



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Technologie úpravy surové vody na vodu pitnou

David Kašný

Bakalářská práce
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: David KAŠNÝ
Osobní číslo: T07523
Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Chemie a technologie potravin
Téma práce: Technologie úpravy surové vody na vodu pitnou

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Vyhledejte zdroje odborné literatury v UK UTB ve Zlíně, knihovně ÚIOŽP a případně se seznamte s technologickými postupy na vybrané úpravě vod. Prostudujte i vyhlášku č. 252/2004 Sb., která stanovuje kritéria, jež musí pitná voda splňovat.
2. Popište způsob a význam jednotlivých kroků úpravy vod na pitnou vodu, a to buď obecně nebo se zaměřením na konkrétní vodárenský provoz. Zhodnoťte význam kvality pitné vody pro potravinářský průmysl.
3. Získané poznatky přehledně zpracujte, vhodně doplňte tabelární či obrazovou formou a práci odevzdejte v tištěné i elektronické podobě v předepsaném termínu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] Kolektiv: Přehled zařízení pro čištění a úpravu vod. I. díl. SNTL Praha 1990.

[2] Mara D. and Horan N.: The Handbook of Water and wastewater microbiology.
Academic Press 2003.

[3] Vyhláška č. 252/2004 Sb.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

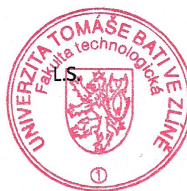
11. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2010

Ve Zlíně dne 15. dubna 2010


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

Cílem této práce bylo objasnit problematiku úpravy vod, zaměřit se na konkrétní úpravnu vody a popsat jednotlivé kroky technologie úpravy vody na konkrétní úpravnu. V práci byly postupně popsány jak vyskytující se druhy surových vod, tak celý technologický proces úpravy vody používané na úpravárnách vod a konkrétně na úpravně vody Knežpole.

Klíčová slova: Hydrochemie, aerace, flokulace, sedimentace, filtrace, desinfekce

ABSTRACT

Main purpose in this topic was description of technology for production of drinking water zoom in concrete water works. All kinds of existing raw water were described either as all technology steps used at water works. Whole technology process was described step by step concretely at water work Knežpole.

Keywords: Hydrochemie, aeration, flocculation, sedimentation, filtration, disinfection



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Tímto bych chtěl podkovat panu doc. RNDr. Janu Růžkoví, Ph.D., panu ing. Lubomíru Trachtulcovi, editeli Slováckých vodáren a kanalizací, a.s. v Uherském Hradišti a panu Petru Procházkovi, technologovi pitných a odpadních vod ve Slováckých vodárnách a kanalizacích, a.s. v Uherském Hradišti za spolupráci, odborné konzultace, podporu a umožnění návštěvy provozu a nahlédnutí do interní dokumentace.

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ÁST	10
1 HYDROCHEMIE	11
1.1 ATMOSFÉRICKÉ VODY	11
1.2 POVRCHOVÉ VODY	12
1.3 PODZEMNÍ VODY	14
1.4 KATEGORIE SUROVÉ VODY A TYPY ÚPRAV	17
2 TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY NA ÚPRAVN VODY KN řÍPOLE	18
2.1 ZDROJE VODY	18
2.2 TECHNOLOGICKÉ PROCESY NA ÚPRAVN VODY KN řÍPOLE	22
2.2.1 Odkyselování vod	22
2.2.1.1 Chemické odkyselování	22
2.2.1.2 Mechanické odkyselování	23
2.2.2 Ozonizace	24
2.2.3 Flokulace	25
2.2.4 Sedimentace	26
2.2.5 Filtrace	26
2.2.6 Desinfekce	28
2.2.7 Kalové hospodá ství	33
ZÁV R	35
SEZNAM POUŘITÉ LITERATURY	36
SEZNAM POUŘITÝCH SYMBOL A ZKRATEK	37
SEZNAM OBRÁZK	38
SEZNAM TABULEK	39

Příjmení a jméno: Lašný David

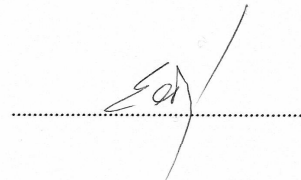
Obor: ČHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 26.5.2010



¹¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

¹² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

¹³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Problematika pitné vody je poslední dobou čím dál tím aktuálnější téma. Ubývá pitelné vody, která je často znečištěná, a to chemickými odpady i přírodními vlivy. Je důležitá jako pirozený zdroj k udržování pitného režimu, ale stala se také nepostradatelnou součástí průmyslových odvětví. V potravinářském průmyslu hraje pitná voda významnou roli, protože je nejen používána k udržování mikrobiologicky nezávadných podmínek, ale je důležitá i v industriálních technologických operacích jako jsou vaření, sterilace, nebo jako médium k vytvoření zdravotně nezávadných potravin. Je nedílnou součástí potravin. Nezávadnost po stránce chemické, mikrobiologické i senzorické je důležitá, protože i voda může být vektorem přenosu různých alimentárních onemocnění. V mnohých potravinářských závodech je voda, distribuovaná vodovodním sítím, dále upravována pro vysokou náročnost technologických procesů.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

I. TEORETICKÁ ÁST

1.1 Atmosférické vody

Pod pojmem atmosférické vody rozumíme veškerou vodu obsaženou v ovzduší, v jakémkoli skupenství, tedy plynném, kapalném, i tuhém. Atmosférické vody mohou významně mít složení jak povrchových, i podzemních vod.

Atmosférické srážky jsou vody padající k zemi, v tuzemsku se jedná o vodu dopadající na otevřenou plochu. V zalesněných oblastech mají značný význam podkorunové srážky, které mají jiné chemické složení než srážky atmosférické, protože jsou více znečištěné.

Základní chemické složení srážkových vod odpovídá z kvalitativního hlediska složení vod jak povrchových, tak podzemních. Atmosférické vody jako takové jsou jen velmi málo mineralizované, ale působením lokálních a plošnými dýchacími produkty v prostředí jsou obohacovány různými anorganickými a organickými látkami (např. produkty rozkladu odumřelých organismů, látky vznikající během vulkanické činnosti, skleníkové plyny, popílek ze spaloven, atd.). V tuzemsku jsou to sloučeniny síry, organické i anorganické sloučeniny uhlíku a ostatní látky, např. kovy (někdy i toxické), chloridy, fluoridy, nebo fosforenany. Nejčastěji se vyskytujícími kationty jsou kationty amonné, dále vápenaté a sodné.

Tyto vody mívají převážně nízkou hodnotu pH. V devadesátých letech se průměrnou hodnotou 4,5 [1]. Hodnota pH je ovlivňována hlavně oxidem uhličitým, také oxidy síry, dusíku a amoniakálním kationtem. Působením kyselých dešťů se uvolňuje hliník do podzemních vod, což může způsobit úhyn rostlin, protože hliník působí jako koenzymový jed.

Kyselé deště mohou ovlivňovat složení povrchových vod, nejmarkantněji u vod s mělkým oběhem, avšak srážkové vody mohou být významným zdrojem fluorin (sloučenin dusíku a fosforu, ale také některých toxických kovů).

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

Průměrný hmotnostní podíl prvků z atmosférických srážek v 90. letech 20. století

Látka	Množství v $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}$
P - PO_4^{3-}	50
N - NO_2^-	730
N - NH_4^+	930
SO_4^{2-}	3100
Zn	44
Pb	6
As	1,4

Tabulka 1: Průměrný hmotnostní podíl prvků z atmosférických srážek v 90. letech 20. století [1]

1.2 Povrchové vody

Existují 2 druhy povrchových vod, stojaté a tekoucí. Chemické složení povrchových vod závisí na skladbě podloží, srážek, množství povrchového odtoku a na přítoku podzemních vod. Zdroje znečištění jsou bodové (výústní odpad), plošné (splachy z okolní plochy), difuzní (více bodových zdrojů).

