť VN a NN, trafostanice a prameniště Nová Ves a Dubí. Nově jsou navrženy přenosové cesty optickými kabely a řídicí systém.

Po realizaci tohoto díla bude možné vyrábět až 290 l/s pitné vody odpovídající kvalitě stanovené vyhláškou 376/2000 Sb. Ministerstva zdravotnictví z 9. 9. 2000.