Povrchové vody mají od podzemních chemicky méně pestřejší složení. Nejvíce zastoupeným druhem povrchových vod jsou vody typu hydrogenuhličitanová-vápenatá ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$), hydrogenuhličitanová-vápenato-sodná ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$) a případně síranová-vápenatá ($\text{SO}_4\text{-Ca}$). Povrchové vody obsahují množství kyslíku, při 15°C je to asi $10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [1], ale při intenzivní fotosyntéze, nebo u turbulentních toků se voda může kyslíkem nasycit. Množství kyslíku ve vodě je významným ukazatelem kvality vody, protože v přítomnosti vodních organismů vyžaduje přítomnost kyslíku k životu. Koncentrace volného oxidu uhličitého je vzhledem k podzemním vodám mnohem menší. Množství organických sloučenin je v povrchových vodách vyšší než v podzemních, protože podzemní vody jsou přirozeně chráněny půdou a okolními horninami. Proto je infiltrace těchto látek do vody mnohem nižší.

Mineralizace povrchových vod se pohybuje v hodnotách od $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ do $500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, hodnoty nad $500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ jsou pak výjimečné (např. krasové oblasti). Velmi malá mineralizace je v horních částech toků, zejména v oblastech vyvěrajících hornin. Oproti podzemním vodám mají povrchové vody vyšší obsah nerozpuštěných látek (obvykle několik až stovky $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Povr-

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

pohybují v intervalu od 6,0 do 8,5, vody pocházející z raemí mohou mít hodnotu pH i pod 4,0, zatímco eutrofizované vody mohou mít v létě pH až kolem 9,0.

Nejčastěji se vyskytující anionty v povrchových vodách jsou hydrogenuhličitaný a síraný, z kationtů se nejvíce vyskytují vápenatý a sodný nebo hořčičnatý. Jako zdroj dusíku u povrchových vod slouží hlavně dusík poufňvaný v zemědělství, atmosférický dusík a obyvatelstvo. Jako amonný iont se dusík u povrchových vod vyskytuje více než u podzemních vod a jako dusičnanový iont se vyskytuje méně než u vod podzemních. Největší rozdíl v koncentraci mezi povrchovými a podzemními vodami je u sloučenin fosforu, který v tání pochází z pracích a čistících prostředků, z hnojiv a splaškových vod. Dalším velkým rozdílem dlefitým pro technologii úprav surových vod na vody pitné jsou koncentrace železa a manganu, protože mnohem vyšší koncentrací kyslíku u povrchových vod jsou tyto ionty oxidovány a hydrolyzovány (vznikají velmi málo rozpustné hydratované oxidy), takže koncentrace těchto látek jako rozpustných forem je velmi nízká. Dlefitou látkou u povrchových vod je kadmik, protože je dlefitým faktorem pro rozvoj (někdy i nadměrný) rozsivkových vodních květů a tím i následně eutrofizaci vod. Organické látky v povrchových vodách hrají také velkou roli, jsou jak přírodního (humínové látky) tak antropogenního původu (splaškové a odpadní vody a vody ze zemědělství). Z nich mohou vznikat nízkomolekulární fulvokyseliny (koagulační se neodstraní zcela, takže se mohou vyskytovat i v upravené vodě a s chlorem tvoří toxické trihalogenmethany - THM) a vysokomolekulární humínové kyseliny (které se dají odstranit koagulační). Další negativní vlastností těchto sloučenin je jejich afinita k ovlivnění sensorické jakosti vod.

Vyšší koncentrace organických látek a potenciální znečištění odpadními vodami má za následek větší znečištění mikroflórou než u vod podzemních, proto je u povrchových vod velmi dlefitý mikrobiologický rozbor (včetně fytoplanktonu i zooplanktonu), který je signifikantní pro eutrofizaci, protože nadměrný rozvoj řas může způsobit problémy při filtraci a mohou způsobit difuzi toxických látek do vody.

Dlefitým jevem u povrchových vod je jejich vertikální stratifikace neboli zonálnost. Tento jev je důsledkem klimatických změn (teplota, působení větru) a biologickou činností. U hlubších nádrží a jezer je chemická rozdílnost jednotlivých zón výrazná. V létě a zím dochází ke stagnaci, při které je možné popsat svrchní vrstvu epilimnion, střední vrstvu metalimnion (skoňná vrstva, termoklina) a spodní vrstvu hypolimnion. Během jara a podzimu

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

. P i stratifikaci jsou v jednotlivých zónách rozdílnosti hlavně v teplotě, množství rozpuštěného kyslíku, volném oxidu uhličitém, sloučeninách dusíku, fosforu, v množství železa, manganu, pH, kyselinové neutralizační kapacitě na pH 4,5 (KNK_{4,5}), vápníku a organických látkách. V různých vrstvách probíhají různé procesy (např. v epilimniu hlavní oxidace kyslíkem, spotřebovává se oxid uhličitý kvůli fotosyntetické asimilaci, tudíž se voda alkalizuje a tím se srážejí kovové ionty, probíhá nitrifikace a adsorpce na nerozpustné látky, oproti tomu v hypolimniu probíhají redukce, acidifikace, uvolňují se zde ionty kovů, sloučeniny dusíku, probíhá denitrifikace) proto je správný výběr horizontu pro odběr vody velmi důležitý.

Nejdůležitější chemické ukazatele pro kontrolu kvality povrchové vody k jejímu následujícímu využití pro vodárenství jsou: hodnota pH, konduktivita, amoniakální dusík, KNK_{4,5}, chemická spotřeba kyslíku (CHSK), množství organického uhlíku (TOC), biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅), nerozpustné látky, dusitanový a dusičnanový dusík, celkový fosfor, sírany, mangan, železo, vápník, hořčík a huminové látky.

Z fyzikálních a chemických procesů jsou důležité: sedimentace, čištění vody koagulací, filtrace a desinfekce. Na rozdíl od podzemních vod je u povrchových vod jen málo významné jejich odkyselování, odželezování a odmanganování, to platí i pro provzdušňování pro odstranění radonu. V závislosti na druhu vody, stejně jako u podzemních vod, může být nutné odstranění některých specifických závadných látek.

1.3 Podzemní vody

Chemické složení podzemních vod se odvíjí od chemického složení podlahy, horninového prostředí, srážkových a povrchových vod a podzemní atmosféry. U podzemních vod hlubinného obvodu jsou nejdůležitějšími faktory ovlivňujícími chemické složení těchto vod složení podlahy a hornin, kterými voda protéká.

Mezi vlivy podílejícími se na formování složení patří: přímé rozpouštění, chemické rozpouštění (např. vliv oxidu uhličitého a rozpuštěného kyslíku), modifikující procesy (procesy vzniklých složením výměnných iontů, chemickou nebo biochemickou oxidací i redukcí) a v neposlední řadě také složení srážkových a povrchových vod. Hydraulické poměry v dané lokalitě mají také patřičný význam.

probíhá podle převládajících iontů a charakteristických iontových kombinací. Hydrochemické typy vod jsou definovány především podle evaflujících anorganických složek. Takovýto způsob klasifikace má základní význam pro popis chemického složení vod. Při označování typu vod se na prvním místě v tabulce uvádí převládající anion a na druhém místě kation. Dále se uvádí jen složky, jejichž poměrné zastoupení v celkové mineralizaci v mmol.l^{-1} převyšuje 25 %. Například hydrochemický typ vody se slovně označuje jako hydrogenuhličitano-síranová a jeho symbolická zkratka je $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$, která podle hydrochemického průzkumu v ČR dominuje, zatímco vody $\text{SO}_4\text{-Ca}$, $\text{SO}_4\text{-Ca-Mg}$ nebo $\text{SO}_4\text{-Mg-Ca}$ jsou zastoupeny mnohem méně. Vody s významným obsahem dusíku nebo chloridů se na zastoupení vod podílejí asi z 10 %.

Chemické složení podzemních vod se mění ve vertikálním i horizontálním směru. Vertikální zonálnost je velmi důležitá, protože se v závislosti na hloubce mění hydrochemický typ vody. Tato zonálnost je determinována horninovým prostředím a koncentrací kyslíku, která je příčinou oxidačně-redukční zonálnosti. Svrchní oxidační zóna podzemních vod je charakteristická svou malou celkovou mineralizací, probíhá v ní nitrifikace a evaflují v ní hydrogenuhličitany, sírany, vápník a hořčík. Ve střední vrstvě jsou vody více mineralizované, více se zde vyskytují alkalické kovy a chloridy, v úvahu přichází i denitrifikace pro její anoxické podmínky. V hlubkové, redukční zóně je pro vody typická celková mineralizace, kdy často evafluje obsah sodíku a chloridů. V anaerobních podmínkách dochází k redukci síranů. U některých geochemických typů vod je známa charakteristické jejich složení (například krasové vody nebo vody krystalinika). Změny složení podzemních vod v závislosti na směru nebývají podstatné, což je významným faktorem z provozního hlediska. Antropogenní činnost může ovlivnit vody z pramenů a mělkých vrtů, ale u vod z hlubinných vrtů je toto nebezpečí nepodstatné díky přirozené ochraně těchto vod. Podzemní vody jsou oproti vodám atmosférickým i povrchovým více mineralizovány, obvykle je mineralizace podzemních vod vyšší jak 100 mg.l^{-1} a pohybuje se ve stovkách mg.l^{-1} . Vyjímkou však mohou být vody s mělkým obsahem, které jsou málo mineralizované, protože jsou s horninami a půdou ve styku jenom krátce. pH podzemních vod se v tabulce pohybuje kolem 5,5 do 7,5. Důležitou odlišností podzemních vod od vod atmosférických a povrchových je vysoký obsah oxidu uhličitého a jeho iontových forem, s čímž souvisí také vysoké hodnoty neutralizačních kapacit $\text{KNK}_{4,5}$ a $\text{ZNK}_{8,3}$. Zdrojem oxidu uhličitého v podzemních vodách je biologický rozklad organických látek, chemický rozklad uhličitánových minerálů. Oproti tomu obsah kyslíku

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

hlavní v anoxické a redukční zóně). Z hlediska iontů v podzemních vodách dominují kationty vápníku, sodíku a hořčíku, dominující aniony jsou v t-ínou hydrogenuhličitany, méně pak sírany. Dusíkaté nany se v t-ínou vyskytují u takových podzemních vod, které nejsou dostatečně chráněny před antropogenním znečištěním. Koncentrace kovů v podzemních vodách bývají obecně vyšší než v ostatních druzích vod a závisí na zóně, ve které voda vzniká (např. vody pocházející z hlubších vrstev mají vysoký obsah železa a manganu, zatímco ve svrchnějších oxidačních zónách jsou tyto ionty redukovány na nerozpustné oxidy a jejich koncentrace jsou proto mnohem nižší). Zastoupení organických látek v podzemních vodách je v t-ínou malé, protože podzemní vody jsou přirozeně chráněny, tudíž toto znečištění nebývá rozhodující, stejně jako výskyt mikroorganismů, který bývá zanedbatelný. U podzemních vod je v některých oblastech potřeba brát na v domě jejich znečištění radioaktivními látkami, především radonem.

Požadavky na jakost podzemních surových vod stanovuje vyhláška Ministerstva zemědělství č. 146/2004 Sb. (i nařízením vlády č. 61/2003 Sb.), která uvádí 47 ukazatelů, ale pro běžný rozbor vod jsou nejdůležitější následující ukazatele: pH, KNK_{4,5}, ZNK_{8,3}, CHSK_{Mn} resp. TOC, dusitany, dusíkaté nany, konduktivita, vápník, hořčík, železo, mangan, sírany, amoniakální dusík. Zmíněné ukazatele zahrnují i požadavky na jakost vody dopravované potrubím dle TNV 75 7121.

I vzhledem k výše uvedeným ukazatelům jsou nejdůležitější chemické a fyzikální procesy, používané k uspokojení hygienických a technických požadavků na jakost pitné vody. Odkyselování vody, aby se z chemického hlediska stabilizovala, je jedním z předpokladů uvedení vody do vápenato-uhličitánové rovnováhy. Z vod vysokých koncentrací oxidu uhličitého, který má velké zaplavení agresivitu vody na kovy a stavebniny a odželezování a odmanganování. Další úpravou podzemní vody může být její provzdušnění vedoucí k odstranění plynného radonu a v úvahu přicházejí i jiné procesy vedoucí k odstranění specifických kontaminantů vody. Například adsorpce, oxidace, výměna iontů. Vzhledem k povrchovým vodám nemusí vždy při úpravě podzemních vod přicházet v úvahu koagulace a desinfekce, protože obsahy organických hmot a mikroorganismů v podzemních vodách mohou být nízké. Koagulace a desinfekce musí být doplněny filtrace.

ly a typy úprav

Při výběru vodního zdroje pro následující technologickou úpravu na pitnou vodu je velmi důležité vybrat zdroj, jehož přítomný stav se co nejvíce blíží požadavkům na pitnou vodu jak z hlediska fyzikálního, chemického, tak mikrobiologického. Pokud se v dané lokalitě vyskytuje více srovnatelných zdrojů surové vody, jsou dalšími rozhodujícími faktory jejich kapacity, možnosti jejich dostatečné ochrany a dále se posuzuje finanční nákladnost na využití těchto zdrojů v etnárnosti její úpravy.

Vyhláškou č. 428/2001 Sb. definuje 47 parametrů pro hodnocení kvality surové vody, z toho je 42 chemických (z nich jsou 2 součtové) a 5 mikrobiologických a biologických ukazatelů. Vzhledem k uvedeným mezním (povinným) a směrným hodnotám je surová voda rozdělena do 3 kategorií, na kategorie A1, A2 a A3, pro které jsou dané standardní typy úprav.

Kategorie	Typy úprav
A1	Jednoduchá fyzikální úprava a desinfekce, například rychlá filtrace a desinfekce, například prostá písková filtrace, chemické odkyselení nebo mechanické odkyselení i odstranění plyných složek provzdušňováním
A2	Podobná fyzikální úprava a desinfekce, koagulační filtrace, infiltrace, pomalá biologická filtrace, flokulace, usazování, filtrace, desinfekce (koně chlorování), jednostupňové i dvoustupňové odželezování nebo odmanganování
A3	Intenzivní fyzikální a chemická úprava, rozílená úprava a desinfekce, například chlorování do bodu zlomu, koagulace, flokulace, usazování, filtrace, adsorpce (aktivní uhlí), desinfekce (ozon, koně chlorování). Kombinace fyzikálně-chemické, mikrobiologické a biologické úpravy.

Tabulka 2: Typy úprav surových vod [1]

RAVY NA ÚPRAVNÁCH VOD S POPISEM

PROCES UPRAVNÝ VODY KN ĚPOLE

Úpravna vody (ÚV) Kn ěpole byla uvedena do provozu v roce 1959 s tehdeřím projektovaným výkonem 150 l.s^{-1} , zatímco dnes je tento výkon podstatn ě nižří, cca. 80 l.s^{-1} , což je způsobeno snířením vydatnosti zdroj ě a také snířením spot ěby vody. Upravená voda se čerpá do 3 sm ěr : vodojem Ma atice (zásobování m ěsta Uherské Hradi t ě), vodojem Jarošov a vodojem Břilovice. Výhledov ě se uvažuje o zvý-ění výkonu úpravn y vod ě na 100 l.s^{-1} , na který je dnes úpravna vody rekonstruována, což je závislé na kapacit ě prameni t ě, ale je pravd ě podobné, ěže po rekonstrukci prameni t ě II se takovéto kapacity dosáhne (prameni t ě I a III jiř by byly rekonstruovány).

2.1 Zdroje vody

Voda čerpaná na ÚV Kn ěpole z prameni t ě I, II a III je výhradn ě podzemní. V-ěchna tato prameni t ě se nacházejí v chrán ěné oblasti p ěrodní akumulace vod v kvartéru ěky Moravy, jejichž podrobný popis je uveden v na řzení vlády ě. 85 z roku 1981. Zdroje vod jsou situovány na levém b ěhu ěky Moravy, na území z velké m ěry zalesn ěném. Zm ěn ěná prameni t ě jsou stejná sv ěm charakterem typick ěm pro pomoravn ě nívu, kdy vrchn ěí vrstvu tvo ří povod-ov ě hl ěny s pr ěm rnou mocností 3 m, pod ní je vrstva ě í nich t ěrk ě a p ěsk ě tvo řících zvodn ěly obzor s pr ěm rnou mocností 6 m a následuje jílov ě nepropustn ě podloří. Kvalita vody v prameni t ěch je ovliv ěována i vodou z Moravy, d ěíve negativn ě vzhledem k vypou- t ěným odpadn ěm vodám z cukrovarnických kampan ě. Vzhledem k tomu, ěže prameni t ě se nacházejí v lufn ěm lese, je jejich vydatnost ovliv ěna pouze dlouhodob ěm srářkami.

Fyzikáln ě-chemick ě vlastnosti t ěchto podzemních vod jsou typick ě pro pomoravn ě vodu, která je pom ěrn ě siln ě řelezitá, manganatá a zna ěn tvrdá. Chemick ě slořen ě t ěchto vod je p ěibliřn ě stejn ě, mají vysok ě obsah síran ě a vody z prameni t ě II obsahují více řeleza. Mikrobiologicky tyto vody nejsou zat ěřeny, p ěesto musí být desinfikovány.

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
	mg/l	8	3,74	0,16	7,71
Kadmium	g/l	8	1	<1	<1
M	g/l	8	10	<10	<10
Mangan	mg/l	8	0,523	0,296	1,156
Olovo	g/l	8	2,5	<2,5	<2,5
pH - reakce vody	1	8	6,9	6,7	7,4
Amonné ionty	mg/l	8	0,2	<0,05	0,29
Dusi nany	mg/l	8	2	<2	<2
CHSK _{Mn}	mg/l	8	1,3	0,6	1,8
Chloridy	mg/l	8	52	43	58
Sírany	mg/l	8	241,4	200,8	298,3
Teplota	°C	8	10,4	9	13,7

Tabulka 3: Kvalita vody z pramenit I a Ia v letech 2007 až 2010 [2]

Kvalita vody z pramenit II a IIa v letech 2007 - 2010					
Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
železo	mg/l	5	3,14	0,49	6,78
Kadmium	g/l	5	1	<1	<1
M	g/l	5	10	<10	<10
Mangan	mg/l	5	0,564	0,064	0,996
Olovo	g/l	5	2,5	<2,5	<2,5
pH - reakce vody	1	5	6,9	6,7	7,1
Amonné ionty	mg/l	5	0,07	<0,05	0,13
Dusi nany	mg/l	5	2,3	<2	2,9
CHSK _{Mn}	mg/l	5	1,1	0,9	1,4
Chloridy	mg/l	5	38	36	43
Sírany	mg/l	5	237,7	145,1	328,5
Teplota	°C	5	10,1	8,7	14,2

Tabulka 4: Kvalita vody z pramenit II a IIa v letech 2007 až 2010 [2]

Kvalita vody z pramenit III za roky 2007 - 2010					
Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
železo	mg/l	4	11,02	9,2	14,64
Kadmium	g/l	4	1	<1	<1
M	g/l	4	10	<10	<10
Mangan	mg/l	4	1,177	1,078	1,288
Olovo	g/l	4	2,5	<2,5	<2,5
pH - reakce vody	1	4	6,9	6,8	6,9
Amonné ionty	mg/l	4	0,64	0,54	0,76
Dusi nany	mg/l	4	2	<2	<2
CHSK _{Mn}	mg/l	4	1,8	1,5	2,1
Chloridy	mg/l	4	67	65	68
Sírany	mg/l	4	256,9	245,9	271,7
Teplota	°C	4	9,7	9,4	10,2

Tabulka 5: Kvalita vody z pramenit III v letech 2007 až 2010 [2]

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

dy surové, smízené v letech 2007 - 2010

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
Intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	119	0	0	8
Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	119	1	0	10
Escherichia coli	KTJ/100 ml	118	0	0	2
Termotolerantní koliformní bakterie	KTJ/100 ml	33	0	0	0
Počet kolonií při 22 °C	KTJ/ml	117	13	0	152
Počet kolonií při 36 °C	KTJ/ml	117	4	0	98
Clostridium perfringens	KTJ/100 ml	1	0	0	0
Abioseston	%	119	23	1	40
Bioseston - živé org.	Jedinci/ml	119	2	0	40
Bioseston - mrtvé org.	Jedinci/ml	119	1	0	59
Bioseston - počet org.	Jedinci/ml	119	3	0	59
Salmonella sp.		4			
Nikl	g/l	4	5	<5	<5
Beryllium	g/l	4	0,2	<0,2	<0,2
železo	mg/l	119	10,29	2,69	53,73
Kadmium	g/l	4	1	<1	<1
Arsen	g/l	4	5	<5	<5
Chrom	g/l	4	4	<4	<4
M	g/l	4	10	<10	<10
Mangan	mg/l	119	0,901	0,435	1,289
Olovo	g/l	4	2,5	<2,5	<2,5
Selen	g/l	4	5	<5	<5
Hliník	mg/l	23	0,006	<0,005	0,021
Baryum	mg/l	4	0,25	0,179	0,309
Vanad	g/l	4	20	<20	<20
Zinek	g/l	4	10	<10	<10
Kobalt	g/l	4	19	<10	37
Rtuť	g/l	4	0,115	<0,1	0,14
Chlor volný	mg/l	1	0,02	<0,02	<0,02
Chlor celkový	mg/l	1	0,02	<0,02	<0,02
Rozpuštěný kyslík	%	105	8	1	28
železo (Fe ²⁺)	mg/l	26	2,34	1,26	3,21
Oxidace-redukční potenciál	mV	6	268	232	322
pH - reakce vody	1	119	6,8	6,6	7,2
Konduktivita	mS/m	27	109	100	114
Zákal	ZF(t)	1	25,6	25,6	25,6
Zákal	ZF(n)	22	48	14,7	170,4
Amonné ionty	mg/l	119	0,4	<0,05	0,69
Dusitany	mg/l	24	0,02	<0,01	0,04
Dusičnany	mg/l	119	2,2	<2	5,9
Barva	mg/l	27	5	5	10
Absorbance	-	23	0,123	0,082	0,197
Fluoridy	mg/l	10	0,1	<0,1	0,2
Kyanidy celkové	mg/l	4	0,005	<0,005	<0,005
Anionaktivní tenzidy	mg/l	4	0,1	<0,05	0,13
Orthofosforečnany	mg/l	26	0,07	<0,04	0,19
Kyselinová neutralizační kapacita celková	mmol/l	117	5,5	4,5	6,3
Zásadová neutralizační kapacita	mmol/l	117	2,17	0,15	4,48
Suma vápníku a hořčíku	mmol/l	23	5	4,5	5,4

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

dy surové, smížené v letech 2007 - 2010

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
CHSK _{Mn}	mg/l	119	1,6	0,8	2,8
Chloridy	mg/l	27	59	44	66
Vápník	mg/l	23	160	148	172
Hořčík	mg/l	23	25	6	29
Sírany	mg/l	27	239,6	210	280,7
Kyselinová neutralizační kapacita zjevná	mmol/l	6	0	0	0
Pach	-	27			
Adsorbovatelné organicky vázané halogeny (AOX)	g/l	4	14,7	10,9	17,7
Chlordioxid	mg/l	1	0,05	<0,05	<0,05
Teplota	°C	114	10,1	7,4	15,5
Chemická spotřeba kyslíku dichromanem (CHSK _{Cr})	mg/l	2	6	<6	<6
Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)	mg/l	27	0,76	<0,5	3
Nerozpuštěné látky sušené NL (105)	mg/l	25	7,6	2	16
Rozpuštěné látky sušené (RL105)	mg/l	56	790	650	890
Rozpuštěné anorganické soli (RAS)	mg/l	56	670	540	790
Dusík celkový	mg/l	4	1,2	<1	1,8
Fosfor celkový	mg/l	2	0,185	0,11	0,26
Benzo(b)fluoranthen	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranthen	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pyren	g/l	4	0,008	<0,005	<0,01
Benzo(ghi)perylene	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Polycyklické aromatické uhlovodíky	g/l	4	0,025	0	<0,05
alfa-HCH	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Hexachlorbenzen	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Lindan (gamma-HCH)	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Heptachlor	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Aldrin	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Heptachloreoxid	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
p,p-DDE	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
p,p-DDD	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
o,p-DDT	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
p,p-DDT	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Pesticidní látky celkem	g/l	4	0,055	0	<0,11
Bór	mg/l	4	0,18	0,1	0,3
Celkový organický uhlík	mg/l	4	1,61	<0,5	2,2
Fenoly	mg/l	4	0,01375	<0,005	<0,03
Nepolární extrahovatelné látky	mg/l	4	0,0748	<0,049	<0,1
Extrahovatelné látky	mg/l	4	0,162	<0,049	<0,3
Huminové látky	mg/l	26	1	<0,1	1,9

Tabulka 6: Kvalita vody surové, smížené v letech 2007 ó 2010 [2]

sy na úpravách vod

Jiří z vý-ě zmi ovaného je z ejmé, že hlavní cílem ÚV je odstran ní železa, manganu a amonného dusíku, snížení $ZNK_{8,3}$ (odkyselení) a desinfekce vody. Dal-ím velkým problémem je také vysoká koncentrace SO_4^{2-} iont , kterou nelze technologií na úpravn p ítomnou snížit, proto se sniřuje sm -ováním vody z úpravny vod Ostrořská Nová Ves.

2.2.1 Odkyselování vod

Odkyselování vod je technologický proces, p í kterém se ze surových vod odstra ůje agresivní oxid uhli ítý. Oxid uhli ítý pat í mezi rozp-tn é plyny (podobn ě jako kyslík), z vody se odstra ůje hlavn kv li jeho agresivit v í materiál m z kovu, betonu, obsahující uhli ítan vápenatý, ale i z d vod hygienických, protože tento plyn m ě zp sobovat vylu ování iont kov (Fe, Cu, Pb, Zn) obsařených v potrubí, které mohou být sekundární p íinou r zných nemocí. ěsto se p í odkyselení vod setkáváme i s pojmem stabilita vody, která je základním p edpokladem pro snížení korozivních ú ink vody a tudíř i zabrán ní sniřování kvality vody v d sledku uvol ování se produkt koroze.

Rychlost a intenzita korozivních proces se odvíjí od sloření vody, p edev-ím na koncentraci hydrogenuhli ítanových, uhli ítanových a vápenatých iont , kdy jejich vysoká koncentrace sniřuje rychlost koroze, na snížení korozivních vlastností vody má také pozitivní vliv zvý-ení pH, odstran ní oxidu uhli ítého a zvý-ení koncentrace HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , proto je vhodným krokem finální stabilizace upravené vody. Nejvýznamn í je v-ak snaha p íblířit se v upravené vod vápenato-uhli ítanové rovnováze, která vyjad ůje vztah mezi ionty HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} a volným CO_2 . Odkyselování vod se proto provádí mechanickým nebo chemickým zp sobem, v závislosti na druhu vody. Mezní a optimální podmínky pro sloření vody dopravované potrubím z hlediska její agresivity jsou uvedeny v TNV 75 7121 pro kařdý druh materiálu potrubí.

Chemické odkyselování

B hem tohoto zp sobu odkyselování vody se m ní koncentrace vápenatých, pop ípad ho-e natých iont . Chemický zp sob odkyselení je vhodný hlavn pro vody s nízkou koncentrací zmi ovaných iont a sou asn p í n m probíhá odřezování a řáste n í odmanganování vod.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

zalofnen na chemických interakcích mezi oxidem uhli itým a
oukyselovací hmotou. Jako oukyselovací hmota se pouffívá mramor, dolomit a p ípravky z
n j (magno, fermago ó p ípravky na bázi vypáleného dolomitu) a dal-í, eventueln lze pou-
flít hydroxid nebo uhli itan sodný.

Nej ast ji pouffíváním, zároveň nejstar-ím a nejekonomi t j-ím zp sobem je dávkování
vápna. Kritickým bodem tohoto procesu je manipulace s vápenným hydrátem, proto se ten-
to zp sob pouffíval ve velkých provozech, kde byla zaji-t na dokonalá obsluha a chemická
kontrola procesu. U vod s nízkými koncentracemi vápenatých a ho e natých iont nebylo
p edávkování vápna na pH 8,5 a 9,0 problém, zatímco u vod s vy-ími koncentracemi t ch-
to iont docházelo k vysráflení CaCO_3 a v potrubí by se tyto srafleniny usazovaly.

Mechanické odkyselování

P i takovémto zp sobu odkyselování se z vody pouze odstra uje CO_2 , ale koncentrace ion-
t Ca^{2+} a Mg^{2+} z stávají nezm n ny. Takovéto odkyselování je vhodné pro vody obsahující
v t-í mnofství oxidu uhli itého, vápenatých a ho e natých iont .

Tato metoda funguje na principu provzdu- ování vody a je zaloflena na Henryho-Daltonov
zákon , kdy je za rovnováhy koncentrace rozpu-t ného oxidu uhli itého ve vod (p i kon-
stantní teplot) dána parciálním tlakem CO_2 ve vzduchu. Udrflováním nízkého parciálního
tlaku CO_2 v promývacím vzduchu, dosahuje se ho neustálým p ívodem erstvého vzduchu,
lze teoreticky ve-kerý CO_2 ve vod odstranit.

P i mechanickém odkyselování je nutné, aby odkyselování probíhalo jen do ur ité míry, pro-
tofle p i dlouhodobém provzdu- ování m fle být sníflen i obsah rovnováflné kyseliny uhli i-
té, cofl by znamenalo vysráflení CaCO_3 a mohlo by tím docházet k zaná-ení trubek a dal-ích
technologicky významných za ízení. P i výskytu fleleza ve vod je mnohdy CO_2 vázaný ve
form $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ a jeho vylou ení prob hne pouze po oxidaci Fe^{2+} na Fe^{3+} .

Odkyselování vody je na Úpravn vody Kn flpole provád no mechanicky.



Obrázek 1: Aerace

2.2.2 Ozonizace

Ozon je jedním z nejsilnějších oxidantů (dokáže oxidovat i kovy vázané v organických komplexech). Pro úpravní účely je jeho hlavní využití jako oxidant železnatých a manganatých iontů, které po oxidaci tvoří nerozpustné sráženiny a tím je umožněna jejich separace z vody. Neméně důležitou vlastností ozonu jsou i jeho desinfekční vlastnosti, které budou zmíněny níže. Rozpustnost ozonu je při 0°C 49,4 ml O₃/100 ml H₂O.

Ozonizace surové vody je na ÚV Kn fpole prováděna po aeraci, kdy voda z ní odcházející je přiváděna do zařízení pro míchání vody s ozonem, odtud je voda přiváděna do reakční nádrže, která je plynotěsná. Ozon je nejprve rozpouštěn v upravené vodě kvůli problému se zanášením dávkovací. Nerozpustný plyn je z nádrže odváděn potrubím do destrukturu ozonu, odkud je ozon po rozpadu vyfukován ven z budovy. Takto upravená voda je odváděna a rozdělována do dvou flokuláčích nádrží.

Dávkování ozonu se odvíjí od množství Fe²⁺ a Mn²⁺ iontů ve vodě. Teoreticky je na oxidaci 1mg Fe²⁺ potřeba 0,43 mg O₃, 1 mg Mn²⁺ = 0,86 mg O₃ při oxidaci na Mn⁺⁴ nebo 2,14 při oxidaci na Mn⁺⁷. Na úpravní vody Kn fpole je dávkování ozonu 5,6mg.l⁻¹. Předpokládá se, že surová voda obsahuje maximálně 10mg.l⁻¹ Fe²⁺ iontů a 1,5mg.l⁻¹ Mn²⁺ iontů,



Obrázek 2: Ozonizátor

2.2.3 Flokulace

Flokulace je proces úpravy vody, při kterém se upravují vlastnosti látek obsažených ve vodě tak, aby byla možná jejich agregace, tudíž upravení jejich vlastností takovým způsobem, aby do je tomuto procesu bránící byly co nejvíce potlačeny a částice se mohly srážet. Dle fyzikálních vlastností těchto částic musí být možná jejich sedimentace.

Na ÚV Kněpole se voda po ozonizaci dále podléhá flokulaci, kde se voda intenzivně míchá, vylučují se oxidy železa a $MnO(OH)_2$, které se shlukují a takto vytvořená voda se odvádí do 2 sedimentačních nádrží. Surová voda obsahuje dostatečné koncentrace jak železitých tak manganatých iontů, tudíž není třeba přidávat žádné flokulační činidlo. Vzhledem k tomu, že při flokulaci dochází k sedimentaci, je možné obě komory odkalit.



Obrázek 3: Flokulační nádrže

Sedimentace je jedním z nejjednodušších, nejpoužívanějších a zároveň nejjednodušších metod odstranění částic vzniklých při koagulaci nebo flokulaci na úpravárnách. Jedná se o separační proces tuhých látek od kapaliny vyvolaný působením gravitačního zrychlení. Podle chování částic při tomto procesu lze rozlišit suspenze na zrnité a flokulující. Zrnité suspenze si při sedimentaci zachovávají svůj individuální charakter a rychlost jejich sedimentace je konstantní. Flokulující suspenze do sebe během sedimentace narůstají, aglomerují, tudíž dochází ke změně jejich velikosti, hmotnosti a rychlosti sedimentace. Při klasické, dobře provozované sedimentaci, se při optimální době zdržení (1,5 až 2 hodiny) odstraní až 90 % vloček, delší intervaly zdržení jsou nepodstatné, protože účinnost výrazně klesá.

Účinnějším způsobem odvádění z flokulace vyvolanou vodu do dvou sedimentačních nádrží, kde dochází k usazování vysrážených vloček $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a dekarbonizačních kalů. Usazené kaly se dle periodického programu nastavitelného v řídicím systému úpravny vypouštějí do jímky, odkud se otečejí do kanalizace napojené na čistírnu odpadních vod.



Obrázek 5: Sedimentační nádrž



Obrázek 4: Sedimentační nádrž

2.2.5 Filtrace

Filtrace je ve vodárenství nejpoužívanější způsob úpravy vody, při kterém jsou částice z upravované vody zachycovány při průchodu přes porézní nebo zrnitý materiál. Základem filtrace jsou tyto procesy:

- mechanické cezení, kdy částice větší než rozměr nepronikají do menších mezer

otnostních van der Waalsových sil a elektrostatických Cou-

rombových sil

- chemické působení filtrační vrstvy u aktivních materiálů (např. při odkyselování, odmanganování a odfezování vod)
- biologické, působením ovlivnění na filtrační vrstvy, zejména u pomalé filtrace

Druhy filtrace podle dominantní složky:

- objemová filtrace
 - pomalá, někdy nazývána jako anglická
 - rychlá, rychlofiltrace
 - dle režimu proudění (otevřeně o gravitační, tlakové)
 - dle konstrukce (protékání: shora dolů, zdola nahoru, obousměrně)
 - dle způsobu provozu (s cyklickým praním, s kontinuálním praním)
 - dle počtu vrstev (jednovrstvé, vícevrstvé)
- náplavná filtrace
- membránová filtrace

[1]

Protože se na ÚV Kn řídí filtrace zabezpečuje rychlofiltrací na gravitačních (otevřených) filtrech, zvaných také jako evropské filtry, ostatní způsoby filtrace zde nebudou dále rozváděny.

Otevřené (gravitační) filtry jsou takové filtry, do nichž je voda přiváděna potrubím, nebo řídkou nad filtr. Voda protéká filtrační náplní, kterou je křemčitý písek, a při průchodu se z vody odstraní suspendované částice, po dokončení tohoto procesu voda pokračuje přes filtrační trysky do mezidna, odkud je odváděna k další úpravě.

Důležitým technologickým krokem v tomto procesu je praní filtrů, neboli jejich regenerace, kdy se suspendované částice zachycené ve filtrační náplni během filtrace odstraní. Praní těchto filtrů má 3 fáze. V první fázi se po uzavření přítoku vody na filtr a do mezidna se začne vhnat tlakový vzduch, který potrhá zanesenou filtrační náplň, protože po proběhnutí

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

... lze se zrný filtrační náplň relativně pevně seskupení, takže se mračí a naplnění po mračení jeví jako „spečená“. Ve druhé fázi je filtr propírán jak vodou, tak i vzduchem a tato fáze je vlastní regenerační fází, protože během ní se částice zachycená na zrnech filtru strhávají pomocí otřesu zrn o sebe a odvádí se do odpadu (odvod prací vody zabezpečují flaby, které během pracovního procesu přivádí na filtr vodu). Regenerace zde ale nedosahuje příliš vysokých hodnot, pohybuje se v rozmezí mezi 10 a 15 %. Ve třetí fázi, kdy se náplň doplňuje samotnou vodou, je nejdříve s pomocí výtlačného bublnění z náplně, protože se během filtrační fáze nevytlačí a jejich přítomnost při filtraci by způsobovala zvýšení tlakové ztráty, ke které dochází při proudění vody.

Na některých ÚV je možné spáření několika druhů filtrů, kdy například na ÚV Kněpole upravovaná voda prochází nejprve přes filtry zbavující ji železa a poté prochází přes filtry odstraňující z ní mangan.



Obrázek 7: Praní filtru



Obrázek 6: Filtry

2.2.6 Desinfekce

Cílem desinfekce je zajistit zdravotní nezávadnost pitné vody, aby byla vyloučena jako zdroj infekcí. WHO odhaduje, že skoro polovina populace v rozvojových zemích trpí zdravotními problémy způsobenými právě kontaminovanou vodou. V těchto nejchudších zemích onemocnění a mortalita způsobená chorobami z neupravované vody závisí právě na obrovském zatížení této vody patogeny. Nejzávažnějšími nemocemi z takovéto vody jsou poté

tu. Neznamená ale, že se eliminací všech nebezpečných mikroorganismů eliminují, nemonou vznikají jiné specifické problémy.

Základními požadavky na desinfekci jsou její účinnost, dostupnost, snadná kontrola, nízká cena a minimální tvorba vedlejších produktů. Mezi faktory ovlivňující účinnost desinfekce patří hlavně koncentrace a charakter organických a anorganických látek přítomných ve vodě, druh a počet organismů, bakterií a virů a neméně důležitý je také druh a dávka desinfekčního oxidačního činidla a také teplota vody. K maximalizaci účinnosti desinfekce jsou důležité také procesy desinfekci předcházející, protože jak organické, tak anorganické ionty, které by byly ve vodě přítomny by účinnost desinfekce mohly snižovat a zároveň je odstranit těchto látek prevencí před vznikem sekundárních produktů desinfekčního činidla.

Rozhodujícím faktorem při výběru desinfekčního činidla je kvalita vody a od ní se odvíjející možnosti vzniku vedlejších produktů při desinfekci. Desinfikování vody pomocí chloru je vhodné tehdy, je-li vznik THM nebo jiných chlorovaných uhlovodíků pod 30 µg/l, je-li voda sensoricky nezávadná a perzistence chloru ve vodě odpovídá platné legislativě. Použití chloraminace je vhodné pro vody méně bakteriologicky zatížené a s nízkým obsahem organických látek. Desinfekce ozonem nebo chlordioxidem je nejvhodnějším typem desinfekce vod, u kterých by se při desinfekci chlorem vytvářely THM a ostatní chlorované uhlovodíky, nebo zde vznikaly sensorické závady, nebyl dodržen přebytek chloru dle vyhlášky č. 252/2004 Sb., nebo byly v rozvodné síti zjištěny přítomné bakterie.

Voda na ÚV Kněpole se desinfikuje jak chlordioxidem, který je vyráběn na ÚV z kyseliny chlorovodíkové a chloritanu sodného a je do vody přidáván před ozonizací, tak chlorem, který se přidává do vody v akumulačních nádržích, tedy do vody, která je znečištěna jen biologicky. Desinfekční účinky má samozřejmě i ozon, který je zařazen do technologie hlavně jako oxidační činidlo.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features



Obrázek 8: Dávkování chlordioxidu

Charakteristika n kterých typ používaných desinfekcí				
Typ/jméno	Chlor	Chloramin	Chlordioxid	Ozon
Aplikace a výhody	<ul style="list-style-type: none"> - redukuje po ty patogen a bakterií - univerzální, ekonomický - snadné pou0ití a kontrola zbytkového chloru (závislost na pH) 	<ul style="list-style-type: none"> - vhodný pro mén bakteriemi zatí0ené zdroje vod - mén výrazná chu a v n vzhledem k chloru - efektivn jí v i legionele a ostatním bakteriím ne0 chlor - lepší penetrace do biofilm - minimální tvorba THM, reziduální efekt 	<ul style="list-style-type: none"> - velmi perzistentní - alternativa chlorace s menší tvorbou THM - pravd podobn redukuje halogenované uhlovodíky 	<ul style="list-style-type: none"> - ú in jí ne0 chlor pro vi-ry, bakteriální spory a cysty prvok - ú innost závisí na pH - rozkládá fenoly, ne amoniak
Zp sob nebo cíl des- infekce	<ul style="list-style-type: none"> - oxidace ástí bun k (SH- skupiny, nukleové kyseliny) 	<ul style="list-style-type: none"> - inaktivace enzym podílejících se na tvorbě energie 	<ul style="list-style-type: none"> - inhibice respira ních procesů po inaktivaci fototransferasy 	<ul style="list-style-type: none"> - stejn jako chlor spouztí oxida ní procesy, ale má ni0zí oxida ní potenciál
Charakteristika n kterých typ používaných desinfekcí				
Typ/jméno	Chlor	Chloramin	Chlordioxid	Ozon

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

Způsob nebo cíl desinfekce	- oxidací rozklad buněk	- inhibuje respirační proces po inaktivaci fototransferasy	- reaguje s viry RNA po adsorpci a penetraci na kapsomerní proteiny	- schopný degradace chromozomální DNA u bakterií, u virů ničí obalovou bílkovinu
Přínady a nevýhody	- reaguje s organickými sloučeninami za vzniku karcinogen (THM) - některé mikroorganismy jsou k nim rezistentní - senzory aktivní	- dle kontroly amoniakálních a chloridových iontů aby nedošlo k nitrifikaci a následnému nárůstu mikroorganismů	- rozklad fenolů, ale ne amoniaku - složitá příprava a kontrola	- velmi nestabilní, rychlý rozklad, tudíž nezávisle rezidualitu - vysoké ceny a náročnost přípravy - musí být doplněn chlorem nebo chlordioxidem
Koncentrace a působení	0,2 - 2,0 ppm 3 - 5 minut	0,8 - 3,0 ppm 2 - 6 minut	0,05 - 0,75 ppm 2 - 5 minut	0,2 - 0,4 ppm
Perzistence	+++	++++	+++	Nemá
Sekundární produkty	- THM - reakce se zbytky obsahujícími kyslík (např. hydroxylové skupiny) a tvorba singletového kyslíku a chloranového radikálu	- může způsobovat nitrifikaci vody	- vznik chloranu a toxických chloritanů	- vznik aktivních kyslíkových radikálů - tvorba bromperoxidu a peroxidu vodíku - rozkládá organické hmoty a produkty mohou sloužit jako zdroj uhlíku pro bakteriální kontaminaci

Tabulka 7: Desinfekce [3]

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
	KTJ/100 ml	122	0	0	0
Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	123	0	0	0
Escherichia coli	KTJ/100 ml	123	0	0	0
Počet kolonií při 22 °C	KTJ/ml	123	2	0	66
Počet kolonií při 36 °C	KTJ/ml	123	1	0	8
Clostridium perfringens	KTJ/100 ml	5	0	0	0
Abioseston	%	120	1	1	20
Bioseston - živé org.	Jedinci/ml	120	0	0	0
Bioseston - mrtvé org.	Jedinci/ml	119	1	0	10
Bioseston - počet org.	Jedinci/ml	120	1	0	10
Nikl	g/l	7	5	<5	<5
Beryllium	g/l	4	0,2	<0,2	<0,2
železo	mg/l	124	0,05	<0,05	0,26
Kadmium	g/l	4	1	<1	<1
Arsen	g/l	4	5	<5	<5
Chrom	g/l	4	4	<4	<4
M	g/l	4	10	<10	<10
Mangan	mg/l	124	0,03	<0,02	0,111
Olovo	g/l	4	2,5	<2,5	<2,5
Antimon	g/l	4	1,6	<1,6	<1,6
Selen	g/l	4	5	<5	<5
Hliník	mg/l	41	0,005	<0,005	0,01
Sodík	mg/l	4	37,4	31,1	41,2
Rtuť	g/l	4	0,12	<0,1	0,14
Chlor volný	mg/l	124	0,32	0,04	0,56
Chlor celkový	mg/l	115	0,44	0,18	0,75
pH - reakce vody	1	123	7,9	7,7	8,1
Konduktivita	mS/m	41	104	97	110
Zákal	ZF(t)	2	1	<1	<1
Zákal	ZF(n)	40	1	<0,5	1,6
Amonné ionty	mg/l	123	0,06	<0,05	0,37
Dusitany	mg/l	103	0,03	<0,01	0,08
Dusí nany	mg/l	123	2	<2	2,7
Barva	mg/l	41	5	5	5
Absorbance	-	121	0,0283	0,013	0,046
Fluoridy	mg/l	94	0,1	<0,1	0,2
Kyanidy celkové	mg/l	4	0,005	<0,005	<0,005
Orthofosfore nany	mg/l	93	0,04	<0,04	0,14
Kyselinová neutralizační kapacita celková	mmol/l	123	5	3,6	5,4
Zásadová neutralizační kapacita	mmol/l	123	0,24	0,08	0,57
Suma vápníku a hořčíku	mmol/l	123	4,7	2,4	5,2
CHSK _{Mn}	mg/l	123	0,8	<0,5	1,5
Chloridy	mg/l	103	58	46	74
Vápník	mg/l	41	144	7	169
Hořčík	mg/l	41	28	17	108
Sířany	mg/l	123	233,2	173,5	280,5
Pach	-	41			
Chuť	-	1			
Oxid uhličitý volný	mg/l	110	10,3	3,53	25,1
Oxid uhličitý agresivní	mg/l	110	0	0	0

Rozbor upravené vody z úpravny vody Kněbož v letech 2007 - 2010

	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
	mg/l	4	108	101	112
Oxid uhličitý ve vzduchu	mg/l	4	121	109	129
Chloritany	g/l	94	130	<50	272
Chlordioxid	mg/l	111	0,11	<0,05	0,46
Bromidny	g/l	94	10	<10	<10
Teplota	°C	120	10	4,6	15,8
Benzo(b)fluoranthen	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranthen	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Benzo[a]pyren	g/l	4	0,006	<0,005	0,01
Benzo(ghi)perylene	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Polycyklické aromatické uhlovodíky	g/l	4	0,02	0	<0,04
alfa-HCH	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Hexachlorbenzen	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Lindan (gamma-HCH)	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Heptachlor	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Aldrin	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Heptachlorepoxyd	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
p,p-DDE	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Dieldrin	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
p,p-DDD	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
o,p-DDT	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
p,p-DDT	g/l	4	0,01	<0,01	<0,01
Pesticidní látky celkem	g/l	4	0,055	0	<0,11
Objemová alfa aktivita	Bq/l	3	0,09	<0,05	0,17
Objemová beta aktivita	Bq/l	3	0,11	<0,07	0,16
Radon (Rn222)	Bq/l	3	4,33	<1,5	<10
Trichlormethan (chloroform)	g/l	4	2,98	2	4
Bór	mg/l	3	0,17	<0,1	0,3
Benzen	g/l	4	0,1	<0,1	<0,1
1,2-dichlorethan	g/l	4	0,5	<0,5	<0,5
Trichlorethen	g/l	3	0,5	<0,5	<0,5
Bromdichlormethan	g/l	4	5,6	4,6	6,4
Tetrachlorethen	g/l	4	0,5	<0,5	<0,5
Dibromchlormethan	g/l	4	7,2	7,1	7,3
Bromoform	g/l	4	2,65	2,3	3
Suma trihalogenmethany	g/l	4	18,75	17	20
Chlorethen (vinylchlorid)	g/l	4	0,2	<0,2	<0,2
Celkový organický uhlík	mg/l	3	1,31	<0,5	1,86
Huminové látky	mg/l	2	0,9	<0,5	<1,3

Tabulka 8: Rozbor upravené vody z úpravny vody Kněpole v letech 2007-2010 [2]

2.2.7 Kalové hospodářství

Během úpravy vody vzniká určité množství odpadu (kalu). Složení kalu je velmi rozmanité a přímo závislé na znečištění upravované vody, proto jsou složeny z organických, anorganických, pevných a rozpustných a manganatých sloučenin. V provozech, kde probíhá alkalické čištění, obsahují kaly i uhlíkatý vápenatý.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ina nebo suspendované látky. Ve vysu-ených vzorcích se
minim v kyseinnaci stanovuje nerozpustný zbytek, obsah Fe_2O_3 , Al_2O_3 , dle pot eby se mo-
hou stanovovat i dal-í látky jako je nap . CaCO_3 , MnO_2 , MnCO_3 , FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$ atd.

Vodárenské kaly se v t-inou z pr b hu technologických operací odvád jí do jímek, odkud
kaly putují na ístírnu odpadních vod. Úpravna vody Kn fpole produkuje jak kal ze sedi-
mentace, kdy se každých 24 hodin odkalují sedimenta ní nádrfe a jedenkrát za 4 dny se
jedna ze 4 nádrffí zcela vypustí a prob hne úplné odkalení. Dal-ím odpadem je voda z praní
filtr , které se perou denn . Kaly se z jímky odvád jí na ístírnu odpadních vod Kn fpole.

Pitná voda je pro ná-řivot naprosto nepostradatelná, mnohdy braná jako samozřejmost. Otázkou ale zůstává, jak dlouho je-řt budeme schopni jako společnost udržet relativně dobrou kvalitu surových vod, vzhledem k chování se člověka k přírodě.

Technologie úpravy vod surových na vodu pitnou je velmi složitý proces. Jednotlivé části tohoto procesu jsou neustále optimalizovány a modernizovány za účelem eliminace všech negativ již známých nebo nově se objevujících, s cílem zajistit kvalitní pitnou vodu pro obyvatele i potravinářský průmysl. Velký význam je v poslední době udělován její ekonomice a jednoduchosti této technologie. Pravděpodobně není v zájmu nikoho z naší společnosti pít vodu, která je sice nezávadná, ale při její úpravě je použito velké množství chemických prostředků. Ty jsou jednak drahé a jednak při jejich výrobě vznikají určité odpadní produkty, které mohou být relativně nebezpečné. Proto je důležité zdroje vod chránit a pečovat o ně, protofe-řím kvalitnější a více chemicky bude surová voda podobná té pitné, tím méně bude při její výrobě použito energie. Nedílnou součástí úpravy vod je i údržba vodovodních sítí, pro udržení zákonem požadovaných podmínek pro pitnou vodu. Samozřejmě je podobná jako úprava vody na vodu pitnou důležité i čistění vod odpadních a s tím související zavedení, rekonstrukce a údržba kanalizačních sítí.

LITERATURE

- [1] Ambrořlová, J. et al.: Příručka provozovatele úpravny pitné vody, 1. vydání, Libeznice: Medim, spol. s.r.o. 2005, 206s, ISBN 80-239-4565-3
- [2] Provozní data úpravny vody Kněpole, laboratorní systém
- [3] Mara, D. Horan, N.: Handbook of Water and Wastewater Microbiology, Elsevier 2003, ISBN 0-12-470100-0
- [4] Fiáek, L.: Chemické a technologické procesy úpravy vody, NOEL 2000, Brno, 1990, ISBN 80-860-2022-2
- [5] Adler, P.: Provozní řád úpravny vody Kněpole, Voding s. r.o., 2009
- [6] Podhorský, J. Fiáek, L.: Úpravy vody a jejich provoz, Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1975
- [7] Strnadová, N. Janda, V.: Technologie vody I. Skriptum VUTCHT Praha 2004, ISBN 80-7080-348-7
- [8] Zákon 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů
- [9] Nařízení vlády 85/1981 O chráněných oblastech pro rozšíření akumulace vod Chebská pánev a Slavkovský les, Severo-česká káida, Východo-česká káida, Polická pánev, Těbošská pánev a Kvartér řeky Moravy
- [10] Technická norma TVN 75 5950 Provozní řád vodovodu

SYMBOL A ZKRATEK

BSK₅ ó biochemická spot eba kyslíku po p ti dnech inkubace p i teplot 20°C. Je ukazatelem zne i-t ní.

KNK_{4,5} ó Kyselinová (neutraliza ní) kapacita je kapacita stanovená titrací vody silnou kyselinou do hodnoty pH 4,5. Výsledky se udávají v mmol.l⁻¹.

CHSK ó chemická spot eba kyslíku. Jako oxida ní inidlo je pouffíván bu manganistan draselný, nebo dichroman draselný. Je vykazována pouze oxidovatelnými organickými látkami. Udává se v mg/l.

TOC ó stanovení celkového organického uhlíku. Z pom ru mezi CHSK a TOC lze vypo ítat míru stupn , do kterého je organická látka oxidována.

ZNK_{8,3} ó Zásadová (neutraliza ní) kapacita je stanovená titrací vody do hodnoty pH 8,3. Výsledky se udávají v mmol.l⁻¹.

ÚV ó úpravna vody

NEL ó nerozpustné extrahovatelné látky

THM ó Trihalogenmethany

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

TABULKA 1: PRŮMĚRNÝ HMOTNOSTNÍ PŘÍJEM ZEMSKÉHO.....	12
TABULKA 2: TYPY ÚPRAV SUROVÝCH VOD [1]	17
TABULKA 3: KVALITA VODY Z PRAMENŮ I A IA V LETECH 2007 AŮ 2010.....	19
TABULKA 4: KVALITA VODY Z PRAMENŮ II A IIA V LETECH 2007 AŮ 2010	19
TABULKA 5: KVALITA VODY Z PRAMENŮ III V LETECH 2007 AŮ 2010.....	19
TABULKA 6: KVALITA VODY SUROVÉ, SMÍŠENÉ V LETECH 2007 - 2010	21
TABULKA 7: DESINFEKCE [2]	31
TABULKA 8: ROZBOR UPRAVENÉ VODY Z ÚPRAVNÝCH VODŮ KNĚŽPOLE V LETECH 2007 - 2010	31